UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA TEMPERATURA INTERIOR DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN LA CIUDAD DE SICUANI, CUSCO 2024

PRESENTADO POR:

BACH: RAMIRO MANUTTUPA MANUTTUPA

BACH: BELTRAN CHATATA CASTELO

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESORA:

PhD. Ing. AIDA ZAPATA MAR

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA TEMPERATURA INTERIOR DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN LA CIUDAD DE SICUANI, CUSCO 2024

Presentado por: RAMIRO MANUTTUPA MANUTTUPA DNI N° 76381784

presentado por: BELTRAN CHATATA CASTELO DNI N°: 47640543

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO CIVIL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del ***Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC*** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 15 de ABRIL de 2025

Aida Zapata de Lamilla

Firma

Post firma Ph.D. ING. AIDA ZAPATA MAR.

Nro. de DNI 46939604

ORCID del Asesor 0000-0002-5500-0134

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:449471981

RAMIRO/BELTRAN MANUTTUPA MANUTTUPA/CHA...

TESIS DE INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA TEMPERATURA INTERIOR DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA C...

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:449471981

Fecha de entrega
15 abr 2025, 1:28 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
15 abr 2025, 2:11 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
TESIS DE INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO BELTRAN RAMIRO .pdf

Tamaño de archivo
5.9 MB

218 Páginas

42.134 Palabras

217.398 Caracteres

8% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 25 words)
- Submitted works

Exclusions

- 12 Excluded Matches

Top Sources

8% Internet sources
0% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

Replaced Characters
18 suspect characters on 9 pages
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis padres, Clemente y Francisca, personas excepcionales con quienes tengo la fortuna de compartir mi vida; a ellos les pertenece realmente este mérito. Los amo con todo mi corazón.

También agradezco a mis seres queridos, Vilma, Enma, Marisol y Betty, cuya compañía hace que la vida sea mucho más amena y alegre.

Beltran Chatata Castelo

A Dios todo poderoso, supremo hacerlo de todas las cosas por su gracia y fuerza para salir adelante superando todos los obstáculos a lo largo de la vida.

A mis padres Juan y Andrea por el empeño y sacrificio que nos bridaron para darnos una educación superior, nuestros logros se deben en gran medida a su apoyo ininterrumpido y su perseverancia. También a todos mi hermanos y familiares que me motivaron para lograr ese objetivo, así mismo, a mi asesora a la Ph. D. Ing. Aida Zapata Mar Vda. De Camino que nos asistió en el desarrollo de esta investigación. Finalmente, a nosotros mismos por proporcionarnos el aliento compartido y permanente para culminar nuestra investigación de tesis.

Ramiro Manuttupa Manuttupa

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por haberme permitido experimentar este desafío lleno de valiosas lecciones, así como de personas y lugares increíbles.

Estoy profundamente agradecido con mis padres por su ejemplo de perseverancia, por su apoyo incondicional, por ser tal como son y por todo el cariño sincero que me proporcionan.

También agradezco a mis hermanas, amistades y a toda mi familia por su permanente compañía y determinación.

Beltran Chatata Castelo

Agradezco a Dios por darme la posibilidad de lograr ese reto lleno de aprendizaje, a mis padres por su gran respaldo total agradezco también a mis hermanos y toda mi familia por el gran apoyo que me brindaron.

Agradezco a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, especialmente a la facultad y escuela profesional de Ingeniería Civil, por su enseñanza de calidad, y a los vecinos de Quisini, Chectuyoc y Occobamba por su apoyo y confianza desde el inicio, fundamentales para el desarrollo técnico de nuestra investigación de tesis

Ramiro Manuttupa Manuttupa

Con gratitud profunda y sincera, expresamos nuestro especial agradecimiento a:

- Nuestra asesora Ph. D. Ing. Aida Zapata Mar
- Ing. Jose Sixto Diaz Farfan
- Ing. Ricardo Alfonso Vallenas Casaverde
- Lic. Giovanna Guzmán Cáceres
- Dr. Edgar A. Valdez Gutiérrez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA ..... **ii**

AGRADECIMIENTOS ..... **iii**

ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... **iv**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **xi**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xiv**

ÍNDICE DE GRÁFICAS ..... **xvi**

RESUMEN ..... **xx**

ABSTRACT ..... **xxii**

INTRODUCCIÓN ..... **xxiv**

1 CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **26**

1.1 Identificación del Problema 26

1.2 Formulación del Problema 30

1.2.1 Problema General *30*

1.2.2 Problema Específico *30*

1.3 Justificación 30

1.3.1 Justificación Teórica *30*

1.3.2 Justificación Metodológica *31*

1.3.3 Justificación Práctica *32*

1.4 Objetivos de la Investigación 33

1.4.1 Objetivo General *33*

1.4.2 Objetivos Específicas *33*

1.5 Delimitación de la Investigación 33

1.5.1 Delimitación Espacial *33*

1.5.2 Delimitación Temporal *33*

1.5.3 Delimitación Social *34*

1.6 Viabilidad de la Investigación 34
1.6.1 Económica *34*
1.6.2 Social *34*
1.6.3 Técnica *35*
1.7 Limitaciones 35
1.8 Hipótesis de la Investigación 36
1.8.1 Hipótesis General *36*
1.8.2 Hipótesis Específicas *36*
1.9 Variables 36
1.9.1 Definición Conceptual de la Variable Independiente *36*
1.9.2 Definición Conceptual de la Variable Dependiente *36*
1.10 Operacionalización de Variables 37
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 38
2.1 Antecedentes de la Investigación 38
2.1.1 Antecedentes Internacionales *38*
2.1.2 Antecedentes Nacionales *40*
2.1.3 Antecedentes Locales *42*
2.2 Bases Teóricas 44
2.2.1 Factores Climáticos de Cusco *44*
2.2.2 Temperatura *45*
2.2.3 Precipitación *47*
2.2.4 Sol *50*
2.2.5 Humedad *51*
2.2.6 Viento *52*
2.2.7 Confort Térmico *54*
2.2.8 Albañilería confinada *57*

2.2.9 Confort Térmico en Edificaciones *57*

2.2.10 Viviendas con Confort Térmico *59*

2.2.11 Aislamiento Térmico *61*

2.3 Materiales Tradicionales y no Convencionales Utilizados Para el Aislamiento Térmico 64

2.3.1 Materiales Tradicionales *64*

2.3.2 Materiales No Convencionales *71*

2.3.3 Propiedades de los Aislantes Térmicos *76*

2.3.4 Proceso de Fabricación *78*

2.4 Propiedades Térmicas de la Fibra de Ovino 79

2.4.1 Capacidad de la Fibra de Ovino Para Actuar Como Aislante Térmico: Conductividad Térmica, Densidad, y Resistencia Térmica *79*

2.4.2 Comparación con Otros Materiales Aislantes. *80*

2.5 Albañilería Confinada y su Comportamiento Térmico 81

2.5.1 Definición y Características de las Viviendas de Albañilería Confinada *81*

2.5.2 Comportamiento Térmico de las Estructuras de Albañilería: Transferencia de Calor, Inercia Térmica, y Almacenamiento *82*

2.5.3 Ventajas y Desventajas del Uso de Este Sistema Constructivo en Climas Fríos *83*

2.6 Normas Técnicas y Estándares de Construcción 84

2.6.1 RNE-Reglamento Nacional de Edificaciones *84*

2.6.2 Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia e Energética. *84*

2.6.3 NORMA E.070 Albañilería- Capítulo II- Definiciones y Nomenclatura *85*

2.6.4 NORMA ISO 14001 ..... *85*

2.7 Diseño Factorial con Tres Factores 3^3 85

2.7.1 Modelo Estadístico *85*

2.7.2 La Suma de Cuadrados Son las Siguientes: *86*

2.7.3 Formulacion de Hipotesis 87

2.7.4 Nivel de Significancia 88

2.7.5 Estadísticos de Prueba: 88

2.8 Modelo de Regresión Lineal Múltiple 89

2.8.1 Ajuste del Modelo 90

2.8.2 Calidad del ajuste 92

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 93

3.1 Aspectos Metodológicos 93

3.1.1 Tipo de la Investigación 93

3.1.2 Enfoque de la Investigación 93

3.1.3 Nivel de Investigación 94

3.1.4 Diseño de Investigación 94

3.2 Población y Muestra 94

3.2.1 Población 94

3.2.2 Muestra 94

3.3 Técnicas e Instrumentos 95

3.3.1 Técnicas 95

3.3.2 Instrumentos 96

3.4 Flujograma de Proceso de Aplicación de la Técnica 96

3.5 PRUEBAS PRELIMINARES 98

3.5.1 Fibra De Ovino 98

3.5.2 Drywall 104

3.5.3 Cinta Malla 105

3.5.4 Masillas de drywall 105

3.5.5 Parantes de Madera 106

3.5.6 Elementos de Sujeción 106

3.5.7 Equipos Portátiles (Herramienta) *107*

3.6 Pruebas de Experimentación In situ 107

3.6.1 Medición de Temperatura *107*

3.6.2 Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino *109*

3.7 Recolección de Datos 112

3.7.1 Estudio de la Fibra de Ovino *112*

3.7.2 Adquisición de la Fibra de Ovino *112*

3.8 Determinación de la Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino 114

3.9 Modelación de un Ambiente Interior de una Vivienda Para la Experimentación . 117

3.9.1 Ubicación de la Vivienda para el Estudio *117*

3.9.2 Análisis de las Características Técnicas de la Vivienda *119*

3.9.3 Análisis del Plano de Arquitectura de la Vivienda *120*

3.9.4 Selección del Ambiente Para la Aplicación de la Técnica *121*

3.9.5 Modelación del Ambiente Seleccionado *122*

3.10 Descripción de Proceso Constructivo Para la Aplicación de la Técnica 123

3.10.1 Proceso de Adquisición, Lavado y Cardado de la Fibra de Ovino *123*

3.11 Aplicación de la Técnica 125

4 CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN 127

4.1 Resultados de la Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino 127

4.2 Resultados de la Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino de las Veintisiete Muestras 128

4.3 Determinación de la Mejor Opción de Densidad, Espesor y Variación de Temperatura 148

4.3.1 Modelo Estadístico *148*

4.3.2 Formulacion de Hipotesis *149*

4.3.3 Estadísticos de Prueba: *152*

4.4 Determinación de la Relación de la Temperatura Exterior y a Distintas Horas del Dia a la Temperatura Interior 153

4.4.1 El Modelo de Regresion Lineal Múltiple: *154*

5 CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 157

5.1 Análisis de los Resultados de la Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino 157

5.2 Análisis de los Resultados Obtenidos 159

5.3 Análisis e Interpretación de los Resultados de la Habitación Sin Implementar la Fibra de Ovino 163

5.4 Análisis e Interpretación de los Resultados de la Habitación con Experimentación de la Fibra de Ovino 176

5.5 Análisis e Interpretación de los Resultados Horarios Durante los Siete Días sin Aislante Térmico 188

5.6 Análisis e Interpretación de los Resultados Horarios Durante los Siete Días con Experimentación de Fibra de Ovino 195

5.7 Análisis de la Temperatura Exterior, Temperatura Interior a Distintas Horas del Día 202

5.7.1 Modelo Lineal Múltiple: *203*

5.7.2 Coeficiente de Determinación *203*

6 CAPÍTULO VI: OBSER ACIONES CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 204

6.1 Observación 204

6.2 Conclusión 204

6.3 Recomendaciones 205

7 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 206

8 ANEXOS 210

Anexo 1 *Análisis de Precio unitario* *210*

Anexo 2 *Matriz de Consistencia: Objetivo General y Específico* *211*

Anexo 3 *Plano en Planta de la Vivienda de Experimentación* *212*

Anexo 4 *Plano de la Habitación Donde se Aplicó el Experimento* *213*

Anexo 5 *Instrumentos de Recolección de Datos* *214*

Anexo 6 *Resultado del análisis biológico de la fibra de ovino* *215*

Anexo 7 *Matriz de Instrumentos* *216*

Anexo 8 *Certificados de Laboratorio de Física* *216*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de Operacionalización de Variables 37

Tabla 2 Producción de la Fibra de Ovino en Toneladas a Nivel Mundial de 2019-2023 73

Tabla 3 Producción de la Fibra de Ovino a Nivel Departamental, 2023 - 2024 74

Tabla 4 Producción de la Fibra de Ovino, 2019 – 2024 (Toneladas)..... 75

Tabla 5 Producción de la Fibra de Ovino, 2023 – 2024 (Toneladas)..... 75

Tabla 6 Diámetro de la Fibra de Ovino..... 98

Tabla 7 Longitud de la Fibra de Ovino 99

Tabla 8 Bacterias y Hongos Identificados en la Fibra de Ovino..... 100

Tabla 9 Encuesta Realizada a los Pobladores de la Provincia de Canchis..... 103

Tabla 10 Datos de la fibra de Alpaca, Llama y Ovino en la Provincia de Canchis 103

Tabla 11 Dimensiones de las Muestras 127

Tabla 12 Combinación de las Muestras Según la Densidad, Espesor y variación de temperatura

……..127

Tabla 13 Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°1 128

Tabla 14 Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°2 130

Tabla 15 Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°3 132

Tabla 16 Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°4 134

Tabla 17 Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°5 136

Tabla 18 Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°6 138

Tabla 19 Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°7 141

Tabla 20 Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°8 143

Tabla 21 Conductividad Térmica Obtenida en el Laboratorio..... 150

Tabla 22 ANOVA: Modelo de Diseño Factorial con Tres Factores 153

Tabla 23 Temperatura Exterior y Temperatura Interior a distintas Horas del Dia..... 154

Tabla 24 **El** Resumen de los Resultados de la Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino. 158

Tabla 25 Mejor opción con el software de Minitab 160

Tabla 26 Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Primer Día . 165

Tabla 27 Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Segundo Día ……166

Tabla 28 Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Tercer Día ……168

Tabla 29 Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Cuarto Día . 169

Tabla 30 Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Quinto Día . 171

Tabla 31 Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Sexto Día ... 172

Tabla 32 Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Séptimo Día174

Tabla 33 Datos de la Temperatura Promedio sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación en los Siete Días de Medición 175

Tabla 34 Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Primer Día..... 177

Tabla 35 Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Segundo Día..... 178

Tabla 36 Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Tercer Día 180

Tabla 37 Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Cuarto Día..... 181

Tabla 38 Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Quinto Día 183

Tabla 39 Datos de da Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Sexto Día 184

Tabla 40 Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Séptimo Día 186

Tabla 41 Datos de la Temperatura Promedio Dentro y Fuera de la Habitación, con Relleno de Fibra de Ovino en los Siete Días de Medición 187

Tabla 42 Temperaturas sin Aislante térmico a horas 6:00 a.m. 189

Tabla 43 Temperaturas sin Aislante Térmico en el Horario de 10:00 a.m. 190

Tabla 44 Temperatura sin Aislante Térmico en el Horario de 2:00 p.m. 191

Tabla 45 Temperatura sin Aislante Térmico en el Horario de 6:00 p.m. 192

Tabla 46 Temperatura sin Aislante Térmico en el Horario de 10:00 p.m. 193

Tabla 47 Temperatura sin Aislante Térmico en el Horario de 2:00 a.m. 194

Tabla 48 Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 6:00 a.m. 196

Tabla 49 Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 10:00 a.m. 197

Tabla 50 Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 10:00 a.m. 198

Tabla 51 Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 6:00 p.m. 199

Tabla 52 Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 10:00 p.m. 200

Tabla 53 Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 2:00 a.m. 201

Tabla 54 Temperatura promedio exterior e interior de la vivienda de albañilería confinada ... 202

Tabla 55 Temperatura Promedio Antes y Después de Implementar la Fibra de Ovino 202

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa Climático Nacional 29

Figura 2 Planta de Fibra de Alpaca y Fibra de Ovino de Espinar en Cusco 32

Figura 3 Resumen Anual del Clima de Cusco 44

Figura 4 Temperatura Máxima y Mínima Promedio Anual de Cusco 46

Figura 5 Temperatura Anual Promedio por Hora de Cusco 47

Figura 6 Probabilidad Diaria de Precipitación 49

Figura 7 Promedio Mensual de Lluvia en Cusco 50

Figura 8 Horas de Luz Natural y Crepúsculo en Cusco 51

Figura 9 Niveles de Comodidad de la Humedad en Cusco 52

Figura 10 Velocidad Promedio del Viento 53

Figura 11 Dirección del Viento 54

Figura 12 Rollo de Fibra de Roca 66

Figura 13 Rollo de Fibra de Vidrio 68

Figura 14 Plancha de Poliestireno Expandido 71

Figura 15 Fibra de Ovino 76

Figura 16 Flujograma de la Investigación 97

Figura 17 Determinación del diámetro y Longitud promedio de la fibra de ovino 99

Figura 18 Trabajo en Laboratorio 101

Figura 19 Resultados del Laboratorio 101

Figura 20 Determinación de la Conductividad térmica de la Fibra de Ovino 102

Figura 21 Visita a la Comunidad Campesina de Quisini 113

Figura 22 Fibra de Ovino en el Distrito de Sicuani 114

Figura 23 Calibración de Equipo de Conductividad Térmica 115

Figura 24 Muestra de Fibra de Ovino de 30cm x 30cm x 5cm 116

Figura 25 Determinación de la Conductividad Térmica 116

Figura 26 Ubicación de la Zona de Estudio 118

Figura 27 Fachada de la Vivienda 119

Figura 28 Plano de Distribución Arquitectura 120

Figura 29 Plano del Ambiente Seleccionado Dormitorio Secundario 121

Figura 30 Dormitorio Seleccionado 122

Figura 31 Adquisición de la Fibra de Ovino 123

Figura 32 Lavado de la Fibra de Ovino 124

Figura 33 Secado de la Fibra de Ovino 124

Figura 34 Cardado de la Fibra de Ovino 125

Figura 35 Fijado de los Parantes de Madera de Pino 125

Figura 36 Colocado de Fibra de Ovino a los Muros 126

Figura 37 Colocación de Drywall 126

Figura 38 termómetro ambiental 164

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica 1 Producción de la Fibra de Ovino del Departamento de Cusco Año 2024 73

Grafica 2 Producción de la Fibra de Ovino en Millones de Soles del Departamento de Cusco Año 2024…..... 74

Grafica 3 Producción de Ovino en la Región Cusco..... 112

Grafica 4 Diagrama de Conductividad Térmica vs Temperatura para la Muestra N°1 129

Grafica 5 Diagrama de Temperatura en el Tiempo Para la Muestra N°1 129

Grafica 6 Diagrama de Flujo de Calor Promedio Para la Muestra N°1 130

Grafica 7 Diagrama de Conductividad Térmica vs Temperatura Para la Muestra N°2..... 131

Grafica 8 Diagrama de Temperatura en el Tiempo Para la Muestra N°2 131

Grafica 9 Diagrama de Flujo de Calor Promedio Para la Muestra N°2 132

Grafica 10 Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura Para la Muestra N°3..... 133

Grafica 11 Diagrama de Temperatura en el Tiempo Para la Muestra N°3 133

Grafica 12 Diagrama de Flujo de Calor Promedio Para la Muestra N°3 134

Grafica 13 Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura Para la Muestra N°4..... 135

Grafica 14 Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°4 135

Grafica 15 Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°4 136

Grafica 16 Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura para la Muestra N°5..... 137

Grafica 17 Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°5 137

Grafica 18 Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°5 138

Grafica 19 Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura para la Muestra N°6..... 139

Grafica 20 Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°6 140

Grafica 21 Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°6 140

Grafica 22 Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura para la Muestra N°7..... 141

Grafica 23 Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°7 142

Grafica 24 Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°7 142

Grafica 25 Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura para la Muestra N°8..... 144

Grafica 26 Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°8 144

Grafica 27 Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°8 145

Grafica 28 Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°9 145

Grafica 29 Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura para la Muestra N°9..... 146

Grafica 30 Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°9 147

Grafica 31 Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°9 147

Grafica 32 Efectos principales para conductividad térmica..... 161

Grafica 33 Efectos de las interacciones para conductividad térmica..... 161

Grafica 34 Grafica de contornos de la conductividad térmica vs espesor; densidad en el rango de temperatura de 0°C – 10°C 162

Grafica 35 Grafica de contornos de la conductividad térmica vs espesor; densidad en el rango de temperatura de 10°C – 20°C 162

Grafica 36 Grafica de contornos de la conductividad térmica vs espesor; densidad en el rango de temperatura de 20°C – 30°C 163

Grafica 37 Barras de Temperaturas del Día 1 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas..... 165

Grafica 38 Barras de Temperaturas del Día 2 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas..... 167

Grafica 39 Barras de Temperaturas del Día 3 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas..... 168

Grafica 40 Barras de Temperaturas del Día 4 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas..... 170

Grafica 41 Barras de Temperaturas del Día 5 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas..... 171

Grafica 42 Barras de Temperaturas del Día 6 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas..... 173

Grafica 43 Barras de Temperaturas del Día 7 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas..... 174

Grafica 44 Gráfico de Barra de Temperaturas Promedio de los 7 días de Experimentación en una Habitación sin Aislante Térmico en Diferentes horas..... 176

Grafica 45 Barras de Temperaturas del Día 1 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas..... 177

Grafica 46 Barras de Temperaturas del Día 2 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas..... 179

Grafica 47 Barras de Temperaturas del Día 3 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas..... 180

Grafica 48 Barras de Temperaturas del Día 4 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas..... 182

Grafica 49 Barras de Temperaturas del Día 5 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas..... 183

Grafica 50 Barras de Temperaturas del Día 6 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas..... 185

Grafica 51 Barras de Temperaturas del Día 7 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas..... 186

Grafica 52 Gráfico de Barra de Temperaturas Promedio de los 7 Días de Experimentación en una Habitación con Relleno de Fibra de Ovino en Diferentes Horas..... 188

Grafica 53 Barras de Temperaturas en el Horario de 6:00 a.m..... 189

Grafica 54 Barras de Temperaturas en el Horario de 6:00 a.m..... 190

Grafica 55 Barras de Temperaturas en el Horario de 2:00 p.m. 191

Grafica 56 Barras de Temperaturas en el Horario de 6:00 p.m. 193

Grafica 57 Barras de Temperaturas en el Horario de 10:00 p.m. 194

Grafica 58 Barras de Temperaturas en el Horario de 2:00 a.m..... 195

Grafica 59 Barras de Temperaturas en el Horario de 6:00 a.m. con Aislante..... 196

Grafica 60 Barras de Temperaturas en el Horario de 10:00 a.m. con Aislante..... 197

Grafica 61 Barras de Temperaturas en el Horario de 2:00 p.m. con Aislante 198

Grafica 62 Barras de Temperaturas en el Horario de 6:00 p.m. con Aislante 199

Grafica 63 Barras de Temperaturas en el Horario de 10:00 p.m. con Aislante 200

Grafica 64 Barras de Temperaturas en el Horario de 2:00 a.m. con Aislante..... 201

RESUMEN

Este trabajo de investigación de tesis se planteó como objetivo principal evaluar la incidencia de la fibra de ovino en la temperatura interior de una edificación de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, donde se implementó con una metodología de enfoque cuantitativo correlacional y de diseño experimental in situ. Esta investigación de realizo en dos partes, la primera parte se enfocó en el análisis de la conductividad térmica y la resistencia de la fibra de ovino en el laboratorio utilizando el diseño factorial completo y regresión lineal múltiple. La segunda parte de esta investigación se realizó un modelado de una habitación implementando la técnica de relleno de fibra de ovino y protegiendo con Drywall dicho experimento se realizó en el distrito de Sicuani.

En la sierra del Perú, se pueden presentar temperaturas de entre 0 °C y 19 °C, originando estaciones de heladas o condiciones frías que afectan a las comunidades durante el año. Esto se produce frecuentemente porque las viviendas no están equipadas con las condiciones convenientes para asegurar una comodidad térmica óptimo. En consecuencia, se desarrolló una evaluación en los alrededores de una población de Sicuani, donde las temperaturas son bajas. Además, se estudiaron los recursos de la región, protección del material de relleno que puede ser utilizado en los muros de las viviendas para mejorar la temperatura interior de una vivienda, donde la fibra de ovino se presentó como el aislante ideal para llevar a cabo la técnica. A partir de lo señalado, se desarrolló una técnica sustentable que utiliza la fibra de ovino como material de relleno y para la protección interior. Para llevar a cabo el desarrollo metodológico, se estudió el diagrama arquitectónico de la vivienda situada en la calle floreciente S/N, distrito de Sicuani, provincia de Canchis del departamento de Cusco. Igualmente, se creó un modelo de las condiciones internas del hogar de construcción con paredes reforzadas, en el que se instalarán mantos aislantes de fibra

de lana de ovino en los muros portantes, cubiertos por una armazón de Drywall para proporcionar un perfeccionamiento decorativo y conseguir los resultados obtenidos de las pruebas del grado térmico que respalden la influencia térmica interior. Se determina que la aplicación ecológica de la fibra de lana de ovino como fuente de material de relleno en las estructuras de protección interna de edificaciones de albañilería confinada contribuye a optimizar la temperatura interior de la vivienda, además, proporciona un impacto favorable en el sistema economía, la biodiversidad y la autosuficiencia de la construcción.

Palabras claves: Conductividad térmica, Fibra de Ovino, Aislante térmico.

ABSTRACT

The main objective of this thesis research was to evaluate the impact of sheep fiber on the interior temperature of a confined masonry building in the city of Sicuani, where it was implemented using a quantitative correlational approach and in situ experimental design. This research was conducted in two parts: the first focused on the analysis of the thermal conductivity and resistance of sheep fiber in the laboratory using a full factorial design and multiple linear regression. The second part involved modeling a room using the sheep fiber filling technique and protecting it with drywall. This experiment was conducted in the district of Sicuani.

In the Peruvian highlands, temperatures can range from 0°C to 19°C, resulting in seasons of frost or cold conditions that affect communities throughout the year. This frequently occurs because homes are not equipped with the appropriate conditions to ensure optimal thermal comfort. Consequently, an assessment was conducted in the surroundings of a town in Sicuani, where temperatures are low. In addition, the region's resources were studied, as well as the protection of the filler material that can be used in the walls of homes to improve the interior temperature. Sheep wool fiber was presented as the ideal insulator for the technique. Based on this information, a sustainable technique was developed that uses sheep wool as a filler material and for interior protection. To carry out the methodological development, the architectural layout of the home located on Floresta Street S/N, Sicuani District, Canchis Province, Cusco Department, was studied. A model of the internal conditions of the home was also created, using reinforced-wall construction. In this model, sheep wool fiber insulation blankets will be installed on the load-bearing walls, covered by a drywall frame to provide a decorative enhancement and obtain the results obtained from the thermal degree tests that support the interior thermal influence. It has been determined that the environmentally friendly application of sheep wool

fiber as a source of filler material in the internal protective structures of confined masonry buildings contributes to optimizing the interior temperature of the home and has a beneficial impact on the economy, biodiversity, and building self-sufficiency.

Keywords: Thermal conductivity, Sheep wool fiber, Thermal insulation.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno de las heladas y el friaje se ha convertido en una problemática anual en la sierra del Perú, generando pérdidas tanto materiales como humanas. La población se encuentra desamparada debido a la falta de los recursos adecuados para enfrentar esta problemática, comenzando por vivir en una edificación que no cumple con los requisitos esenciales de habitabilidad y carecer de los recursos económicos para mejorarla, de este modo, son los mismos residentes quienes levantan sus viviendas sin una orientación técnica adecuada y sin recibir asistencia del Estado.

La investigación proyectada busca la ejecución ecológica de la fibra de ovino como material de relleno en viviendas de mampostería confinada en la ciudad de Sicuani de la provincia de Canchis del departamento de Cusco, con la finalidad de mejorar la temperatura interior de la habitación. Este tipo de construcción emerge principalmente como respuesta a las condiciones climáticas frías en la ciudad de Sicuani de la provincia de Canchis, siendo los principales perjudicados los habitantes de esta ciudad. Igualmente, emplear un revestimiento que no suponga un perjuicio para el medio ambiente considerable en contraposición con los métodos convencionales. Además, lograr incrementar la estabilidad económica del sector de la producción de fibra de ovino.

En esta investigación, se efectuó una investigación de la determinación de la conductividad térmica de la fibra de ovino de la zona de estudio con diferentes espesores y densidades y posteriormente se implementó la fibra de lana de ovino en una habitación de una edificación de la ciudad de Sicuani.

Con el fin de desarrollar esta investigación, se distribuyó en 6 capítulos.

CAPÍTULO I: Este capítulo aborda los elementos fundamentales del estudio, como la formulación del problema, la identificación y definición del mismo, los objetivos planteados, la justificación del trabajo investigativo, así como sus alcances, limitaciones y factibilidad.

CAPÍTULO II: Este capítulo explora los fundamentos teóricos y conceptuales, junto con los antecedentes que sustentan la investigación, apoyándose en una revisión exhaustiva de la literatura existente.

CAPÍTULO III: incluye las hipótesis formuladas, la metodología aplicada, la clasificación según su tipo y nivel, el diseño del estudio, además de la descripción detallada de la población y la muestra consideradas en la investigación.

CAPÍTULO IV: Corresponde a los resultados obtenidos. En este capítulo se presentan los resultados conseguidos a través de los distintos ensayos realizados durante la investigación.

CAPÍTULO V: En relación con el análisis y discusión de los resultados, en este capítulo se llevan a cabo contrastaciones y análisis entre los materiales estándar y el propuesto.

CAPÍTULO VI: Este apartado presenta las conclusiones y sugerencias derivadas del estudio, fundamentadas en los capítulos anteriores. Asimismo, se incluyen las fuentes bibliográficas utilizadas en la investigación y los anexos pertinentes que complementan el análisis realizado.

1 CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

En estos últimos tiempos el uso del cemento, ladrillo y acero en la construcción son los materiales que más usan, sin embargo, es necesario incorporar pautas de confort térmico en la construcción de viviendas destinadas a los grupos sociales de menores recursos, de esa forma, evitar que, en los procesos de autoconstrucción, no se considere el confort térmico.

La adaptación de soluciones térmicas sostenibles en regiones frías, especialmente en áreas altoandinas, es una prioridad en las investigaciones de construcción y climatización, donde se registra una tendencia en alza en la utilización de materiales naturales para el aislamiento de viviendas (Calderon , 2019).

En la ciudad de Sicuani, ubicada en la región de Cusco, donde se experimentan bajas temperaturas durante gran parte del año, Se pone de manifiesto la necesidad urgente de poner en práctica tecnologías de aislamiento térmico que promuevan un ambiente interior confortable sin recurrir a métodos que impliquen altos costos o un impacto ambiental negativo. La fibra de ovino, un recurso accesible y sostenible, representa una alternativa de gran potencial para la mejora de las condiciones de aislamiento térmico en las viviendas de albañilería confinada en esta región. En este contexto, este trabajo de investigación aborda el efecto de la fibra de ovino en la regulación de la temperatura interior de una habitación de una vivienda de albañilería confinada, contribuyendo así a la optimización de recursos locales y la sostenibilidad ambiental.

En el contexto global, la implementación de materiales sostenibles y renovables en la edificación es una práctica en auge, impulsada por la búsqueda de soluciones sostenibles y adaptadas a condiciones climáticas específicas. Según la Agencia Internacional de Energía (2022), aproximadamente el 30 % del consumo energético mundial se destina a la climatización de

espacios residenciales y comerciales, lo que genera una demanda considerable de aislamiento térmico eficaz y sostenible. Esta situación ha impulsado la investigación y el desarrollo de materiales aislantes no convencionales, como la fibra de ovino, que han demostrado ser eficaces en el manejo de la temperatura en el interior en viviendas en climas fríos (AIE, 2022). Asimismo, investigaciones recientes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2018), han revelado que el uso de la fibra de ovino en la construcción contribuye a una reducción del 20 % en la utilización de energía para la calefacción, lo que representa una alternativa atractiva para países con grandes poblaciones de ovinos.

Por otra parte, estudios como los de Danaci y Akin (2022), indican que los materiales de origen natural, como la fibra de ovino, presentan una eficiencia térmica notable, permitiendo la regulación de la temperatura interna sin necesidad de equipos de calefacción eléctrica o a gas. Esta investigación revela que el uso de fibra de ovino puede colaborar a una reducción significativa de la producción de CO_2, promoviendo el desarrollo de viviendas más ecológicas y adaptadas a las necesidades climáticas de las zonas frías. De acuerdo con estos estudios, el uso de fibra de ovino en sistemas constructivos representa no solo una opción económica, sino también una estrategia integral para mitigar los efectos del cambio climático mediante la reducción del consumo de combustibles fósiles.

En Perú, las condiciones climáticas en regiones altoandinas exigen soluciones térmicas efectivas y asequibles. Zaferson y Cajahuaringa (2022) destacan que las temperaturas extremas en zonas como altoandinas generan altos niveles de incomodidad térmica, especialmente en viviendas de albañilería confinada, las cuales presentan deficiencias de aislamiento, también identificaron que la fibra de ovino podría ofrecer un recurso localmente accesible y de bajo costo para la mejora de la eficiencia térmica en construcciones de estas regiones.

Además, la investigación de Quiroz (2022) enfatiza la repercusión de las bajas temperaturas el bienestar general y en la salud de las poblaciones rurales en el sur andino peruano, donde se reporta un incremento de enfermedades respiratorias en niños y ancianos debido a la exposición a ambientes fríos. La implementación de aislantes naturales, como la fibra de ovino, ha mostrado reducir la incidencia de estas enfermedades al mejorar el confort térmico de las viviendas, promoviendo así un ambiente interior saludable y disminuyendo la necesidad de sistemas de calefacción adicionales.

En la ciudad de Sicuani existen viviendas de albañilería confinada en donde no se consideran el aislante térmico y los que tienen este sistema de aislante térmico lo construyen con materiales que no son renovables y producen residuos contaminantes como al emplear poliestireno para mejorar la temperatura interior de las viviendas, este material es bastante toxico que en los incendios libera humos toxico y emite pentano durante su instalación.

En esta investigación se busca mejorar el rendimiento térmico en el interior de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco. Esta zona del Perú experimenta variaciones climáticas significativas que afectan el confort térmico de sus habitantes, lo que genera una dependencia en el uso de fuentes externas de calefacción y, en consecuencia, un aumento en el consumo de energía. Este estudio busca investigar la influencia de la fibra de lana ovino como aislante en la regulación de la temperatura interior de estas viviendas, evaluando su efectividad en comparación con otros materiales y su potencial para amortiguar el impacto medioambiental y los costos de energía.

La provincia de Canchis está ubicado a una altitud de 3560 metros sobre el nivel del mar y la temperatura más alta puede llegar a un máximo de 23.3°C y la temperatura más baja registrada

es de -3.1°C y la lluvia alcanza su mayor intensidad en los meses de enero y febrero. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI ,2023).

Figura 1

Mapa Climático Nacional

Nota. SENAMHI (2023)

Debido a las bajas temperaturas que se registran en la provincia de Canchis, las empresas constructoras de viviendas y edificios optan por usar materiales aislantes térmicos y acústicos altamente contaminantes, como el poliestireno extruido, el silicato de calcio y el poliuretano, entre otros en sus procesos constructivos como en losas y tabiques. El frío extremo que se presenta en la ciudad de Sicuani tiene repercusiones en la salud de las familias, especialmente en la temporada

de heladas de los meses de junio y julio. Las heladas constituyen un problema importante, ya que desencadenan enfermedades respiratorias que afectan la salud de los residentes.

En el análisis del problema se utilizó investigaciones de diferentes artículos, estudios institucionales y de autores. En los párrafos siguientes, se darán explicaciones sucintas de los conceptos utilizados en este diagrama, y se referirán los estudios más importantes en los que se pueden identificar las causas y efectos de la problemática.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

PG: ¿Cuál es la influencia de la fibra de ovino en la temperatura interior de viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024?

1.2.2 Problema Específico

PE1: ¿Cómo influye la densidad de la fibra de ovino en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024?

PE2: ¿Cómo influye el espesor de la fibra de ovino en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024?

PE3: ¿Cómo influye la temperatura exterior en los horarios 6am, 10am, 2pm, 6pm, 10pm y 2am en temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación Teórica

La técnica de aislamiento térmico sostenible, que utiliza relleno de fibra de ovino, tiene como objetivo resolver la problemática, es decir, optimizar el confort térmico en viviendas ubicadas en climas fríos de la zona de expansión de la provincia de Canchis, en el departamento

de Cusco, esto ocurre porque la mayoría de las construcciones y sus habitantes se ven afectados por las bajas temperaturas extremas que se viven en esta ciudad. Con el propósito de lograrlo, se utilizará uno de los materiales fundamentales en la ingeniería civil para garantizar el confort térmico, en este caso, el aislante térmico, que se caracteriza principalmente por su sostenibilidad ecológica.

1.3.2 Justificación Metodológica

Con la puesta en práctica de esta técnica, muchas personas de la ciudad se verán favorecidas, ya que el fin es ofrecer bienestar, comodidad y asegurar principalmente el confort térmico en viviendas nuevas a través de un aislante duradero y respetuoso con el medio ambiente. Destacando que uno de los principales propósitos en los proyectos de ingeniería civil es asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad en la construcción, con el objetivo de cubrir las necesidades de los usuarios. De igual manera, el empleo de la fibra de ovino en el diseño del aislante sostenible abrirá nuevas opciones de materiales ecológicos para el sector de la construcción en el país.

En la ciudad del Cusco, la demanda de fibra de ovino para producción anual asciende a 731.84 toneladas. En consecuencia, la elaboración de un aislante de fibra de ovino también generará un aumento en el sector de producción de este material, lo que contribuirá económicamente a muchas personas vinculadas a este campo, específicamente en la región Cusco. De igual manera, en las comunidades campesinas de la región Cusco y en las áreas semiáridas del Perú, el pastoreo de ovinos forma parte de la vida diaria. Los habitantes dependen de la cría de ovejas, alpacas, llamas y otros animales. El departamento de Cusco ocupa el quinto lugar a nivel

nacional en la cantidad de fibra de ovino, con un aproximado de 731.84 toneladas. Del mismo modo, la mayor cantidad de fibra producida se obtiene en los meses de febrero y marzo cada año.

1.3.3 Justificación Práctica

El uso de la fibra de ovino como material de construcción representa una solución innovadora y sostenible para mejorar la temperatura interior y así evitar el uso de materiales artificiales como la espuma de poliuretano, fibra de vidrio, poliestireno expandido, entre otros; estos materiales son altamente contaminantes, tanto en su fabricación, como en su vida útil y su reciclaje posterior. El desarrollo del aislante de fibra de ovino demostrará un compromiso y responsabilidad en cuanto a la preservación del medio ambiente. Por lo tanto, una de las principales motivaciones de nuestra investigación es la utilización de este material renovable, lo cual contribuirá a la construcción de edificaciones sostenibles. Estos tres factores como usuarios, producción y ambiente son fundamentales para la aplicación de esta técnica, debido a que tendrá un papel clave en el análisis de nuestros resultados.

Figura 2

Planta de Fibra de Alpaca y Fibra de Ovino de Espinar en Cusco

Nota. Sequeiros-Diario correo (2020)

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

OG: Determinar la influencia de la fibra de ovino en la temperatura interior de viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.

1.4.2 Objetivos Específicas

OE1: Determinar como la densidad de la fibra de ovino influye en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.

OE2: Determinar como el espesor de la fibra de ovino influye en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.

OE3: Determinar como la temperatura exterior en los horarios 6am, 10am, 2pm, 6pm, 10pm y 2am influye en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.

1.5 Delimitación de la Investigación

1.5.1 Delimitación Espacial

La investigación se desarrollará en la ciudad de Sicuani, ubicada en la provincia de Canchis, en la región de Cusco, Perú. Esta área se caracteriza por su clima frío y seco, particularmente durante los meses de invierno, lo cual afecta la calidad de vida de los habitantes. La investigación se centrará en viviendas construidas con técnicas de albañilería confinada, un método común en la zona que presenta limitaciones en términos de aislamiento térmico.

1.5.2 Delimitación Temporal

La investigación se llevó a cabo durante el año 2024, comprendiendo tanto las etapas de recopilación de información y evaluación de resultados. La investigación se enfocará en medir la variación de la temperatura interior en la vivienda seleccionada, con y sin el uso de fibra de ovino

como aislante, en el período de menor temperatura del año, con especial en atención en los meses Octubre y noviembre del año.

1.5.3 Delimitación Social

La población objetivo de esta investigación está constituida por familias residentes en edificaciones de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, quienes son directamente afectadas a causa de las condiciones meteorológicas de la región. Por lo tanto, el estudio se centrarse en cómo la fibra de ovino, utilizada como aislante térmico en viviendas, puede mejorar el confort térmico y reducir los efectos adversos del frío en poblaciones con baja temperatura.

1.6 Viabilidad de la Investigación

1.6.1 Económica

La investigación cuenta con un respaldo económico adecuado, ya que el material principal, la fibra de ovino, es accesible en la región y tiene un costo reducido en comparación con otros materiales de aislamiento térmico convencionales. Asimismo, la implementación de esta investigación no requerirá la adquisición de equipos de alta tecnología, ya que los termómetros y dispositivos de medición térmica son de bajo costo y accesibles para el equipo de investigación. El financiamiento disponible cubre los gastos de transporte, adquisición de materiales y los costos operativos de las pruebas experimentales en campo.

1.6.2 Social

La población de Sicuani, especialmente las comunidades en zonas de clima extremo, presenta una necesidad palpable de soluciones térmicas accesibles para mejorar sus condiciones de vida. Esta investigación es socialmente viable ya que el uso de fibra de ovino, un recurso local y sostenible, puede ser adoptado por los habitantes de la región sin dificultad, dado que ya forma parte de la actividad económica local (producción ovina). La participación de la comunidad en el

estudio permite fomentar el conocimiento sobre las alternativas de aislamiento y su repercusión en el bienestar de las personas, generando una disposición favorable para colaborar y aplicar los hallazgos de esta investigación.

1.6.3 Técnica

Desde la perspectiva técnica, la investigación es viable debido a la disponibilidad de herramientas e infraestructura necesarias para la recolección y procesamiento de datos sobre temperatura y humedad en las viviendas. Existen estudios previos y literatura que avalan la aplicación de la lana de ovino como aislante térmico, lo cual facilita la base metodológica para el desarrollo experimental en condiciones de campo. Además, el equipo de investigación está compuesto por profesionales capacitados en la manipulación de aparatos de medición y análisis térmico, asegurando la ejecución correcta de los experimentos y el rigor científico en la interpretación de los resultados.

1.7 Limitaciones

Condiciones Climáticas Variables: Dado que el propósito de la investigación es la medición de temperatura interior en distintas épocas del año, es posible que las condiciones climáticas extremas y las variaciones estacionales afecten los resultados, haciendo difícil aislar el efecto exclusivo de la fibra de ovino en la temperatura interior. Esto podría requerir más tiempo para recopilar datos suficientes y representativos para cada estación.

Disponibilidad de Materiales Específicos: Aunque la fibra de ovino es accesible en la región, existen distintos tipos y calidades de lana que podrían afectar el rendimiento del aislamiento. La variabilidad en la densidad y tratamiento de la fibra utilizada podría influir en los resultados, por lo tanto, será necesario definir los lineamientos de estandarización para minimizar esta limitación.

1.8 Hipótesis de la Investigación

1.8.1 Hipótesis General

HG: La influencia de la fibra de ovino en la temperatura interior de viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024 es significativo.

1.8.2 Hipótesis Específicas

HE1: La densidad de la fibra de ovino influye significativamente en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.

HE2: El espesor de la fibra de ovino influye positivamente en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.

HE3: La temperatura exterior en los horarios 6am, 10am, 2pm, 6pm, 10pm y 2am influye en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.

1.9 Variables

1.9.1 Definición Conceptual de la Variable Independiente

También se le denomina variable de estímulo, de entrada, o *input*, e incluso causal o experimental, ya que es controlada y modificada por el investigador para analizar su impacto en el estudio. El origen de esta puede encontrarse en el objeto de estudio o en su medio (Rodríguez Rodríguez y otros, 2021)

Fibra de ovino es conocido como lana, es una fibra natural obtenido desde los ovinos mediante el proceso de esquilado.

1.9.2 Definición Conceptual de la Variable Dependiente

Se le conoce también como variable de efecto o de acción condicionada, y se emplea para ilustrar el problema que se está estudiando. Es el fenómeno o situación que se interpreta; es decir,

es la respuesta (o efecto) influenciada por la presencia o acción de la variable independiente X. (Rodríguez Rodríguez y otros, 2021)

La temperatura interior dentro del espacio hace alusión a la temperatura del aire en un área cerrada, como una habitación, oficina o edificio.

1.10 Operacionalización de Variables

En la siguiente investigación se determinó dos variables una dependiente que es la temperatura interior de la vivienda y la independiente que es la fibra de ovino.

Tabla 1

Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de medición
Variable dependiente **Temperatura interior**	Magnitud física que refleja la energía cinética promedio de las partículas en un sistema (habitación)	Se registrarán las lecturas de temperatura en diferentes tiempos dentro de la vivienda	Temperatura registrada en grados Celsius	Escala intervalo (°C)
Variable independiente **Fibra de ovino**	Material aislante natural obtenido de la lana de oveja	El material se utilizará en diferentes porcentajes para el modelado en las paredes de los módulos	Cantidad de lana en kg/m^3	Escala de razón (kg/m^3)

Nota. Elaboración propia

2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Hegyi et al. (2020), realizaron el estudio titulado: Mejora de la climatización mediante el uso de aislamiento térmico de fibra de oveja. Objetivo: Analizar la capacidad de la fibra de oveja para mejorar la climatización de ambientes al evaluar su rendimiento como aislante térmico, su facilidad para absorber o dejar pasar el vapor de agua y su capacidad para reducir la concentración de formaldehído en espacios cerrados. La investigación emplea un enfoque experimental, analizando cuatro tipos de colchones de lana de oveja de origen rumano. Las pruebas incluyen mediciones de capacidad de conducción de calor y aislamiento contra la transferencia de calor mediante el método de placa caliente, además de análisis de la facultad para permitir el paso de vapor de H2O y sorción/desorción de humedecimiento en ambiente de laboratorio. De igual manera, se examinó la capacidad de adsorción de formaldehído según la norma ISO 16000-3 en una cámara de prueba. La muestra incluyó cuatro tipos de colchones de lana con diferentes densidades y espesores. Resultados: La lana de oveja mostro un rendimiento eficiente en el aislamiento térmico y en la regulación de la humedad, con una capacidad significativa para adsorber formaldehído. Por ejemplo, el colchón de tipo C, con 30.8 kg/m³ de densidad y 44 mm de grosor, logró una reducción del 68% en la concentración de formaldehído después del primer día, aumentando al 69% después de siete días de exposición. Esta capacidad de adsorción contribuye a optimizar la calidad del aire en espacios cerrados. Conclusiones: La lana de oveja es eficaz no solo en el aislamiento térmico, sino también en el incremento en la calidad del aire en espacios cerrados al reducir la concentración de formaldehído y regular la humedad. Su uso en interiores permite una ventilación adecuada de las paredes y contribuye a mantener condiciones

de salubridad en los espacios habitables. Esto posiciona a la fibra de lana de oveja como un material de aislamiento ecológico prometedor en la industria de la construcción.

Dénes et al. (2019), realizaron el estudio Utilización de fibra de lana de oveja como material de edificaciones. Objetivo: El propósito principal de la investigación fue evaluar las propiedades de la lana de oveja como material de construcción, específicamente en su uso como aislante térmico, refuerzo en concreto y precursor de fibra de carbono, comparándolo con materiales convencionales. Métodos: La investigación utiliza un procedimiento de análisis comparativo para estudiar las especificaciones de la lana de oveja frente a otros materiales como el poliestireno, el polipropileno y el poliacrilonitrilo. Se evaluaron factores de impacto ambiental, conductividad térmica, absorción de agua y reacción al fuego, además de pruebas en refuerzo de concreto y producción de fibras de carbono. Resultados: La lana de oveja mostró propiedades similares al poliestireno como aislante térmico, pero con una mayor absorción de agua (35%) y una mejor capacidad de controlar la humedad en interiores. En concreto, el refuerzo con lana disminuyó la resistencia a la compresión en 15-30%, aunque mejoró la resistencia a la flexión en un 7-18%. Para la producción de fibras de carbono, la lana produjo fibras con un contenido de carbono inferior (77%) en comparación con las basadas en polímeros, pero aún útiles en compuestos específicos. Conclusiones: La lana de oveja es un material prometedor en aplicaciones de construcción sostenibles, ofreciendo beneficios en aislamiento térmico y absorción de humedad. Aunque su rendimiento es inferior al de materiales sintéticos en ciertos aspectos, sus propiedades ambientales y potencial en aplicaciones de refuerzo y fibra de carbono sugieren que puede reemplazar parcialmente a materiales derivados de hidrocarburos en la construcción.

Parlato et al. (2020), realizaron el estudio El propósito principal de la investigación fue evaluar en fibras en los componentes de construcción. Objetivo: El fin de esta investigación es

desarrollar un marco organizado de posibles aplicaciones de las fibras producidas por la lana de oveja en componentes de construcción, evaluando su viabilidad como material de aislamiento térmico y acústico, así como su uso en construcciones rurales y otros sectores. Métodos: Este estudio es un estudio de los recursos bibliográficos actuales en la que se evalúan trabajos de investigación previas sobre propiedades mecánicas, térmicas y acústicas de la lana de oveja. Las técnicas empleadas incluyen el análisis de las propiedades físicas y químicas en comparación de la lana en relación con materiales convencionales, además de análisis de su capacidad para reducir la energía embebida y mejorar la sostenibilidad en construcciones. La muestra incluye estudios publicados entre 1996 y 2019. Resultados: La lana de oveja demostró baja conductividad calorífica (0.034-0.067 W/mK) y gran resistencia a la transferencia de calor (2.5-2.6 m^2K/W). También presentó una alta capacidad de absorción de humedad (35% de su peso) y propiedades acústicas significativas, con un coeficiente de absorción de sonido de 0.77 Hz en paneles de 60 mm. Estos valores sugieren que la lana de oveja es eficaz tanto para el control de humedad en interiores como para la reducción de ruido. Conclusiones: La lana de oveja es una alternativa viable y ecológica para el aislamiento en construcciones, con beneficios en sostenibilidad y eficiencia energética. Aunque existen desafíos como su vulnerabilidad a mohos y bacterias, su uso como material de construcción permite aprovechar un residuo agrícola de forma sustentable. La investigación sugiere que el uso de lana de oveja puede mejorar la eficiencia térmica y acústica de edificios rurales y reducir su impacto ambiental.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Gonzales – 2022 Tesis: “Estudio de la fibra de Ichu incorporada como aislante térmico a un sistema de construcción en seco para su uso en envolventes de viviendas rurales ubicadas en zonas climáticas frías del Perú” – Pontificia Universidad Católica Del Perú – Lima Perú

En esta tesis, los ensayos iniciales fueron de tipo referencial, comparando la prolongación de la fibra de pasto nativo de los Andes; los haces de ichu de menor longitud facilitan un mejor arreglo entre ellos, mejorando el aprovechamiento del espacio y contribuyendo al incremento de la masa y densidad de los especímenes. Dentro de los parámetros establecidos en las pruebas, se observó que la relación entre la densidad y las características del material aislante de ichu respecto a su conductividad térmica (ƛ) es inversa; es decir, a mayor cantidad de ichu, menor será el coeficiente de transferencia de calor. Para verificar esta afirmación, se realizó una prueba de referencia sin material aislante, es decir, con densidad nula en el ichu, lo que provocó un aumento en la conductividad a 0.3228 W/m.K.

Posteriormente, con el fin de eliminar el efecto de un puente térmico, se reemplazó la estructura metálica de 0.045 mm de espesor por madera de 2 cm de grosor, lo que incrementó la conductividad a 0.3770 W/m.K. Se llevaron a cabo un total de 45 pruebas experimentales en laboratorio para analizar las propiedades de aislamiento térmico del compuesto de fibrocemento y conglomerado de fibra de ichu, obteniendo un valor promedio de conductividad térmica de ƛ = 0.1078 W/m.K, con una precisión de +/- 5%.

Además, se realizaron 45 ensayos adicionales con muestras de lana de vidrio como material aislante térmico, registrando una conductividad promedio de ƛ = 0.0848 W/m.K. La diferencia entre ambos materiales puede minimizarse aumentando la densidad y ajustando el espesor de los muros, permitiendo igualar las resistencias térmicas R y facilitando la comparación con otros parámetros.

Peralta (2022) realizó el estudio “Lana de ovino como aislante térmico en proyectos de acondicionamiento de las instituciones educativas altoandinas de Ayacucho, 2021”. Objetivo: El estudio busca determinar la viabilidad de la fibra de lana de ovino como un aislante térmico de

reducido impacto sobre el medio ambiente y costo accesible, adaptado para mejorar la sensación térmica confortable en instituciones educativas altoandinas de Ayacucho. Métodos: El estudio emplea un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de tipo transversal y descriptivo. Se construyeron dos prototipos de aulas a escala (1:10), uno sin aislamiento y otro con lana ovina como material de aislamiento térmico. Se midieron las temperaturas interiores y exteriores de los prototipos durante 15 días, además de evaluar indicadores ambientales (demanda de energía, emisiones de CO2 y emisiones tóxicas) y realizar un presupuesto estimado para la implementación. Resultados: Los resultados mostraron que el aula con lana de ovino alcanzó una diferencia térmica promedio de 3 a 5 °C en comparación con el aula sin intervención. La lana de ovino demostró una baja conductividad térmica y un impacto ambiental reducido frente a materiales convencionales, lo que la hace una opción sostenible para el aislamiento térmico en regiones de frío extremo. Conclusiones: La lana de ovino es un aislante térmico efectivo y ecológico, capaz de mejorar el confort en las aulas de zonas altoandinas con un bajo impacto ambiental y costo accesible. Este material contribuye a la sostenibilidad, siendo una alternativa viable para reemplazar materiales industriales en instituciones educativas de regiones de alta altitud.

2.1.3 Antecedentes Locales

Álvarez y Licona – 2019 Tesis: “Evaluación de la conductancia térmica de la casa ecológica andina PUCP ubicada en el distrito de Langui, provincia de Canas – Cusco, de acuerdo con los estándares de la Norma Técnica Peruana Em.110, con el objetivo de mejorar las condiciones térmicas de las viviendas en la zona bioclimática altoandina peruana". Análisis de las propiedades características de aislamiento térmico en la casa ecológica andina PUCP en Langui, provincia de Canas – Cusco, siguiendo los especificaciones de la Norma Técnica Peruana Em.110, con la meta de garantizar un confort térmico adecuado en las viviendas ubicadas en la región

altoandina del Perú – La Universidad Andina del Cusco analizó en esta tesis el experimento de la casa ecológica andina PUCP, ubicada en el distrito de Langui – Cusco, y se concluyó que no se ajusta globalmente a los valores máximos de transmitancia térmica establecidos en la Norma EM.110 para la zona altoandina del Perú. La vivienda ecológica en la región andina PUCP posee un total de 20 envolventes, de las cuales solo 11 cumplen con los criterios de los estándares máximos permitidos de transmitancia térmica según la Norma EM. 110 para el sector altoandino en Perú. Las 20 envolventes de la casa ecológica PUCP cumplen con los criterios definidos en la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales, según la Norma EM. 110, adaptada a las condiciones climáticas de la región altoandina. Considerando una humedad relativa promedio del 50%, de acuerdo con la tabla N° 18 de la norma, se verifica que la temperatura superficial interna de la envolvente es mayor que la temperatura de rocío (Tsi > Tr). Sin embargo, debido a que el distrito de Langui, donde está ubicada la casa ecológica andina PUCP, se encuentra junto a una laguna homónima, la humedad relativa no es del 50% como se establece en la Norma, sino del 70%. A pesar de este incremento en la humedad relativa, las veinte envolventes siguen cumpliendo con las condiciones del procedimiento para el cálculo de condensaciones superficiales de acuerdo con la Norma EM. 110, lo que asegura que la temperatura superficial dentro de la vivienda es siempre más alta que la temperatura de rocío (Tsi > Tr).

Las carpinterías de las ventanas de la Casa Ecológica Andina no incluyen ninguna PUCP tiene compartimento de aire, lo que impide que sean clasificadas en la clase 2, según lo establecido en la Tabla N° 03: “Tipos de carpintería de ventanas según las características bioclimáticas de la zona”. En consecuencia, no cumplen con la clasificación de capacidad de paso de aire según la Norma EM. 110 para la zona climática específica altoandina.

2.2 Bases Teóricas

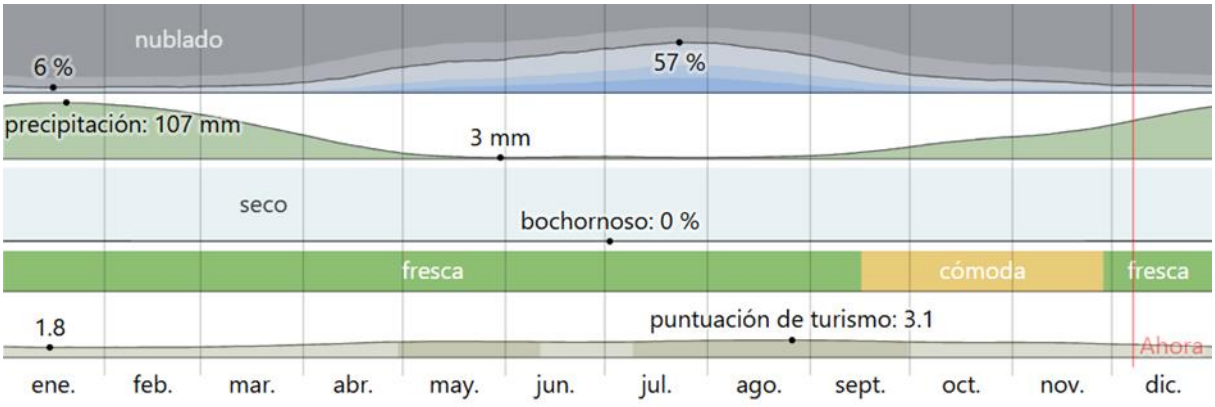
2.2.1 Factores Climáticos de Cusco

Cusco presenta un clima templado, caracterizado por lluvias moderadas y fluctuaciones térmicas, que se detallan con mayor precisión en el resumen climático de la ciudad. En la estación de lluvias es nublada, la seca tiende a ser nublada y es fresca durante todo el año. Por otro lado, La temperatura normalmente se encuentra en el intervalo de 0 °C a 19 °C, y es poco común que las temperaturas caigan por debajo de -2 °C o superan los 22 °C aproximadamente.

Cusco tiene un clima templado, con lluvias moderadas y fluctuaciones térmicas. Durante la temporada de lluvias (noviembre a marzo), prevalece el cielo nublado y la humedad. En la estación seca (abril a octubre), el clima es también mayormente nublado, pero más fresco. Las temperaturas oscilan entre 0 °C y 19 °C, rara vez bajan de -2 °C o superan los 22 °C.

Figura 3

Resumen Anual del Clima de Cusco



Nota. (Weather Spark, 2023).

El clima en Cusco, Perú, se caracteriza por su variabilidad, influenciada por su altitud de aproximadamente 3,400 metros sobre el nivel del mar y su ubicación en la región andina. En términos generales, se distinguen dos estaciones principales:

Estación seca (mayo a septiembre): Durante este periodo, los días suelen ser soleados, mientras que las noches presentan temperaturas frías. Las temperaturas diurnas oscilan entre 15 °C y 20 °C, mientras que por la noche pueden descender por debajo de los 5 °C. Debido a la estabilidad climática, esta estación es ideal para visitar Cusco y Machu Picchu.

Estación de lluvias (octubre a abril): Durante estos meses, las precipitaciones son más frecuentes, siendo noviembre el periodo más lluvioso. A pesar de ello, las temperaturas diurnas continúan siendo agradables, con máximas cercanas a los 18 °C y mínimas alrededor de los 6 °C.

Es importante considerar que las condiciones climáticas pueden cambiar anualmente debido a factores climáticos globales. Además, la elevada altitud de Cusco puede provocar el conocido “mal de altura” o soroche, por lo que se recomienda tomar precauciones y permitir que el cuerpo se adapte progresivamente.

En conclusión, la mejor época para viajar a Cusco dependerá de las preferencias personales y las actividades planificadas. Si buscas estabilidad climática y cielos despejados, la estación seca es la mejor opción. Por otro lado, si prefieres evitar grandes multitudes y no te preocupa la lluvia, la estación húmeda también puede ofrecer una experiencia interesante. Independientemente de la elección, es recomendable planificar con anticipación para garantizar un viaje satisfactorio. (Viajeros Cusco, 2023)

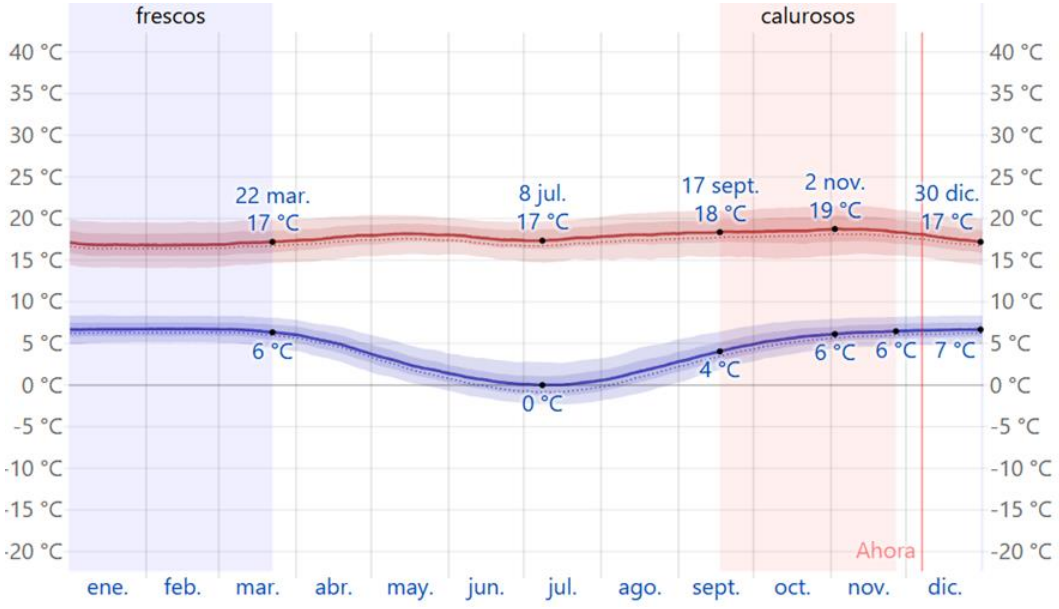
2.2.2 Temperatura

La temperatura en Cusco experimenta variaciones conforme a las temporadas anuales. La temperatura más elevada registrada en la ciudad es mayor a 18°C, los días con mayor temperatura es de 19°C, El promedio diario de temperatura se encuentra por debajo de los 17°C, y la mínima registrada varía entre 6°C y 0°C, las cuales pueden ser observadas en la Tabla 4.

El clima de Cusco presenta variaciones térmicas a lo largo del año, con temperaturas máximas superiores a 18°C, alcanzando 19°C en los días más cálidos. El promedio diario se mantiene por debajo de los 17°C, y las mínimas oscilan entre 6°C y 0°C, lo que indica noches frías.

Figura 4

Temperatura Máxima y Mínima Promedio Anual de Cusco



Nota. La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul), (Weather Spark, 2023).

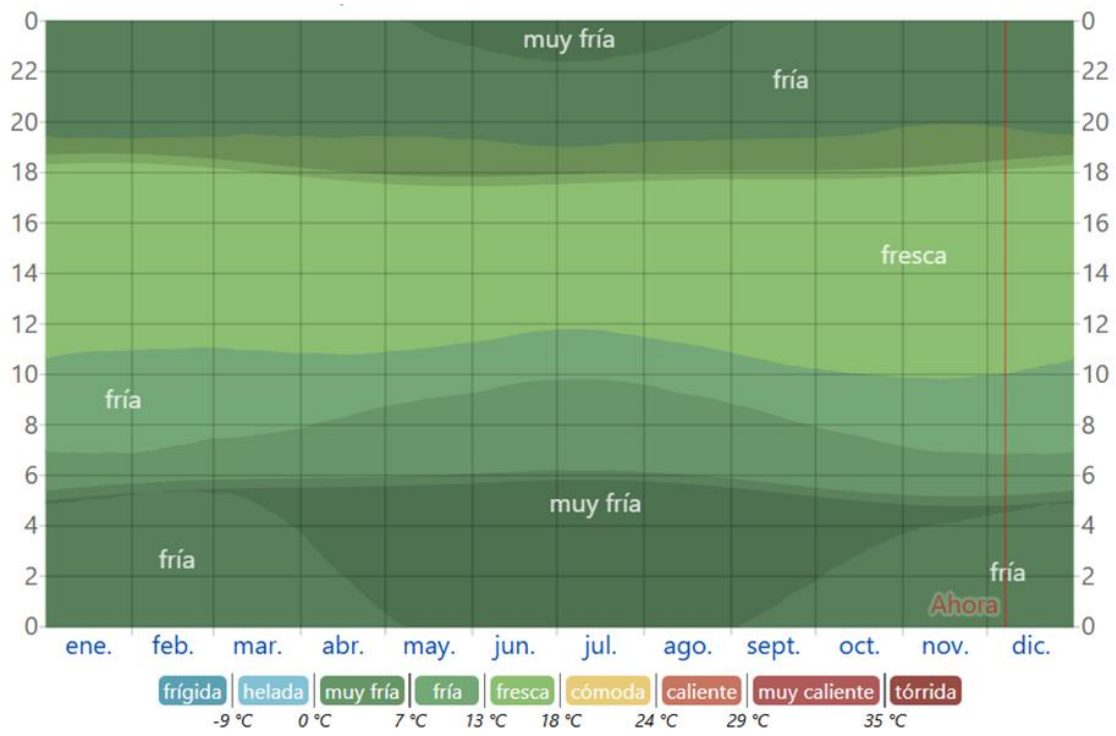
La temperatura cambia según las horas del día, y es posible observar el índice promedio de las temperaturas por hora. En la dirección vertical están las horas, mientras que en la dirección horizontal se representan los períodos mensuales. Además, en la parte más alta se muestran los tonos que indican las temperaturas promedio por hora y mes.

La temperatura en la ciudad varía a lo largo del día, lo que permite analizar el comportamiento térmico a través de un gráfico que muestra el promedio horario de las temperaturas. En dicho gráfico, las horas del día se representan en el eje vertical, mientras que los

meses del año se distribuyen en el eje horizontal. Además, se utilizan colores en la parte superior para señalar las temperaturas promedio correspondientes a cada hora y mes, facilitando una visualización clara de las fluctuaciones térmicas durante todo el año.

Figura 5

Temperatura Anual Promedio por Hora de Cusco



Nota. (Weather Spark, 2023).

2.2.3 Precipitación

En Cusco, el ciclo de precipitaciones abarca 4,4 meses, desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo aproximadamente, y el período sin precipitaciones tiene una duración de 7,6 meses aproximadamente, cubriendo el resto del año. En los días con precipitaciones, se separan las fechas según si solo hay lluvia, únicamente nieve o una combinación de ambas. Es importante resaltar que, a lo largo del año, la lluvia es el fenómeno más común, y la probabilidad diaria de precipitación por meses se presenta de forma clara.

En Cusco, la temporada de lluvias dura aproximadamente 4,4 meses (de noviembre a marzo), mientras que la estación seca se extiende por 7,6 meses. Durante la época de lluvias, se registran días con lluvia, nieve o una combinación de ambas, siendo la lluvia el fenómeno más frecuente, con una probabilidad variable según el mes.

Se considera un día mojado aquel en el que se registra al menos 1 milímetro de precipitación, ya sea en forma de lluvia, nieve o una combinación de ambas. La frecuencia de estos días en Cuzco varía significativamente a lo largo del año.

La temporada más lluviosa abarca 4,4 meses, desde el 15 de noviembre hasta el 29 de marzo, con una probabilidad superior al 27 % de que un día cualquiera presente precipitación. Enero es el mes con mayor cantidad de días mojados, alcanzando un promedio de 15,5 jornadas con al menos 1 milímetro de lluvia.

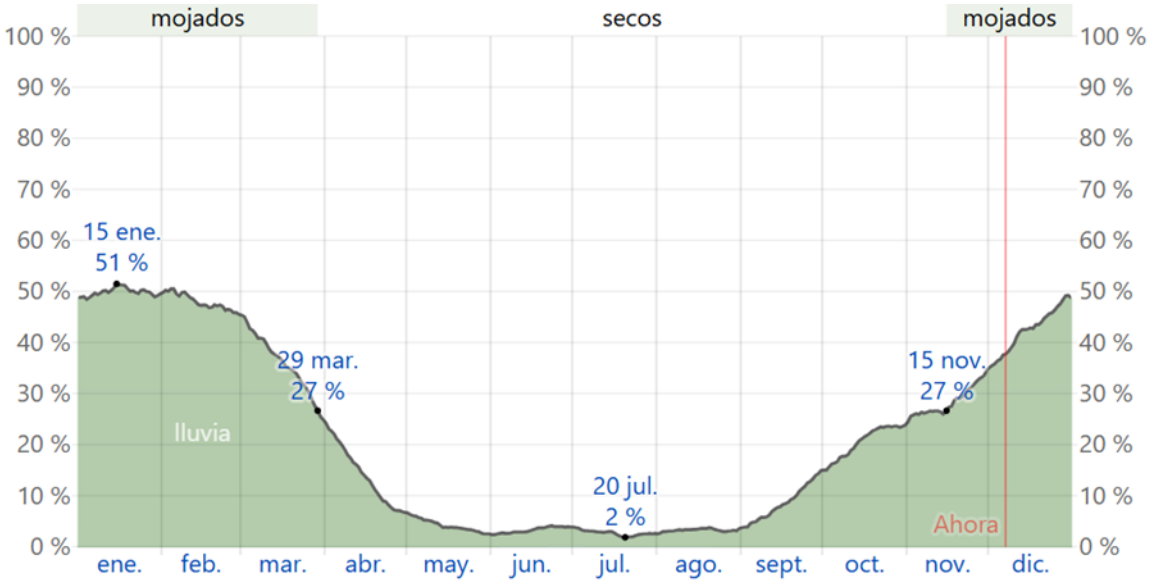
Por otro lado, la estación seca tiene una duración de 7,6 meses, del 29 de marzo al 15 de noviembre. Julio destaca como el mes con menos días lluviosos, con un promedio de solo 0,8 días de precipitación mínima.

Entre los días con precipitación, se distingue entre aquellos con lluvia exclusiva, nieve exclusiva o una combinación de ambas. Enero también se posiciona como el mes con más jornadas de solo lluvia, manteniendo un promedio de 15,5 días con esta condición.

En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 51 % el 15 de enero (Weather Spark, 2023).

Figura 6

Probabilidad Diaria de Precipitación



Nota. (Weather Spark, 2023).

Para ilustrar la variación de las precipitaciones a lo largo del ciclo mensual, y no solo los acumulados mensuales, se presenta la acumulación de precipitaciones en un período determinado de 31 días, utilizando una escala progresiva y centrada en los registros diarios a lo largo de todo el año. En este contexto, Cusco muestra una variación significativa en las precipitaciones mensuales según la estación.

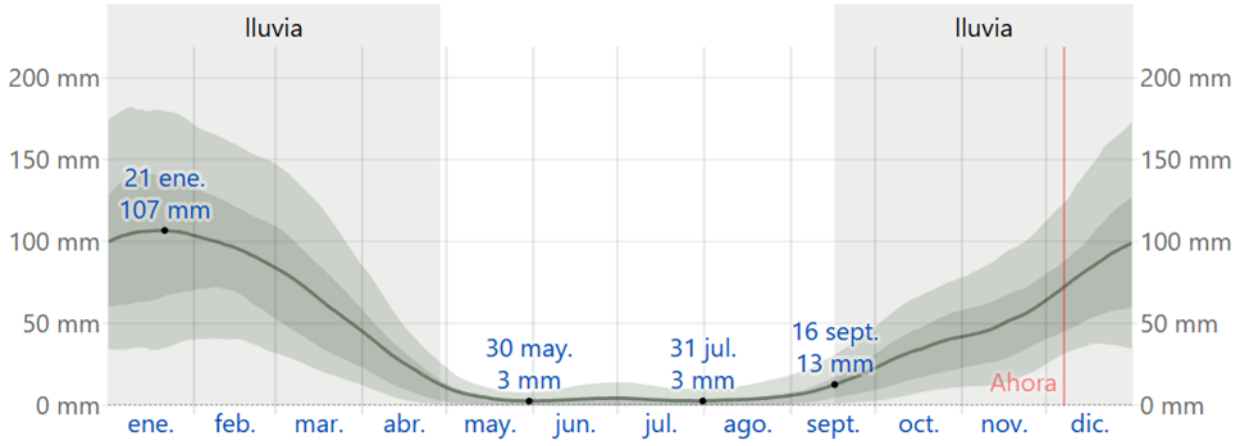
La estación de lluvias tiene una duración de 7,4 meses, desde el 16 de septiembre hasta el 28 de abril, mínimamente 13 milímetros de lluvia en un intervalo móvil de 31 días. Enero es el mes más lluvioso, con un promedio de 106 cantidad de precipitación (en milímetros).

La temporada sin lluvias dura 4,6 meses, desde el 28 de abril hasta el 16 de septiembre. Julio es el mes con menos lluvias, con un valor promedio de 3 milímetros de precipitación.

Julio es el mes con menos lluvias, con una estimación de 3 milímetros de precipitación.

Figura 7

Promedio Mensual de Lluvia en Cusco



Nota. (Weather Spark, 2023).

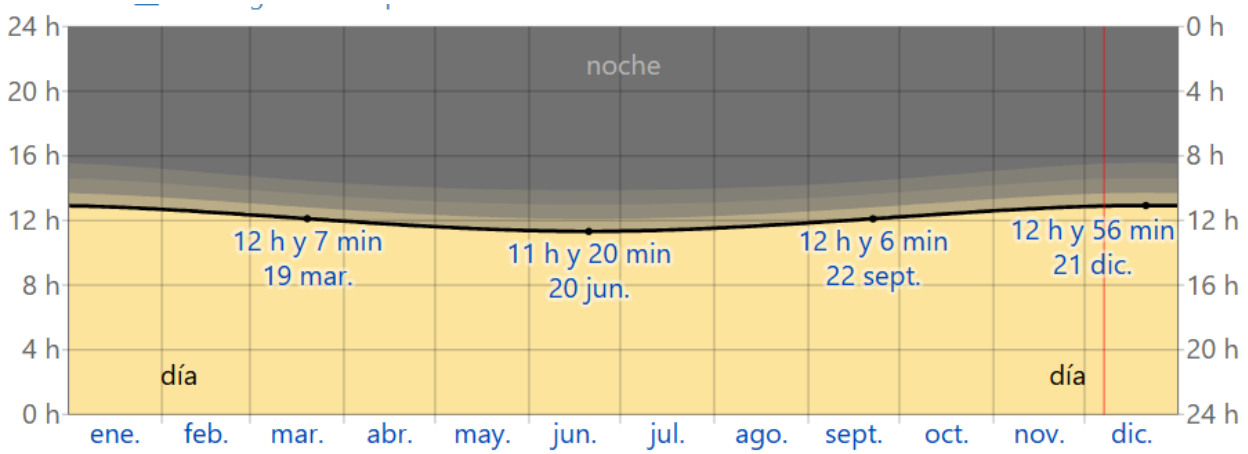
2.2.4 Sol

La extensión del día en Cuzco cambia durante el transcurso del año. En 2024, el día con menos horas de luz es el 20 de junio, con 11 horas y 20 minutos de iluminación natural; el día con la mayor cantidad de luz es el 21 de diciembre, con 12 horas y 56 minutos de iluminación natural.

La hora más temprana de salida del sol ocurre a las 5:10 a.m. el 21 de noviembre, mientras que la de ocurrencia más retrasada es a las 6:12 a.m., una hora y dos minutos después, el 9 de julio. Por otro lado, la puesta de sol más temprana es a las 17:27 el 31 de mayo, y la más postergada es a las 18:22, 56 minutos después, el 23 de enero.

Figura 8

Horas de Luz Natural y Crepúsculo en Cusco



Nota. (Weather Spark, 2023).

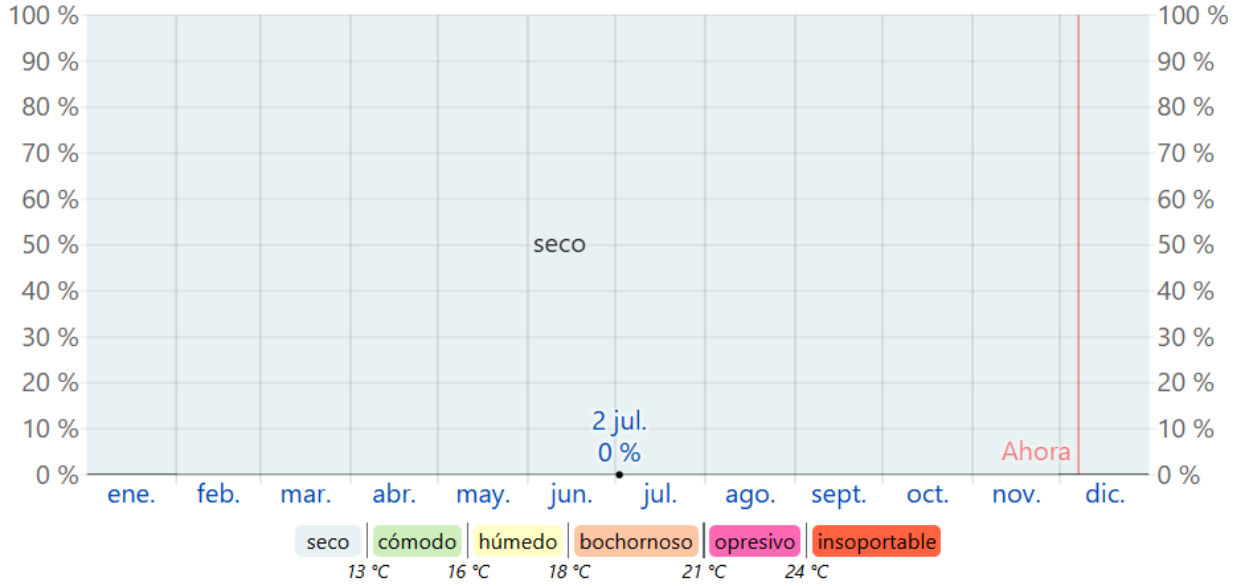
2.2.5 Humedad

El nivel de confort respecto a la humedad se basa en el punto de rocío, ya que este influye en la evaporación del sudor y, por ende, en la regulación térmica del cuerpo. Un punto de rocío bajo genera una sensación de sequedad, mientras que uno alto provoca una sensación de mayor humedad. A diferencia de la temperatura, que puede fluctuar significativamente entre el día y la noche, el punto de rocío varía de manera más gradual, lo que significa que, incluso si la temperatura desciende por la noche, en un día húmedo la sensación de humedad suele persistir.

El nivel de humedad percibido en Cuzco, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 % (Weather Spark, 2023).

Figura 9

Niveles de Comodidad de la Humedad en Cusco



Nota. (Weather Spark, 2023).

2.2.6 Viento

El comportamiento del viento en Cusco está condicionado por la geometría terrestre. de la ciudad y otros elementos climáticos. Los vientos cambian por horas en velocidad y dirección, y la velocidad promedio fluctúa según las variaciones estacionales en Cusco. A lo largo del año, los vientos en Cusco se presentan durante unos 4,4 meses, desde julio hasta noviembre, a una velocidad estándar que supera los 8,6 km por hora. Además, la trayectoria predominante del viento es del septentrión.

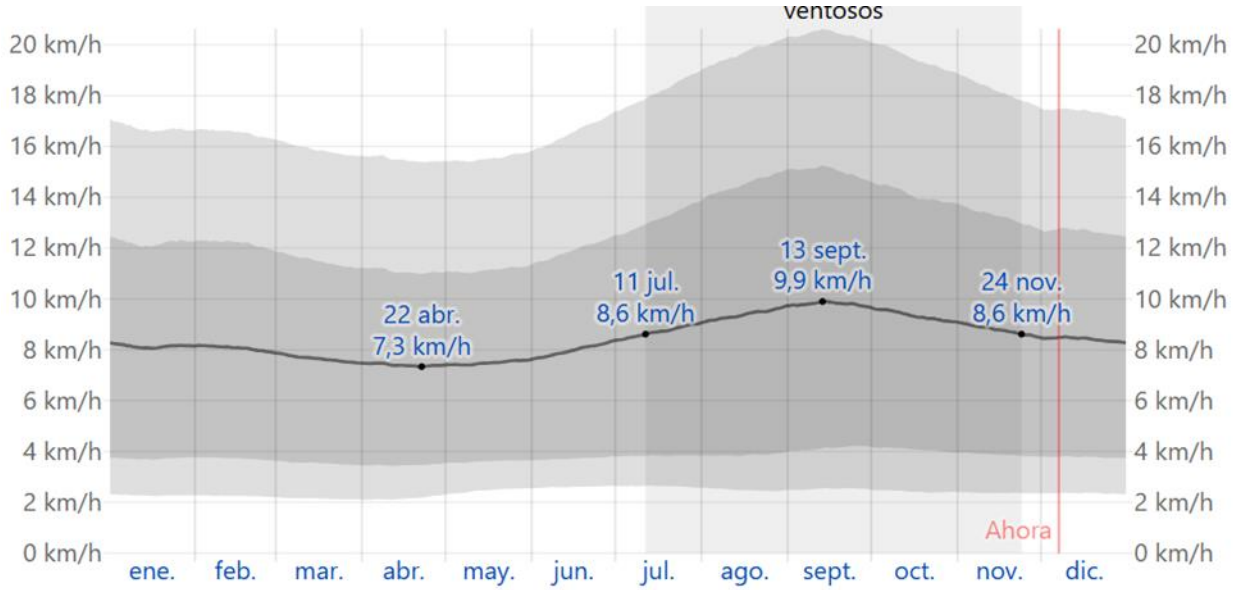
En Cusco, los vientos varían en velocidad y dirección según las horas y las estaciones. Durante aproximadamente 4,4 meses del año (de julio a noviembre), los vientos soplan a una velocidad promedio superior a los 8,6 km/h, con una dirección predominante desde el norte.

En el campo meteorológico, la intensidad del viento, o velocidad del flujo del viento, es una propiedad fundamental de la atmósfera causada por el aire que se mueve desde zonas de alta presión hacia zonas de baja presión, usualmente como consecuencia de cambios en la temperatura. En la actualidad, el anemómetro es el dispositivo más común para medir la velocidad del viento.

La celeridad del viento condiciona el pronóstico del tiempo, las operaciones aéreas y costeras, los proyectos de edificación y urbanismo, el crecimiento y la velocidad de intercambio energético de diversas especies de plantas, y trae consigo varias otras implicaciones. Considere que la dirección del viento suele seguir una trayectoria casi paralela a las isobaras (y no en una dirección perpendicular, como se podría prever), como resultado de la rotación del planeta Tierra.

Figura 10

Velocidad Promedio del Viento



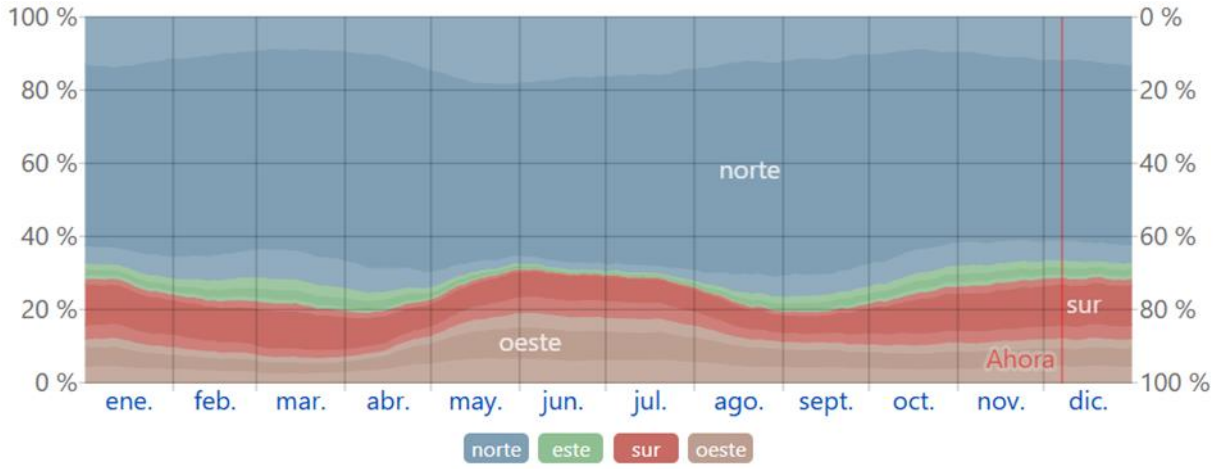
Nota. (Weather Spark, 2023).

La trayectoria del viento señala de dónde proviene el viento. Conocer esta dirección puede ser útil para identificar posibles peligros como olas, corrientes y vientos fuertes. También puede ayudarte a elegir la dirección para navegar o hacer kitesurf aprovechando los vientos favorables.

Los mapas de viento generalmente incluyen flechas que muestran las direcciones predominantes del viento en una zona específica.

Figura 11

Dirección del Viento



Nota. (Weather Spark, 2023).

2.2.7 Confort Térmico

La percepción de confort térmico está asociada con una sensación de comodidad o de "sentirse bien "desde el punto de vista del ambiente higro-térmico exterior a la persona. La Norma ISO 7730 describe como la " ... condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico". Para llegar a este estado, es necesario controlar la temperatura interna del cuerpo dentro de un estrecho intervalo. El calor generado por el metabolismo tras la ingesta de alimentos debe ser disipado para mantener una temperatura interna equilibrada. Para ello, se dispone de diversos mecanismos internos u orgánicos, como la circulación sanguínea, la respiración y la sudoración, así como externos, incluyendo la actividad física, la postura corporal, la vestimenta y la elección del entorno.

El entorno construido, vinculado a la arquitectura, se reconoce como un componente dentro del sistema de regulación térmica, conectando el cuerpo con el clima natural. Las condiciones ambientales que influyen en el confort térmico están determinadas por factores como:

- Velocidad del aire
- Humedad relativa
- Temperatura de radiación
- Temperatura ambiental

Adicionalmente, existen variables más específicas, como la temperatura del bulbo húmedo, la presión de vapor de agua en la atmósfera, la humedad absoluta, la intensidad de radiación y la dirección del viento. Es fundamental analizar todas estas variables de manera conjunta, comprendiendo su distribución espacial y temporal.

En cuanto a las variables personales que afectan la percepción de confort térmico, destacan aquellas relacionadas con las características individuales y las acciones adoptadas para regular la temperatura corporal.

- La actividad física de la persona
- La resistencia y permeabilidad de la ropa
- El acondicionamiento físico y emocional al lugar

Además de las variables principales, cuando se busca un mayor nivel de precisión en los resultados, se incorporan otros factores como la postura, edad y sexo de la persona, características físicas como altura y peso (para calcular el área de piel), distribución de la vestimenta y estado de salud.

A partir de la relación entre estas variables, se han desarrollado diversos modelos de evaluación que buscan medir y analizar la percepción humana del confort térmico. En esencia, el objetivo es anticiparse a una posible combinación de condiciones ambientales y personales para determinar si se alcanzará una sensación de confort, previa definición de sus límites. "lndice de confort". Estos índices han sido obtenidos fundamentalmente de dos formas: en base a sensaciones térmicas subjetivas (recogidas a través de encuestas) y a partir de la identificación de ciertas reacciones fisiológicas (temperatura interior, temperatura de la piel, nivel de sudoración, etc.). En algunos casos se llega a combinar los resultados de ambas metodologías para llegar a establecer el índice final.

Existen igualmente muchos modelos más complejos y actuales en base a cálculos de equilibrio térmico que pretenden afinar los resultados en casos concretos, y que terminan siendo útiles en la medida que su aplicación específica lo requiera. Cabe destacar la creciente importancia que se da a la relatividad de los límites de confort debido a la adaptación geográfica y temporal de una persona para con unas condiciones ambientales determinadas. Se remarca la imposibilidad de estandarizar una única zona de confort para diferentes ámbitos geográficos, haciendo innumerables ejemplos que comprueban la validez dichas afirmaciones. Relacionada a esta lógica, Chávez del Valle (Ambientalista) va más allá, llegando a sustentar incluso la validez de " ..... Se considera la temperatura exterior del aire como el principal punto de referencia para la variación de la temperatura interior dentro de la zona de confort. A partir de la definición de los límites de confort, se enfatiza la elaboración de diagramas que, además de representar la zona de confort según las variables ambientales, proponen medidas correctivas para ampliar dichos límites y optimizar las condiciones térmicas. La facilidad de uso y la mejor comprensión de los principios que giran en

torno a las variables, han convertido a los diagramas en una herramienta de diseño bastante útil y recurrido (Lozano, 2010).

Para Fernández (1994) El confort térmico son un conjunto de elementos condicionantes necesarias, donde los procedimientos de autorregulación son más restringidos, operando dentro de una zona delimitada por umbrales térmico, en la que la mayor parte de las personas exprese su comodidad . Además, aunque el confort tiene varias definiciones, siempre involucra el concepto de balance energético entre el organismo humano y el entorno en el que opera.

El confort térmico se refiere a la sensación de comodidad térmica que se experimenta en relación con las condiciones térmicas del entorno. Según la Norma ISO-7730 y ASHRAE, es una percepción psicológica de satisfacción con el espacio térmico. Fernández (1994) destaca que se logra cuando las condiciones ambientales permiten que los mecanismos de autorregulación del cuerpo humano operen dentro de umbrales térmicos que favorecen la comodidad, siempre manteniendo un equilibrio energético entre el cuerpo y su entorno.

2.2.8 Albañilería confinada

la albañilería confinada se define como un sistema constructivo en el que los muros de albañilería están rodeados por elementos de confinamiento, como columnas y vigas de concreto armado. Estos elementos trabajan en conjunto con los muros para mejorar la resistencia estructural y la capacidad de la edificación para soportar cargas.

2.2.9 Confort Térmico en Edificaciones

Tanto la International Organization for Standardization (ISO 7730, 2005) y la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE, 2010) definen al confort térmico como “la condición de la mente en la que se expresa satisfacción con respecto al ambiente térmico”. Por otro lado, Givoni (1998) la define como “la ausencia de irritación o

malestar térmico" a fin de proponer una zona de confort. De igual forma, el investigador Hensen (1991), lo presenta de la siguiente manera "un estado en el cual no existen impulsos por corregir el ambiente mediante algún comportamiento". En consecuencia, una condición mental o un estado que expresa un individuo es sumamente personal. Por consiguiente, se ha comprobado que el estado de satisfacción creado en la mente es un proceso cognitivo que involucra variables físicas, fisiológicas, psicológicas entre otros (Lin Z; Deng S, 2008). Explicado de manera sencilla, cada persona experimenta el confort de manera diferente, a pesar de estar en las mismas condiciones y compartir antecedentes y características fisiológicas parecidas. A fin de simplificar el análisis, en líneas generales, se atribuye el disconfort como un tema subjetivo mientras que la sensación térmica se plantea como un problema objetivo (Hensen,1991). De este modo, se desarrollan estudios con el propósito de identificar las variables internas y externas que inciden en la sensación térmica. En el año 1962, Macpherson presenta las variables climáticas del medio que afectan al confort térmico (Macpherson, 1962) : la temperatura del aire, la temperatura de radiación, la humedad relativa del aire, la velocidad del aire. De igual manera, definió la actividad física y las características de la ropa, como la resistencia y la permeabilidad, como factores personales que influyen en la sensación térmica. Para establecer cómo se relacionan las variables climáticas con la sensación de confort humano, se efectuaron más investigaciones que se enfocaron en modelos, índices, experimentos en cámaras climáticas, encuestas y observación de comportamientos. Dichas investigaciones se pueden sintetizar en dos enfoques: Racional y Adaptativo (Djongyang et al, 2010).

2.2.10 Viviendas con Confort Térmico

Gutiérrez.R, Salvador.R, Izaguirre.G y Manuel.V (2014) afirman que la interrelación entre el confort térmico en las edificaciones y la conductividad térmica de los materiales se calcula mediante el coeficiente de calor (k). Con el objetivo de simplificar los cálculos del movimiento de calor a través de una superficie, se ha determinado un valor r. Este valor es de forma inversamente correlacionado con la conductividad térmica (k) y proporcional al espesor del material (t). En unidades, R se mide por área (ft^2 o m^2), temperatura absoluta (Kelvin o Celsius), y flujo de calor (btu/h o Watts).

Aditya et al. (2017), argumentan que el sector de la construcción es responsable de un elevado consumo de energía para asegurar el confort térmico en distintas obras. No obstante, este consumo podría disminuir si se implementan soluciones efectivas de aislamiento que proporcionen un mayor confort térmico. Aumentar el valor económico del edificio / apartamento

Peña.O y Roman.R (2017), en la actualidad hay una amplia variedad de soluciones tecnológicas disponibles para mantener el confort térmico en viviendas y áreas urbanas habitacionales, que incluyen desde sistemas térmicos de calefacción hasta soluciones para aislamiento. Las técnicas pueden implementarse de manera individual o conjunta, según las condiciones térmicas del lugar en el que se apliquen.

El confort térmico en las viviendas está relacionado con la conductividad térmica de los materiales, calculada mediante el coeficiente de calor (k) y el valor R, que depende del espesor del material. Mientras que Aditya et al. (2017) proponen que el uso de aislamiento puede reducir la gran demanda energética en la industria de la construcción, Peña y Román (2017) destacan diversas tecnologías, como calefacción e aislamiento, que optimizan el confort térmico según las condiciones específicas de cada lugar.

Según los autores Adamczyk.J y Dylewski.R (2017): “argumentan que 'la inversión en modernización térmica puede producir beneficios concretos para la sociedad, entre ellos, la mejora de la calidad de vida mediante el confort térmico.'”

- Disminución de la generación de residuos en el proceso de combustión de combustible sólido para obtener energía térmica.
- Disminución de las emisiones contaminantes gracias a la menor demanda de energía para calefacción en el edificio.
- Disminución de los costos económicos de mantener el edificio / departamento
- Potencia la calidad del aire en el edificio / apartamento como resultado de disminuir el riesgo de hongos en las paredes.
- Aumento del período de uso de la tierra como resultado de la generación reducida de residuos.
- Reducción del consumo de recursos energéticos
- Mejorar el bienestar y la protección de los usuarios.
- Aumentar la durabilidad del edificio como resultado de las condiciones optimizadas de temperatura y humedad en las paredes.
- Aumento de la conciencia sobre el impacto ambiental y económico entre los ciudadanos.

La modernización térmica de los edificios mejora el confort térmico y ofrece beneficios como la reducción de residuos, emisiones y consumo energético. Además, disminuye los costos de mantenimiento, mejora la calidad del aire y extiende la vida útil de los edificios. También promueve la salud y seguridad de los usuarios, aumenta la conciencia ambiental y económica, y optimiza el uso de los recursos energéticos.

Perú posee un territorio con una gran diversidad climática y ecológica, además de enfrentar frecuentes desastres naturales. Su compleja realidad social y económica, junto con la diversidad

cultural, influyen directamente en las estrategias de construcción y en la selección de tecnologías apropiadas.

La costa, que representa el 11% del territorio nacional, alberga la mayor parte de la población urbana, incluida Lima, la capital. Su temperatura varía entre 14°C en invierno y 32°C en verano. La sierra, conformada por la Cordillera de los Andes, abarca el 26% del país, con altitudes entre 1 200 y 6 600 msnm y un clima variable, con temperaturas medias que oscilan entre -10°C y 16°C. La selva, la región más extensa (63% del territorio), se caracteriza por ríos caudalosos y lluvias intensas de entre 2 000 mm y 4 000 mm anuales, llegando hasta 7 000 mm en las zonas altas. Su clima es cálido y húmedo.

En cuanto a las regiones Suni y Puna, la primera, situada entre los 3 500 y 4 000 msnm, es la zona más accidentada del país, con terrenos escarpados, suelos pedregosos y ríos torrentosos. Su flora incluye gramíneas y arbustos, mientras que su fauna está influenciada por la puna, destacando especies como la taruca, el cóndor, el zorrino y el huanaco. La región Puna, ubicada entre los 4 000 y 4 800 msnm, se distingue por su clima frío y escasa vegetación, con veranos lluviosos y nubosos, e inviernos secos con frecuentes heladas. Entre su flora predominan los bosques de keñua, el ichu, la tola y las plantas almohadilladas, mientras que los camélidos sudamericanos son representativos y esenciales para el desarrollo local. (Brack, A. y Mendiola, C. , 2000)

2.2.11 Aislamiento Térmico

El aislamiento térmico es el proceso que busca disminuir el flujo de calor entre diferentes objetos o espacios, logrado mediante la utilización de materiales con baja conductividad térmica para aislamiento, limitando así los cambios de temperatura. Según Pásztory (2021) el aislamiento térmico en los edificios implica materiales que resisten el flujo de calor, conservando la energía

interior al mantener las temperaturas. Este proceso es esencial para reducir la demanda energética, ya que disminuye la necesidad de calefacción o refrigeración artificial, Lo que ayuda a maximizar la eficiencia energética y la conservación ambiental.

Una definición más reciente destaca el aislamiento térmico como una combinación de materiales y técnicas de construcción diseñadas para controlar el intercambio de calor, asegurando el confort y optimizando el uso de la energía en los edificios. Giraldo et al. (2021), señalan que un aislamiento eficaz no solo reduce el consumo de energía, sino que también promueve un clima interior estable, lo que tiene implicaciones tanto para la salud como para la productividad de los ocupantes. Las tecnologías de aislamiento avanzadas se centran en materiales sostenibles, como las fibras naturales, que combinan la conservación de la energía con un bajo impacto ambiental.

El aislamiento contra el calor reduce el flujo de calor y la necesidad de calefacción o refrigeración artificial, mejorando la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental. Según Pásztory (2021) y Giraldo et al. (2021), un aislamiento eficaz favorece un clima interior estable, lo que beneficia la salud y productividad de los ocupantes, utilizando materiales sostenibles como las fibras naturales.

Principios físicos del aislamiento térmico en edificaciones. Los principios del aislamiento contra el calor se basan en la física del flujo de calor, que se produce mediante tres mecanismos fundamentales: conducción, circulación térmica y radiación térmica. Cada modo de transferencia de calor influye en la planificación y eficiencia de los materiales de aislamiento térmico.

La conducción es la transferencia de calor a través del contacto directo entre las moléculas dentro de un material. En los sólidos, este proceso es más pronunciado porque los átomos están muy juntos, lo que permite que la energía se transfiera de las zonas más cálidas a las más frías.

Los materiales de aislamiento térmico están diseñados para reducir el flujo de calor conductivo mediante el uso de sustancias de baja conductividad, como la fibra de vidrio o el poliestireno expandido (Streimikiene,2020). Por ejemplo, el aire suele quedar atrapado dentro del material de aislamiento, ya que es un mal conductor del calor. Los materiales con numerosas bolsas de aire, como el aislamiento de espuma, son especialmente eficaces para ralentizar la conducción (Hassan et al., 2022).

La convección implica el intercambio de calor a través del movimiento de líquidos o gases, normalmente gases o líquidos. Cuando los materiales aislantes contienen espacios de aire o estructuras porosas, pueden impedir las corrientes convectivas al reducir la cantidad de circulación de fluidos. Esto es especialmente relevante para los materiales livianos con celdas pequeñas y selladas que evitan la formación de movimientos de aire más grandes. Por lo tanto, los productos aislantes suelen tener una estructura que limita el flujo de aire, minimizando eficazmente la pérdida de calor por convección (Streimikiene,2020).

La radiación es el mecanismo de transferencia de calor sin contacto directo a través de ondas de frecuencia electromagnética, principalmente radiación de frecuencias bajas. Este proceso de transferencia de calor no depende de un medio, por lo que se utilizan barreras radiantes y materiales aislantes reflectantes para reducir la cantidad total de calor que se infiltra en las superficies. Las láminas o revestimientos reflectantes en los materiales aislantes, como los que se utilizan en el aislamiento de áticos, están diseñados para reflejar el calor radiante lejos de los espacios habitables, lo que mejora la eficiencia energética (Hassan et al., 2022).

Además, la resistencia térmica (valor R) es un concepto clave en el aislamiento, que describe la capacidad del material para impedir la conducción de calor. Un valor R alto indica que un material es eficaz para reducir la transferencia de calor, independientemente del modo

dominante de transferencia de calor (Kumar et al., 2020). Los materiales como el aislamiento de lana o celulosa aprovechan su estructura fibrosa natural, creando barreras que atrapan el aire y reducen la transferencia de calor por los tres métodos, logrando una alta resistencia térmica con un bajo impacto ambiental.

El aislamiento térmico reduce el paso de calor a través de materiales por conducción, transferencia de calor por circulación de fluidos y radiación. Los materiales aislantes de baja conductividad limitan la conducción y atrapan aire, mientras que estructuras porosas previenen la convección al restringir el flujo de fluidos. Las barreras reflectantes controlan la radiación. La resistencia térmica (valor R) mide la efectividad de los materiales en bloquear el calor, y materiales como la lana o celulosa son eficientes y de bajo impacto ambiental.

2.3 Materiales Tradicionales y no Convencionales Utilizados Para el Aislamiento Térmico

La protección contra la transferencia de calor es clave para incrementar la efectividad en el uso de energía, reducir costos de energía e incrementar el confort en los edificios. Existen materiales tradicionales, como el compuesto de fibra de vidrio y la espuma plástica de poliestireno, que son efectivos, pero tienen un impacto ambiental considerable. Por otro lado, los materiales no convencionales, como la celulosa reciclada y el corcho, ofrecen opciones más sostenibles y ecológicas. La elección del material depende de factores como el clima, el presupuesto y los requisitos de sostenibilidad, con cada tipo ofreciendo características específicas en cuanto a rendimiento y durabilidad.

2.3.1 Materiales Tradicionales

Fibra de roca. Es un material de fibras naturales o sintéticas producido derivado de la diabasa mineral, una roca ígnea extremadamente dura y de composición de distribución uniforme. Estos paneles son elásticas y prácticamente mantienen su grosor y forma original tras eliminar el

peso aplicado sobre ellas. La conductividad térmica de la lana de roca está influenciada por su densidad y nivel de finura de las fibras. Una característica relevante de este y otros materiales de fibras finamente estructuradas es su resistencia a la micro convección. La lana de roca mineral se utiliza para: ahorro de energía, aislamiento térmico y combustible, reducción de costos operativos y de manufactura, maximización de la eficiencia de los procesos y el incremento en el volumen de producción, reducción de ruidos y control del ruido, seguridad contra incendios, comodidad y seguridad.

La fibra de roca ofrece un gran aislamiento térmico, además de ser un aislante acústico excepcional, resistente al fuego, impermeable y respetuosa con el medio ambiente, entre otras características. Con una propiedad térmica de conducción que va de 0.03 W/m·K a 0.05 W/m·K, la fibra de vidrio es utilizada comúnmente en la construcción de estructuras verticales y horizontales. El precio de la fibra de roca, con una densidad de 40 kg/m³ y dimensiones de 1.00 x 5.00, es de estimadamente S/200.00 nuevos soles. Este tipo de material se puede adquirir en la empresa DRYWALL SEDELCA S.C.R.L., ubicada en la ciudad de Cusco.

El procedimiento de fabricación de la lana de roca se inicia con la elección y clasificación de materiales de rocas basálticas y de formación volcánica, que se mezclan con minerales calcáreos y de magnesio adicionales. Estos materiales seleccionados y dosificados se introducen en una cámara de cocción donde se funden a temperaturas mayores a 1600°C, formando un conglomerado similar a lava. Este material fundido se vierte en un mecanismo rotativo de ruedas que giran a altas velocidades, lo que provoca su decantación por fuerza centrífuga. Al enfriarse en una cámara de depresión, el material líquido se solidifica, creando partículas de roca en forma de hilo y ELEMENTOS fibrosos de diferentes diámetros y longitudes, según el desarrollo.

Durante la producción de fibras, estas se rocían con resina, la cual ayuda a compactar el material cuando alcanza su forma final. A continuación, la lana se aglutina en un colchón de espesor y compacidad uniformes, que se deposita a través de una cinta transportadora mediante un dispositivo péndulo, permitiendo que las fibras adquieran una forma orientada en varias direcciones. Este colchón se somete a un proceso de compactación y polimerización, al final de este proceso, el producto posee las características deseadas. (Ver fig. 12).

Figura 12

Rollo de Fibra de Roca

Nota. se observa un rollo de lana de roca. https://www.insyserperu.com/productos/lana-de-roca/panel-lana-de-roca/

Fibra de vidrio. La fibra de vidrio, identificada como un plástico reforzado con fibras de vidrio, es un tipo de material compuesto que ha revolucionado el mercado de los materiales debido a su alta resistencia mecánica, ligereza y resistencia a la corrosión (Plaremesa, 2023).

Gracias a su estructura, la fibra de vidrio puede resistir fuerzas sin experimentar deformaciones permanentes, lo que la hace ideal para aplicaciones que requieren un desempeño superior y gran durabilidad. Una característica distintiva de la fibra de vidrio es su proceso de

fabricación, que requiere de precisión y control para obtener un producto final de alta calidad (Plaremesa, 2023).

La fabricación de la fibra de vidrio inicia con una meticulosa selección de la materia prima, compuesta principalmente por distintos tipos de vidrio. La calidad del vidrio fundido es un factor esencial para asegurar la excelencia del producto final. La producción de fibra de vidrio es un proceso complejo que implica varios pasos críticos que a continuación se detallan (Plaremesa, 2023).

Fusión y formación de fibras. El proceso comienza con la fusión de la materia prima a temperaturas extremadamente altas para obtener vidrio fundido. Posteriormente, el vidrio fundido es extruido a través de una placa de molde con múltiples orificios pequeños, creando finos filamentos (Plaremesa, 2023).

Los filamentos son sometidos a un proceso de estiramiento y enfriamiento rápido, lo que permite su transformación en fibras de vidrio. Un control preciso en este paso es crucial para garantizar la uniformidad y la resistencia deseada del material (Plaremesa, 2023).

Impregnación y curado de la resina. Luego, las fibras de vidrio se organizan en hebras y se impregnan con resina a través de un proceso cuidadosamente regulado, que define las características mecánicas finales del material compuesto. El curado de la resina solidifica la matriz alrededor de las fibras, proporcionando al material su forma definitiva y alta resistencia a diferentes tipos de esfuerzos y condiciones ambientales (Plaremesa, 2023).

Moldeado y acabados finales. Las hebras impregnadas con resina se moldean para conformar perfiles, piezas o productos adaptados a las necesidades específicas del cliente. Los métodos de moldeo incluyen desde el moldeo abierto, en el cual el material se deposita en un molde y se cura sin presión añadida, hasta procesos como la pultrusión, donde las fibras y la resina

atraviesan un molde continuo para generar perfiles largos y uniformes. Como resultado, se obtiene un material de plástico reforzado con fibra de vidrio que destaca por su gran resistencia y durabilidad. (Plaremesa, 2023).

Compuesto de fibra de vidrio se caracteriza por su excelente absorción del sonido, su alta eficiencia en aislamiento térmico, su buena manejabilidad, su capacidad para ahorrar energía y su resistencia a la degradación de materiales. Con una densidad de 12.10 kg/m³ y capacidad de transmisión de calor entre 0.04 y 0.053 W/m·K, este material es ideal para su aplicación en paredes de división, muros, techos, recubrimientos de fachada y fachadas con aislamiento térmico.

El precio del material de aislamiento de vidrio, con un ancho de 0.05 m y dimensiones de 1.20 x 0.24 m, es de estimadamente S/172.00. El costo puede variar según las dimensiones. Este material está disponible en los comercios Promart Homecenter y Maestro en la ciudad de Cusco.

Figura 13

Rollo de Fibra de Vidrio

Nota. se observa las planchas de lana de vidrio. Adaptado de (Plaremesa, 2023).

Poliestireno expandido (EPS). El poliestireno expandido (EPS) es una forma de plástico espumoso que se ha convertido en un material esencial en diversas aplicaciones, especialmente en

el embalaje. Es conocido por su ligereza, a menudo referido como "aire ingenierilizado", y por su capacidad para ofrecer una excelente absorción de impactos e insolación.

Inventado en 1949 por el Dr. Fritz Stastny mientras trabajaba en BASF en Alemania, el EPS ha encontrado aplicaciones en áreas donde la ligereza y la insolación son críticas. Se utiliza en el embalaje de productos electrónicos, cascos de bicicleta, aislamiento de edificios, y en el transporte de órganos humanos y vacunas COVID-19. Además, es un material 100% reciclable, lo que permite su reutilización en nuevos productos de EPS u otros plásticos.

La fabricación del poliestireno expandido, conocido como EPS, es un proceso que comienza con pequeñas perlas sólidas de poliestireno. A través de la utilización de vapor, estas perlas se inflan hasta alcanzar un tamaño 40 veces mayor al original, transformándose en una espuma plástica rígida y liviana.

Una vez expandidas, las perlas se moldean en diversas formas y tamaños, cada una diseñada para cumplir con una función específica. Este proceso de moldeo no solo permite una gran versatilidad en sus aplicaciones, sino que también contribuye a la eficiencia en el uso de recursos.

El EPS es en su mayoría aire, constituyendo un 98% de su composición. El aire queda atrapado dentro de la estructura de poliestireno, otorgándole propiedades únicas de aislamiento térmico y capacidad para absorber impactos.

Este material tiene una amplia gama de aplicaciones en nuestra vida cotidiana. Se encuentra en las cajas utilizadas para transportar pescado, en el embalaje de aparatos eléctricos y hasta en los cascos de bicicleta que protegen nuestras cabezas. Además de su versatilidad, una de las grandes ventajas del EPS es que puede ser reciclado en su totalidad, permitiendo su reutilización en múltiples ocasiones. El poliestireno expandido, o EPS, es un material notable por su capacidad

para ser moldeado en densidades que varían desde los 12 kg/m³ hasta los 50 kg/m³. Esta variabilidad en la densidad influye directamente en sus propiedades, como la resistencia a la compresión.

Los objetos creados con EPS presentan una serie de características distintivas. Son impermeables y robustos, y poseen una elevada capacidad para resistir impactos. La estructura del EPS, repleta de aire, le confiere una conductividad térmica estable a lo largo del tiempo, y su naturaleza química lo hace inerte y no tóxico. Puede emplearse como aislamiento térmico en muros y techos, y como relleno de baja densidad sobre las losas.

La capacidad de conducción térmica del poliestireno expandido depende del espesor del material. Cuando la densidad es de 30.00 kg/m³, la capacidad de conducción térmica es de 0.0361 W/m·K. El paso de vapor de agua a través del material, o propiedad difusiva, está directamente relacionada con el espesor. Entre las propiedades destacables de este aislante, se incluye su baja higroscopicidad y su resistencia a la compresión en la orientación vertical, que alcanza un punto más alto de 10% de deformación antes de fallar. Sin embargo, es un material altamente contaminante, ya que permite la propagación del fuego y produce una gran cantidad de humo en caso de incendio.

El costo aproximado del material aislante de poliestireno de 2” con dimensiones de 1.20 x 2.40 m es de S/44.90 nuevos soles (ver fig. 14). Es importante destacar que el precio puede variar dependiendo de las dimensiones y del espesor del material. La compra de EPS en la ciudad de Cusco se puede llevar a cabo en establecimientos como Maestro, Promart Homecenter, y otros establecimientos de suministros para construcción locales.

Figura 14

Plancha de Poliestireno Expandido

Nota. Se observa las planchas de poliestireno expandido de 2 pulgadas. Adaptado de Plancha de poliestireno expandido (Promart, 2023).

2.3.2 Materiales No Convencionales

Fibra de ovino. Las fibras naturales son materiales orgánicos que pueden alcanzar longitudes considerables y son generadas por animales. Estas pueden hilarse para producir hebras, hilos o cordelería. Junto con las fibras sintéticas, desempeñan un papel fundamental en la confección de prendas de vestir, la tapicería y otros textiles de uso cotidiano. La elaboración de lana ha acompañado al hombre desde antes de 10.000 a.C en el norte de Europa, utilizado básicamente para la vestimenta. Las características de esta lana van a determinar su uso final, su precio sobre la base de diversas variables como son diámetro, largo, resistencia y calor. La lana de oveja es un material natural que se obtiene del pelaje de las ovejas, alterando sus cualidades dependiendo de acuerdo con la especie del animal. La lana es una fibra textil que se genera en los folículos de la piel del ovino y forma parte del vellón del animal. Esta fibra es textura suave, ondulada y recubre casi todo el cuerpo de las ovejas. Esta contiene una proteína llamada queratina, en una proporción de 20 a 25% (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú, 2022).

Se trata de un aislante sostenible, de origen natural y orgánico, con una gran capacidad de aislamiento, proveniente de la esquila de las ovejas. El proceso de elaboración de este material se compone de etapas relacionadas con prácticas ecológicas, incluyendo el lavado con jabón biodegradable, el tratamiento antifúngico con sal bórica, seguido del cardado, fieltrado y secado. Finalmente, el material es moldeado según las dimensiones requeridas para ser empleado como aislante.

Es un aislante térmico que permite la transpiración, lo que favorece la respiración de la vivienda, previniendo daños en los materiales y proporcionando un ambiente seco. Además, posee propiedades higroscópicas y es un excelente termorregulador natural. Ofrece una mayor durabilidad frente a otros aislantes naturales, manteniendo su cohesión y densidad durante años. Su instalación y manipulación son sencillas. Igualmente, no representa un riesgo para la salud del personal de instalación ni de los residentes de la vivienda, gracias a su mínima toxicidad. Según los resultados del laboratorio de investigación, la conductividad térmica varía entre 0.037 W/mK y 0.052 W/mK, dependiendo de la densidad y el espesor del material. Debido a que su costo lo hace inaccesible, este aislante no se comercializa ni en la ciudad de Cusco ni en el Perú, por lo que será producido por los estudiantes encargados de la investigación.

De acuerdo con la cotización de los materiales y la mano de obra, el costo aproximado de un material con 0.05 m de espesor y dimensiones de 2.00 m x 2.50 m es de S/35.00 nuevos soles. La adquisición de la fibra de oveja, materia prima para este proyecto, puede realizarse en las alturas o zonas altoandinas de las provincias de Canchis, Espinar, Canas, Urubamba, Calca, entre otras.

Tabla 2

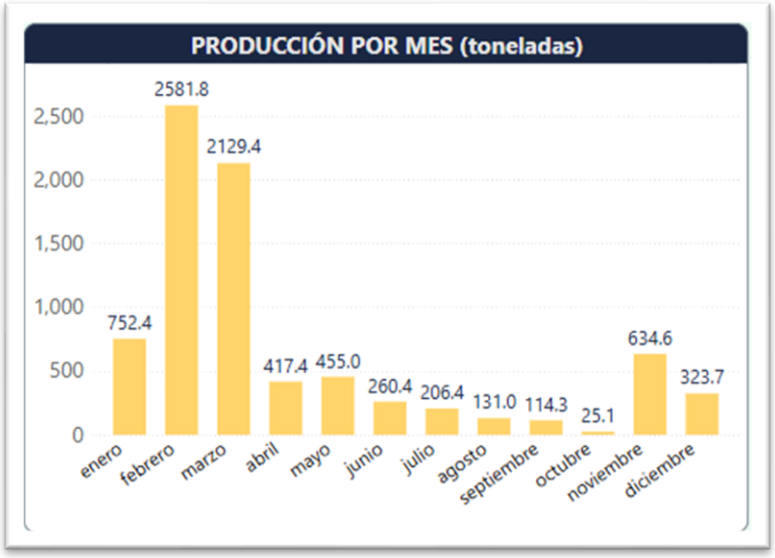
Producción de la Fibra de Ovino en Toneladas a Nivel Mundial de 2019-2023

		2019	2020	2021	2022	2023
1	**China**	341120.16	333624.00	356216.00	356193.00	367505.00
2	**Australia**	328608.00	283794.00	348608.00	328000.00	324000.00
3	**Nueva Zelandia**	147223.69	143547.10	137543.35	131053.66	124043.48
4	**Turquía**	70587.00	79754.00	85916.00	84885.00	80195.12
5	**Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte**	69648.92	70148.86	70798.63	71240.17	71689.67
32	**Perú**	7750.00	7466.40	7466.40	7690.25	7983.79

Nota. Se observa el Rankine mundial de producción de fibra de ovino donde Perú se encuentra en pesto 32. Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Grafica 1

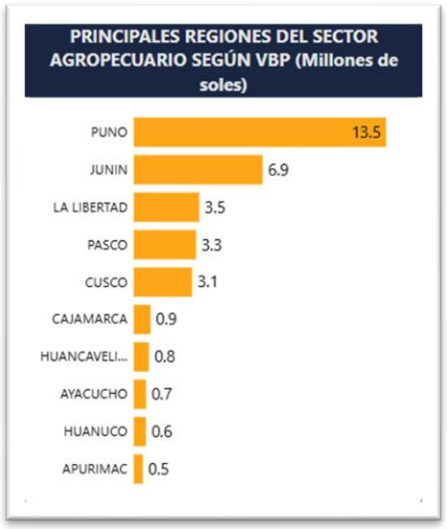
Producción de la Fibra de Ovino del Departamento de Cusco Año 2024



Nota. Producción de la fibra de ovino en el departamento de Cusco por mes en toneladas Fuente: Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA).

Grafica 2

Producción de la Fibra de Ovino en Millones de Soles del Departamento de Cusco Año 2024



Nota. Regiones productoras de fibra de ovino. Fuente: Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA).

Tabla 3

Producción de la Fibra de Ovino a Nivel Departamental, 2023 - 2024

	ENE-DIC 2024				ENE-DIC 2023				
DEPARTAMENTO	**VBP (Millones de S/ 2007)**	**% PART VBP**	**PRODUCCIÓN (t)**	**% PART PROD**	**VBP (Millones de S/ 2007)**	**% PART VBP**	**PRODUCCIÓN (t)**	**% PART PROD**	**VAR VBP %**
PUNO	13.5	38.7 %	3,112.02	38.7 %	13.4	38.7 %	3,096.86	38.7 %	0.5 %
JUNIN	6.9	19.8 %	1,588.52	19.8 %	6.9	19.9 %	1,594.65	19.9 %	-0.4 %
LA LIBERTAD	3.5	10.1 %	808.72	10.1 %	3.5	10.0 %	798.62	10.0 %	1.3 %
PASCO	3.3	9.6 %	767.87	9.6 %	3.2	9.2 %	736.46	9.2 %	4.3 %
CUSCO	3.1	9.0 %	720.89	9.0 %	3.2	9.3 %	742.78	9.3 %	-2.9 %
CAJAMARCA	0.9	2.6 %	206.16	2.6 %	0.9	2.7 %	218.56	2.7 %	-5.7 %
HUANCAVELICA	0.8	2.3 %	186.86	2.3 %	0.9	2.5 %	197.29	2.5 %	-5.3 %
AYACUCHO	0.7	1.9 %	152.16	1.9 %	0.6	1.9 %	149.87	1.9 %	1.5 %
HUANUCO	0.6	1.9 %	150.13	1.9 %	0.6	1.6 %	130.53	1.6 %	15.0 %
APURIMAC	0.5	1.4 %	112.44	1.4 %	0.5	1.5 %	120.81	1.5 %	-6.9 %
LIMA	0.5	1.4 %	108.80	1.4 %	0.5	1.5 %	123.09	1.5 %	-11.6 %
AREQUIPA	0.2	0.7 %	56.94	0.7 %	0.2	0.6 %	47.64	0.6 %	19.5 %
Total	**34.8**	**100.0 %**	**8,031.46**	**100.0 %**	**34.7**	**100.0 %**	**8,009.83**	**100.0 %**	**0.3 %**

Nota. Producción de la fibra de ovino a nivel departamental. Fuente: Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA).

Tabla 4

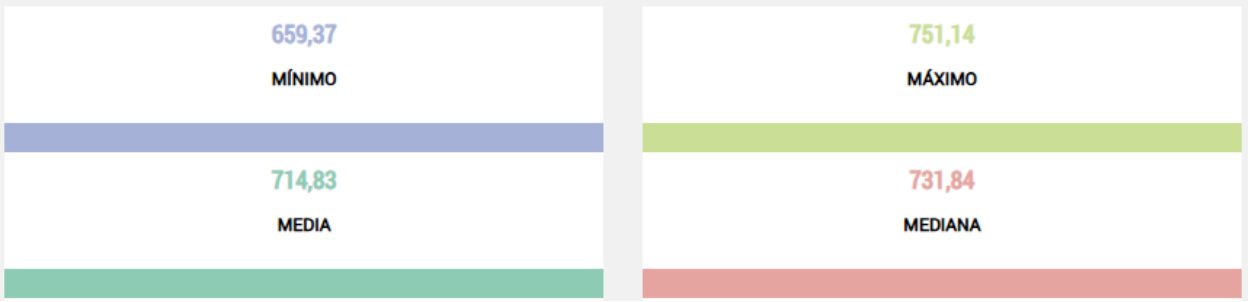
Producción de la Fibra de Ovino, 2019 – 2024 (Toneladas)

AÑO / DEPARTAMENTO	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PUNO	3 016,18	3 035,71	3 065,04	3 070,55	3 096,86	3 112,02
JUNÍN	1 305,66	1 135,40	1 214,34	1 588,29	1 594,65	1 588,52
LA LIBERTAD	733,96	745,26	751,88	777,63	798,62	808,72
PASCO	645,72	643,50	685,84	677,66	736,46	767,87
CUSCO	673,45	659,37	744,24	751,14	742,78	720,89
CAJAMARCA	286,15	271,59	262,62	233,92	218,56	206,16
HUANCAVELICA	279,52	235,34	228,60	214,26	197,29	186,86
AYACUCHO	237,55	200,21	197,51	179,38	149,87	152,16
HUÁNUCO	209,38	188,77	167,55	137,79	130,53	150,13
APURÍMAC	148,18	142,37	132,85	126,68	120,81	112,44
LIMA	120,25	109,95	145,59	135,46	123,09	108,80
LIMA 2/	120,25	109,95	145,59	135,46	123,09	108,80
AREQUIPA	53,53	57,06	51,62	46,68	47,64	56,94
ÁNCASH	9,35	9,22	9,45	10,99	19,72	27,30
PIURA	24,58	25,02	25,46	25,79	25,52	24,49
MOQUEGUA	3,40	3,80	3,75	3,57	3,72	4,50
AMAZONAS	3,30	3,81	3,91	4,01	3,70	3,65

Nota. Producción de la fibra de ovino en los cinco últimos años. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Información (INEI)

Tabla 5

Producción de la Fibra de Ovino, 2023 – 2024 (Toneladas)



Nota. Producción promedio de la fibra de ovino en los cinco últimos años. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Información (INEI)

Figura 15

Fibra de Ovino

Nota. adquisición de la fibra de ovina. Elaboración propia

2.3.3 Propiedades de los Aislantes Térmicos

Los materiales aislantes se definen como aquellos que poseen una alta resistencia a la transferencia de calor, minimizando su paso hacia el lado opuesto y brindando protección tanto contra el frío como contra el calor. Además, el aislamiento térmico desempeña un papel clave en la eficiencia energética, reduciendo el consumo sin comprometer el confort.

Según el CTE DB HE, los aislamientos en los cerramientos se caracterizan por su conductividad térmica λ (W/m.K) y su resistencia a la difusión del vapor de agua. Adicionalmente, pueden definirse por su densidad (Kg/m³) y su calor específico, cp (J/Kg.K). Se considera aislante térmico un material cuya conductividad térmica es inferior a 0.050 W/m.K y su resistencia supera los 0.25 m².K/W.

El estudio del aislamiento térmico requiere comprender cómo se desplaza el calor dentro de un edificio. Este proceso de transmisión ocurre por tres mecanismos fundamentales:

Conducción: el calor fluye desde zonas de mayor temperatura hacia áreas más frías dentro de un mismo material o entre sólidos en contacto hasta alcanzar el equilibrio térmico.

Convección: la transferencia de calor ocurre mediante el movimiento de masas de fluido.

Radiación: la energía térmica se propaga en forma de ondas electromagnéticas generadas por cuerpos a una determinada temperatura, sin necesidad de contacto directo entre emisor y receptor.

Los materiales aislantes se clasifican según parámetros específicos que los distinguen y los hacen adecuados para diferentes aplicaciones en edificaciones. Analizar sus características comunes y particulares permitirá establecer los criterios para su selección y uso óptimo.

En general, estos materiales presentan cavidades internas llenas de aire o gases secos encapsulados en estado inerte y estable. Esta propiedad, junto con su baja conductividad térmica, es lo que les otorga su eficacia como aislantes térmicos.

Es conocido, que cada material aislante presentará unas condiciones únicas, como hemos dicho anteriormente, dentro de la baja conductividad térmica cada uno presentará unos valores mínimos o máximos dentro del límite de consideración de aislante térmico (Palomino, 2017).

Cada aislante se caracteriza por parámetros y condiciones que lo hacen diferente de los demás, ofreciendo soluciones eficientes para problemas específicos. Los aislantes térmicos presentan valores máximos o mínimos según los índices de referencia; a continuación, se destacan otras de sus cualidades importantes:

- Densidad: Indica la cantidad de masa por cada unidad de volumen de una sustancia.

- Transmitancia térmica (U): propiedad física que mide la cantidad de energía que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un elemento.
- Calor Específico: Habilidad de un material para absorber y almacenar energía en proporción a su unidad de masa
- Resistencia térmica: Es la medida de la diferencia térmica que un material puede manejar mientras atraviesa un flujo de calor.
- Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua: Este fenómeno ocurre principalmente en aislantes diseñados para mantener un ambiente frío. Si el espacio entra en contacto con la humedad del aire, el aislamiento se condensa y se moja, lo que provoca una pérdida en su capacidad de aislamiento.

2.3.4 Proceso de Fabricación

La fabricación de cada aislante posee diferente forma de elaborarse. A continuación, se detallará el proceso de elaboración de los aislantes, basado en un método o propiedad común que todos comparten:

- Materiales de origen natural orgánico: Estos se originan de componentes animales o vegetales. El proceso de producción de aislantes naturales orgánicos comprende etapas conectadas con nociones ecológicas. De este modo, se consideran métodos de menor impacto ambiental. En cuanto a la fabricación de materiales de origen animal, se realizan tratamientos antimicrobianos para evitar la expansión de insectos. Normalmente no se utilizan aditivos con compuestos químicos. En el caso de los materiales de origen vegetal, primero se recogen, se dejan secar y luego se agrupan con sus propias resinas.
- Materiales de origen inorgánico: Son los materiales que no provienen de plantas o células animales. Palomo (2017), señala que el proceso consiste en elegir la materia prima, como, por

ejemplo, piedra, vidrios reciclados, arenas, entre otros. El material escogido se guarda en silos donde se irá dosificando para un control apropiado según su tamaño. Luego, la mezcla final se funde a altas temperaturas, alrededor de 1000°C. Para la fabricación del aislante, se colocan en una cámara de fibrado donde se centrifugarán y se añadirán aceites y aditivos, formando así una pasta que luego se transformará en aislantes en forma de mantas o paneles.

- Materiales de origen sintético orgánico: Palomo (2017), señala que los materiales tienen semejanzas porque son plásticos, cuyo componente base es el petróleo. Este se calienta en máquinas pre-expansoras, donde las perlas densas se transforman en perlas livianas que contienen aire. A continuación, estas se trasladan a moldes donde se les aplica vapor de agua, y las perlas se separan entre sí, formando así planchas.

2.4 Propiedades Térmicas de la Fibra de Ovino

2.4.1 Capacidad de la Fibra de Ovino Para Actuar Como Aislante Térmico: Conductividad Térmica, Densidad, y Resistencia Térmica.

La lana de oveja es reconocida como un excelente aislante térmico debido a su baja capacidad de conducción de calor, que normalmente oscila entre 0,035 y 0,040 W/m·K (Sudalai y Manoharan, 2023). Esto se atribuye en gran medida a su capacidad inherente para atrapar aire dentro de la matriz de fibra, minimizando la propagación de calor por contacto. En aplicaciones de construcción, la densidad del aislamiento de lana se puede ajustar según los requisitos térmicos específicos, normalmente entre 15 y 40 kg/m³, para lograr un equilibrio entre el rendimiento térmico y la estabilidad estructural (Sudalai y Manoharan, 2023).

La resistencia térmica (valor R) de la lana varía tanto con su densidad como con su espesor, y un mayor espesor da como resultado una mayor resistencia al flujo de calor. Esta característica mejora la eficacia de la lana para reducir la pérdida de calor en entornos más fríos, lo que favorece

la reducción de las necesidades energéticas para calefacción en espacios aislados (Nowotna et al., 2019). Además, la lana exhibe cualidades inherentes de resistencia al fuego: sus fibras resisten la ignición y tienden a autoextinguirse una vez que se elimina la fuente de llama, lo que contribuye a su perfil de seguridad como material aislante (Nowotna et al., 2019).

2.4.2 Comparación con Otros Materiales Aislantes.

En comparación con los materiales aislantes de uso común, la lana ofrece varias ventajas. Por ejemplo, el poliestireno expandido (EPS) y la fibra de vidrio son aislantes sintéticos populares con conductividades térmicas comparables de aproximadamente 0,030 a 0,040 W/m·K. Sin embargo, estos materiales presentan problemas ambientales y de salud que la lana no presenta (Sudalai y Manoharan, 2023). El EPS, si bien es eficaz, no es biodegradable y puede liberar compuestos volátiles durante la producción y la degradación final, lo que puede tener efectos negativos tanto sobre el medio ambiente como sobre la salud humana (Sudalai y Manoharan, 2023).

La fibra de vidrio, otro aislante ampliamente utilizado, requiere equipo de protección durante la instalación debido a los riesgos de irritación cutánea y respiratoria de sus fibras, mientras que la lana no plantea tales riesgos. La lana mineral, aunque es una alternativa viable con una conductividad térmica similar, carece de las propiedades higroscópicas de la lana, lo que limita su eficacia en entornos húmedos donde se requiere la regulación de la humedad (Nowotna et al., 2019). Además, la lana es un recurso renovable con un impacto ambiental más bajo, lo que la posiciona como una solución sostenible para el aislamiento, especialmente en áreas rurales donde está fácilmente disponible, como la región andina.

Las capacidades de regulación térmica de la lana, la sostenibilidad ambiental y el perfil de seguridad favorable la convierten en un material de aislamiento competitivo y ecológico en la

construcción. Sus propiedades únicas favorecen no solo el confort térmico, sino también una mejor calidad del aire interior y contribuyen a los objetivos más amplios del desarrollo sostenible en las regiones frías.

2.5 Albañilería Confinada y su Comportamiento Térmico

2.5.1 Definición y Características de las Viviendas de Albañilería Confinada

La mampostería confinada es un proceso de construcción que combina muros de mampostería con elementos de confinamiento de hormigón armado, como vigas y columnas, que aportan estabilidad estructural y mejoran la resistencia del muro a las fuerzas laterales (Kvande y Lisø, 2009). En las estructuras de mampostería confinada, los muros son portantes y aportan la mayor parte de la resistencia vertical, mientras que los elementos de confinamiento, colocados en los límites, ayudan a contener la mampostería durante eventos sísmicos, evitando fallas fuera del plano y aumentando la ductilidad general (Hou et al, 2024). Este método de construcción se utiliza comúnmente en zonas con recursos limitados, ya que combina materiales locales y técnicas tradicionales de mampostería con soporte estructural adicional.

Las estructuras de mampostería confinada son especialmente frecuentes en regiones con actividad sísmica moderada a alta debido a su mejor desempeño en la resistencia a cargas horizontales (Hou et al, 2024). Además, la adaptabilidad del sistema a diversos diseños de edificación, combinada con la durabilidad de los materiales de mampostería como el ladrillo o los bloques de hormigón, lo convierte en una opción popular tanto en entornos rurales como urbanos. Este sistema ha ganado reconocimiento por su relación costo-beneficio y resiliencia, particularmente en países de América Latina donde la mampostería confinada es un procedimiento de construcción estándar para edificios residenciales (Hou et al, 2024).

2.5.2 Comportamiento Térmico de las Estructuras de Albañilería: Transferencia de Calor, Inercia Térmica, y Almacenamiento

El rendimiento térmico de las estructuras de mampostería confinada está influenciado por las propiedades de transferencia térmica, la inercia térmica y la capacidad de almacenamiento de calor de los materiales de mampostería. Los materiales de mampostería, como los ladrillos y el hormigón, tienen una gran masa térmica, lo que les permite absorber y almacenar calor durante el día y liberarlo gradualmente durante la noche (Kvande y Lisø, 2009). Esta capacidad de inercia térmica ayuda a moderar las fluctuaciones de temperatura en interiores, especialmente en climas con desigualdades de temperatura importantes entre el día y la noche, ya que ralentiza la transferencia de calor a través de la envoltura del edificio.

La transferencia de calor en las estructuras de mampostería se produce principalmente por conducción, donde el calor se mueve de las zonas más cálidas a las más frías dentro de la pared. La velocidad de el paso de calor está condicionada por la capacidad de conducción térmica del material; por ejemplo, el ladrillo tiene una conductividad térmica moderada de aproximadamente 0,7-1,0 W/m·K, mientras que los bloques de hormigón oscilan entre 0,8-1,8 W/m·K (Kvande y Lisø, 2009). Esta propiedad de transmisión de calor es superior a la de los materiales utilizados tradicionalmente para el aislamiento, lo que puede dar lugar a una mayor pérdida o ganancia de calor en temperaturas extremas si no se aísla.

La inercia térmica desempeña un papel crucial en las estructuras de mampostería confinada al retrasar la respuesta de la temperatura interior a los cambios de temperatura exterior. Esta característica es beneficiosa en climas fríos, ya que las paredes almacenan el calor solar durante el día y lo liberan al caer la noche, manteniendo una temperatura interior más estable. Sin embargo,

sin un aislamiento adecuado, la estructura puede seguir perdiendo calor rápidamente, lo que requiere calefacción adicional en climas más fríos (Kvande y Lisø, 2009).

2.5.3 Ventajas y Desventajas del Uso de Este Sistema Constructivo en Climas Fríos

La mampostería confinada ofrece varias ventajas para la construcción en climas fríos, principalmente debido a su resiliencia estructural y masa térmica. La alta inercia térmica de los materiales de mampostería puede ayudar a reducir las variaciones de temperatura en interiores, lo que promueve la eficiencia energética al reducir las demandas de calefacción (Bai et al., 2022). Este sistema también proporciona durabilidad y resistencia a las condiciones climáticas externas, lo que contribuye a la longevidad de los edificios en entornos hostiles (Bai et al., 2022). Además, la dependencia de la mampostería confinada de materiales disponibles localmente y su sencillo proceso de construcción la convierten en una opción económicamente viable en regiones con recursos limitados.

Sin embargo, existen desventajas notables en el uso de mampostería confinada en climas fríos. La capacidad de conducción térmica de los materiales de mampostería significa que pueden conducir el calor fuera del interior del edificio a menos que se complementen con un aislamiento eficaz, lo que puede aumentar los costos de construcción (Bai et al., 2022). Un aislamiento inadecuado puede provocar una pérdida de calor significativa en invierno, lo que disminuye la eficiencia energética de la estructura y requiere calefacción adicional para mantener temperaturas interiores agradables. Además, los materiales de alta densidad empleados en la edificación con mampostería confinada pueden limitar la flexibilidad arquitectónica y aumentar los requisitos de carga de cimentación del edificio (Kvande y Lisø, 2009).

2.6 Normas Técnicas y Estándares de Construcción

2.6.1 RNE-Reglamento Nacional de Edificaciones

- Título III.1 Arquitectura- Norma A.010 Directrices generales de diseño - Capítulo IX - Requisitos de ventilación y regulación ambiental.

En el artículo 5 de la RNE (2006), menciona que los espacios deben disponer de un nivel adecuado de aislamiento térmico y acústico, considerando la ubicación de la edificación para que funcione de manera eficiente. Por otro lado, el artículo 56 menciona las condiciones necesarias para contar con un aislante térmico adecuado en lugares donde la temperatura sea inferior a 12°C. Uno de los requisitos es la instalación de un aislante térmico que logre garantizar un adecuado confort térmico en el interior de los espacios, y otra condición es que las puertas y ventanas deben permitir un sellado hermético. Hermético.

En el artículo 18 del RNE (2006), hace referencia a los materiales que conforman los cerramientos exteriores, los cuales deben contar con características como estabilidad, resistencia al fuego, aislamiento acústico y prevención de filtraciones de agua. En este artículo se destaca que el coeficiente de transmisión térmica no debe exceder de 1.20 $W/m^2 \cdot C$.

2.6.2 Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia e Energética.

La norma EM.110 del RNE (2006), es la primera normativa nacional que se centra en la mejora de las condiciones de confort térmico y luminosidad a través de la arquitectura, considerando estas características en relación con la eficiencia energética. Uno de los beneficios sociales de esta normativa es el incremento del confort para los usuarios. Por otro lado, el objetivo de esta norma es establecer parámetros técnicos para el confort térmico en cada zona bioclimática determinada.

2.6.3 NORMA E.070 Albañilería- Capítulo II- Definiciones y Nomenclatura

En el artículo 3 del RNE (2006), en el punto 3.3, define la albañilería confinada como una albañilería reforzada con elementos de concreto armado a lo largo de su perímetro, con un vaciado posterior a la construcción de la albañilería. Para los muros del primer nivel, la base de concreto es de refuerzo horizontal.

- Capítulo IV: Procedimiento de construcción

El artículo 11 del RNE (2006), establece los requisitos para el proceso constructivo de la albañilería confinada, como las unidades de mampostería a utilizar, el refuerzo horizontal, los estribos para las columnas de confinamiento, los traslapes del refuerzo horizontal y vertical, las propiedades del concreto, el concreto en las columnas de confinamiento, las juntas de construcción, la longitud de anclaje y el recubrimiento mínimo de la armadura.

2.6.4 NORMA ISO 14001

Según la norma ISO 14001 (2015), enfatiza la preservación del medio ambiente, buscando que las empresas asuman su responsabilidad y muestren un compromiso activo con la conservación ambiental. Es importante señalar que la norma mejora la reputación comercial de una empresa que sea sostenible y responsable con el cuidado del medio ambiente, contribuyendo así al aumento de ventas o servicios en el futuro.

2.7 Diseño Factorial con Tres Factores 3^3

Este diseño factorial está compuesto por tres factores: A, B y C, cada uno con (a), (b) y (c) niveles respectivamente, lo que da lugar a un total de (abc) tratamientos posibles.

2.7.1 Modelo Estadístico

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1,2,\dots,a;\;\; j = 1,2,\dots,b;\;\; k = 1,2,\dots,c;\;\; l = 1,2,\dots,n$$

Donde:

Y_{ijkl}= Conductividad térmica de la fibra de ovino al aplicar i-ésimo variación de temperatura con la j-ésimo espesor de la fibra de ovino y la k-ésimo densidad de la fibra de ovino.

μ = Es la media general.

α_i = Efecto del i-ésimo del factor A.

β_j = Efecto del j-ésimo del factor B.

γ_k = Efecto de k-ésimo del factor C.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo del factor A y j-ésimo del factor B.

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción de i-ésimo del factor A y k-ésimo del factor C.

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo del factor B y k-ésimo del factor C.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Efecto de interacción del i-ésimo del factor A y j-ésimo del factor B y k-ésimo del factor C.

ε_{ijkl} = Efecto del error al usar i-ésimo del factor A y j-ésimo del factor B y k-ésimo del factor C y son independientes entre sí.

2.7.2 La Suma de Cuadrados Son las Siguientes:

- **Suma de Cuadrados totales**

$$\mathrm{SCT} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\sum_{l=1}^{n} \mathrm{Y_{ijkl}}^{2} - \frac{\mathrm{Y_{....}}^{2}}{\mathrm{abcn}}$$

- **Suma de cuadrados de variación de temperatura (A)**

$$\mathrm{SCA} = \frac{1}{\mathrm{bcn}}\sum_{i=1}^{a} \mathrm{Y_{i...}}^{2} - \frac{\mathrm{Y_{....}}^{2}}{\mathrm{abcn}}$$

- **Suma de cuadrados de espesor (B)**

$$\mathrm{SCB} = \frac{1}{\mathrm{acn}}\sum_{i=1}^{a} \mathrm{Y_{.j...}}^{2} - \frac{\mathrm{Y_{....}}^{2}}{\mathrm{abcn}}$$

- **Suma de cuadrados de densidad (C)**

$$\mathrm{SCC} = \frac{1}{\mathrm{abn}} \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{a}} \mathrm{Y_{..k.}}^{2} - \frac{\mathrm{Y_{....}}^{2}}{\mathrm{abcn}}$$

- **Suma de cuadrados de (AB)**

$$\mathrm{SCAB} = \frac{1}{\mathrm{cn}} \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{a}} \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{b}} \mathrm{Y_{ij..}}^{2} - \frac{\mathrm{Y_{....}}^{2}}{\mathrm{abcn}} - SCA - SCB$$

- **Suma de cuadrados de (AC)**

$$\mathrm{SCAC} = \frac{1}{\mathrm{bn}} \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{a}} \sum_{\mathrm{k}=1}^{\mathrm{c}} \mathrm{Y_{i.k.}}^{2} - \frac{\mathrm{Y_{....}}^{2}}{\mathrm{abcn}} - SCA - SCC$$

- **Suma de cuadrados de (BC)**

$$\mathrm{SCBC} = \frac{1}{\mathrm{an}} \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{b}} \sum_{\mathrm{k}=1}^{\mathrm{c}} \mathrm{Y_{.jk.}}^{2} - \frac{\mathrm{Y_{....}}^{2}}{\mathrm{abcn}} - SCB - SCC$$

- **Suma de cuadrados de (ABC)**

$$\mathrm{SCABC} = \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{a}} \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{b}} \sum_{\mathrm{k}=1}^{\mathrm{c}} \sum_{\mathrm{l}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{Y_{ijk.}}^{2} - \frac{\mathrm{Y_{....}}^{2}}{\mathrm{abcn}} - SCA - SCB - SCC - SCAB - SCAC - SCBC$$

- **Suma de cuadrados del error**

$$\mathrm{SCE} = \mathrm{SCT} - SCA - SCB - SCC - SCAB - SCAC - SCBC$$

2.7.3 Formulacion de Hipotesis

En este modelo, el objetivo del análisis es realizar los contrastes de hipótesis nula que, junto al estadístico de contraste:

Ho: Efecto de variacion de temperatura (A) = 0

Ha: Efecto de variacion de temperatura (A) ≠ 0

Ho: Efecto de espesor (B) = 0

Ha: Efecto de espesor (B) ≠ 0

Ho: Efecto de densidad (C) = 0

Ha: Efecto de densidad (C) ≠ 0

Ho: Efecto de (AB) = 0

Ha: Efecto de (AB) ≠ 0

Ho: Efecto de (AC) = 0

Ha: Efecto de (AC) ≠ 0

Ho: Efecto de (BC) = 0

Ha: Efecto de (BC) ≠ 0

Ho: Efecto de (ABC) = 0

Ha: Efecto de (ABC) ≠ 0

2.7.4 Nivel de Significancia

Se denota generalmente como **α** y suele tomar valores como **0.05 (5%)** o **0.01 (1%)**, dependiendo del rigor que se requiera.

$\alpha = 0.05$

2.7.5 Estadísticos de Prueba:

Un estadístico de prueba es un valor calculado a partir de los datos de una muestra en un procedimiento estadístico se utiliza para tomar decisiones sobre la hipótesis planteada en un análisis estadístico.

- **Para el factor variación de temperatura (A)**

  $\mathrm{F}_0 = \frac{\mathrm{CMA}}{\mathrm{CME}}$

- **Para el factor de espesor (B)**

  $\mathrm{F}_0 = \frac{\mathrm{CMB}}{\mathrm{CME}}$

- **Para el factor de densidad (C)**

  $\mathrm{F}_0 = \frac{\mathrm{CMC}}{\mathrm{CME}}$

- **Para el factor (AB)**

  $\mathrm{F}_0 = \frac{\mathrm{CMAB}}{\mathrm{CME}}$

- **Para el factor (AC)**

$$F_0 = \frac{CMAC}{CME}$$

- **Para el factor (BC)**

$$F_0 = \frac{CMBC}{CME}$$

- **Para el factor (ABC)**

$$F_0 = \frac{CMABC}{CME}$$

- **Regla de decisión para el análisis de varianza:**

  $F_o \leq F_c$ no se rechaza Ho

  $F_o > F_c$ se rechaza Ho

ANOVA: Modelo de Diseño Factorial con Tres Factores

Variación de Fuente	**Suma de cuadrado**	**Grado de Libertad**	**Cuadrado Medio**	**F_o**	**$F_{critica}$**
Efecto (A)	SCA	a-1	CMA	CMA/ SME	F (α, a-1, abc(n-1))
Efecto (B)	SCB	b-1	CMB	CMB/ SME	F (α, b-1, abc(n-1))
Efecto (C)	SCC	c-1	CMC	CMC/ SME	F (α, c-1, abc(n-1))
Efecto AB	SC_{AB}	(a-1) (b-1)	CM_{AB}	CM_{AB}/ SME	F (α, (a-1) (b-1), abc(n-1))
Efecto AC	SC_{AC}	(a-1) (c-1)	SM_{AC}	SM_{AC}/ SME	F (α, (a-1) (c-1), abc(n-1))
Efecto BC	SC_{BC}	(b-1) (c-1)	SM_{BC}	SM_{BC}/ SME	F (α, (b-1) (c-1), abc(n-1))
Efecto ABC	SC_{ABC}	(a-1) (b-1) (c-1)	SM_{ABC}	SM_{ABC}/ SME	F (α, (a-1) (b-1) (c-1), abc(n-1))
Error	SCE	abc(n-1)	SME		
Total	SCT	abcn-1			

2.8 Modelo de Regresión Lineal Múltiple

El modelo de regresión lineal múltiple amplía el concepto del modelo de regresión lineal simple, permitiendo establecer una relación entre la variable dependiente (Y) y un conjunto de (k) variables explicativas X_1, X_2, ..., X_k. Lo encontraremos a partir de los valores (x_i, y_i) que toman estas variables sobre los elementos de una muestra y mediante la expresión siguiente:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_k x_k + e$$

$Y = Variable\ dependiente$ o explicada

$x_i = Variables\ independientes$ o explicativas

Expresando esta ecuación para cada observación de la muestra, obtenemos el sistema de ecuaciones siguiente:

$$y_1 = \beta_0 + \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{21} + \cdots + \beta_k x_{k1} + e_1$$

$$y_2 = \beta_0 + \beta_1 x_{12} + \beta_2 x_{22} + \cdots + \beta_k x_{k2} + e_2$$

… … … … … … …

$$y_n = \beta_0 + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \cdots + \beta_k x_{kn} + e_n$$

Podemos representar este sistema de forma matricial:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{k1} \\ 1 & x_{12} & \cdots & x_{k2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & x_{1n} & \cdots & x_{kn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \cdots \\ \beta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \cdots \\ e_n \end{bmatrix}$$

$$y \quad = \quad X \quad \beta \quad + \quad e$$

Donde:

- Y= Es el vector (n x 1) de observaciones de la variable Y.
- X= Es la matriz n x (k + 1) de observaciones. A partir de la segunda columna, cada columna x_i tiene las observaciones correspondientes a cada una de las variables que consideremos.
- β = Es el vector (k + 1) x 1 de los coeficientes de la regresión.
- e = Es el vector (n x 1) de los residuos o errores.

2.8.1 Ajuste del Modelo

2.8.1.1 Método de los Mínimos Cuadrados

Este procedimiento se basa en determinar la recta que minimiza la suma de los residuos elevados al cuadrado. Los residuos representan la diferencia entre los valores observados (y_i) y los valores estimados ($\hat{y}_i$):

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i}$$

x_{1i} y x_{2i}: son observaciones de las variables X_1 y X_2 respectivamente.

- **Residuo Para un Modelo de Regresión Múltiple Con k Variables Explicativas**

$e_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \cdots + \beta_k x_{ki})$ para i = 1, 2, 3, …, n

En forma matricial se puede escribir así:

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \cdots \\ e_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \\ \cdots \\ \hat{y}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{k1} \\ 1 & x_{12} & \cdots & x_{k2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & x_{1n} & \cdots & x_{kn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \cdots \\ \beta_k \end{bmatrix}$$

$$e \quad = \quad y \quad - \quad \hat{y} \quad = \quad y \quad - \quad X \quad \beta$$

e = Vector de residuos

$\hat{y}$ = Vector de las estimaciones de y.

β = Vector de los parámetros de la regresión

Para determinar la suma de los cuadrados de los elementos de un vector, se efectúa el producto matricial entre la transposición del vector y el propio vector, en este caso, el vector de los residuos (e).

$$\sum_{i=1}^{n} (e_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} (y - \hat{y}_i)^2 = (y - X\beta)^t (y - X\beta) = y^t y - 2\beta X^t y + \beta^t X^t X \beta$$

Para determinar los valores de los parámetros que minimizan esta suma, es necesario calcular las derivadas parciales con respecto a cada uno de ellos.

$$\frac{\partial}{\partial \beta} \left(\sum_{i=1}^{n} {e_i}^2 \right) = -2X^t y + 2X^t X \beta = 0$$

$$X^t y = X^t X \hat{\beta}$$

$$\hat{\beta} = (X^t X)^{-1} X^t y$$

$\hat{\beta}$ = Es el vector de los estimadores mínimos cuadrados de los parámetros.

- **Sistema de ecuaciones normales de la regresión**

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} x_{i1} & \sum_{i=1}^{n} x_{i2} & \cdots & \sum_{i=1}^{n} x_{ik} \\ \sum_{i=1}^{n} x_{i1} & \sum_{i=1}^{n} {x_{i1}}^2 & \sum_{i=1}^{n} x_{i1}x_{i2} & \cdots & \sum_{i=1}^{n} x_{ik}x_{i1} \\ \sum_{i=1}^{n} x_{i2} & \sum_{i=1}^{n} x_{i1}x_{i2} & \sum_{i=1}^{n} {x_{i2}}^2 & \cdots & \sum_{i=1}^{n} x_{ik}x_{i2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^{n} x_{ik} & \sum_{i=1}^{n} x_{ik}x_{i1} & \sum_{i=1}^{n} x_{ik}x_{i2} & \cdots & \sum_{i=1}^{n} {x_{ik}}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} y_i \\ \sum_{i=1}^{n} x_{i1}y_i \\ \sum_{i=1}^{n} x_{i2}y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^{n} x_{ik}y_i \end{bmatrix}$$

2.8.2 Calidad del ajuste

2.8.2.1 El coeficiente de determinación R2

Es la proporción de variabilidad explicada por el modelo con respecto a la variabilidad total.

$$R^2 = \frac{Variabilidad\ explicada\ por\ el\ modelo}{Variabilidad\ total\ de\ la\ muestra}$$

$${s_y}^2 = {s_{\hat{y}}}^2 + {s_e}^2$$

$$R^2 = \frac{{s_{\hat{y}}}^2}{{s_y}^2}$$

$${s_y}^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 = \frac{SCT}{n-1}$$

$${s_y}^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \bar{y})^2 = \frac{SCR}{n-1}$$

$${s_y}^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(e_i)^2 = \frac{SCE}{n-1}$$

$$SCT = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2$$

$$SCR = \sum_{i=1}^{n} (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

$$SCE = \sum_{i=1}^{n} (e_i)^2$$

SCT = Suma de cuadrados totales

SCR = Suma de cuadrados de la regresión

SCE = Suma de cuadrado del error

SCT = SCR + SCE

$$R^2 = \frac{SCR}{SCT} = 1 - \frac{SCE}{SCT}$$

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Aspectos Metodológicos

3.1.1 Tipo de la Investigación

La investigación es **aplicada** o tecnológicas por su propósito, porque busca enfocar en la solución de problemas particulares utilizando el conocimiento ya disponible, buscando impactar en un contexto determinado (Sánchez y Reyes, 2015)

3.1.2 Enfoque de la Investigación

Según Hernández y Mendoza (2018), de acuerdo con las características que presenta el presente proyecto de tesis es del tipo **cuantitativo**, ya que, serán los datos obtenidos mediante ensayos de laboratorio los que determinen las propiedades térmicas.

3.1.3 Nivel de Investigación

La presente investigación posee un nivel **Correlacional**, debido que se examinará la relación con las características térmicas de la fibra de ovino como materiales de aislantes térmicos, y la temperatura interior.

3.1.4 Diseño de Investigación

La presente investigación utilizo el diseño **experimenta**l, debido a que se aplicará la técnica en in situ en los muros de una vivienda de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani rellena de fibra de ovino, con el objetivo de lograr los resultados esperados, como un adecuado aislante térmico y probar así sus efectos sobre la temperatura.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

Para la primera parte de la investigación donde se evalúa la conductividad térmica la población está constituida por el total de la fibra de ovino de la provincia de Canchis y departamento Cusco.

Para la segunda parte donde se evalúa la temperatura interior, la población son las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, provincia de Canchis y departamento de cusco.

3.2.2 Muestra

Para la primera parte de la investigación donde se evalúa la conductividad térmica la muestra fue la fibra de ovino obtenida de 3 comunidades campesinas (Quisini, Occobamba y Chectuyoc) en la ciudad de Sicuani provincia Canchis y departamento cusco. está constituida por el total de la fibra de ovino de la provincia de Canchis y departamento Cusco.

Para la segunda parte donde se evalúa la temperatura interior, la muestra fue la vivienda de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, provincia de Canchis y departamento de cusco.

3.3 Técnicas e Instrumentos

3.3.1 Técnicas

La presente investigación se llevó a cabo a nivel correlacional y con un diseño experimental, por lo que se realizó en un laboratorio y la experimentación en in situ y se registró las variaciones de las temperaturas en la vivienda de albañilería confinada de manera organizada y detallada.

3.3.1.1 Procedimiento de Aplicación de la Técnica

Paso 1: Examinación de la cantidad de fibra de ovino para el uso de relleno como aislante térmico en la zona, análisis de las características de los materiales a utilizar en la investigación.

Paso 2: Adquisición de la lana de oveja, posteriormente se lleva a cabo el proceso de lavado, en el cual se le incorporan sales de boro.

Paso 3: Cardado en seco, lo que da como resultado planchas o rollos.

Paso 4: Disponibilidad de un entorno construido con albañilería confinada, incluyendo puerta y ventana.

Paso 5: Medir la temperatura interior y exterior del ambiente sin recubrimiento con la fibra de ovino.

Paso 6: Se procederá a la aplicación de la fibra de lana de oveja (espesor 3 cm) y una densidad de 30 Kg/m3 cubierto con Drywall en la sección interior de los muros del ambiente disponible.

Paso 7: Luego de la colocación, se procede a verificar que la aplicación de la técnica cumpla con los requisitos establecidos.

Paso 8: Realizar las evaluaciones térmicas interior y exterior del espacio (módulo) 6 veces al día (6am, 10am, 2pm, 6pm, 10pm y 2am) por 7 días de forma ininterrumpida para realizar las comparaciones.

Paso 9: Revisión de los resultados obtenidos de las evaluaciones térmicas Interior y exterior del espacio (modulo).

3.3.2 Instrumentos

La siguiente investigación se basó en las siguientes normas

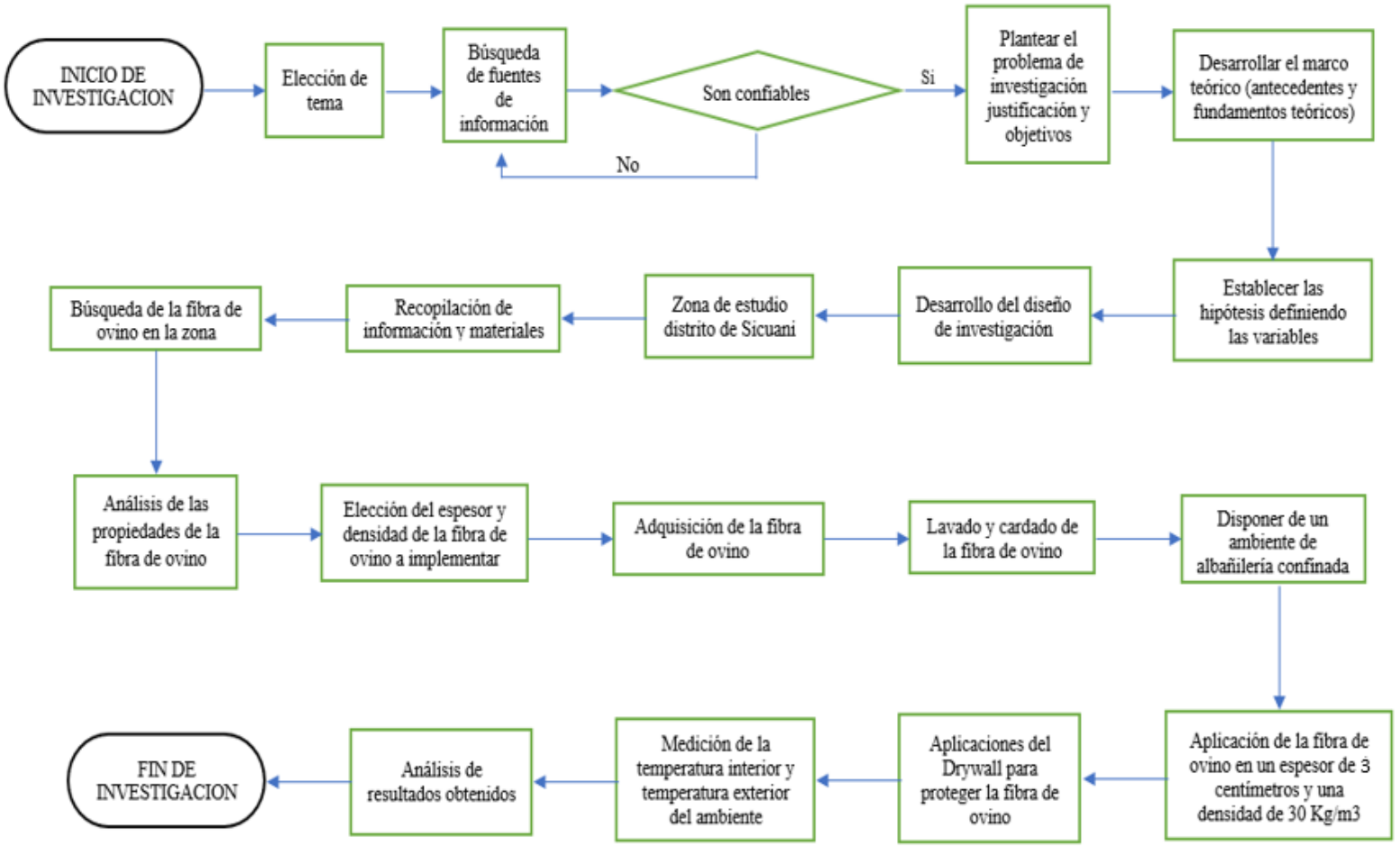
- EM 110 Lumínico con eficiencia energética y Confort térmico
- Reglamento nacional de edificaciones
- Norma técnica E 070
- Normas ISO
- Diseño factorial completo de 3^3
- Regresión lineal múltiple

3.4 Flujograma de Proceso de Aplicación de la Técnica

A continuación, se presenta el flujograma de la investigación que describe el proceso de aplicación de la técnica.

Figura 16

Flujograma de la Investigación



Nota. Se muestra en la figura el proceso de aplicación de la técnica.

3.5 PRUEBAS PRELIMINARES

3.5.1 Fibra De Ovino

La fibra de ovino, comúnmente conocida como lana, es una fibra natural obtenida de las ovejas. Es conocida por sus propiedades aislantes y su capacidad para regular la temperatura.

3.5.1.1 Propiedades Físicas

Diámetro de la fibra. La sección transversal de la fibra de lana puede variar, afectando su suavidad y capacidad de aislamiento.

Tabla 6

Diámetro de la Fibra de Ovino

Muestra	Diámetro (micr**ones**)
1	27.80
2	31.80
3	25.50
4	30.70
5	25.20
6	25.10
7	26.00
8	27.80
9	27.50
10	31.00
Promedio	**27.84**

Nota. Diámetro promedio de días muestras de fibra de ovino. Fuente: Elaboración propia

Longitud de la fibra. La longitud de las fibras puede influir en la resistencia y la manejabilidad del material.

Tabla 7

Longitud de la Fibra de Ovino

Muestra	Longitud (cm)
1	10.5
2	13.3
3	14.1
4	13.4
5	12.8
6	14.5
7	13.4
8	14.00
9	12.4
10	11.5
Promedio	**12.99**

Nota. Longitud promedio de días muestras de fibra de ovino. Fuente: Elaboración propia.

Figura 17

Determinación del diámetro y Longitud promedio de la fibra de ovino

Nota. Se observa la determinación del diámetro y longitud de la fibra de ovino con el equipo Analizador Óptica de Fibra (OFDA)

3.5.1.2 Propiedades Biológicas

En esta investigación el análisis de las propiedades biológicas se realiza en la facultad de agronomía y Zootecnia, Escuela profesional de Zootecnia en el Laboratorio Institucional de "Sanidad Animal M.V. Atilio Pacheco Pacheco" en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Tabla 8

Bacterias y Hongos Identificados en la Fibra de Ovino

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA
LABORATORIO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN DE "SANIDAD ANIMAL M.V. ATILIO PACHECO PACHECO"
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

IDENTIFICACIÓN

N° de muestras	: 10
Tipo de muestra	: Lana
Especie animal	: Ovino
Remitentes	: Ramiro Manuttupa Manuttupa Beltrán Chatata Castelo
Procedencia	: Sicuani
Fecha de recepción	: 22 de enero de 2025
Fecha de Análisis	: 22 de enero de 2025
Análisis solicitado	: Análisis microbiológico cualitativo

RESULTADO

N°	Identificación de la muestra	Tipo de bacteria identificada	Tipo de hongo identificado
1	T1	*Clostridium spp.*	*Alternaría spp.*
2	T2	*Clostridium spp.*	*Negativo*
3	T3	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*
4	T4	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*
5	T5	*Clostridium spp.*	*Alternaría spp.*
6	ST1	*Clostridium spp.*	*Cladosporidium spp.*
7	ST2	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*
8	ST3	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*
9	ST4	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*
10	ST5	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*

Atentamente,

UNIVERSIDAD SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FCA
Dr Edgar A. Valdez Gutierrez
DOCENTE

Responsable del laboratorio

Planta Lechera, Centro Agronómico K´ayra, San Jerónimo. Cusco, Perú. Cel. 920178766

Nota. Resultado de los análisis biológicos de la fibra de ovino.

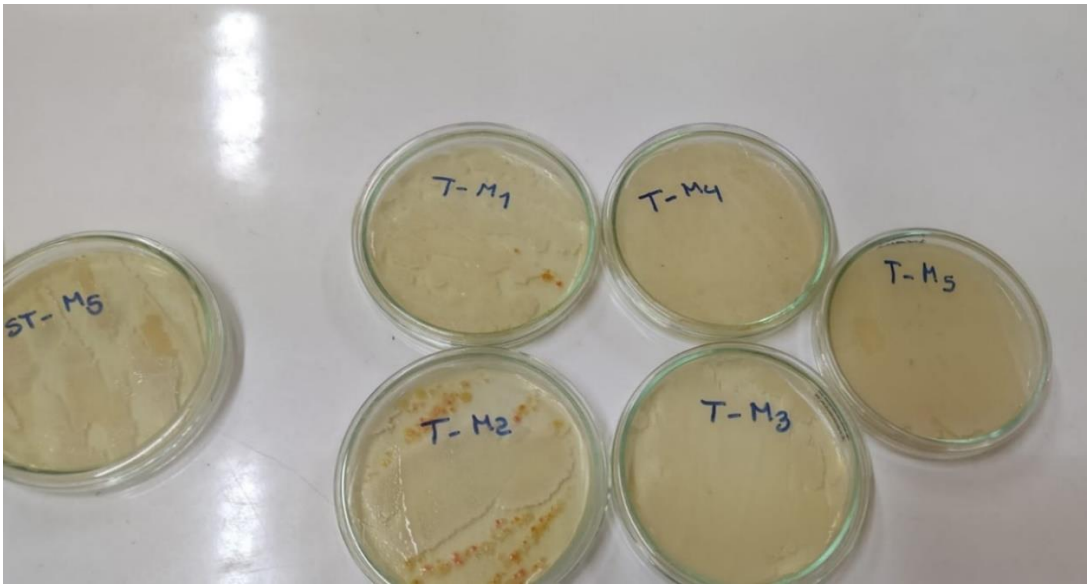
Figura 18

Trabajo en Laboratorio

Nota: Proceso de análisis de las muestras de la Fibra de Ovino

Figura 19

Resultados del Laboratorio



Nota: Resultado de las muestras

3.5.1.3 Propiedades Térmicas:

Los analices que se realizan en esta investigación se realiza en el laboratorio del departamento de física de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Conductividad Térmica. La propiedad de la lana para conducir calor es una de sus propiedades más importantes, especialmente en aplicaciones de aislamiento.

Capacidad Calorífica. La cantidad de calor que la lana puede almacenar también es relevante para su uso en aislamiento térmico.

Figura 20

Determinación de la Conductividad térmica de la Fibra de Ovino

Nota: Elaboración propia

3.5.1.4 Producción y costo de la fibra de ovino en la provincia de Canchis

Para esta investigación se realiza una encuesta de los pobladores que se dedican a la crianza de ovinos y producción de la fibra de ovino en la ciudad de Sicuani provincia Canchis

Tabla 9

Encuesta Realizada a los Pobladores de la Provincia de Canchis

	Producción de fibra de ovino anual en (Kg)	Costo de fibra de ovino por (Soles/Kg)	Disponibilidad 21 Kg de fibra de ovino
Sicuani	4	1.10	Si
Sencca Chectuyoc	5	0.60	Si
Quisini	4	0.50	Si
Occobamba	4	0.50	Si

Nota: Se observa la encuesta de los productores de la fibra de Ovino Fuente: Elaboración propia

3.5.1.5 Producción de la fibra de ovino a nivel provincial

Para esta investigación también se analizó la información según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego "MIDAGRI" las producciones de la fibra de ovino a nivel provincial.

Tabla 10

Datos de la fibra de Alpaca, Llama y Ovino en la Provincia de Canchis

Mes	Carne llama (Ton.)			Fibra de alpaca (Ton.)			Fibra de llama (Ton.)			Lana de ovino (Ton.)			
	2023	2024 p	Var.%	2023	2024 p	Var.%	2023	2024 p	Var.%	2021 p	2023	2024 p	Var.%
Ene	288	294	2.3	435	426	-1.9	42	36	-13.4		757	752	-0.6
Feb	318	315	-0.9	632	622	-1.6	114	111	-2.8		2,624	2,582	-1.6
Mar	333	327	-1.8	588	594	1.1	100	105	5.1		2,057	2,129	3.5
Abr	385	382	-0.9	47	45	-5.5	10	10	-1.6		401	417	4.1
May	385	384	-0.3	66	60	-7.9	6	6	-2.6		456	455	-0.3
Jun	398	392	-1.5	42	40	-5.0	3	3	-5.4		251	260	3.7
Jul	366	365	-0.3	4	4	-4.2	0	0	1.7		205	206	0.7
Ago	341	338	-1.0	1	1	-4.4	0	0	0.0		132	131	-0.5
Set	316	306	-3.0	25	27	5.2	6	7	11.6		130	114	-12.4
Oct	297	289	-2.6	198	228	15.2	51	52	2.4		22	25	14.1

Nov	285	274	-3.8	1,735	1,861	7.2	305	317	4.2		638	635	-0.6
Dic	310	295	-4.7	693	707	2.0	63	66	4.4		335	324	-3.5
Ene-Dic	**4,021**	**3,962**	**-1.5**	**4,466**	**4,615**	**3.3**	**699**	**712**	**1.9**		**8,010**	**8,031**	**0.3**

Nota. Producción de las fibras en la provincia Canchis. Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/5380407-boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-2024

3.5.2 Drywall

El drywall es conocido también como placa de yeso o cartón yeso, es un material de construcción ampliamente reconocido para la creación de muros y techos interiores. Se compone de un núcleo de yeso recubierto por ambos lados con papel resistente.

3.5.2.1 Características

Ligereza. Es mucho más liviano en comparación con otros materiales de construcción, lo que facilita su transporte e instalación.

Fácil instalación. Se corta y se adapta fácilmente, lo que acelera el proceso de construcción. Generalmente se atornilla a una estructura de metal o madera.

Aislamiento acústico. Proporciona un buen aislamiento del sonido, especialmente cuando se utilizan paneles específicos para este fin.

Resistencia al fuego. Existen variantes de drywall que son resistentes al fuego, lo que aumenta la seguridad en construcciones.

Superficie lisa. Ofrece una superficie lisa ideal para pintar o empapelar, lo que permite un acabado estético atractivo.

Versatilidad. Puede usarse en diversas aplicaciones, incluyendo paredes, techos y divisiones interiores.

Aislamiento térmico. Puede colaborar en la optimización de la eficiencia energética de un edificio si se combina con aislamiento adecuado.

Resistencia a la humedad. Hay paneles específicos diseñados para zonas húmedas, como baños y cocinas, que son resistentes a la condensación.

Sostenibilidad. Algunos paneles de drywall están hechos de materiales reciclados y son reciclables, lo que puede ser una opción más ecológica.

3.5.3 Cinta Malla

Es un material esencial en la instalación de placas de yeso, ya que se utiliza para reforzar las juntas y uniones, proporcionando estabilidad y resistencia adicionales a la estructura.

3.5.3.1 Características

Material. Producida a partir de fibra de vidrio, lo que le proporciona resistencia y durabilidad.

Adhesiva. Viene con un adhesivo que facilita su aplicación directa sobre la superficie del drywall.

Perforada. Su diseño perforado permite una mejor adherencia del compuesto para juntas, asegurando una unión más fuerte.

3.5.4 Masillas de drywall

Es un material conocido como masilla para drywall, es un componente esencial para reparar paredes con agujeros e imperfeccione.

3.5.4.1 Característica

Composición. Generalmente están hechas de yeso, resinas y aditivos para mejorar su adherencia y durabilidad.

Fácil Aplicación. Se pueden aplicar con espátulas o cuchillas para drywall y se esparcen fácilmente sobre las superficies.

Secado Rápido. La mayoría de las masillas secan rápidamente, permitiendo realizar el trabajo en menos tiempo.

3.5.5 Parantes de Madera

Los parantes de madera son elementos estructurales utilizados en la construcción para soportar techos, paredes, y otras cargas.

3.5.5.1 Características de los Parantes de Madera

Material. Generalmente están hechos de madera maciza como pino, abeto o roble, aunque también pueden ser de madera laminada.

Durabilidad. La madera tratada puede resistir bien la humedad, insectos y otros factores ambientales.

Medidas. Vienen en diferentes dimensiones, adaptándose a las necesidades específicas del proyecto de construcción.

Versatilidad. Pueden ser utilizados en una variedad de estructuras, desde viviendas hasta edificios comerciales.

3.5.5.2 Aplicaciones Comunes

Estructuras de Soporte. Utilizados para formar el armazón de paredes, techos y pisos.

Construcción de Casas de Madera. Amplia aplicación en la construcción de viviendas, cabañas y edificaciones rústicas.

Diseño Interior. También se emplean en proyectos de diseño de interiores para crear estanterías, divisiones y otras estructuras decorativas.

3.5.6 Elementos de Sujeción

Los elementos de sujeción son componentes esenciales utilizados para unir o fijar diferentes partes de una estructura.

3.5.6.1 Tipos de Elementos de Sujeción

Tornillos: Se utilizan para unir piezas de madera, metal y otros materiales, ofreciendo una sujeción más firme y la capacidad de ser removidos y reutilizados; existen diversas variedades como tornillos para madera, tornillos para metal y tornillos autoperforantes.

Grapas: Se utilizan para fijar materiales ligeros como láminas, cables y mallas, siendo fáciles de instalar y remover; existen diferentes variedades como grapas para cables y grapas para madera.

Tarugo: También conocido como taco, espiche o anclaje, es un elemento de fijación utilizado para asegurar tornillos en materiales donde no pueden atornillarse directamente, como paredes de mampostería, concreto o ladrillo.

3.5.7 Equipos Portátiles (Herramienta)

Los equipos portátiles son ligeras y fáciles de transportar que facilitan diversas tareas en el sitio de trabajo algunos de estos equipos que se utilizó en la investigación son: el Taladro, Brocas de ¾ pulgada, Martillo, Alicate, Hoja de sierra, Cúter y Cierra circular.

3.6 Pruebas de Experimentación In situ

3.6.1 Medición de Temperatura

A. Medición de Temperatura Exterior

Termómetro Digital

El termómetro digital que se utiliza en esta investigación es de la marca COOLBOX modelo 968H que tiene las siguientes funciones y características:

Rango de Temperatura:

- Exterior: -50°C a 70°C
- Interior: -10°C a 50°C

Rango de Humedad: 25%RH a 98%RH

Precisión:

1. Temperatura interior: ±1°C y
2. Temperatura exterior: ±1°C
3. Humedad interior relativa: ±3 RH

Norma

La norma que nos basaremos en esta investigación es la norma EM 110 del reglamento nacional de edificaciones (RNE) del Perú.

Según la norma EM 110 del reglamento nacional de edificaciones (RNE) del Perú establece parámetros para lograr la medición de la temperatura para así asegurar el confort térmico y se deben seguir estos pasos:

Selección del equipo de medición: utilizar termómetros calibrados y adecuados para mediciones ambientales

Ubicación del sensor: Colocar el sensor de temperatura en un lugar representativo

Altura de medición: La altura de medición recomendada para colocar el sensor es entre 1.2 y 1.5 metros sobre el nivel del suelo o piso.

Registro de datos: Realizar mediciones continuas o en intervalos regulares para obtener un promedio representativo de la temperatura.

B. Medición de temperatura interior

Termómetro digital

El termómetro digital que se utiliza en esta investigación es de la marca COOLBOX modelo 968H que tiene las siguientes funciones y características:

Rango de temperatura:

- Exterior: -50°C a 70°C
- Interior: -10°C a 50°C

Rango de humedad: 25%RH a 98%RH

Precisión:

- Temperatura interior: ±1°C
- Temperatura exterior: ±1°C
- Humedad interior relativa: ±3 RH

Norma

La norma que nos basaremos en esta investigación es la norma EM 110 del reglamento nacional de edificaciones (RNE) del Perú.

Según la norma EM 110 del reglamento nacional de edificaciones (RNE) del Perú establece parámetros para lograr la medición de la temperatura para así asegurar el confort térmico y se deben seguir estos pasos:

Selección del equipo de medición: utilizar termómetros calibrados y adecuados para mediciones ambientales

Ubicación del sensor: Colocar el sensor de temperatura en un lugar representativo

Altura de medición: La altura de medición recomendada para colocar el sensor es entre 1.2 y 1.5 metros sobre el nivel del suelo o piso.

Registro de datos: Realizar mediciones continuas o en intervalos regulares para obtener un promedio representativo de la temperatura.

3.6.2 Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino

A. Laboratorio

El cálculo de la conductividad térmica se realiza generalmente en un laboratorio donde cumplan las condiciones aplicando los pasos que nos indican las normas técnicas.

B. Norma

ISO 8302: Esta norma describe el método de calentamiento por placa protegida (Guarded Hot Plate Method), que es ampliamente utilizado para analizar la conductividad térmica de los materiales aislantes.

ASTM C177: Similar a la ISO 8302, esta norma también especifica el procedimiento de la placa caliente protegida.

Preparación de la muestra: Asegúrate de que la muestra de lana de oveja esté limpia y seca. La muestra debe ser homogénea y representativa del material que se va a evaluar.

Selección del equipo de medición: Utiliza un instrumento para medir la conductividad térmica, como el medidor de flujo de calor o el procedimiento de la placa caliente protegida. Estos dispositivos están diseñados para analizar el comportamiento térmico de los materiales aislantes.

A. Norma

ASTM E337: Esta norma establece un método para medir la humedad ambiental y temperatura de condensación utilizando un psicrómetro. Proporciona directrices sobre la preparación del equipo y el procedimiento de medición.

ISO 13788: Se refiere a la evaluación de la humedad en el contexto del rendimiento térmico de los edificios, incluyendo métodos para calcular la humedad relativa a partir de las condiciones ambientales.

ASHRAE 55: Esta norma, relacionada con el confort térmico, incluye directrices sobre la medición y control de la humedad en espacios interiores, lo que implica considerar la humedad relativa.

EN 12831: En el contexto de la calefacción y la refrigeración, esta norma también aborda el cálculo de la saturación de humedad como parte de la carga térmica.

ISO 7726: Esta norma trata sobre los instrumentos de medición de parámetros ambientales, incluida la humedad relativa, y proporciona directrices para su uso y calibración.

Cálculo de la humedad relativa del aire interno: Se determina la humedad relativa del aire dentro del edificio, considerando factores como la producción interna de humedad y las condiciones climáticas externas.

Cálculo de la temperatura superficial interna: Se calcula la temperatura mínima en la superficie interna de las soluciones constructivas para prevenir la formación de moho. Esto se hace considerando la resistencia térmica de los materiales y los puentes térmicos

Evaluación del riesgo de moho: Se evalúa el riesgo de formación de moho comparando la humedad relativa superficial con un valor crítico (generalmente 80%). Si la humedad relativa superficial supera este valor, hay un alto riesgo de formación de moho

Condiciones de diseño: Se establecen las condiciones de diseño necesarias para mantener la humedad relativa superficial por debajo del valor crítico, asegurando una adecuada calidad térmica de la envolvente del edificio

3.7 Recolección de Datos

3.7.1 Estudio de la Fibra de Ovino

En el trabajo de investigación se ejecutó un estudio de fibra de ovino en la provincia de Canchis teniendo en cuenta la ubicación de la fibra de ovino, potencial de explotación y la distancia a la que se encuentra de la zona de estudio. Este estudio de la fibra de ovino comprende de dos etapas: la exploración de la fibra de ovino y la caracterización de la fibra de ovino.

3.7.2 *Adquisición de la Fibra de Ovino*

Para este proceso, se investigaron y buscaron opciones de productores directos en comunidades cercanas a la zona de estudio, dedicadas a la actividad de extracción de fibra de oveja. Se sabe que, la provincia de Canchis, es una de las principales ciudades con la mayor producción de ovejas.

Grafica 3

Producción de Ovino en la Región Cusco

Nota. De acuerdo a la figura en la región Cusco, la provincia Canchis es uno de los mayores productores de ovino. (https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6424519/5624195-boletin-pecuario-abril-2024.pdf?v=1717165066).

La elección del lugar para la compra de la fibra de oveja se basó en consideración de:

- Cercanía al lugar para la compra

La ubicación elegida son la comunidad Quisini, Occobamba y Chectuyoc del distrito de Marangani provincia de Canchis departamento de Cusco, debido a que su sector ganadero está compuesto principalmente por ganado vacuno, ovino y alpacas, mientras que, en cuanto a animales de menor tamaño, las crías son de cuyes, cerdos y aves.

- Productor directo de fibra de ovino:

Para este aspecto, se realizaron visitas a comunidades cercanas a la provincia de Canchis, específicamente en al distrito de Marangani, la cual es uno de los ocho distritos de esta región, donde se concentran en la producción de fibra de oveja.

Se realizó una visita a las comunidades campesinas de Quisini, Occobamba y Chectuyoc, para la obtención de fibra de ovino para poner en práctica en la técnica investigada.

Figura 21

Visita a la Comunidad Campesina de Quisini

Nota. En la imagen se muestra los ovinos pastando en el campo. Elaboración propia.

- Costo accesible:

La obtención de lana de oveja fue de los productores directos con un costo de S/1.00 el kilo de fibra de ovino. Los productores directos hicieron alusión a los precios proporcionados en las

ferias en la provincia de Canchis la cual varía entre S/ 0.50 a S/1.10 la libra de fibra de ovino. Esta información se comprobó a través de la visita de dichas ferias un fin de semana, en el cual los valores cambian entre S/0.50 a S/ 1.10 el libra de fibra de lana de ovino.

Figura 22

Fibra de Ovino en el Distrito de Sicuani

Nota. En la figura se muestra la comercialización de la fibra de ovino en el distrito de Sicuani. Elaboración propia.

3.8 Determinación de la Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino

En la siguiente investigación se determina la Conductividad Térmica de la fibra de ovino con el instrumento Heat Flow Meter (HFM) – 100 que se usa ampliamente porque tiene un concepto relativamente simple, rápido y aplicable a una amplia gama de materiales. La precisión y el sesgo del aparato Heat Flow Meter – 100 son excelentes con calibración dentro del rango de flujo de calor esperados, utilizando muestras que son trazables a un método de medición absoluto y provienen de un laboratorio de estándares nacionales reconocidos dicho análisis se realizó en el

laboratorio del departamento de Física de la Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco a cargo de la Lic. Giovanna Guzmán Cáceres.

Procedimientos a seguir para el análisis de la fibra de ovino:

1. Primero se tiene que calibrar el instrumento HFM – 100
2. Luego realizar bloques rectangulares de 30x30 centímetros de fibra de ovino
3. Realizar el análisis con el instrumento HFM – 100 de cada bloque

Figura 23

Calibración de Equipo de Conductividad Térmica

Nota. En la imagen se muestra la calibración del equipo. Elaboración propia.

Figura 24

Muestra de Fibra de Ovino de 30cm x 30cm x 5cm

Nota. Se observan la muestra de fibra de ovino 30cm x 30cm x 5cm antes de medir la conductividad térmica. Elaboración propia.

Figura 25

Determinación de la Conductividad Térmica

Nota. En las imágenes se observa la determinación de la conductividad térmica de la muestra 30cm x 30cm x 3cm. Elaboración propia.

3.9 Modelación de un Ambiente Interior de una Vivienda Para la Experimentación

3.9.1 Ubicación de la Vivienda para el Estudio

Para elegir la vivienda se tomaron en cuenta factores como el distrito de Sicuani, La vivienda seleccionada en este caso está localizada en la calle floreciente, distrito de Sicuani, provincia de Canchis departamento de Cusco (Ver fig. 26). Por otro lado, para trasladarse desde el centro de la ciudad hasta la vivienda donde se desarrollará el modelado de un ambiente interior, se tarda aproximadamente 10 minutos en coche y la distancia es de 4.80 km.

Figura 26

Ubicación de la Zona de Estudio

Nota. La figura muestra una captura de imagen de la ubicación satelital de la zona en la que se encuentra ubicada la vivienda.

De "Mapa Satelital de Google", por Google Mapa, 2024 (https://www.google.com/maps/@-14.2834398,-71.2264339,443m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTExMy4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D).

3.9.2 Análisis de las Características Técnicas de la Vivienda

La vivienda seleccionada de albañilería confinada cumple con las especificaciones del reglamento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006; Reglamento Nacional de Edificaciones) y con la norma técnica (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006; Norma Técnica E.070 Albañilería). La vivienda está conformada por paredes de bloques de albañilería confinada, con estructuras de concreto armado en vigas y columnas de refuerzo. El sistema estructural utilizado en el muro desempeña la función de muro carga, ya que soportará las fuerzas sísmicas y el peso de la edificación.

Por otro lado, cumple con los criterios de calidad de los materiales y el procedimiento constructivo adecuado aplicados en la construcción de la vivienda. Finalmente, en la actualidad, la construcción está en la fase de finalización de los acabados.

Figura 27

Fachada de la Vivienda

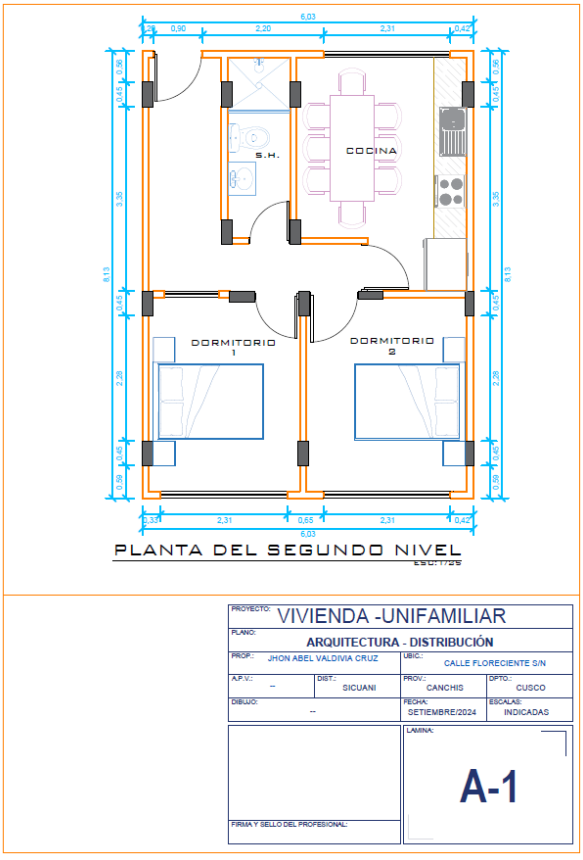
Nota: Se observa la fachada de la habitación. Elaboración propia

3.9.3 Análisis del Plano de Arquitectura de la Vivienda

Para el análisis del plano arquitectónico de la vivienda, se examinó la distribución de los espacios y los detalles que presenta el diseño. El plano está distribuido por una cocina, un baño, 2 dormitorios secundarios. En el plano se incluyen las especificaciones, la disposición de los distintos espacios y los elementos que están definidos en la vivienda. Asimismo, la vista en planta y las dimensiones de los distintos ambientes cumplen con el espaciamiento exigido por el Reglamento Nacional de Estructuras. La edificación de la vivienda tiene un área de 49.02 m2, distribuida según lo indicado anteriormente.

Figura 28

Plano de Distribución Arquitectura



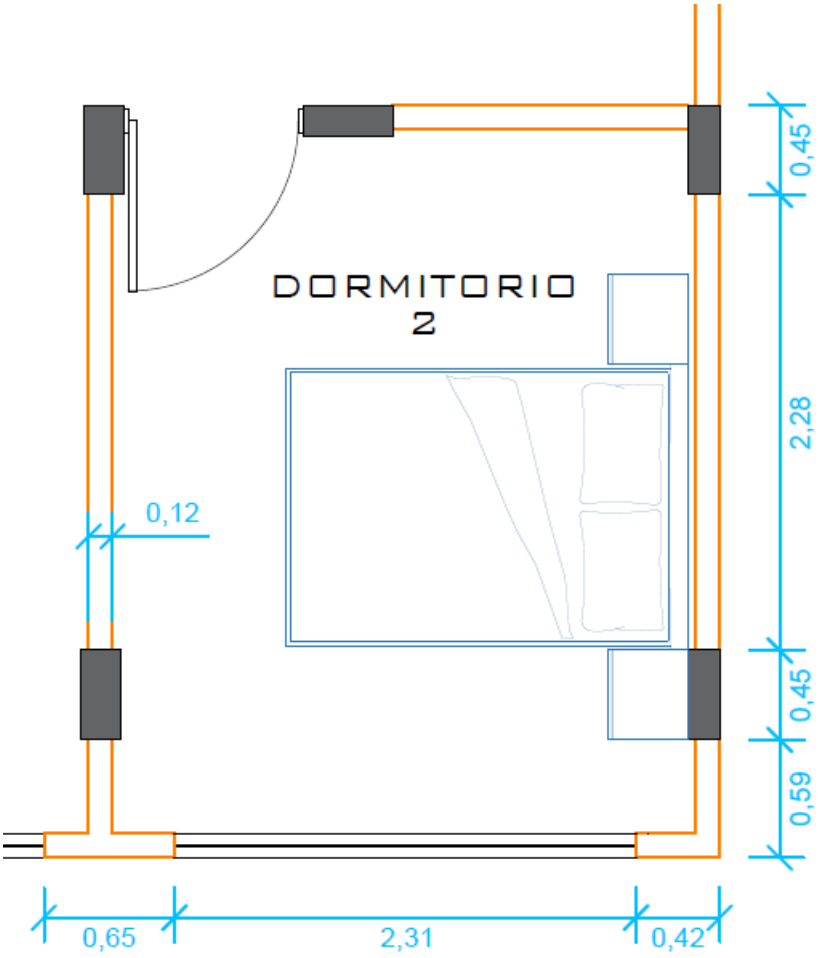
Nota: Se observa el plano arquitectónico de distribución. Elaboración propia

3.9.4 Selección del Ambiente Para la Aplicación de la Técnica

Para la elección del ambiente, en este caso un dormitorio, se considera las dimensiones mínimas requeridas por el reglamento nacional de edificaciones, el ambiente tiene la siguientes dimensiones un ancho de 2.90 m, largo de 3.50 m y altura de 2.10 m cuentan con muros de unidades de albañilería confinada. Asimismo, se eligió uno de los ambientes más pequeños de la vivienda para minimizar los costos.

Figura 29

Plano del Ambiente Seleccionado Dormitorio Secundario



Nota: Se observa el plano arquitectónico de la habitación. Elaboración propia

Se eligió uno de los dormitorios secundarios. En este caso, el dormitorio ubicado entre la sala y el baño de visitas, con dimensiones de 2.90 x 3.50 m, cumpliendo con las medidas mínimas establecidas por el RNE y con un área total de 10.15 m2. Es importante destacar que la aplicación de la técnica puede utilizarse en los distintos ambientes interiores de una vivienda.

Figura 30

Dormitorio Seleccionado

Nota: Se observa el dormitorio para revestir con la fibra de ovino. Elaboración propia.

3.9.5 Modelación del Ambiente Seleccionado

Se llevó a cabo la modelización del ambiente para obtener una mejor visión del diseño del dormitorio y examinar las paredes donde se aplicará la técnica. Para la modelización, se eligió uno de los dos dormitorios secundarios de la vivienda, en este caso, el dormitorio más pequeño, que incluye una puerta y una ventana. La aplicación del aislante de fibra de ovino como protección interna se instaló en las paredes más expuestas al exterior. En el caso de la imagen de modelización, se utilizará en las paredes en contacto con el entorno exterior.

3.10 Descripción de Proceso Constructivo Para la Aplicación de la Técnica

3.10.1 Proceso de Adquisición, Lavado y Cardado de la Fibra de Ovino

Para la fabricación del aislante de fibra de ovino para la experimentación dentro de la vivienda, se llevará a cabo de forma manual, aplicando el flujograma previamente propuesto para el proceso de fabricación de la técnica.

a) Proceso de Adquisición de la Fibra de Ovino

En este paso se obtiene la fibra de ovino de los productores directos de la comunidad de Quisini, Occobamba y Chectuyoc.

Figura 31

Adquisición de la Fibra de Ovino

Nota. En la figura se muestra la adquisición de la fibra de ovino en las comunidades Quisini, Occobamba y Chectuyoc. Elaboración propia.

b) Proceso de lavado y secado de fibra de ovino

El proceso de lavado de la fibra de oveja se realizó de forma manual con abundante agua caliente y detergente (sal de boro) y posteriormente se deja secar en un espacio expuesto a la luz solar. Se recomienda que la fibra de ovino este lo más separados posibles para su secado rápido secado.

Figura 32

Lavado de la Fibra de Ovino

Nota. En la figura se muestra el lavado de la fibra de ovino de forma manual. Elaboración propia.

Figura 33

Secado de la Fibra de Ovino

Nota. En la figura se muestra el secado de la fibra de ovino al aire libre. Elaboración propia.

c) Cardado de fibra de ovino

Después del secado de la fibra de ovino se realizó el cardado con un cepillo metálico para lograr una separación uniforme de las fibras de ovino.

Figura 34

Cardado de la Fibra de Ovino

Nota. En la figura se muestra el proceso de cardado de la fibra de ovino con un cepillo metálico. Elaboración propia.

3.11 Aplicación de la Técnica

Paso 1: Armado de la estructura de madera fijado al muro que va servir de soporte para el drywall.

Figura 35

Fijado de los Parantes de Madera de Pino

Nota. En la figura se muestra el proceso de colocado de parantes de madera. Elaboración propia

Paso 2: Colocado de fibra de ovino en los muros sujetando con hilo nylon y grampas.

Figura 36 *Colocado de Fibra de Ovino a los Muros*

Nota. En la figura se muestra el proceso de colocado de la fibra de ovino a los muros. Elaboración propia.

Paso 3: Se realizo la aplicación Drywall rellena con fibra de ovino con un espesor 3 cm y una densidad de 30 Kg/m3 entre los pilares, situados en la parte interna de las paredes del dormitorio previamente seleccionado de la vivienda disponible.

Figura 37

Colocación de Drywall

Nota: Se observa la habitación acabada con la técnica de relleno de fibra de ovino. Elaboración propia

4 CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Resultados de la Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino

El análisis de conductividad térmica se llevó a cabo utilizando el dispositivo HFM-100, un medidor de flujo de calor desarrollado por la empresa Thermtest Instruments. Para su funcionamiento, es necesario que las muestras presenten dimensiones máximas de 30 cm de ancho por 30 cm de largo, con un espesor máximo de 10 cm.

Tabla 11

Dimensiones de las Muestras

DIMENCIONES DE LA MUESTRAS	
Largo de la muestra (m)	0.30
Ancho de la muestra (m)	0.30
Espesor de la muestra (m)	0.03, 0.04 y 0.05

Nota. Las dimensiones están según las especificaciones del equipo. Elaboración propia

Tabla 12

Combinación de las Muestras Según la Densidad, Espesor y variación de temperatura

		Temperatura (A)								
		ΔT (0°C-10°C)			**ΔT (10°C-20°C)**			**ΔT (20°C-30°C)**		
		Espesor (B)			**Espesor (B)**			**Espesor (B)**		
		3 cm	**4 cm**	**5 cm**	**3 cm**	**4 cm**	**5 cm**	**3 cm**	**4 cm**	**5 cm**
Densidad (C)	**10 kg/m^3**									
	20 kg/m3									
	30 kg/m3									

Nota. Se muestra las combinaciones de las muestras de la fibra de ovino. Elaboración propia

4.2 Resultados de la Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino de las Veintisiete Muestras

Los datos obtenidos para las fibras de ovino indican que la muestra N° 3 presentó el menor coeficiente de conductividad térmica promedio, con un valor de 0.361 W/m K, mientras que la muestra N° 2 registró el coeficiente más alto, alcanzando 0.529 W/m K.

Tabla 13

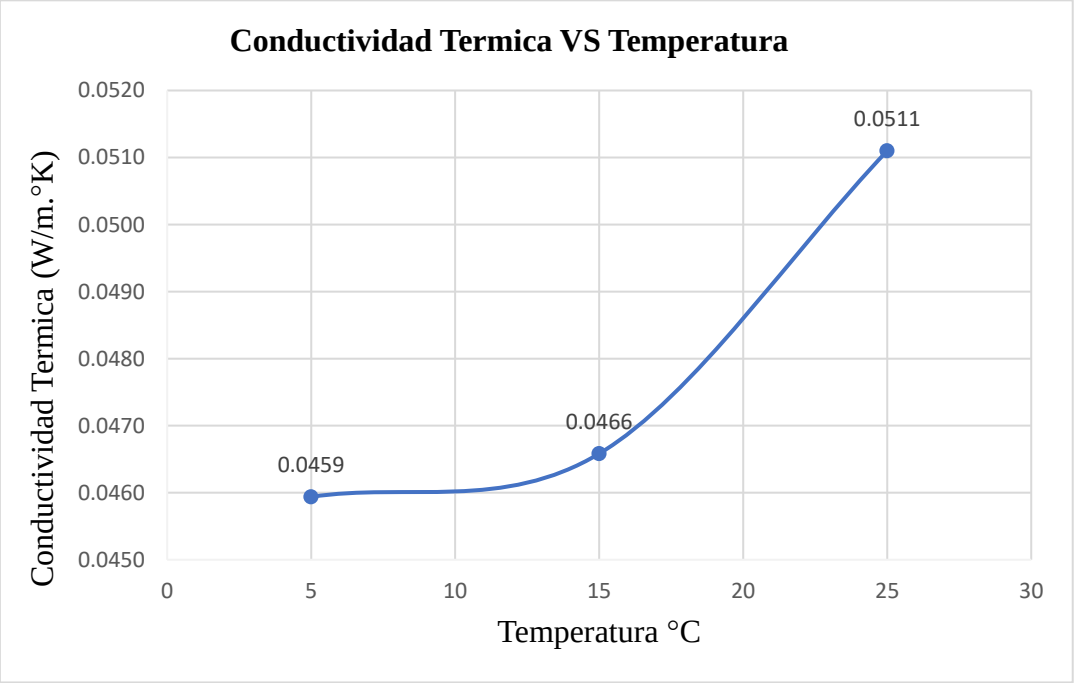
Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°1

MUESTRA	Densidad (Kg/m3)	Espesor (mm)	Temperatura Superior (°C)	Temperatura Inferior (°C)	Temperatura Media (°C)	Conductividad Térmica (W/m.°K)
Muestra N°1	10	30	10	0	5	0.0719
Muestra N°1	10	30	10	0	5	0.0459
Muestra N°1	10	30	20	10	15	0.0549
Muestra N°1	10	30	20	10	15	0.0476
Muestra N°1	10	30	20	10	15	0.0470
Muestra N°1	10	30	20	10	15	0.0467
Muestra N°1	10	30	20	10	15	0.0466
Muestra N°1	10	30	30	20	25	0.0511
Muestra N°1	10	30	30	20	25	0.0566

Nota. Se tiene las mediciones para cada temperatura de ensayo. Elaboración propia

Grafica 4

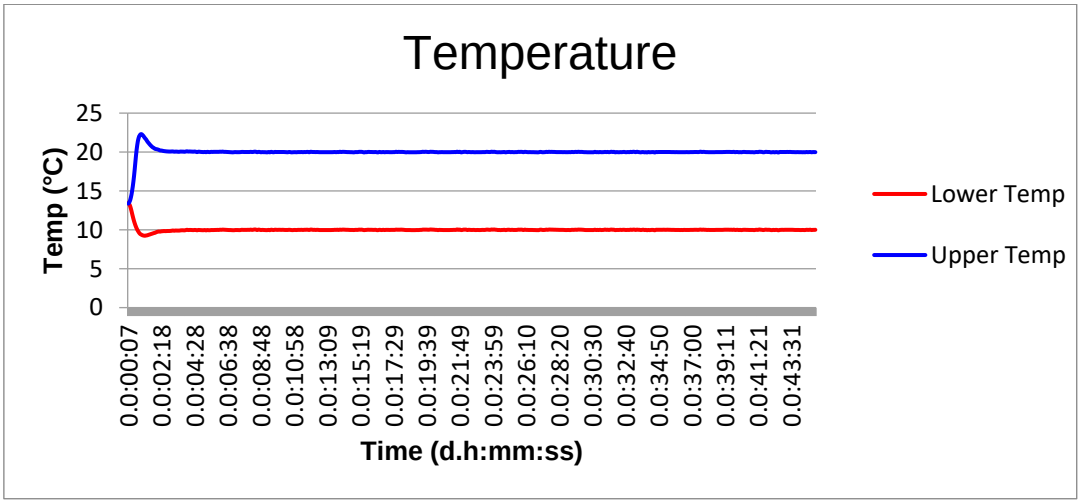
Diagrama de Conductividad Térmica vs Temperatura para la Muestra N°1



Nota. Se observa que se obtiene el valor más bajo a los 5°C. Elaboración propia

Grafica 5

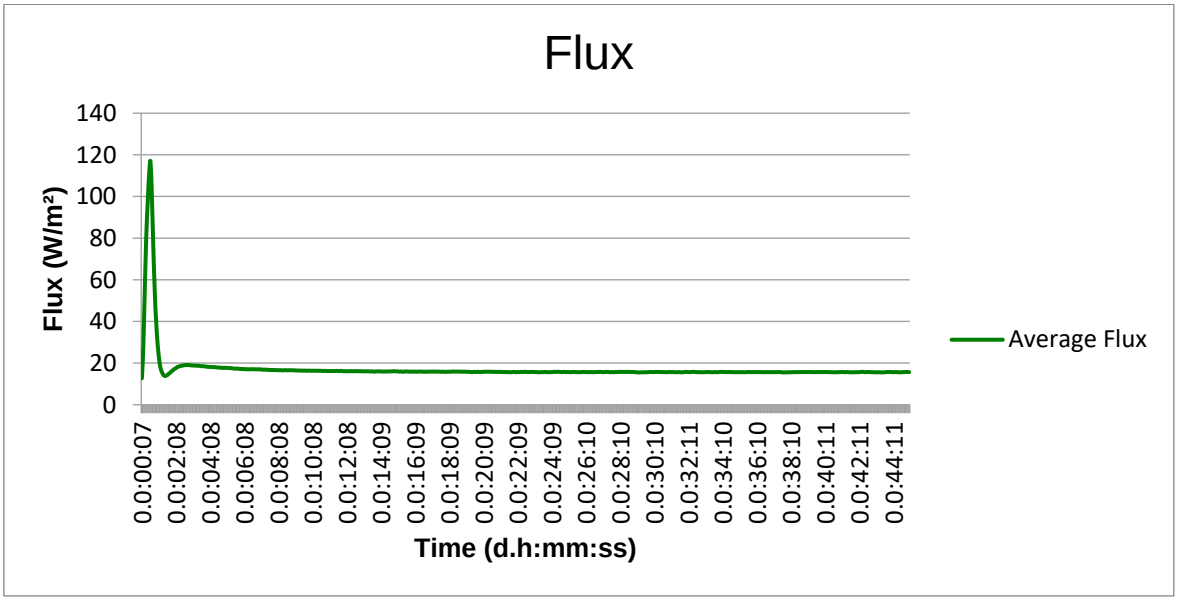
Diagrama de Temperatura en el Tiempo Para la Muestra N°1



Nota. El gráfico presenta una variación inicial en las temperaturas superior e inferior, antes de alcanzar la estabilidad necesaria para llevar a cabo la medición con precisión. Elaboración propia

Grafica 6

Diagrama de Flujo de Calor Promedio Para la Muestra N°1



Nota. El flujo de calor debe ser constante durante la medición. Elaboración propia.

Tabla 14

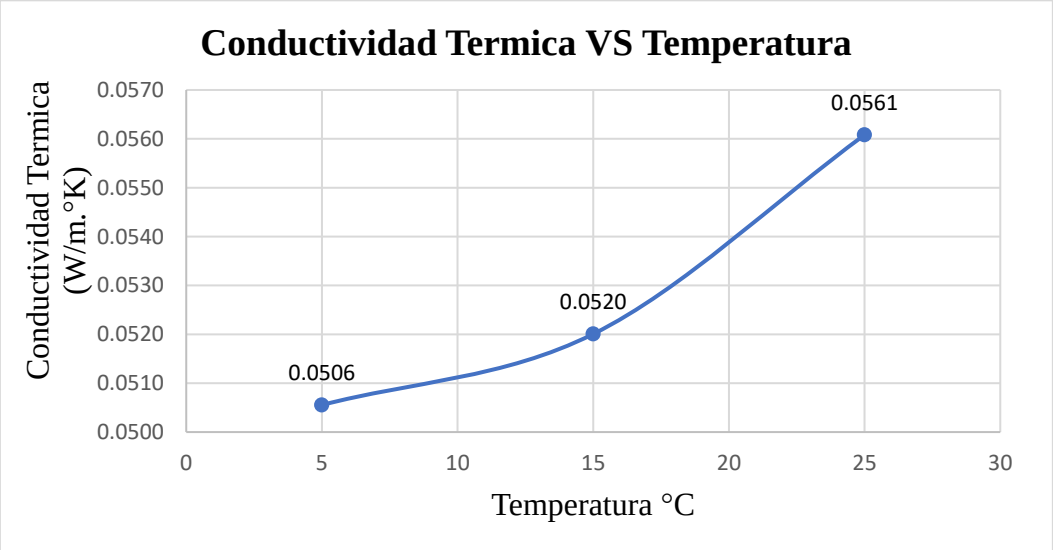
Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°2

MUESTRA	Densidad (Kg/m3)	Espesor (mm)	Temperatura Superior (°C)	Temperatura Inferior (°C)	Temperatura Media (°C)	Conductividad Térmica (W/m.°K)
Muestra N°2	10	40	10	0	5	0.0930
Muestra N°2	10	40	10	0	5	0.0518
Muestra N°2	10	40	10	0	5	0.0512
Muestra N°2	10	40	10	0	5	0.0508
Muestra N°2	10	40	10	0	5	0.0506
Muestra N°2	10	40	20	10	15	0.0618
Muestra N°2	10	40	20	10	15	0.0535
Muestra N°2	10	40	20	10	15	0.0525
Muestra N°2	10	40	20	10	15	0.0522
Muestra N°2	10	40	20	10	15	0.0520
Muestra N°2	10	40	30	20	25	0.0679
Muestra N°2	10	40	30	20	25	0.0558
Muestra N°2	10	40	30	20	25	0.0559
Muestra N°2	10	40	30	20	25	0.0561

Nota. Se tiene las mediciones para cada temperatura de ensayo. Elaboración propia.

Grafica 7

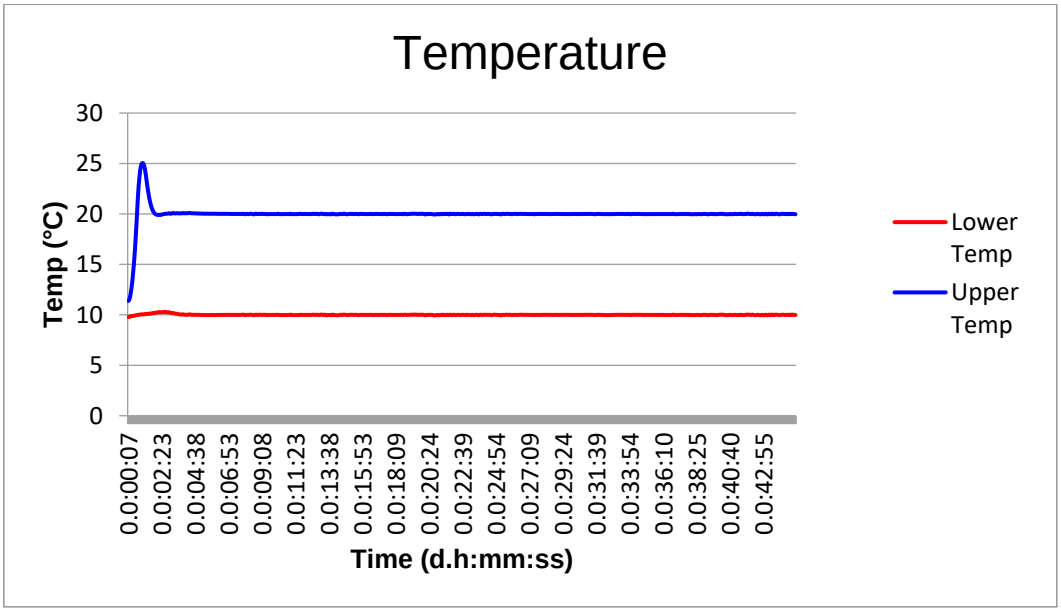
Diagrama de Conductividad Térmica vs Temperatura Para la Muestra N°2



Nota. El valor más bajo se tiene a la temperatura de 5°C. Elaboración propia

Grafica 8

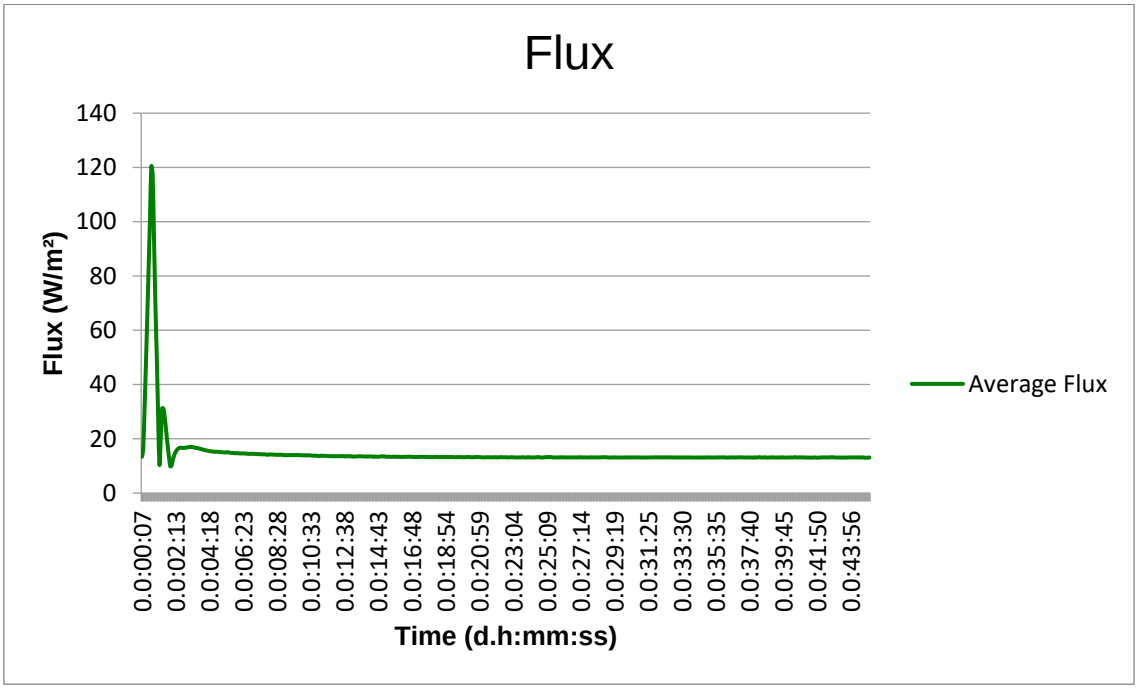
Diagrama de Temperatura en el Tiempo Para la Muestra N°2



Nota. La temperaturas superior e inferior alcanzan valores aproximadamente constantes durante la medición. Elaboración propia.

Grafica 9

Diagrama de Flujo de Calor Promedio Para la Muestra N°2



Nota. El flujo de calor alcanza un valor constante durante el ensayo. Elaboración propia.

Tabla 15

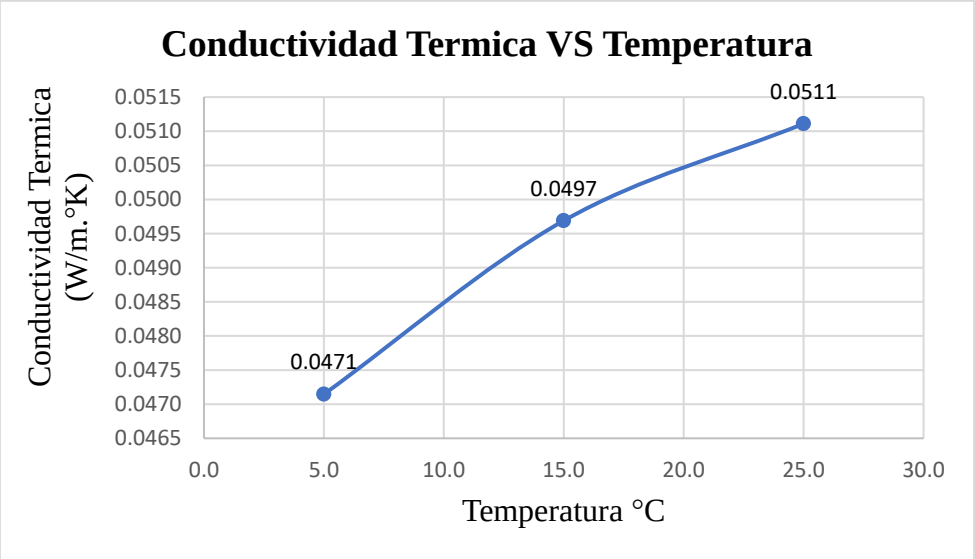
Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°3

MUESTRA	Densidad (Kg/m3)	Espesor (mm)	Temperatura Superior (°C)	Temperatura Inferior (°C)	Temperatura Media (°C)	Conductividad Termica (W/m.°K)
Muestra N° 3	10	50	10	0	5	0.1089
Muestra N° 3	10	50	10	0	5	0.0472
Muestra N° 3	10	50	10	0	5	0.0471
Muestra N° 3	10	50	20	10	15	0.0566
Muestra N° 3	10	50	20	10	15	0.0505
Muestra N° 3	10	50	20	10	15	0.0499
Muestra N° 3	10	50	20	10	15	0.0497
Muestra N° 3	10	50	30	20	25	0.0697
Muestra N° 3	10	50	30	20	25	0.0524
Muestra N° 3	10	50	30	20	25	0.0518
Muestra N° 3	10	50	30	20	25	0.0513
Muestra N° 3	10	50	30	20	25	0.0511

Nota. Se obtienen las mediciones por cada temperatura de ensayo. Elaboración propia.

Grafica 10

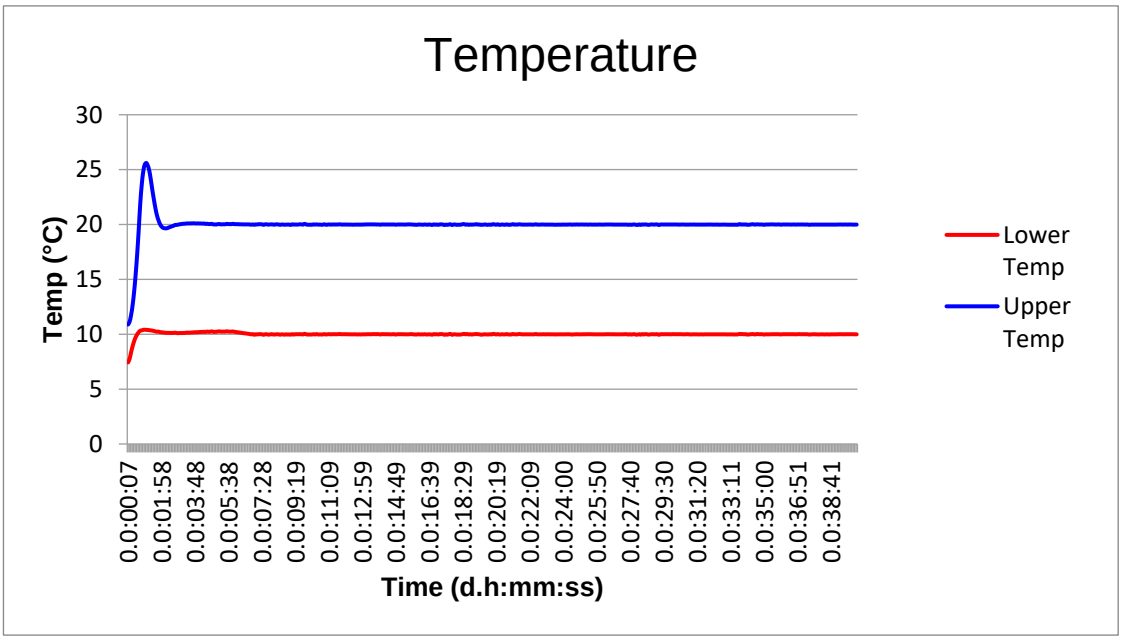
Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura Para la Muestra N°3



Nota. El valor más bajo se obtuvo a los 5°C. Elaboración propia.

Grafica 11

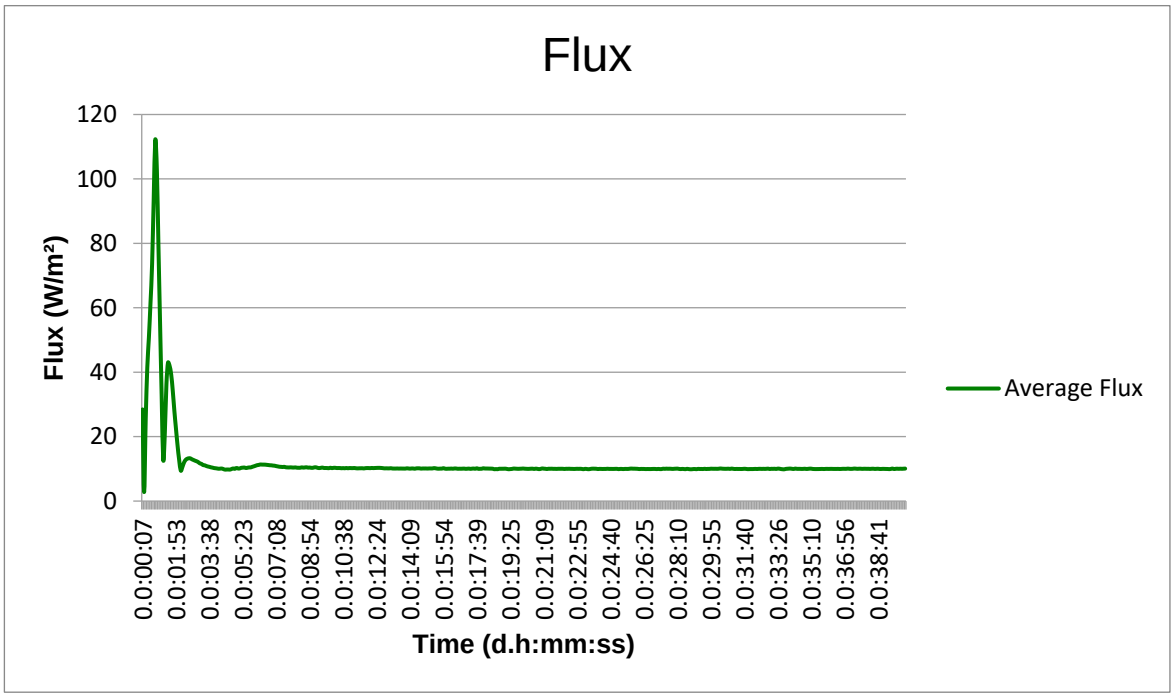
Diagrama de Temperatura en el Tiempo Para la Muestra N°3



Nota. El grafico muestra las temperaturas superior e inferior constantes durante la medición. Elaboración propia.

Grafica 12

Diagrama de Flujo de Calor Promedio Para la Muestra N°3



Nota. La Gráfica muestra el diagrama de flujo de calor. Elaboración propia.

Tabla 16

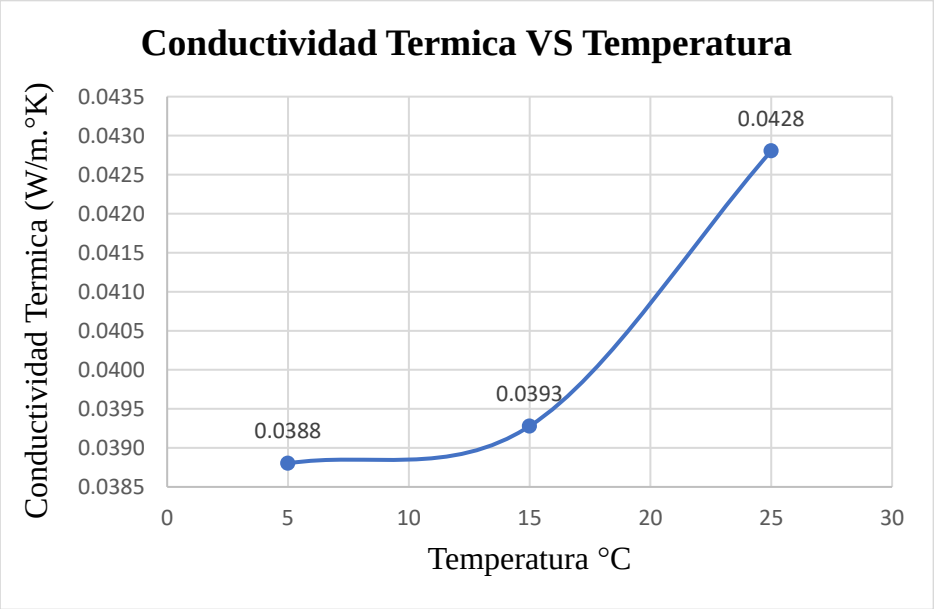
Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°4

MUESTRA	Densidad (Kg/m3)	Espesor (mm)	Temperatura Superior (°C)	Temperatura Inferior (°C)	Temperatura Media (°C)	Conductividad Térmica (W/m.°K)
Muestra N°4	20	30	10	0	5	0.0750
Muestra N°4	20	30	10	0	5	0.0389
Muestra N°4	20	30	10	0	5	0.0388
Muestra N°4	20	30	20	10	15	0.0501
Muestra N°4	20	30	20	10	15	0.0417
Muestra N°4	20	30	20	10	15	0.0405
Muestra N°4	20	30	20	10	15	0.0399
Muestra N°4	20	30	20	10	15	0.0396
Muestra N°4	20	30	20	10	15	0.0394
Muestra N°4	20	30	20	10	15	0.0393
Muestra N°4	20	30	30	20	25	0.0542
Muestra N°4	20	30	30	20	25	0.0431
Muestra N°4	20	30	30	20	25	0.0429
Muestra N°4	20	30	30	20	25	0.0428

Nota. Se obtienen las mediciones por cada temperatura de ensayo. Elaboración propia.

Grafica 13

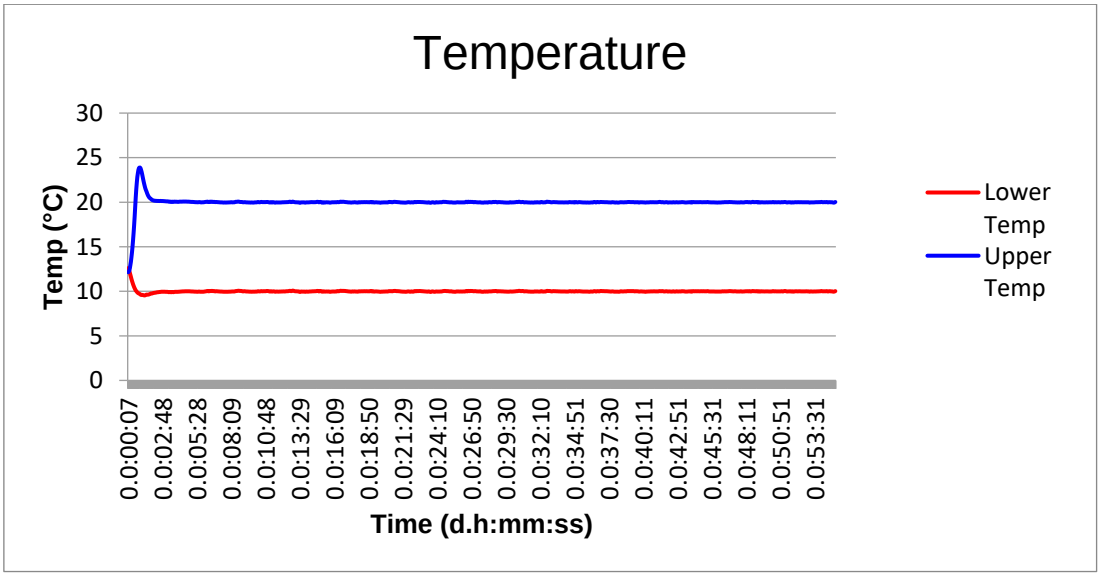
Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura Para la Muestra N°4



Nota. El valor más bajo se obtuvo a los 5°C. Elaboración propia.

Grafica 14

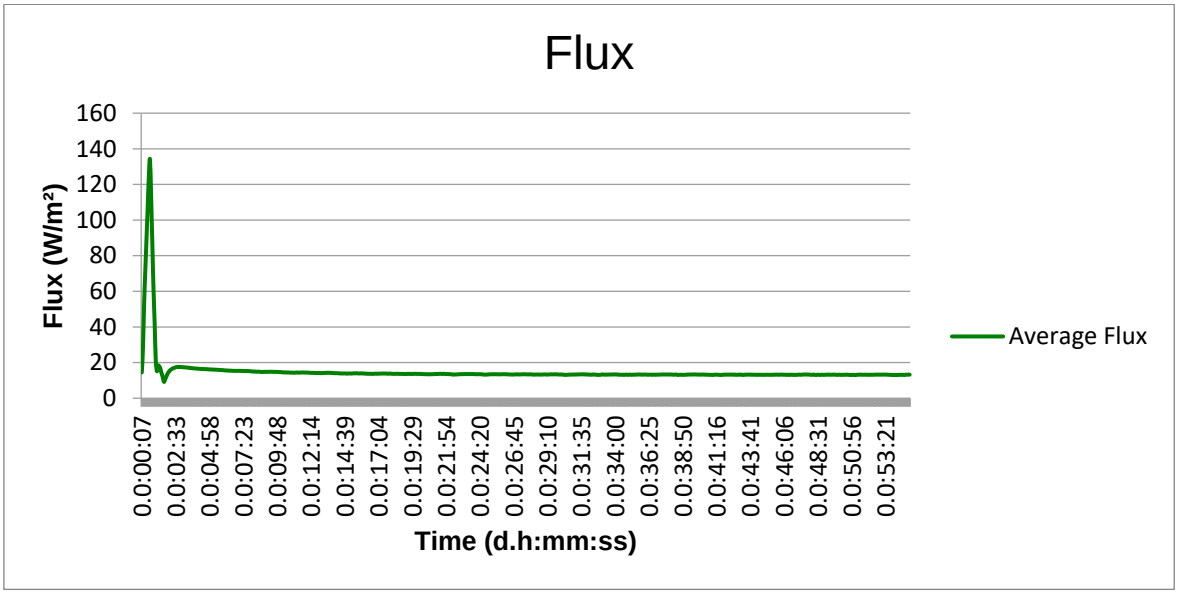
Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°4



Nota. El grafico muestra las temperaturas superior e inferior constantes durante la medición. Elaboración propia.

Grafica 15

Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°4



Nota. El flujo de calor alcanza un valor constante durante el ensayo. Elaboración propia.

Tabla 17

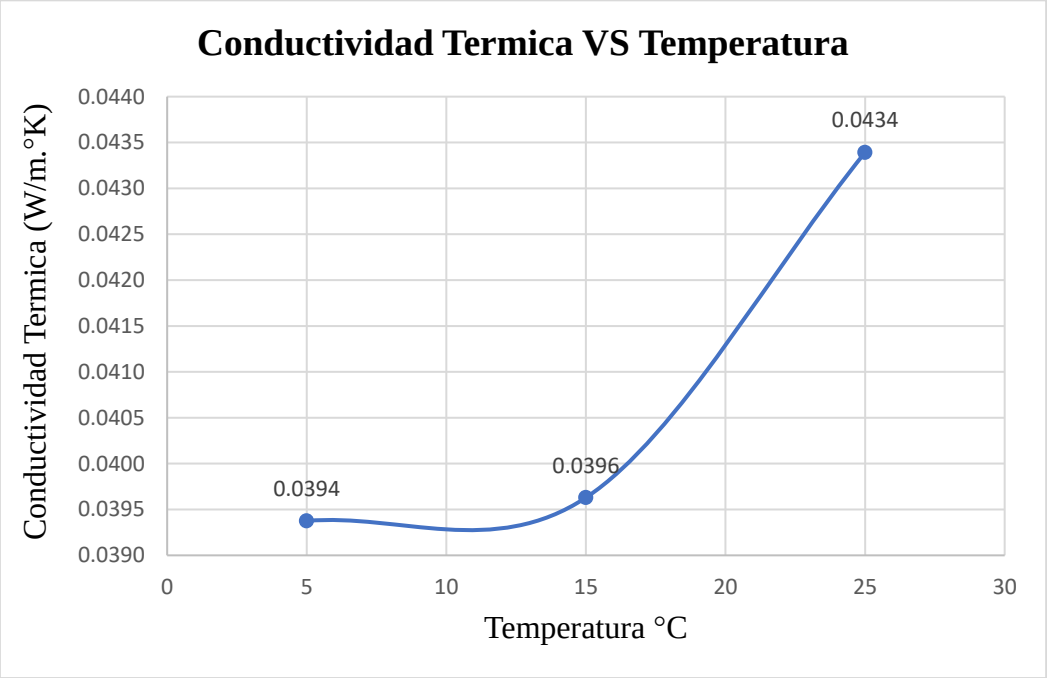
Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°5

MUESTRA	Densidad (Kg/m3)	Espesor (mm)	Temperatura Superior (°C)	Temperatura Inferior (°C)	Temperatura Media (°C)	Conductividad Térmica (W/m.°K)
Muestra N°5	20	40	10	0	5	0.0966
Muestra N°5	20	40	10	0	5	0.0394
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0572
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0472
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0446
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0430
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0419
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0412
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0406
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0403
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0400
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0398
Muestra N°5	20	40	20	10	15	0.0396
Muestra N°5	20	40	30	20	25	0.0645
Muestra N°5	20	40	30	20	25	0.0437
Muestra N°5	20	40	30	20	25	0.0435
Muestra N°5	20	40	30	20	25	0.0434

Nota. Se obtienen las mediciones por cada temperatura de ensayo. Elaboración propia.

Grafica 16

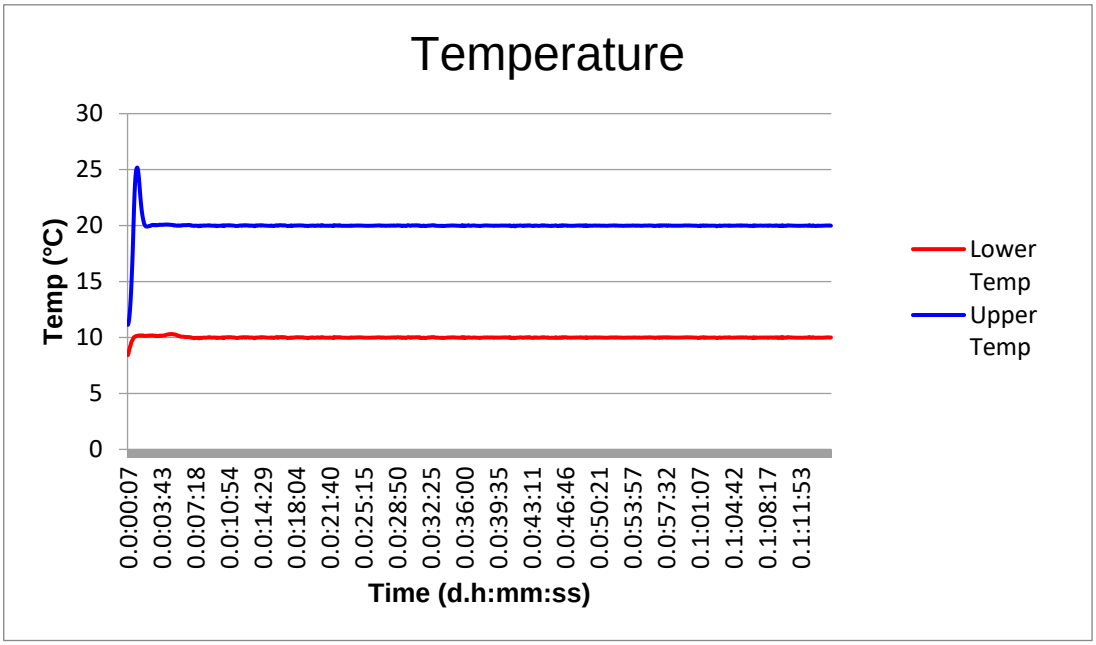
Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura para la Muestra N°5



Nota. El valor más bajo se obtuvo a la temperatura media de 5°C. Elaboración propia.

Grafica 17

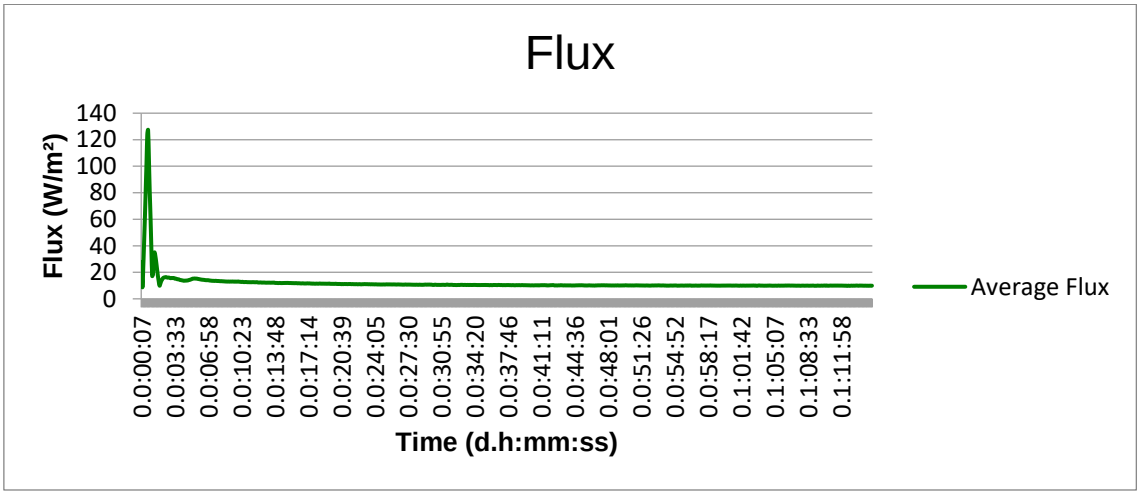
Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°5



Nota. La Gráfica muestra las temperaturas constantes durante la medición. Elaboración propia.

Grafica 18

Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°5



Nota. El flujo de calor alcanza un valor aproximadamente constante. Elaboración propia.

Tabla 18

Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°6

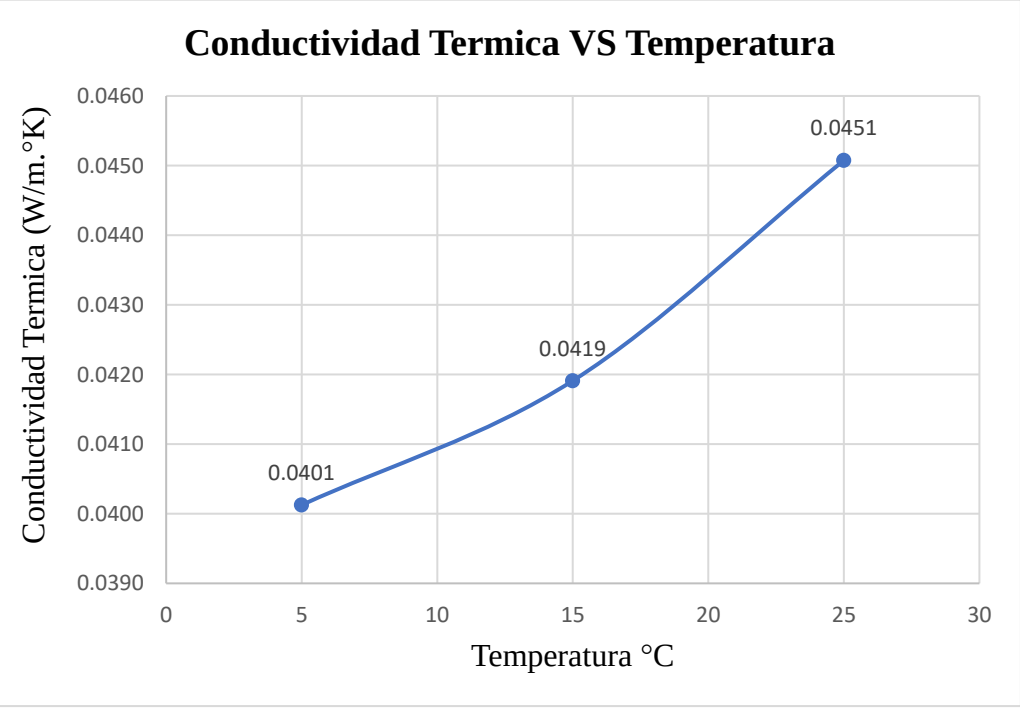
MUESTRA	Densidad (Kg/m3)	Espesor (mm)	Temperatura Superior (°C)	Temperatura Inferior (°C)	Temperatura Media (°C)	Conductividad Térmica (W/m.°K)
Muestra N°6	20	50	10	0	5	0.1157
Muestra N°6	20	50	10	0	5	0.0405
Muestra N°6	20	50	10	0	5	0.0403
Muestra N°6	20	50	10	0	5	0.0401
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0570
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0478
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0459
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0447
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0439
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0433
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0429
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0426

Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0423
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0422
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0420
Muestra N°6	20	50	20	10	15	0.0419
Muestra N°6	20	50	30	20	25	0.0739
Muestra N°6	20	50	30	20	25	0.0461
Muestra N°6	20	50	30	20	25	0.0459
Muestra N°6	20	50	30	20	25	0.0456
Muestra N°6	20	50	30	20	25	0.0454
Muestra N°6	20	50	30	20	25	0.0452
Muestra N°6	20	50	30	20	25	0.0451

Nota. Se realizaron las mediciones en cada temperatura media de ensayo. Elaboración propia.

Grafica 19

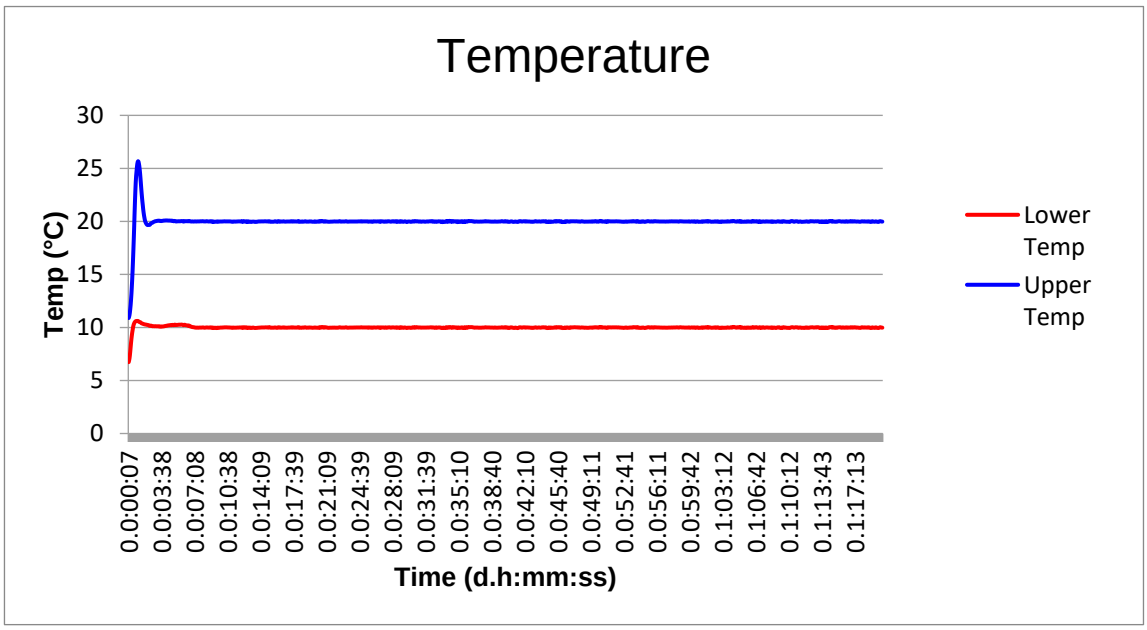
Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura para la Muestra N°6



Nota. El valor más bajo se obtuvo a los 5°C. Elaboración propia.

Grafica 20

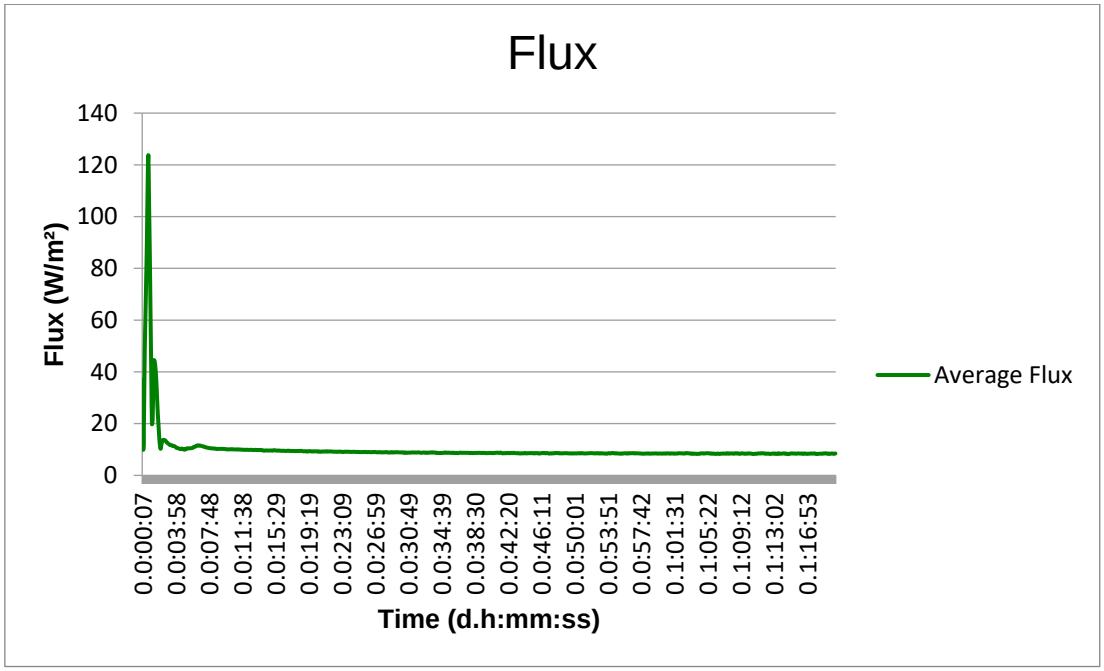
Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°6



Nota. Se muestra el diagrama de las temperaturas superior e inferior. Elaboración propia.

Grafica 21

Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°6



Nota. El flujo de calor alcanza un valor constante durante la medición. Elaboración propia.

Tabla 19

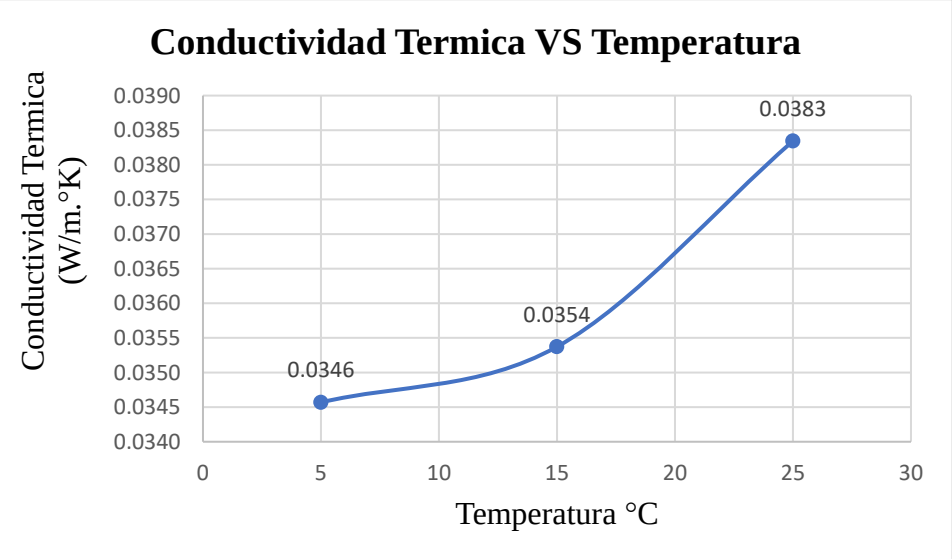
Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°7

MUESTRA	Densidad (Kg/m3)	Espesor (mm)	Temperatura Superior (°C)	Temperatura Inferior (°C)	Temperatura Media (°C)	Conductividad Termica (W/m.°K)
Muestra N°7	30	30	10	0	5	0.0800
Muestra N°7	30	30	10	0	5	0.0351
Muestra N°7	30	30	10	0	5	0.0349
Muestra N°7	30	30	10	0	5	0.0347
Muestra N°7	30	30	10	0	5	0.0346
Muestra N°7	30	30	20	10	15	0.0463
Muestra N°7	30	30	20	10	15	0.0398
Muestra N°7	30	30	20	10	15	0.0380
Muestra N°7	30	30	20	10	15	0.0370
Muestra N°7	30	30	20	10	15	0.0364
Muestra N°7	30	30	20	10	15	0.0359
Muestra N°7	30	30	20	10	15	0.0357
Muestra N°7	30	30	20	10	15	0.0355
Muestra N°7	30	30	20	10	15	0.0354
Muestra N°7	30	30	30	20	25	0.0509
Muestra N°7	30	30	30	20	25	0.0383

Nota. Se realizaron las mediciones en cada temperatura media de ensayo. Elaboración propia.

Grafica 22

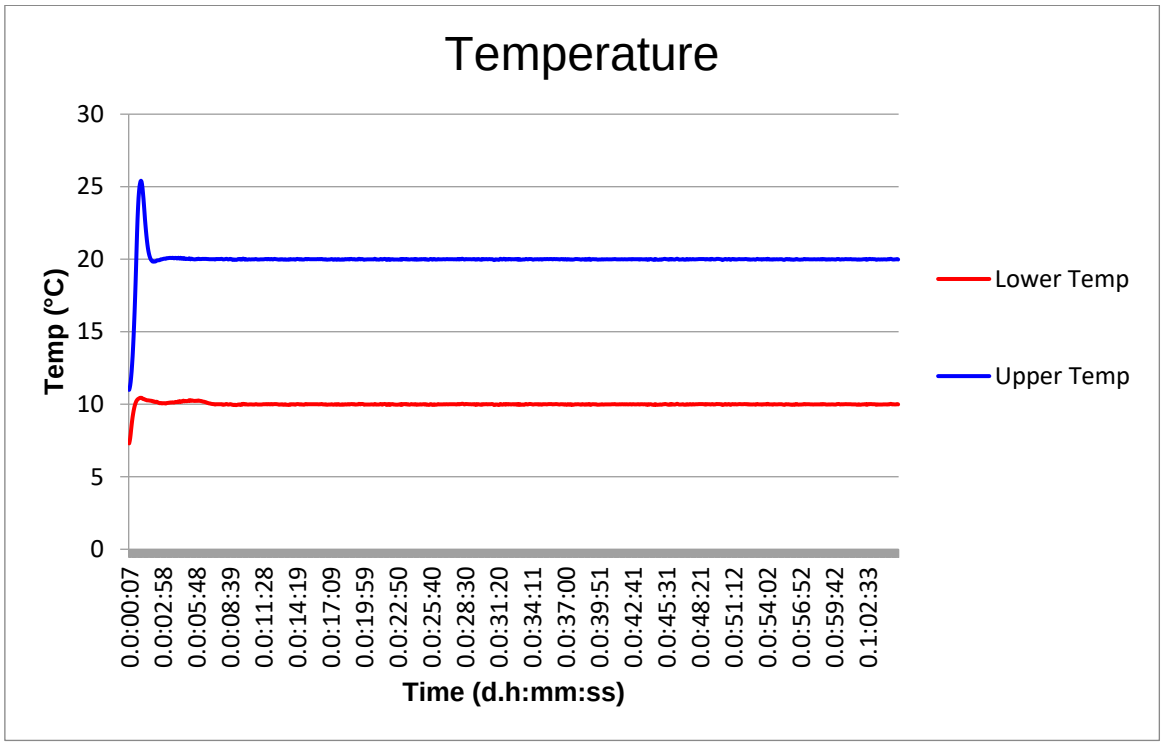
Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura para la Muestra N°7



Nota. El valor más bajo se obtuvo a los 5°C. Elaboración propia.

Grafica 23

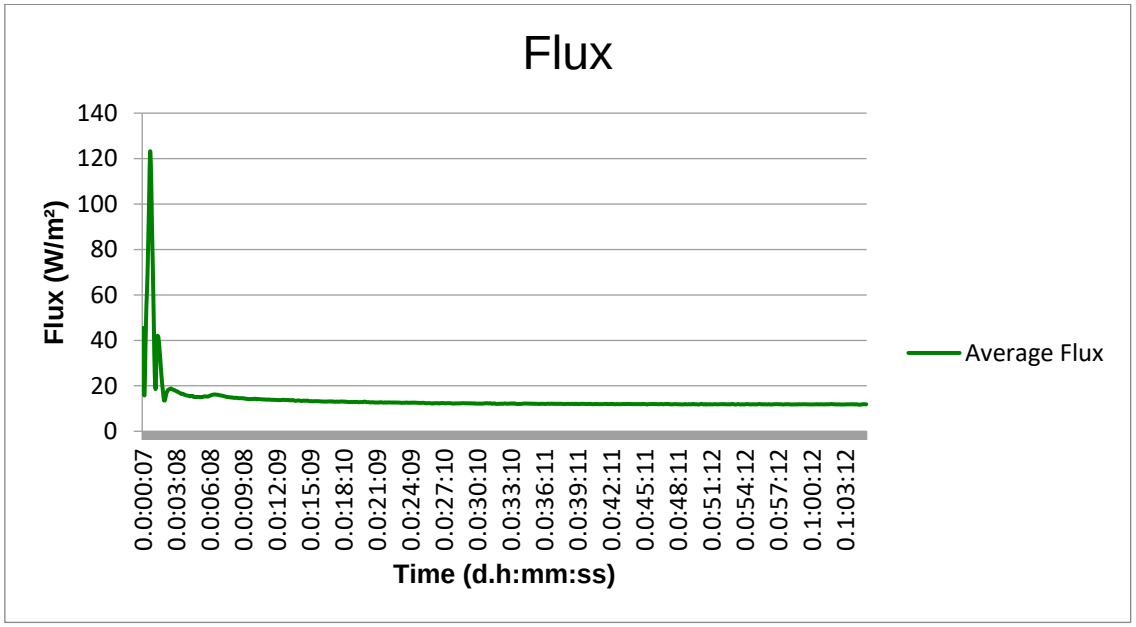
Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°7



Nota. Se muestra el diagrama de las temperaturas superior e inferior. Elaboración propia.

Grafica 24

Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°7



Nota. El flujo de calor alcanza un valor constante durante la medición. Elaboración propia.

Tabla 20

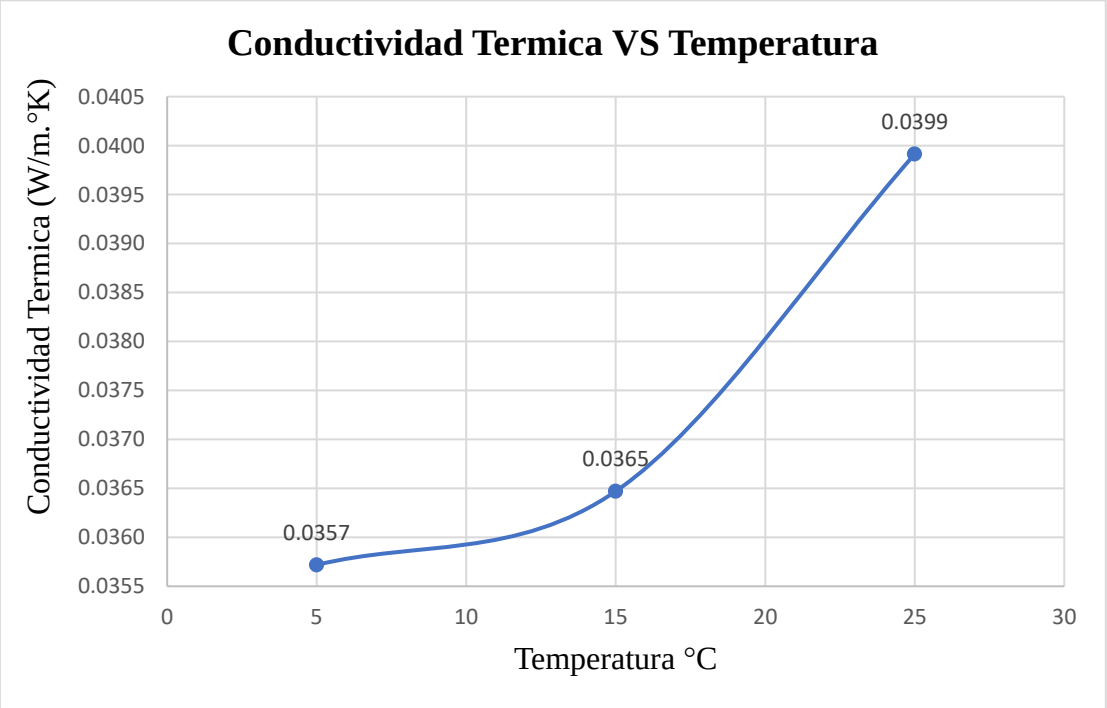
Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°8

MUESTRA	Densidad (Kg/m3)	Espesor (mm)	Temperatura Superior (°C)	Temperatura Inferior (°C)	Temperatura Media (°C)	Conductividad Térmica (W/m.°K)
Muestra N°8	30	40	10	0	5	0.1030
Muestra N°8	30	40	10	0	5	0.0361
Muestra N°8	30	40	10	0	5	0.0360
Muestra N°8	30	40	10	0	5	0.0358
Muestra N°8	30	40	10	0	5	0.0357
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0479
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0398
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0388
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0382
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0377
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0374
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0371
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0369
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0367
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0366
Muestra N°8	30	40	20	10	15	0.0365
Muestra N°8	30	40	30	20	25	0.0664
Muestra N°8	30	40	30	20	25	0.0406
Muestra N°8	30	40	30	20	25	0.0404
Muestra N°8	30	40	30	20	25	0.0402
Muestra N°8	30	40	30	20	25	0.0401
Muestra N°8	30	40	30	20	25	0.0399

Nota. Se realizaron las mediciones en cada temperatura media de ensayo. Elaboración propia.

Grafica 25

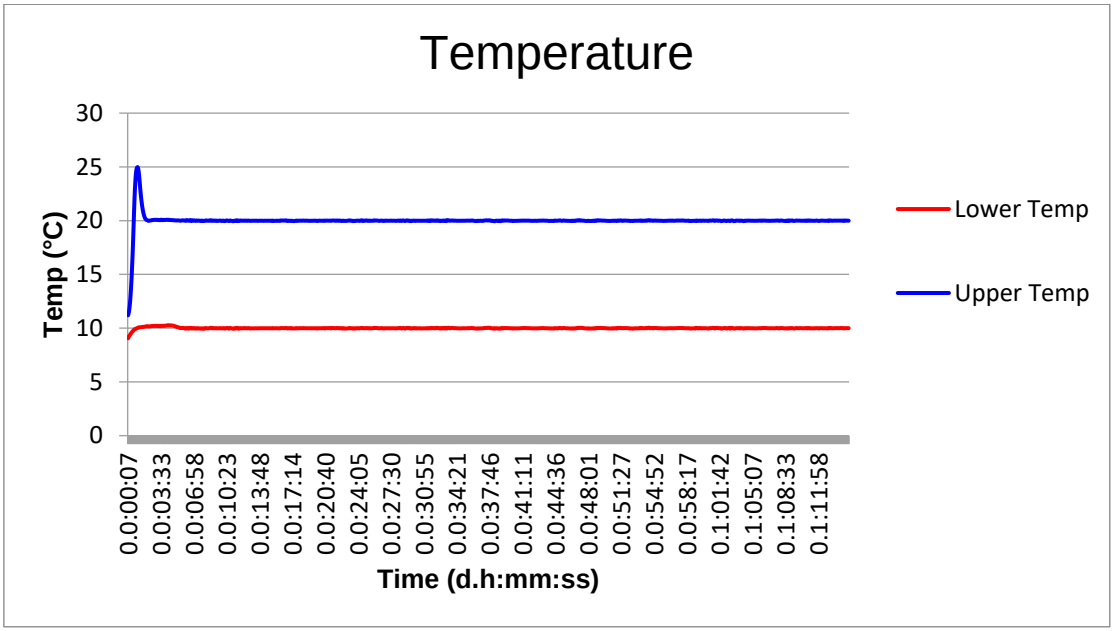
Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura para la Muestra N°8



Nota. El valor más bajo se obtuvo a los 5°C. Elaboración propia.

Grafica 26

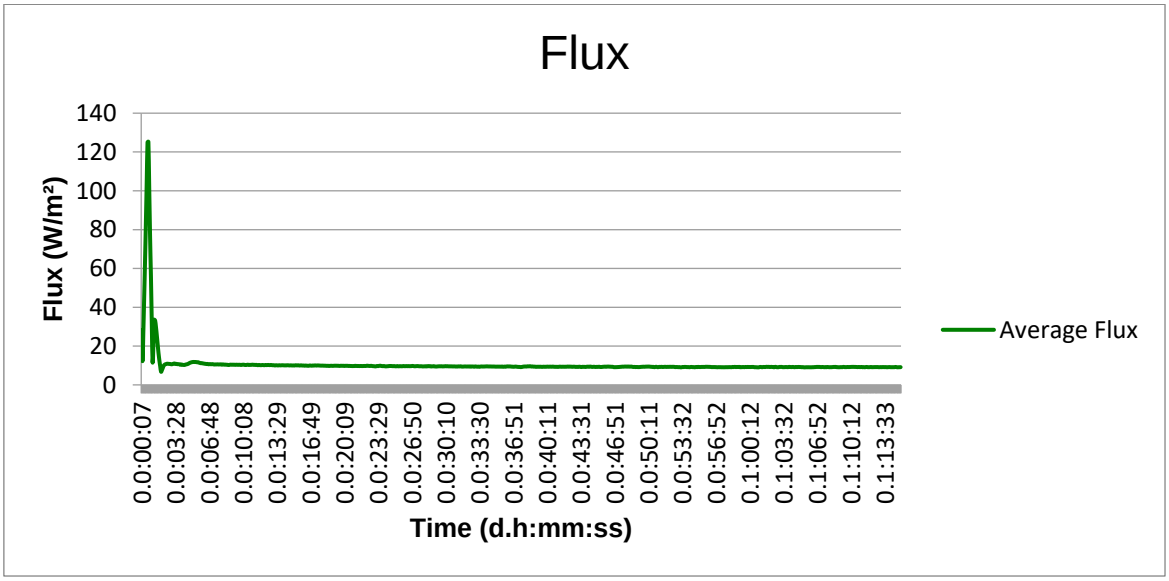
Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°8



Nota. Se muestra el diagrama de las temperaturas superior e inferior. Elaboración propia.

Grafica 27

Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°8



Nota. El flujo de calor alcanza un valor constante durante la medición. Elaboración propia.

Grafica 28

Valores de Conductividad Térmica Para la Muestra N°9

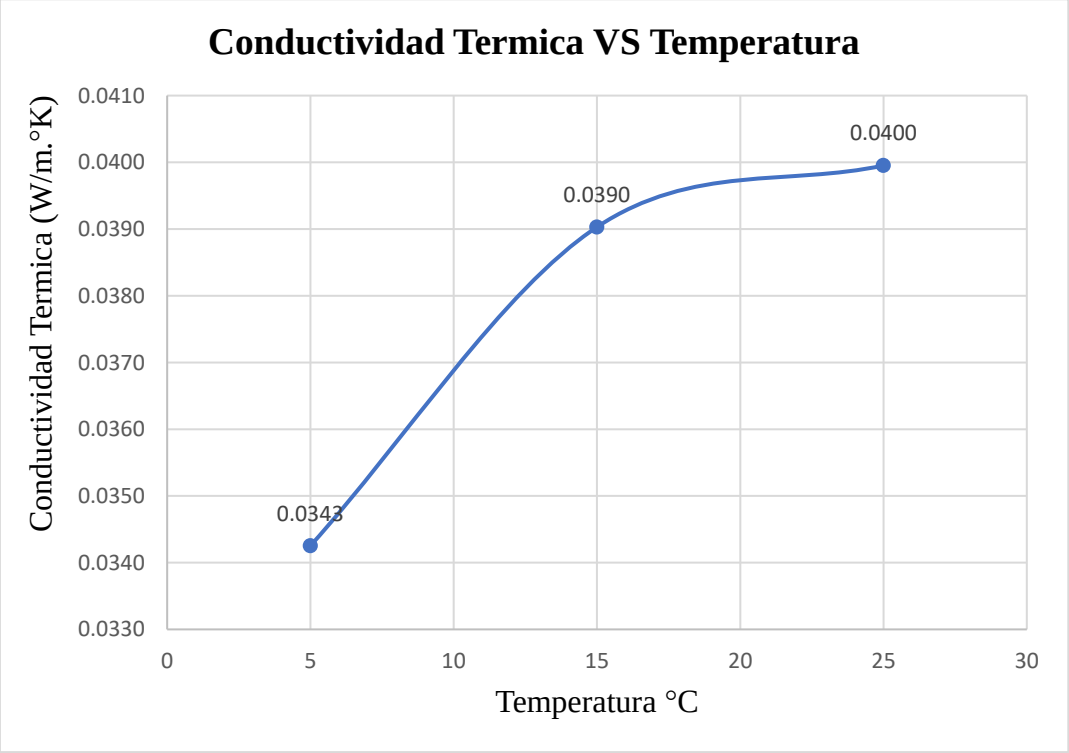
MUESTRA	Densidad (Kg/m3)	Espesor (mm)	Temperatura Superior (°C)	Temperatura Inferior (°C)	Temperatura Media (°C)	Conductividad Térmica (W/m.°K)
Muestra N°9	30	50	10	0	5	0.1367
Muestra N°9	30	50	10	0	5	0.0429
Muestra N°9	30	50	10	0	5	0.0356
Muestra N°9	30	50	10	0	5	0.0350
Muestra N°9	30	50	10	0	5	0.0347
Muestra N°9	30	50	10	0	5	0.0345
Muestra N°9	30	50	10	0	5	0.0343
Muestra N°9	30	50	10	0	5	0.0343
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0604
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0473
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0454
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0439
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0428
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0419
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0413
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0407
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0403
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0399
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0397

Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0394
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0392
Muestra N°9	30	50	20	10	15	0.0390
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0782
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0444
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0447
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0446
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0442
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0437
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0432
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0427
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0422
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0417
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0412
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0408
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0403
Muestra N°9	30	50	30	20	25	0.0400

Nota. Se realizaron las mediciones en cada temperatura media de ensayo. Elaboración propia.

Grafica 29

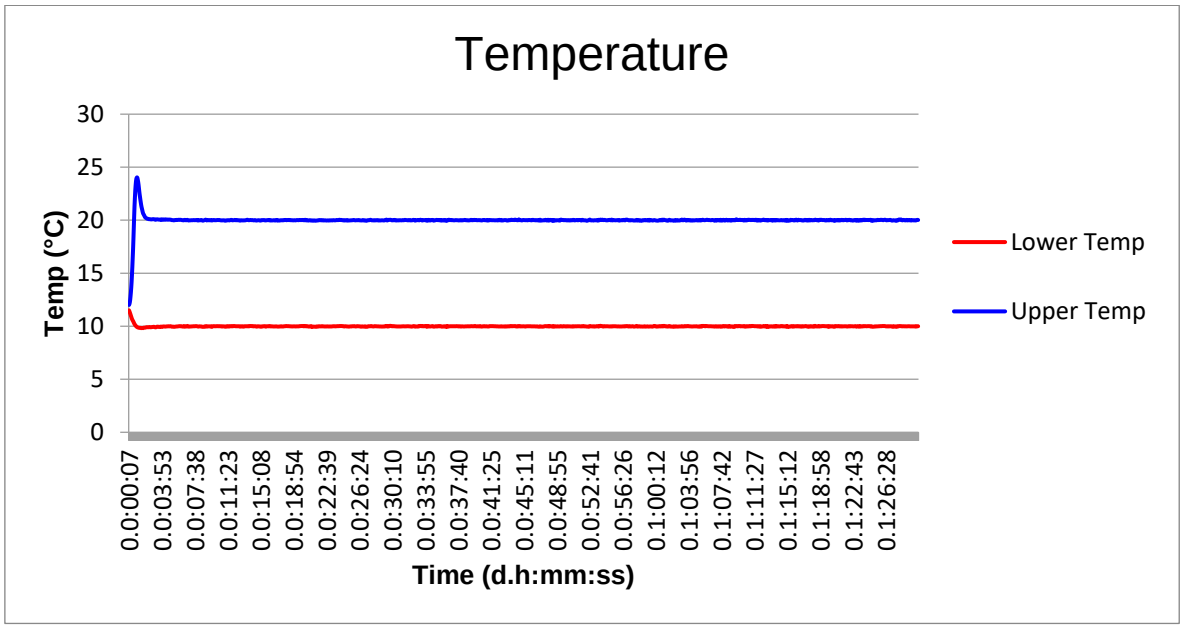
Diagrama Conductividad Térmica vs. Temperatura para la Muestra N°9



Nota. El valor más bajo se obtuvo a los 5°C. Elaboración propia.

Grafica 30

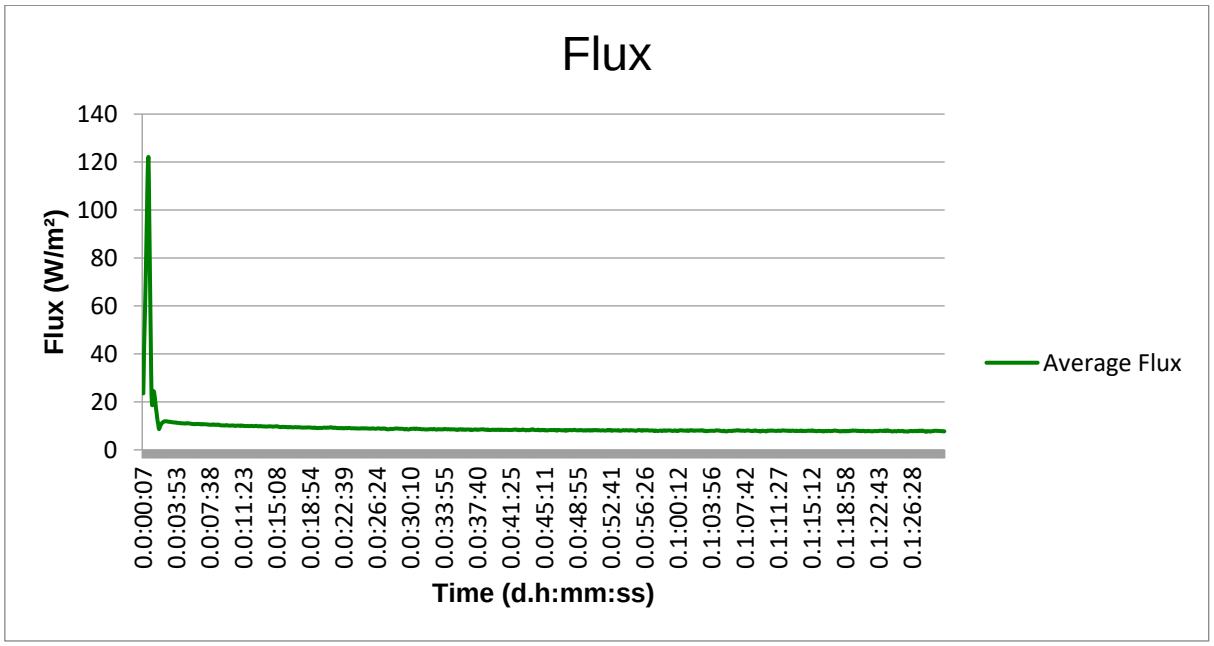
Diagrama de Temperatura en el Tiempo para la Muestra N°9



Nota. Se muestra el diagrama de las temperaturas superior e inferior. Elaboración propia.

Grafica 31

Diagrama de Flujo de Calor Promedio para la Muestra N°9



Nota. El flujo de calor alcanza un valor constante durante la medición. Elaboración propia.

4.3 Determinación de la Mejor Opción de Densidad, Espesor y Variación de Temperatura

En la presente investigación se utilizó el diseño factorial de tres factores 3^3 con 3 niveles cada uno y tiene 3^3 tratamientos. Este diseño se usa para ver la influencia de la los factores (densidad, espesor y la variación de la temperatura) en la conductividad térmica de la fibra de ovino para determinar la combinación óptima de estos factores para maximizar la eficiencia térmica en las viviendas.

- Factor (A): Variación de temperatura: 0-10°C, 10-20°C y 20-30°C
- Factor (B): Espesor del aislamiento: 3, 4 y 5 cm
- Factor (C): Densidad de la fibra de ovino: 10, 20 y 30 Kg/m³

4.3.1 Modelo Estadístico

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1,2,\dots,a;\ \ j = 1,2,\dots,b;\ \ k = 1,2,\dots,c;\quad l = 1,2,\dots,n$$

Donde:

Y_{ijkl}= Conductividad térmica de la fibra de ovino al aplicar i-ésimo variación de temperatura con la j-ésimo espesor de la fibra de ovino y la k-ésimo densidad de la fibra de ovino.

μ = Es la media general de la conductividad térmica.

α_i = Efecto del i-ésimo variación de temperatura.

β_j = Efecto del j-ésimo espesor de la fibra de ovino.

γ_k = Efecto de k-ésimo densidad de la fibra de ovino.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo variación de temperatura y j-ésimo espesor de la fibra de ovino.

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción de i-ésimo variación de temperatura y k-ésimo densidad de la fibra de ovino.

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo espesor de la fibra de ovino y k-ésimo densidad de la fibra de ovino.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Efecto de interacción del i-ésimo variación de temperatura y j-ésimo espesor de la fibra de ovino y k-ésimo densidad de la fibra de ovino.

ε_{ijkl} = Efecto del error al usar i-ésimo variación de temperatura y j-ésimo espesor de la fibra de ovino y k-ésimo densidad de la fibra de ovino y son independientes entre sí.

4.3.2 Formulacion de Hipotesis

Ho: Efecto de la variacion de temperatura (A) = 0

Ha: Efecto de la variacion de temperatura (A) ≠ 0

Ho: Efecto del espesor de la fibra de ovino (B) = 0

Ha: Efecto del espesor de la fibra de ovino (B) ≠ 0

Ho: Efecto de la densidad de la fibra de ovino (C) = 0

Ha: Efecto de la densidad de la fibra de ovino (C) ≠ 0

Ho: Efecto de la variacion de temperatura y el espesor de la fibra de ovino (AB) = 0

Ha: Efecto de la variacion de temperatura y el espesor de la fibra de ovino (AB) ≠ 0

Ho: Efecto de la variacion de temperatura y la densidad de la fibra de ovino (AC) = 0

Ha: Efecto de la variacion de temperatura y la densidad de la fibra de ovino (AC) ≠ 0

Ho: Efecto del espesor de la fibra de ovino y la densidad de la fibra de ovino (BC) = 0

Ha: Efecto del espesor de la fibra de ovino y la densidad de la fibra de ovino (BC) ≠ 0

Ho: Efecto de la variacion de temperatura, espesor de la fibra de ovino y la densidad de la fibra de ovino (ABC) = 0

Ha: Efecto de la variacion de temperatura, espesor de la fibra de ovino y la densidad de la fibra de ovino (ABC) ≠ 0

: Datos de la conductividad térmica medidos en (w/m*k)

Tabla 21

Conductividad Térmica Obtenida en el Laboratorio

		Temperaura (A)								
		ΔT (0°C-10°C)			ΔT (10°C-20°C)			ΔT (20°C-30°C)		
		Espesor (B)			Espesor (B)			Espesor (B)		
		3 cm	4 cm	5 cm	3 cm	4 cm	5 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Densidad (C)	10 Kg/m^3	0.0460	0.0496	0.0472	0.0461	0.0527	0.0495	0.0500	0.0562	0.0511
		0.0459	0.0506	0.0471	0.0466	0.0520	0.0497	0.0511	0.0561	0.0511
		0.0458	0.0510	0.0471	0.0471	0.0515	0.0493	0.0520	0.0560	0.0513
	20 Kg/m3	0.0392	0.0391	0.0400	0.0392	0.0394	0.0420	0.0431	0.0432	0.0450
		0.0388	0.0394	0.0401	0.0393	0.0396	0.0419	0.0428	0.0434	0.0451
		0.0389	0.0393	0.0405	0.0395	0.0397	0.0418	0.0425	0.0435	0.0451
	30 Kg/m3	0.0341	0.0359	0.0345	0.0351	0.0368	0.0390	0.0380	0.0400	0.0402
		0.0346	0.0357	0.0343	0.0354	0.0365	0.0390	0.0383	0.0399	0.0400
		0.0349	0.0355	0.0341	0.0356	0.0363	0.0391	0.0380	0.0398	0.0398

Nota. Lecturas conductividad termica de la fibra de ovino

Nivel de Significancia:

$\alpha = 0.05$

- **Suma de Cuadrados**

$$\mathrm{SCT} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\sum_{l=1}^{n} \mathrm{Y_{ijkl}}^2 - \frac{\mathrm{Y_{....}}^2}{\mathrm{abcn}}$$

$$= (0.0460^2 + 0.0496^2 + \cdots + 0.0472^2) - \frac{3.4614^2}{3*3*3*3}$$

$SCT = 0.002847$

- **Suma de cuadrados de temperatura (A)**

$$\mathrm{SCA} = \frac{1}{\mathrm{bcn}}\sum_{i=1}^{a} \mathrm{Y_{i...}}^2 - \frac{\mathrm{Y_{....}}^2}{\mathrm{abcn}} = \frac{1.0992^2 + 1.1397^2 + 1.2226^2}{3*3*3} - \frac{3.4614^2}{3*3*3*3}$$

$SCA = 0.000293$

- **Suma de cuadrados de espesor (B)**

$$\mathrm{SCB} = \frac{1}{\mathrm{acn}}\sum_{i=1}^{a} \mathrm{Y_{j...}}^2 - \frac{\mathrm{Y_{....}}^2}{\mathrm{abcn}} = \frac{1.1179^2 + 1.1786^2 + 1.1649^2}{3*3*3} - \frac{3.4614^2}{3*3*3*3}$$

$SCB = 0.0000752$

- **Suma de cuadrados de densidad (C)**

$$\text{SCC} = \frac{1}{\text{abn}}\sum_{\text{i=1}}^{\text{a}} \text{Y}_{\text{..k.}}{}^{2} - \frac{\text{Y}_{\text{....}}{}^{2}}{\text{abcn}} = \frac{1.3497^2 + 1.1114^2 + 1.0003^2}{3*3*3} - \frac{3.4614^2}{3*3*3*3}$$

$$SCB = 0.002361$$

- **Suma de cuadrados de (AB)**

$$\text{SCAB} = \frac{1}{\text{cn}}\sum_{\text{i=1}}^{\text{a}}\sum_{\text{j=1}}^{\text{b}} \text{Y}_{\text{ij..}}{}^{2} - \frac{\text{Y}_{\text{....}}{}^{2}}{\text{abcn}} - SCA - SCB$$

$$\text{SCAB} = \frac{0.3582^2 + 0.3760^2 + \cdots + 0.4086^2}{3*3} - \frac{3.4614^2}{3*3*3*3} - 0.000293 - 0.0000752$$

$$\text{SCAB} = 0.000016$$

- **Suma de cuadrados de (AC)**

$$\text{SCAC} = \frac{1}{\text{bn}}\sum_{\text{i=1}}^{\text{a}}\sum_{\text{k=1}}^{\text{c}} \text{Y}_{\text{i.k.}}{}^{2} - \frac{\text{Y}_{\text{....}}{}^{2}}{\text{abcn}} - SCA - SCC$$

$$\text{SCAC} = \frac{0.4303^2 + 0.4445^2 + \cdots + 0.3540^2}{3*3} - \frac{3.4614^2}{3*3*3*3} - 0.000293 - 0.002361$$

$$\text{SCAC} = 0.000006$$

- **Suma de cuadrados de (BC)**

$$\text{SCBC} = \frac{1}{\text{an}}\sum_{\text{j=1}}^{\text{b}}\sum_{\text{k=1}}^{\text{c}} \text{Y}_{\text{.jk.}}{}^{2} - \frac{\text{Y}_{\text{....}}{}^{2}}{\text{abcn}} - SCB - SCC$$

$$\text{SCBC} = \frac{0.4306^2 + 0.4756^2 + \cdots + 0.3399^2}{3*3} - \frac{3.4614^2}{3*3*3*3} - 0.0000752 - 0.002361$$

$$\text{SCBC} = 0.000081$$

- **Suma de cuadrados de (ABC)**

$$\text{SCABC} = \frac{1}{n}\sum_{\text{i=1}}^{\text{a}}\sum_{\text{j=1}}^{\text{b}}\sum_{\text{k=1}}^{\text{c}} \text{Y}_{\text{ijk.}}{}^{2} - \frac{\text{Y}_{\text{....}}{}^{2}}{\text{abcn}} - SCA - SCB - SCC - SCAB - SCAC - SCBC$$

$$\text{SCABC} = \frac{0.1377^2 + 0.1512^2 + \cdots + 0.1200^2}{3} - \frac{3.4614^2}{3*3*3*3} - 0.000293 - 0.0000752$$

$$- 0.002361 - 0.000016 - 0.000006 - 0.000081$$

$$\text{SCABC} = 0.000009$$

- **Suma de cuadrados del error**

$$\text{SCE} = \text{SCT} - SCA - SCB - SCC - SCAB - SCAC - SCBC$$

$$\text{SCE} = 0.002847 - 0.000293 - 0.0000752 - 0.002361 - 0.000016 -$$

$0.000006 - 0.000081$-0.000009

$$SCE = 0.000006$$

4.3.3 Estadísticos de Prueba:

Para el factor de temperatura (A)

$$\text{F}_0 = \frac{\text{CMA}}{\text{CME}} = \frac{0.00014653}{0.00000011} = 1332.26$$

Para el factor de espesor (B)

$$\text{F}_0 = \frac{\text{CMB}}{\text{CME}} = \frac{0.00003759}{0.00000011} = 341.73$$

Para el factor de densidad (C)

$$\text{F}_0 = \frac{\text{CMC}}{\text{CME}} = \frac{0.00118025}{0.00000011} = 10730.68$$

Para el factor (AB)

$$\text{F}_0 = \frac{\text{CMAB}}{\text{CME}} = \frac{0.00000403}{0.00000011} = 36.60$$

Para el factor (AC)

$$\text{F}_0 = \frac{\text{CMAC}}{\text{CME}} = \frac{0.00000144}{0.00000011} = 13.10$$

Para el factor (BC)

$$\text{F}_0 = \frac{\text{CMBC}}{\text{CME}} = \frac{0.00002023}{0.00000011} = 183.96$$

Para el factor (ABC)

$$F_0 = \frac{CMABC}{CME} = \frac{0.00000114}{0.00000011} = 10.32$$

Regla de decisión para el cuadro de análisis de varianza:

$F_o \leq F_c$ no se rechaza Ho

$F_o > F_c$ se rechaza Ho

Tabla 22

ANOVA: Modelo de Diseño Factorial con Tres Factores

Variación de Fuente	Suma de cuadrado	Grado de Libertad	Cuadrado Medio	F_o	$F_{critica}$
Δ Temperatura (A)	0.000293	2	0.000147	1332.26	3.168
Espesor (B)	0.0000752	2	0.000038	341.73	3.168
Densidad (C)	0.002361	2	0.001180	10730.68	3.168
A x B	0.000016	4	0.000004	36.60	2.543
A x C	0.000006	4	0.000001	13.10	2.543
B x C	0.000081	4	0.000020	183.96	2.543
A x B x C	0.000009	8	0.000001	10.32	2.115
Error	0.000006	54	0.000000		
Total	0.002847	80			

Nota. Resultado del análisis de varianza ANOVA

4.4 Determinación de la Relación de la Temperatura Exterior y a Distintas Horas del Dia a la Temperatura Interior

En la siguiente investigación se buscó la influencia de la temperatura exterior a distintas horas del día (2,6,10,14,18 y 22) horas en la temperatura interior.

Tabla 23

Temperatura Exterior y Temperatura Interior a distintas Horas del Dia

Observaciones	Temperatura Exterior (x_1, °C)	Hora (x_2, h)	Temperatura Interior (y, °C)
1	8.96	2	13.31
2	7.65	6	15.41
3	18.71	10	16.01
4	25.14	14	18.66
5	13.70	18	18.00
6	9.75	22	17.17

Nota. Temperaturas promedias de la exterior e interior de la vivienda registradas a distintas horas del día durante una semana.

Numero de observaciones: n = 6

Numero de variables independientes: 2

Numero de parámetros: k=2+1=3

4.4.1 El Modelo de Regresion Lineal Múltiple:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + e$$

$$\begin{bmatrix} 13.31 \\ 15.41 \\ 16.01 \\ 18.66 \\ 18.00 \\ 17.17 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 8.96 & 2 \\ 1 & 7.65 & 6 \\ 1 & 18.71 & 10 \\ 1 & 25.14 & 14 \\ 1 & 13.70 & 18 \\ 1 & 9.75 & 22 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \\ e_6 \end{bmatrix}$$

$$y \quad = \quad X \quad \beta \quad + e$$

Se estima los parámetros mediante el método de los mínimos cuadrados:

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} = (X^t X)^{-1} X^t Y$$

$$X^t = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 8.96 & 7.65 & 18.71 & 25.14 & 13.70 & 9.75 \\ 2 & 6 & 10 & 14 & 18 & 22 \end{bmatrix}$$

$$X^t y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 8.96 & 7.65 & 18.71 & 25.14 & 13.70 & 9.75 \\ 2 & 6 & 10 & 14 & 18 & 22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 13.31 \\ 15.41 \\ 16.01 \\ 18.66 \\ 18.00 \\ 17.17 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 98.57 \\ 1420.02 \\ 1242.23 \end{bmatrix}$$

$$X^t X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 8.96 & 7.65 & 18.71 & 25.14 & 13.70 & 9.75 \\ 2 & 6 & 10 & 14 & 18 & 22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 8.96 & 2 \\ 1 & 7.65 & 6 \\ 1 & 18.71 & 10 \\ 1 & 25.14 & 14 \\ 1 & 13.70 & 18 \\ 1 & 9.75 & 22 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6 & 83.92 & 72 \\ 83.92 & 1403.95 & 1064.09 \\ 72 & 1064.09 & 1144 \end{bmatrix}$$

$$(X^t X)^{-1} = \begin{bmatrix} 6 & 83.92 & 72 \\ 83.92 & 1403.95 & 1064.09 \\ 72 & 1064.09 & 1144 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} 1.290 & -0.053 & -0.032 \\ -0.053 & 0.005 & -0.001 \\ -0.032 & -0.001 & 0.004 \end{bmatrix}$$

Con todo los cálculos realizados ya se puede calcular los coeficientes:

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} = (X^t X)^{-1} X^t Y = \begin{bmatrix} 12.33 \\ 0.13 \\ 0.18 \end{bmatrix}$$

Resultados de los coeficientes:

$$\widehat{\beta_o} = 12.33 \quad \widehat{\beta_o} = 0.13 \quad \widehat{\beta_o} = 0.18$$

El modelo de regresión lineal múltiple obtenido es:

$$\hat{y} = 12.33 + 0.13x_1 + 0.18x_2$$

$\widehat{\beta_o} = 12.33$ Nos indica temperatura interior con 0°C de temperatura exterior a 0 horas.

$\widehat{\beta_1} = 0.13$ Es el incremento de la temperatura interior por cada grado Celsius de temperatura exterior sin tener en cuenta la hora del día.

$\widehat{\beta_2} = 0.18$ Es el incremento de la temperatura interior por cada hora sin considerar la temperatura exterior.

$$SCT = \sum_{i=1}^{n} (y_1 - \bar{y})^2 = D^t D = [y_1 - \bar{y} \quad y_2 - \bar{y} \quad \dots \quad y_n - \bar{y}] \begin{bmatrix} y_1 - \bar{y} \\ y_2 - \bar{y} \\ \dots \\ y_n - \bar{y} \end{bmatrix}$$

$$SCT = [13.31 - 16.43 \quad 15.41 - 16.43 \quad 16.01 - 16.43 \quad 18.66 - 16.43 \quad 18.00 - 16.43 \quad 17.17 - 16.43] \begin{bmatrix} 13.31 - 16.43 \\ 15.41 - 16.43 \\ 16.01 - 16.43 \\ 18.66 - 16.43 \\ 18.00 - 16.43 \\ 17.17 - 16.43 \end{bmatrix}$$

$$SCT = [-3.12 \quad -1.01 \quad -0.41 \quad 2.23 \quad 1.57 \quad 0.74] \begin{bmatrix} -3.12 \\ -1.01 \\ -0.41 \\ 2.23 \\ 1.57 \\ 0.74 \end{bmatrix}$$

$$SCT = 18.920$$

Los valores estimados por el modelo de regresión múltiple son:

$$\begin{bmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \\ \hat{y}_3 \\ \hat{y}_4 \\ \hat{y}_5 \\ \hat{y}_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 8.96 & 2 \\ 1 & 7.65 & 6 \\ 1 & 18.71 & 10 \\ 1 & 25.14 & 14 \\ 1 & 13.70 & 18 \\ 1 & 9.75 & 22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 12.33 \\ 0.13 \\ 0.18 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 13.91 \\ 14.47 \\ 16.69 \\ 18.29 \\ 17.50 \\ 17.71 \end{bmatrix}$$

De manera que la suma de cuadrados de la regresión es:

$$SCR = \sum_{i=1}^{n} (\widehat{y_1} - \bar{y})^2 = w^t w = [\widehat{y_1} - \bar{y} \quad \widehat{y_2} - \bar{y} \quad \dots \quad \widehat{y_n} - \bar{y}] \begin{bmatrix} \widehat{y_1} - \bar{y} \\ \widehat{y_2} - \bar{y} \\ \dots \\ \widehat{y_n} - \bar{y} \end{bmatrix}$$

$$SCR = [13.91 - 16.43 \quad 14.47 - 16.43 \quad 16.69 - 16.43 \quad 18.29 - 16.43 \quad 17.50 - 16.43 \quad 17.71 - 16.43] \begin{bmatrix} 13.91 - 16.43 \\ 14.47 - 16.43 \\ 16.69 - 16.43 \\ 18.29 - 16.43 \\ 17.50 - 16.43 \\ 17.71 - 16.43 \end{bmatrix}$$

$$SCR = [-2.52 \quad -1.96 \quad -0.26 \quad 1.87 \quad 1.07 \quad 1.28] \begin{bmatrix} -2.52 \\ -1.96 \\ -0.26 \\ 1.87 \\ 1.07 \\ 1.28 \end{bmatrix}$$

$$SCR = 16.538$$

La diferencia entre los valores observados y los valores estimados nos permite obtener los residuos:

$$e = \begin{bmatrix} 13.31 \\ 15.41 \\ 16.01 \\ 18.66 \\ 18.00 \\ 17.17 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 13.91 \\ 14.47 \\ 16.69 \\ 18.29 \\ 17.50 \\ 17.71 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.60 \\ 0.95 \\ -0.68 \\ 0.36 \\ 0.50 \\ -0.54 \end{bmatrix}$$

Así, la suma de los cuadrados de los residuos es:

$$SCE = \sum_{i=1}^{n} {e_i}^2 = e^t e = [-0.60 \quad 0.95 \quad -0.68 \quad 0.36 \quad 0.50 \quad -0.54] \begin{bmatrix} -0.60 \\ 0.95 \\ -0.68 \\ 0.36 \\ 0.50 \\ -0.54 \end{bmatrix}$$

SCE = $3.63x10^{-14}$

El coeficiente de determinación es:

$$R^2 = \frac{SCR}{SCT} = \frac{16.538}{18.920} = 0.874 = 87.4\%$$

El valor de R^2 señala que el modelo de regresión múltiple obtenido logra explicar el 87.41% de la variabilidad de la temperatura interior, lo que indica que es un modelo sólido al estar próximo al 100%.

Al aplicar esta ecuación a todas las observaciones de la muestra, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones.

5 CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Análisis de los Resultados de la Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino

La conductividad térmica fue evaluada con el medidor de flujo de calor. Se crearon muestras de 30 cm de ancho, 30 cm de largo y con un espesor de 3, 4 y 5 cm, son las

dimensiones que recomienda el equipo. Se realizaron pruebas con nueve muestras variando el espesor y la densidad de la fibra de ovino a temperaturas promedio. (0°C - 10°C), (10°C -20°C) y (20°C - 30°C), con una variación térmica entre la placa cálida y la placa fría de diez grados Celsius aplicables en todas las situaciones. Los resultados indican que la conductividad térmica de 3 cm y 4 cm de densidad de 30 Kg/m3 de 0. 0341 W/m.°K y 0. 0355 W/m.°K respectivamente estos valores se aproximan muy cercano siendo las más bajas por lo tanto para esta investigación se tomó una elección de espesor de 3 cm y de densidad 30 Kg/m3 justificándose con los presupuestos. Así mismo, la conductividad térmica más alta fue de la muestra de espesor 4 cm y de densidad 10 Kg/m3 cuyo valor es de 0. 0562 W/m.°K esto indica que el espesor y la densidad más adecuado para realizar el revestimiento de una habitación con la fibra de ovino es de espesor de 3 cm y de densidad de 30Kg/m3.

Tabla 24

El *Resumen de los Resultados de la Conductividad Térmica de la Fibra de Ovino*

		Temperaura (A)								
		ΔT (0°C-10°C)			**ΔT (10°C-20°C)**			**ΔT (20°C-30°C)**		
		Espesor (B)			**Espesor (B)**			**Espesor (B)**		
		3 cm	**4 cm**	**5 cm**	**3 cm**	**4 cm**	**5 cm**	**3 cm**	**4 cm**	**5 cm**
Densidad (C)	**10 Kg/m^3**	0.0460	0.0496	0.0472	0.0461	0.0527	0.0495	0.0500	0.0562	0.0511
		0.0459	0.0506	0.0471	0.0466	0.0520	0.0497	0.0511	0.0561	0.0511
		0.0458	0.0510	0.0471	0.0471	0.0515	0.0493	0.0520	0.0560	0.0513
	20 Kg/m3	0.0392	0.0391	0.0400	0.0392	0.0394	0.0420	0.0431	0.0432	0.0450
		0.0388	0.0394	0.0401	0.0393	0.0396	0.0419	0.0428	0.0434	0.0451
		0.0389	0.0393	0.0405	0.0395	0.0397	0.0418	0.0425	0.0435	0.0451
	30 Kg/m3	0.0341	0.0359	0.0345	0.0351	0.0368	0.0390	0.0380	0.0400	0.0402
		0.0346	0.0357	0.0343	0.0354	0.0365	0.0390	0.0383	0.0399	0.0400
		0.0349	0.0355	0.0341	0.0356	0.0363	0.0391	0.0380	0.0398	0.0398

Nota. En la tabla se muestra los valores de la conductividad térmica para distintos valores de espesor y densidad. Elaboración propia.

5.2 Análisis de los Resultados Obtenidos

Para determinar la mejor opción de espesor, densidad y variación de temperatura se usa le método de diseño factorial 3^3 con tres replicas para esto se busca la combinación con la menor conductividad térmica.

Con el análisis de varianza se determinó que para el factor A (variación de temperatura) el estadístico de prueba salio1332.26 y el valor esperado 3.168 siendo mayor el estadístico de prueba y así se llega a afirmar que la variación de temperatura influye en la conductividad térmica.

Con el análisis de varianza se determinó que para el factor B (espesor de la fibra de ovino) el estadístico de prueba salió 341.73 y el valor esperado 3.168 siendo mayor el estadístico de prueba y así se llega a afirmar que la variación de temperatura influye en la conductividad térmica.

Con el análisis de varianza se determinó que para el factor C (espesor de la fibra de ovino) el estadístico de prueba salió 10730.68 y el valor esperado 3.168 siendo mayor el estadístico de prueba y así se llega a afirmar que la variación de temperatura influye en la conductividad térmica.

Con el análisis de varianza se determinó que para la interacción del factor A y B el estadístico de prueba salió 36.60 y el valor esperado 2.543 siendo mayor el estadístico de prueba y así se llega a afirmar que la variación de temperatura influye en la conductividad térmica.

Con el análisis de varianza se determinó que para la interacción del factor A y C el estadístico de prueba salió 13.10 y el valor esperado 2.543 siendo mayor el estadístico de prueba y así se llega a afirmar que la variación de temperatura influye en la conductividad térmica.

Con el análisis de varianza se determinó que para la interacción del factor B y C el estadístico de prueba salió 183.96 y el valor esperado 2.543 siendo mayor el estadístico de prueba y así se llega a afirmar que la variación de temperatura influye en la conductividad térmica.

Con el análisis de varianza se determinó que para la interacción de los tres factores el estadístico de prueba salió 10.32 y el valor esperado 2.115 siendo mayor el estadístico de prueba y así se llega a afirmar que la variación de temperatura influye en la conductividad térmica.

En todos los casos el estadístico de prueba es mayor al valor esperado con esto podemos afirmar que los tres factores y sus interacciones influyen en la conductividad térmica.

Tabla 25

Mejor opción con el software de Minitab

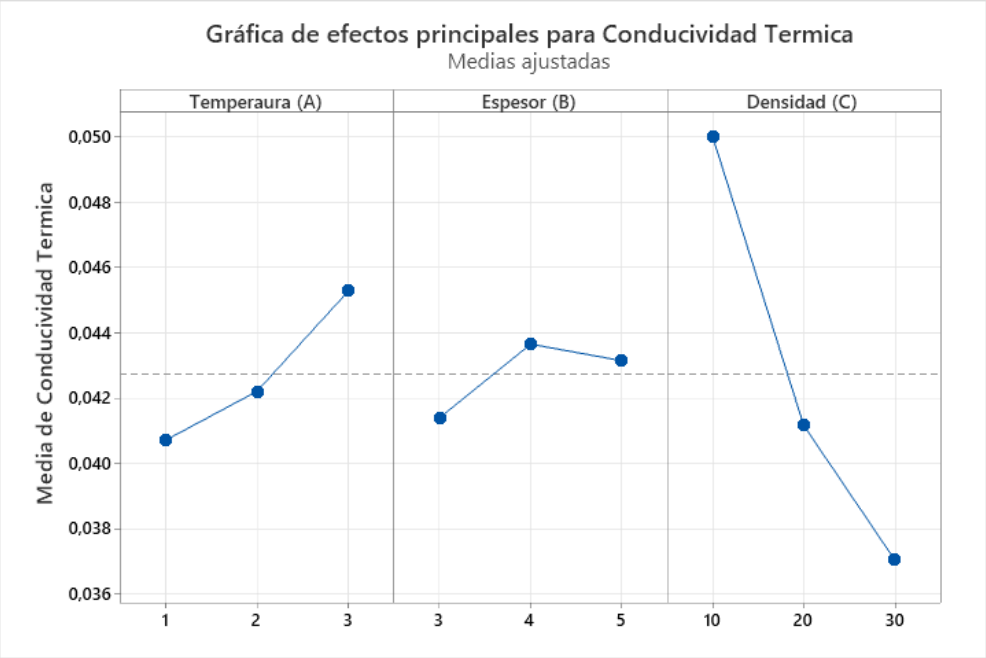
Solución

Solución	Temperaura (A)	Espesor (B)	Densidad (C)	Conducividad Termica Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	3	3	30	0,0381147	0,818337

Nota. Mejor solución obtenida con el software Minitat. Fuente: Elaboración Propia

Grafica 32

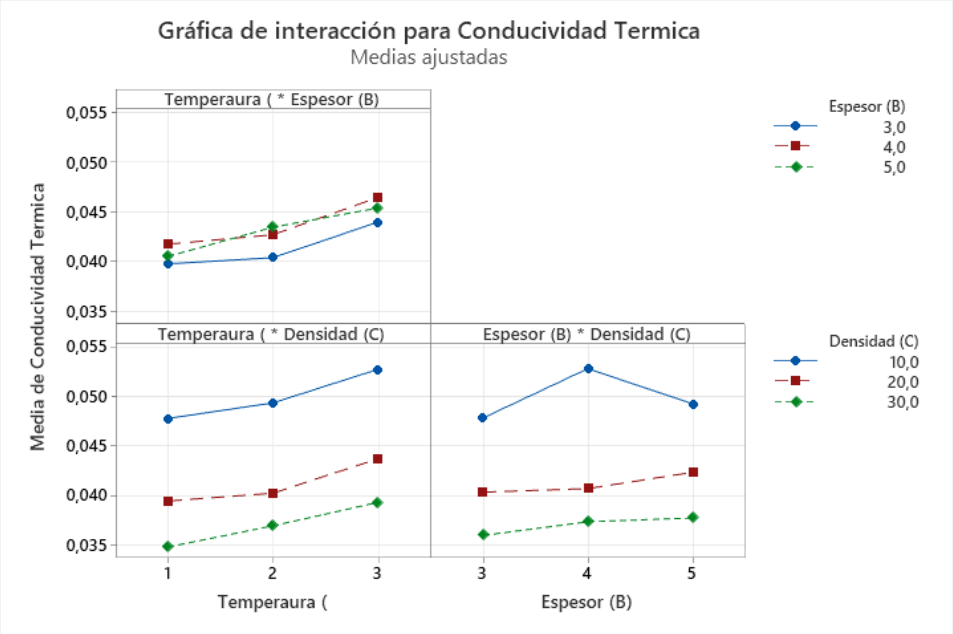
*Efectos prin*cipales para conductividad térmica



Nota. Efectos Principales obtenida con el software Minitat. Fuente: Elaboración Propia

Grafica 33

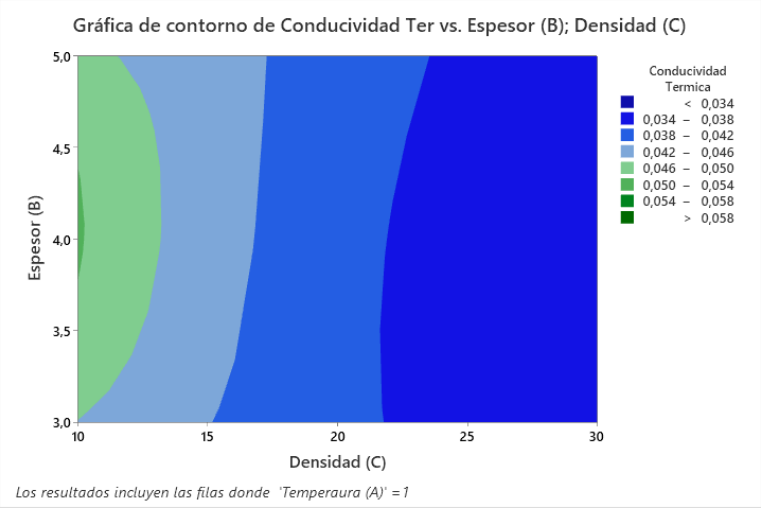
Efectos de las interacciones para conductividad térmica



Nota. Efectos de la interacción obtenida con el software Minitat. Fuente: Elaboración Propia

Grafica 34

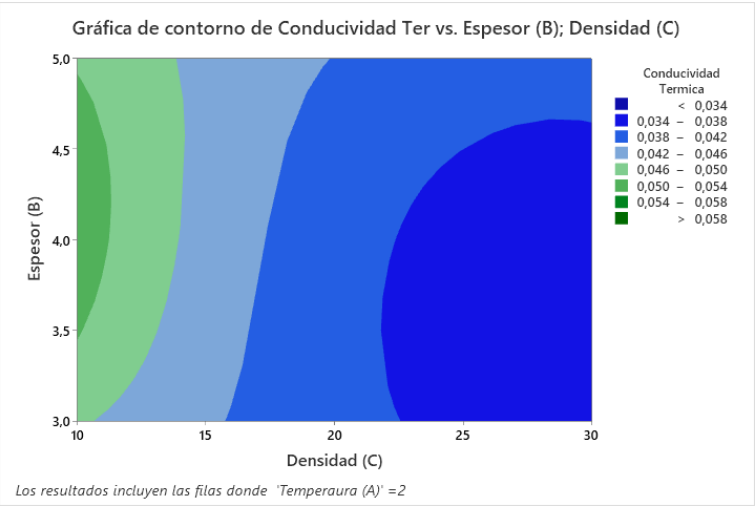
Grafica de contornos de la conductividad térmica vs espesor; densidad en el rango de temperatura de 0°C – 10°C



Nota. Se observa la conductividad térmica obtenida en un rango de temperatura 0°C a 10°C

Grafica 35

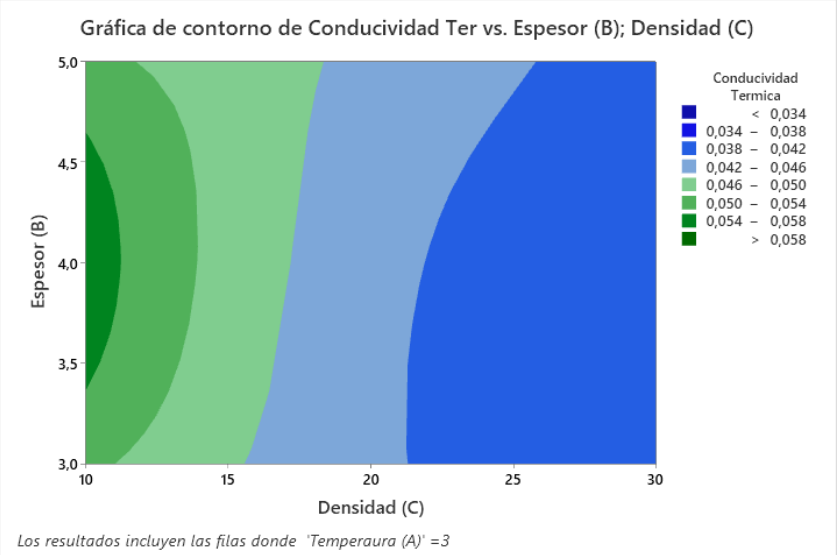
Grafica de contornos de la conductividad térmica vs espesor; densidad en el rango de temperatura de 10°C – 20°C



Nota. Se observa la conductividad térmica obtenida en un rango de temperatura 10°C a 20°C

Grafica 36

*Grafica de contornos de la conductividad térmica v*s espesor; densidad en el rango de temperatura de 20°C – 30°C



Nota. Se observa la conductividad térmica obtenida en un rango de temperatura 20°C a 30°C

La mejor opción para la investigación ya que en la ciudad de Sicuani la temperatura oscila de 0°C – 23°C seria variación de la temperatura 10°C – 20°C considerado en el laboratorio y un espesor de fibra de ovino de 3cm y una densidad de 30kg/m3.

5.3 Análisis e Interpretación de los Resultados de la Habitación Sin Implementar la Fibra de Ovino

Para el análisis e interpretación de los resultados de la variación de las temperaturas dentro y fuera de la habitación sin aislamiento, se utilizó la tabla de registro de datos de temperatura. Cada tabla presenta 6 mediciones en distintos horarios a lo largo de un día, con el propósito de registrar las variaciones causadas por los cambios de temperatura. La

medición se llevó a cabo durante 7 días consecutivos, desde el 29 de septiembre hasta el 05 de octubre de 2024.

Figura 38

termómetro ambiental

Nota: Se observa el termómetro ambiental y la medición en la habitación

Primer día

Los resultados obtenidos de la medición de temperatura sin emplear la técnica correspondiente al primer día 29 de setiembre del 2024, el valor más bajo dentro de la habitación fue 8. 5º C registrado a las 6 a.m. y el más alto 18. 5º C a las 2 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 5. 8º C y la más alta 20. 2º C a las 2 a.m. y 2 p.m. respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 14. 3º C y la externa es 12. 2º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 2. 1º C.

Tabla 26

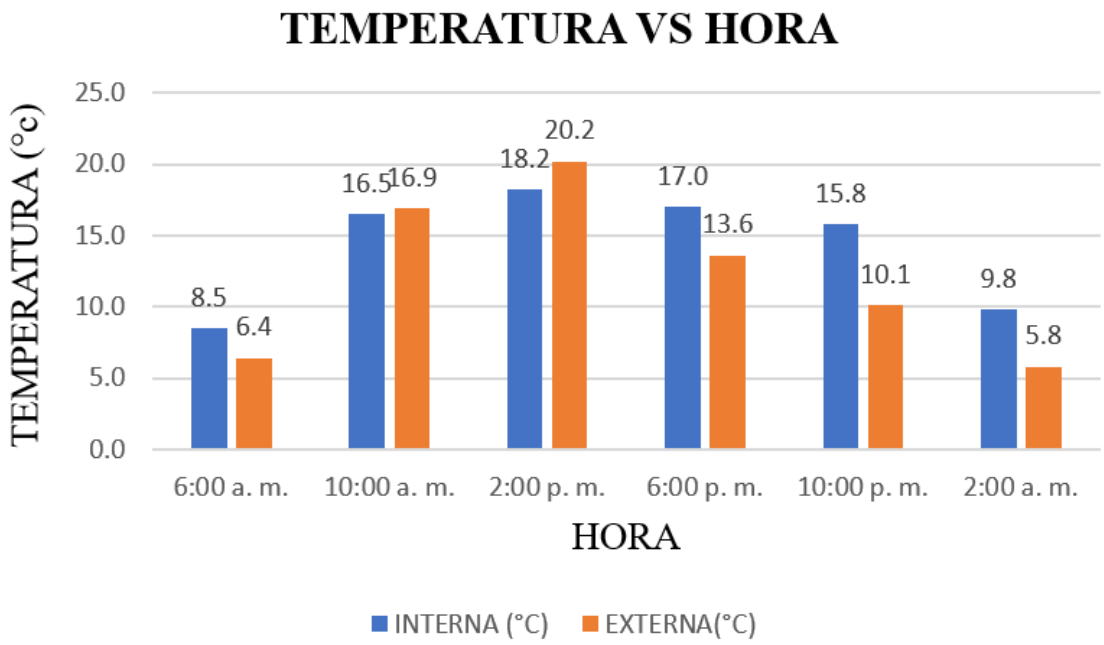
Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Primer Día

DIA: 1				
29/09/2024				
MEDICIÓN	HORA	TEMPERATURA		VARIACIÓN (°C)
		INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
1	6:00 a. m.	8.5	6.4	2.1
2	10:00 a. m.	16.5	16.9	-0.4
3	2:00 p. m.	18.2	20.2	-2.0
4	6:00 p. m.	17.0	13.6	3.4
5	10:00 p. m.	15.8	10.1	5.7
6	2:00 a. m.	9.8	5.8	4.0
	PROMEDIO	14.3	12.2	2.1

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 37

Barras de Temperaturas del Día 1 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas



Nota. Se observa las temperaturas del primer día. Elaboración propia.

Segundo día

Para el segundo día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 8. 1º C en el horario de las 6:00 a.m. y la más alta de 18. 5º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 5.5°C y la más alta 21.2°C en el horario de 2:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 14. 3º C y la externa es 12. 3º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 2. 0º C (Ver Tabla 16).

Tabla 27

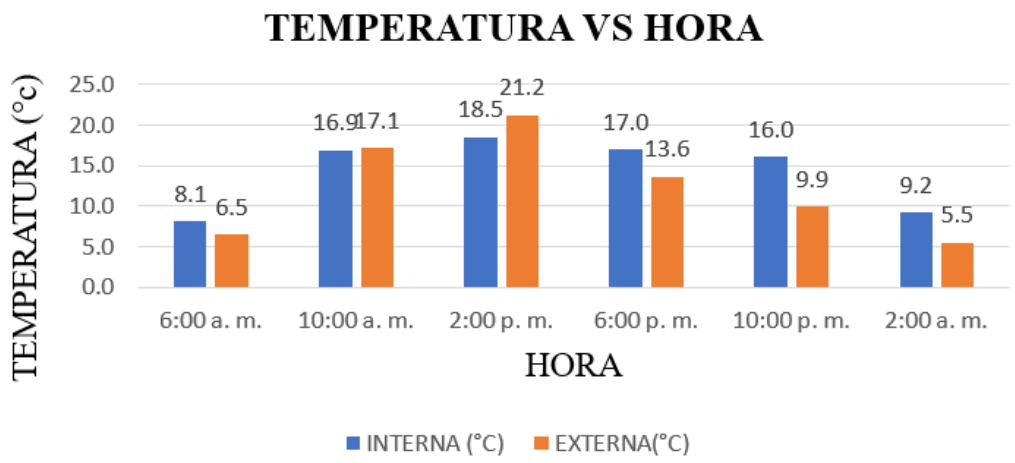
Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Segundo Día

DIA: 2				
30/09/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	8.1	6.5	1.6
2	10:00 a. m.	16.9	17.1	-0.2
3	2:00 p. m.	18.5	21.2	-2.7
4	6:00 p. m.	17.0	13.6	3.4
5	10:00 p. m.	16.0	9.9	6.1
6	2:00 a. m.	9.2	5.5	3.7
	PROMEDIO	14.3	12.3	2.0

Nota. se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 38

Barras de Temperaturas del Día 2 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas



Nota. **S**e observa las temperaturas del segundo día. Elaboración propia.

Tercer día

Para el tercer día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 8. 0º C en el horario de las 6:00 a.m. y la más alta de 19. 1º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 5.8°C y la más alta 22.2°C en el horario de 2:00 a.m y 2:00 p.m respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 14. 1º C y la externa es 12. 5º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 1. 6º C.

Tabla 28

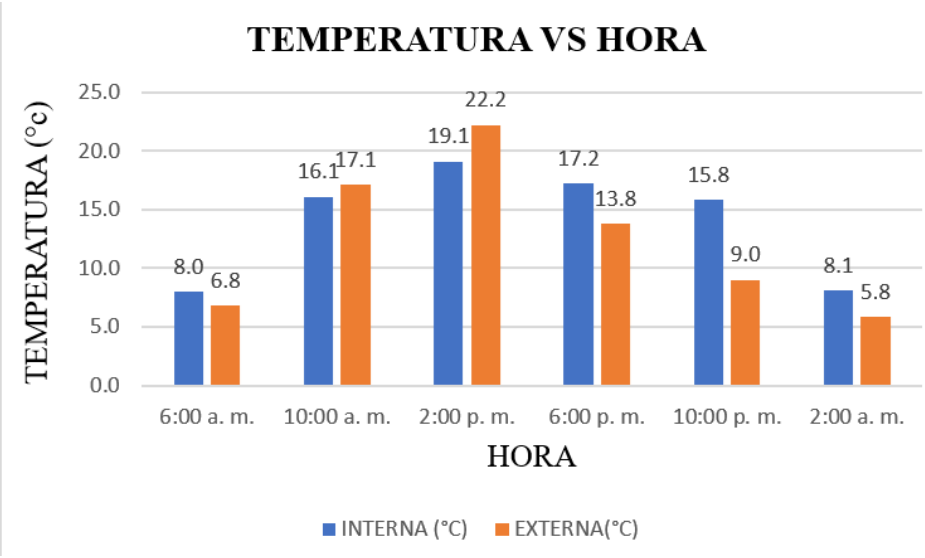
Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro **y Fuera de la Habitación Tercer Día**

DIA: 3				
01/10/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	8.0	6.8	1.2
2	10:00 a. m.	16.1	17.1	-1
3	2:00 p. m.	19.1	22.2	-3.1
4	6:00 p. m.	17.2	13.8	3.4
5	10:00 p. m.	15.8	9.0	6.8
6	2:00 a. m.	8.1	5.8	2.3
	PROMEDIO	14.1	12.5	1.6

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 39

Barras de Temperaturas del Día 3 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas



Nota. Se observa las temperaturas del tercer día. Elaboración propia.

Cuarto día

Para el cuarto día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 8. 3º C en el horario de las 2:00 a.m. y la más alta de 19. 9º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera

de la habitación la temperatura más baja fue 5.6°C y la más alta 23.5°C en el horario de 2:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 14. 6º C y la externa es 12. 8º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 1. 8º C.

Tabla 29

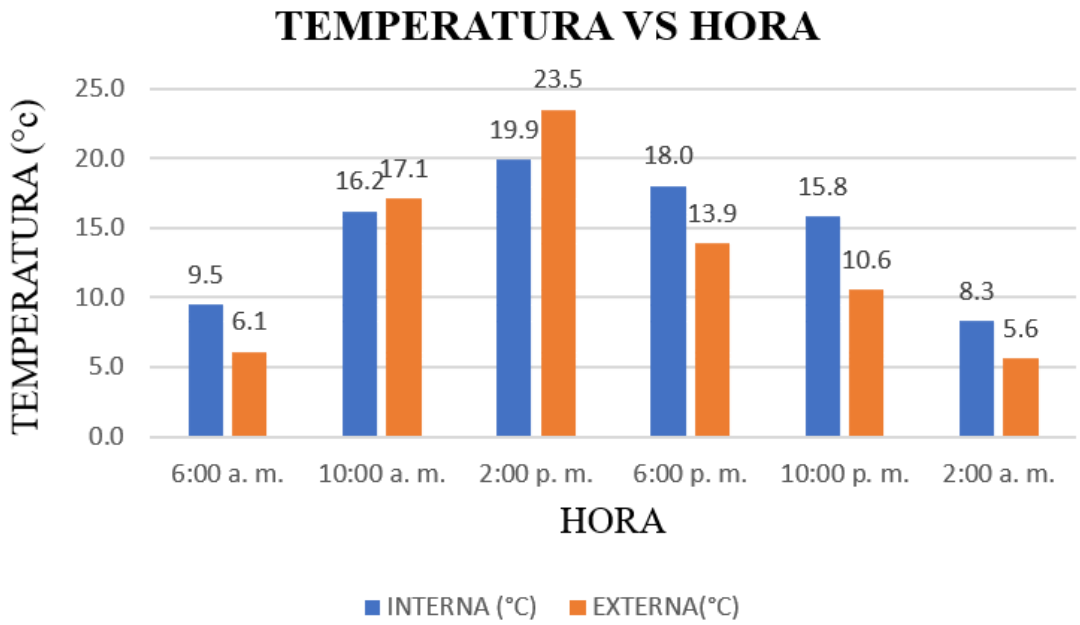
Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Cuarto Día

DIA: 4				
02/10/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	9.5	6.1	3.4
2	10:00 a. m.	16.2	17.1	-0.9
3	2:00 p. m.	19.9	23.5	-3.6
4	6:00 p. m.	18.0	13.9	4.1
5	10:00 p. m.	15.8	10.6	5.2
6	2:00 a. m.	8.3	5.6	2.7
	PROMEDIO	14.6	12.8	1.8

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 40

Barras de Temperaturas del Día 4 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas



Nota. **S**e observa las temperaturas del cuarto día. Elaboración propia.

Quinto día

Para el quinto día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 9. 5º C en el horario de las 2:00 a.m. y la más alta de 20. 0º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 4.8°C y la más alta 24.1°C en el horario de 2:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 15. 1º C y la externa es 12. 9º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 2. 2º C.

Tabla 30

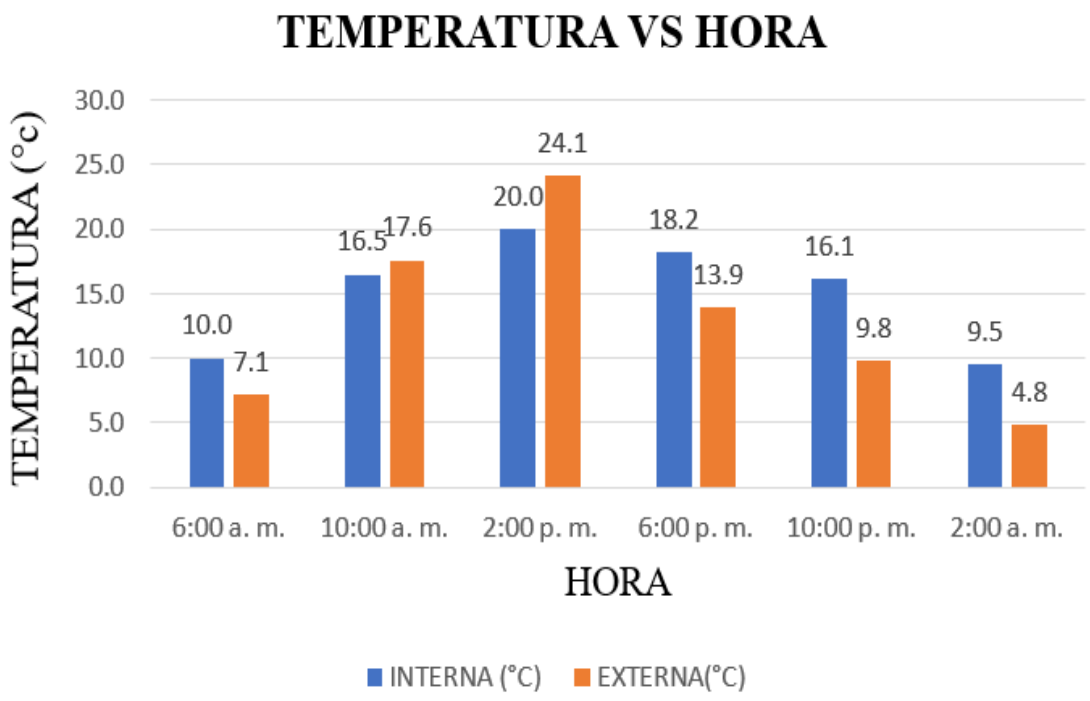
Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Quinto Día

DIA: 5				
03/10/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	10.0	7.1	2.86
2	10:00 a. m.	16.5	17.6	-1.1
3	2:00 p. m.	20.0	24.1	-4.1
4	6:00 p. m.	18.2	13.9	4.3
5	10:00 p. m.	16.1	9.8	6.3
6	2:00 a. m.	9.5	4.8	4.7
	PROMEDIO	15.1	12.9	2.2

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 41

Barras de Temperaturas del Día 5 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas



Nota. Se observa las temperaturas del quinto día. Elaboración propia.

Sexto día

Para el sexto día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 8. 9º C en el horario de las 2:00 a.m. y la más alta de 22. 1º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 3.6°C y la más alta 25.1°C en el horario de 2:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 14. 9º C y la externa es 13. 0º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 1. 9º C.

Tabla 31

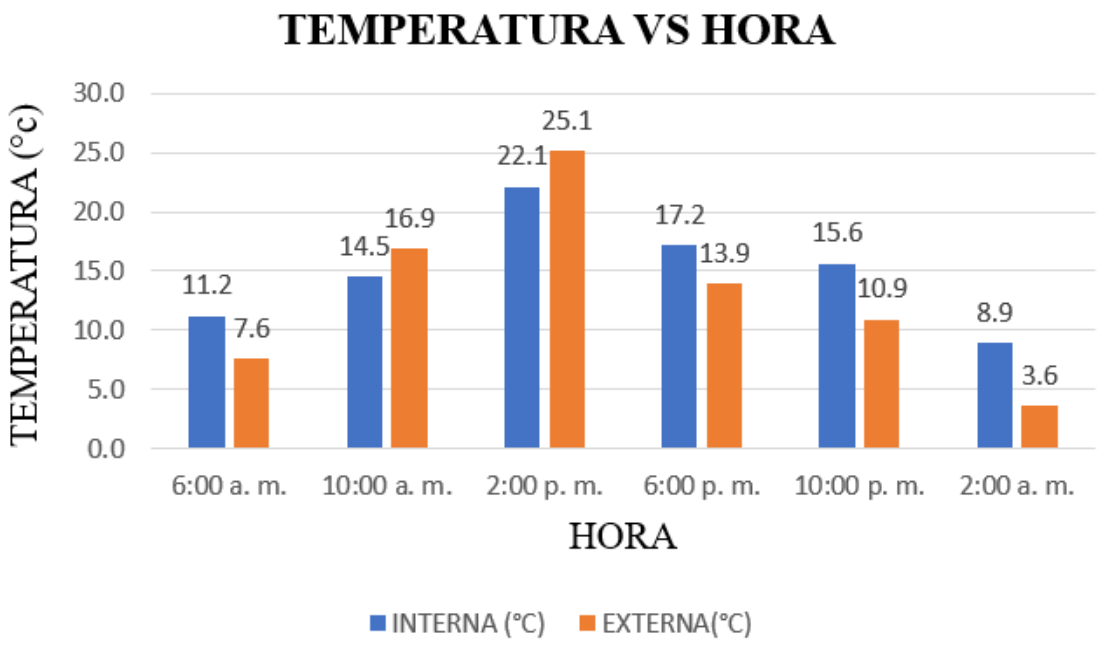
Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Sexto Día

DIA: 6				
04/10/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	11.2	7.6	3.6
2	10:00 a. m.	14.5	16.9	-2.4
3	2:00 p. m.	22.1	25.1	-3
4	6:00 p. m.	17.2	13.9	3.3
5	10:00 p. m.	15.6	10.9	4.7
6	2:00 a. m.	8.9	3.6	5.3
	PROMEDIO	14.9	13.0	1.9

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 42

Barras de Temperaturas del Día 6 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas



Nota. Se observa las temperaturas del sexto día. Elaboración propia.

Séptimo día

Para el séptimo día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 9. 1º C en el horario de las 2:00 a.m. y la más alta de 22. 1º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 5.6°C y la más alta 26.1°C en el horario de 2:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 15. 2º C y la externa es 13. 6º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 1. 5º C.

Tabla 32

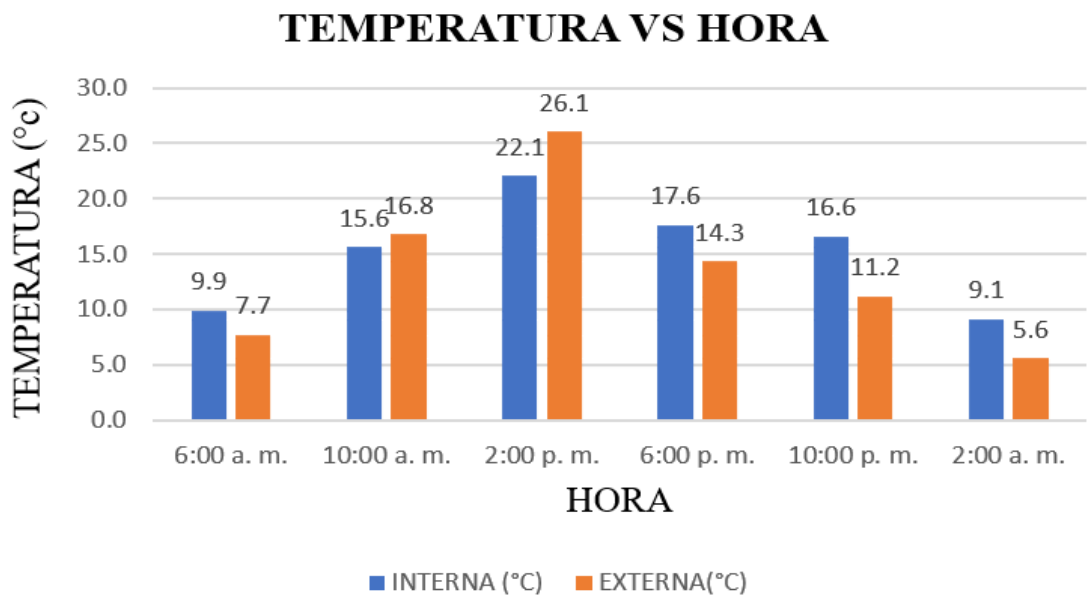
Datos de la Temperatura sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación Séptimo Día

DIA: 7				
05/10/2024				
MEDICIÓN	HORA	TEMPERATURA		VARIACIÓN (°C)
		INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
1	6:00 a. m.	9.9	7.7	2.2
2	10:00 a. m.	15.6	16.8	-1.2
3	2:00 p. m.	22.1	26.1	-4
4	6:00 p. m.	17.6	14.3	3.3
5	10:00 p. m.	16.6	11.2	5.4
6	2:00 a. m.	9.1	5.6	3.5
	PROMEDIO	15.2	13.6	1.5

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 43

Barras de Temperaturas del Día 7 de Experimentación en una Habitación Sin Aislante Térmico en Diferentes Horas



Nota. **S**e observa las temperaturas del séptimo día. Elaboración propia.

De los días 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7:

La temperatura promedio correspondiente a cada día de la medición de los 7 días se observa que el valor medio final dentro de la habitación fue de 14.2°C y 12.3°C en el exterior. con un cambio de promedio de 1.9°C en todas las mediciones.

Los resultados obtenidos en la habitación sin emplear la fibra de ovino no tuvieron una diferencia significativa en la variación de temperatura, eso es debido a que la habitación no posee una buena conductividad térmica y esto afecta que la temperatura interior de habitación sea baja. Así mismo, la vivienda se encuentra en una zona periférica de la ciudad de Sicuani provincia de Canchis y presenta climas fríos, es por ello que los habitantes se ven afectados debido a la problemática de bajas temperaturas.

Tabla 33

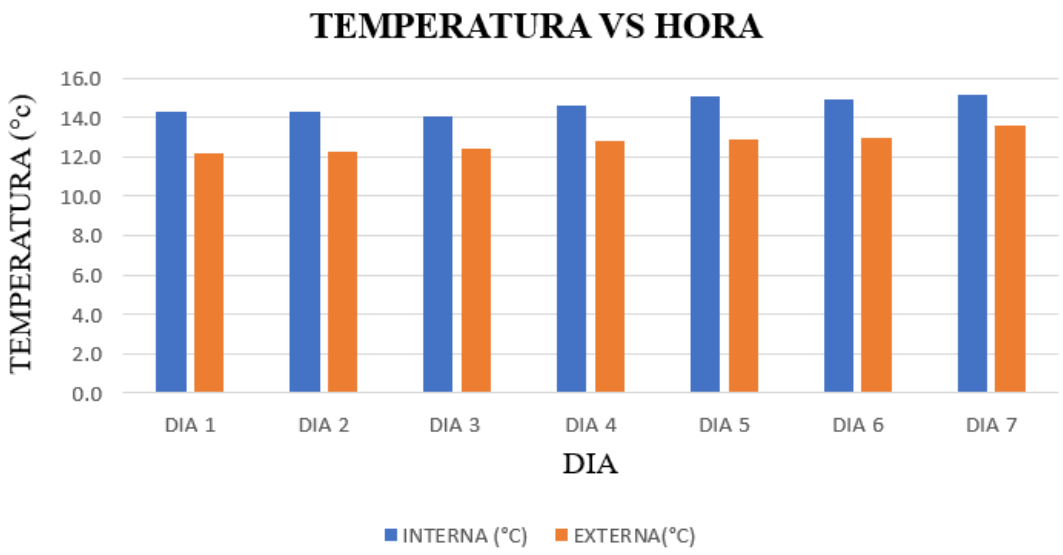
Datos de la Temperatura Promedio sin Aislante Dentro y Fuera de la Habitación en los Siete Días de Medición

	TEMPERATURAS PROMEDIO FINAL		VARIACIÓN PROMEDIO(°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	14.3	12.2	2.1
DIA 2	14.3	12.3	2.0
DIA 3	14.1	12.5	1.6
DIA 4	14.6	12.8	1.8
DIA 5	15.1	12.9	2.2
DIA 6	14.9	13.0	1.9
DIA 7	15.2	13.6	1.5
PROMEDIO	14.2	12.3	1.9

Nota. Se observa la temperatura promedio final. Elaboración propia.

Grafica 44

Gráfico de Barra de Temperaturas Promedio de los 7 días de Experimentación en una Habitación sin Aislante Térmico en Diferentes horas



Nota. Se observa la temperatura promedio final. Elaboración propia.

5.4 Análisis e Interpretación de los Resultados de la Habitación con Experimentación de la Fibra de Ovino

Para el análisis de los resultados dentro y fuera de la habitación aplicando la técnica de relleno de aislante de fibra de ovino, se empleó la tabla de toma de datos de temperatura. Cada tabla muestra 6 mediciones en diferentes horarios a lo largo 24 horas, durante 7 días consecutivos. La toma de datos se inició el 28 de octubre y finalizo el 01 de noviembre del 2024.

Primer día:

La temperatura interna mayor en la habitación implementando la técnica con relleno de fibra de ovino fue de 20. 6º C y la más baja de 14. 7º C correspondiente a la medición número 3 y 6 respectivamente. Por otro lado, la temperatura externa mayor y menor de la habitación con la técnica fueron en las mediciones 3 y 1. Así mismo, la

temperatura promedio dentro de la habitación fue de 17. 8º C y fuera de la habitación de 13. 8º C.

Tabla 34

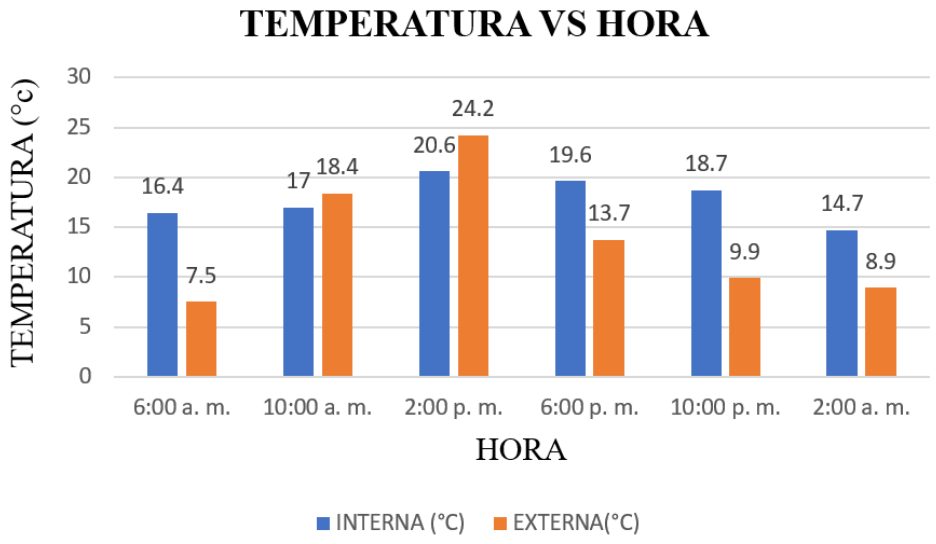
Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Primer Día

DIA: 1				
28/10/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	16.4	7.5	8.9
2	10:00 a. m.	17	18.4	-1.4
3	2:00 p. m.	20.6	24.2	-3.6
4	6:00 p. m.	19.6	13.7	5.9
5	10:00 p. m.	18.7	9.9	8.8
6	2:00 a. m.	14.7	8.9	5.8
	PROMEDIO	17.8	13.8	4.1

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 45

Barras de Temperaturas del Día 1 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas



Nota. **S**e observa las temperaturas del primer día. Elaboración propia.

Segundo día

Para el segundo día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 14. 8º C en el horario de las 2:00 a.m. y la más alta de 20. 1º C en el horario 6:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 7.8°C y la más alta 25.1°C en el horario de 6:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 17. 9º C y la externa es 13. 9º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 4. 0º C.

Tabla 35

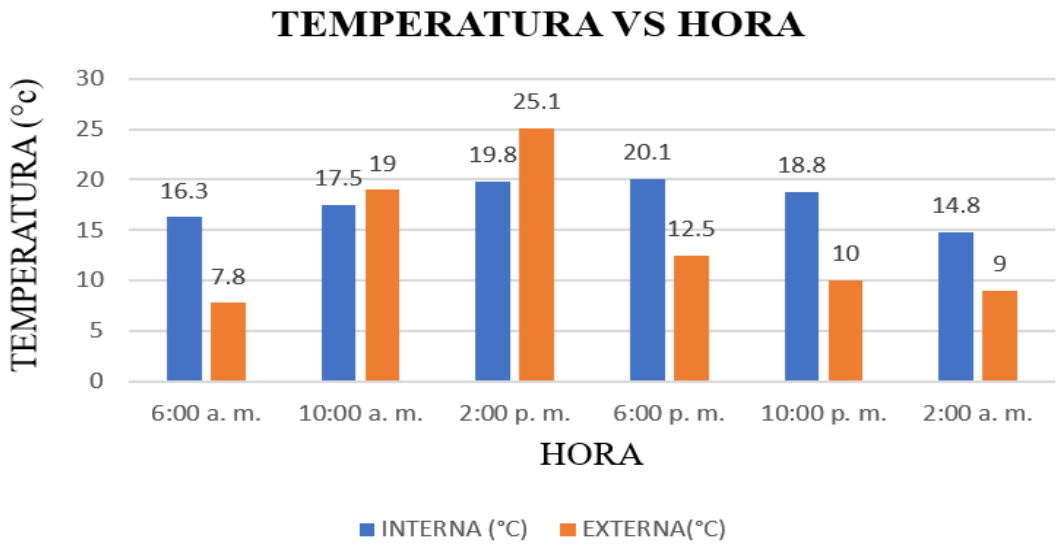
Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Segundo Día

DIA: 2				
29/10/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	16.3	7.8	8.5
2	10:00 a. m.	17.5	19	-1.5
3	2:00 p. m.	19.8	25.1	-5.3
4	6:00 p. m.	20.1	12.5	7.6
5	10:00 p. m.	18.8	10	8.8
6	2:00 a. m.	14.8	9	5.8
	PROMEDIO	17.9	13.9	4.0

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 46

Barras de Temperaturas del Día 2 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas



Nota. **S**e observa las temperaturas del segundo día. Elaboración propia.

Tercer día

Para el tercer día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 15. 1º C en el horario de las 2:00 a.m. y la más alta de 21. 1º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 8. 1°C y la más alta 26. 5°C en el horario de 6:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 18. 1º C y la externa es 14. 1º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 4. 0º C.

Tabla 36

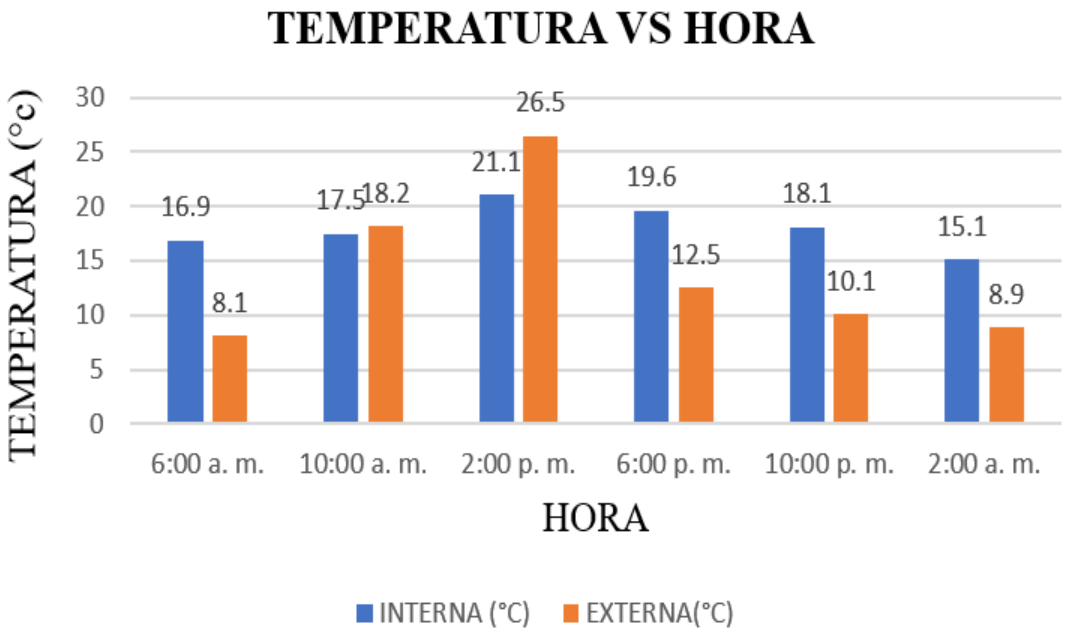
Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Tercer Día

DIA: 3				
30/10/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	16.9	8.1	8.8
2	10:00 a. m.	17.5	18.2	-0.7
3	2:00 p. m.	21.1	26.5	-5.4
4	6:00 p. m.	19.6	12.5	7.1
5	10:00 p. m.	18.1	10.1	8
6	2:00 a. m.	15.1	8.9	6.2
	PROMEDIO	18.1	14.1	4.0

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 47

Barras de Temperaturas del Día 3 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas



Nota. **S**e observa las temperaturas del tercer día. Elaboración propia.

Cuarto día

Para el cuarto día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 14. 9º C en el horario de las 2:00 a.m. y la más alta de 20. 1º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 7. 5°C y la más alta 25. 2°C en el horario de 6:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 17. 7º C y la externa es 13. 9º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 3. 8º C.

Tabla 37

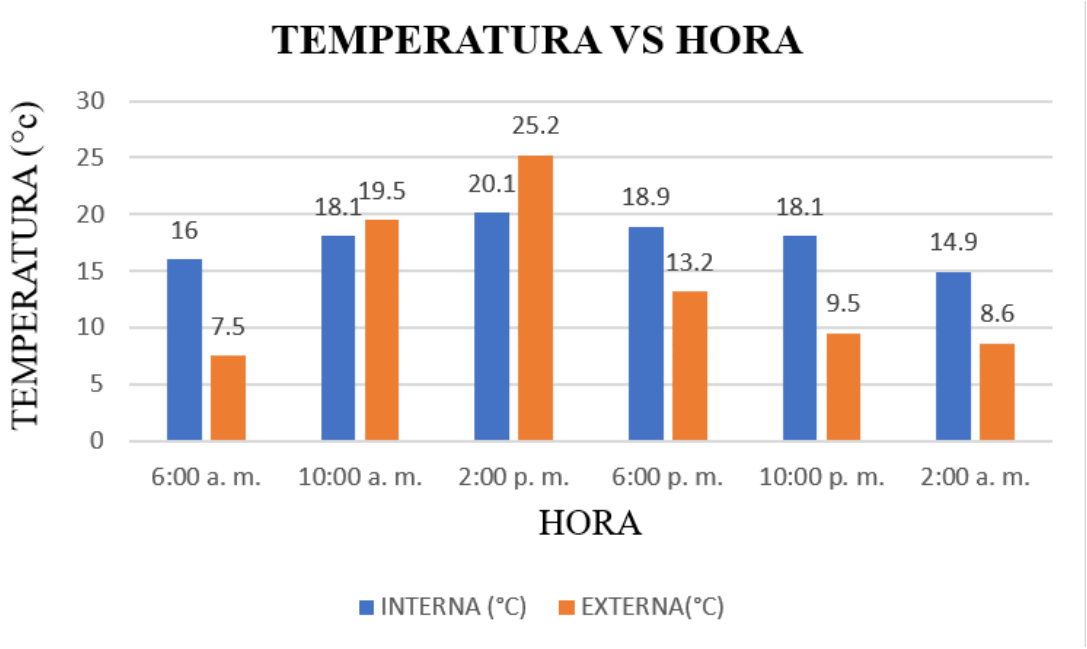
Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Cuarto Día

DIA: 4				
31/10/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	16	7.5	8.5
2	10:00 a. m.	18.1	19.5	-1.4
3	2:00 p. m.	20.1	25.2	-5.1
4	6:00 p. m.	18.9	13.2	5.7
5	10:00 p. m.	18.1	9.5	8.6
6	2:00 a. m.	14.9	8.6	6.3
	PROMEDIO	17.7	13.9	3.8

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 48

Barras de Temperaturas del Día 4 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas



Nota. Se observa las temperaturas del cuarto día. Elaboración propia.

Quinto día

Para el quinto día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 14. 9º C en el horario de las 2:00 a.m. y la más alta de 19. 9º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 7. 2°C y la más alta 24. 9°C en el horario de 6:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 17. 8º C y la externa es 13. 8º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 4. 0º C.

Tabla 38

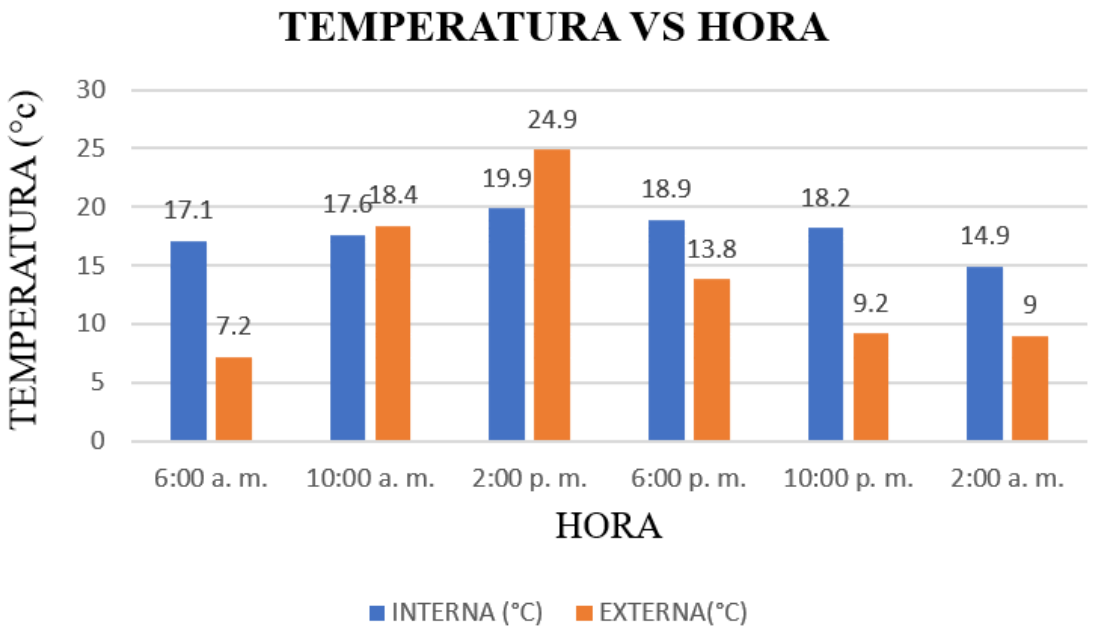
Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Quinto Día

DIA: 5				
01/11/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	17.1	7.2	9.9
2	10:00 a. m.	17.6	18.4	-0.8
3	2:00 p. m.	19.9	24.9	-5
4	6:00 p. m.	18.9	13.8	5.1
5	10:00 p. m.	18.2	9.2	9
6	2:00 a. m.	14.9	9	5.9
	PROMEDIO	17.8	13.8	4.0

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 49

Barras de Temperaturas del Día 5 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas



Nota. Se observa las temperaturas del quinto día. Elaboración propia.

Sexto día

Para el sexto día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 14. 8º C en el horario de las 2:00 a.m. y la más alta de 19. 2º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 6. 9°C y la más alta 24. 8°C en el horario de 6:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 17. 5º C y la externa es 13. 6º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 3. 9º C.

Tabla 39

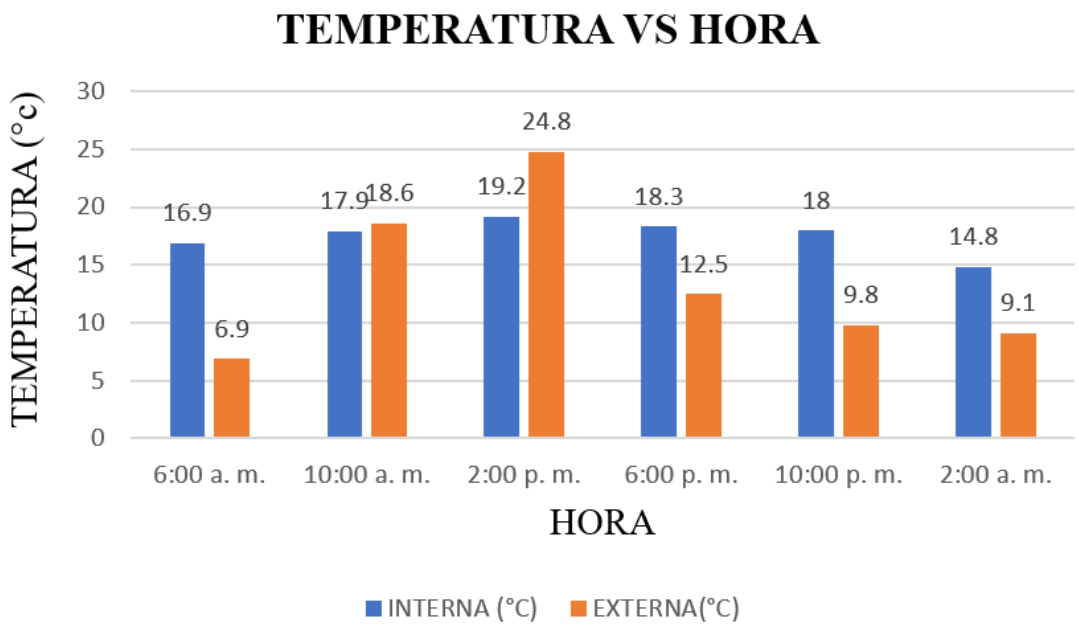
*Datos de da Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Té***cnica de Relleno con Fibra de Ovino Sexto Día**

DIA: 6				
02/11/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	16.9	6.9	10
2	10:00 a. m.	17.9	18.6	-0.7
3	2:00 p. m.	19.2	24.8	-5.6
4	6:00 p. m.	18.3	12.5	5.8
5	10:00 p. m.	18	9.8	8.2
6	2:00 a. m.	14.8	9.1	5.7
	PROMEDIO	17.5	13.6	3.9

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 50

Barras de Temperaturas del Día 6 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas



Nota. **S**e observa las temperaturas del sexto día. Elaboración propia.

Séptimo día

Para el séptimo día el valor más bajo dentro de la habitación fue de 14. 9º C en el horario de las 2:00 a.m. y la más alta de 20. 2º C en el horario 2:00 p.m. En cambio, fuera de la habitación la temperatura más baja fue 8. 2°C y la más alta 26. 3°C en el horario de 6:00 am y 2:00 pm respectivamente. El promedio de la temperatura interna es de 17. 9º C y la externa es 14. 3º C. Así mismo, la variación promedio respecto a la temperatura interna menos la externa es de 3. 6º C.

Tabla 40

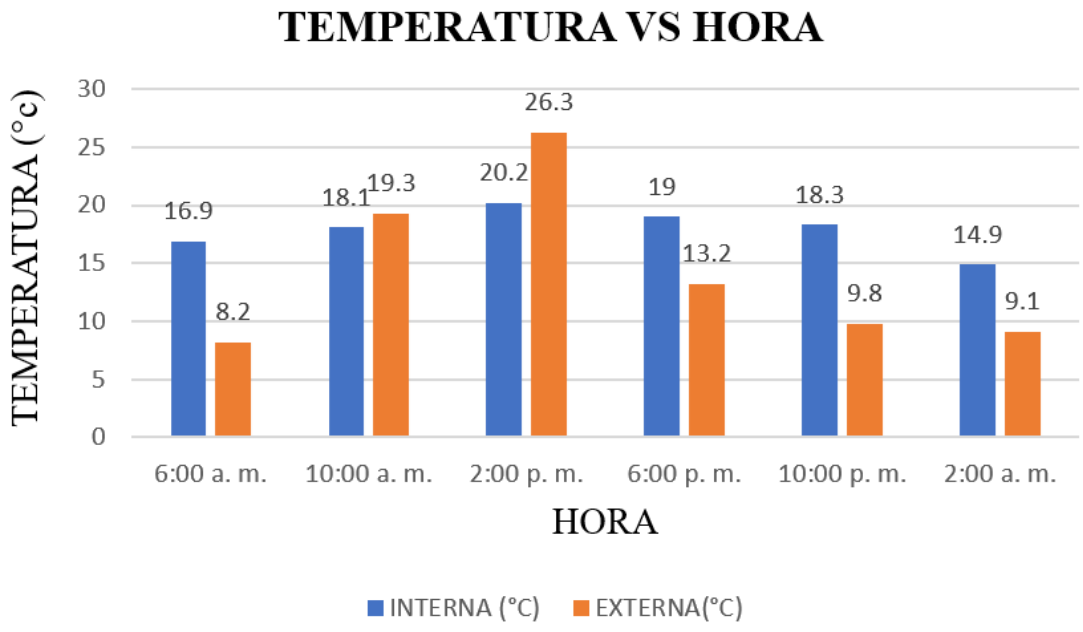
Datos de la Temperatura Dentro y Fuera de la Habitación Implementando la Técnica de Relleno con Fibra de Ovino Séptimo Día

DIA: 7				
01/11/2024				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	16.9	8.2	8.7
2	10:00 a. m.	18.1	19.3	-1.2
3	2:00 p. m.	20.2	26.3	-6.1
4	6:00 p. m.	19	13.2	5.8
5	10:00 p. m.	18.3	9.8	8.5
6	2:00 a. m.	14.9	9.1	5.8
	PROMEDIO	17.9	14.3	3.6

Nota. Se observa las temperaturas registradas. Elaboración propia.

Grafica 51

Barras de Temperaturas del Día 7 de Experimentación en una Habitación con Aislante Térmico de Fibra de Ovino en Diferentes Horas



Nota. **S**e observa las temperaturas del séptimo día. Elaboración propia.

De los días 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7:

Los resultados promedios finales durante los 7 días indican que la aplicación de la técnica de la carcasa de Drywall rellena con la fibra de ovino, mejora notablemente la temperatura interior de la habitación. Al comparar un ambiente con y sin esta técnica, se observa que una sala sin el aislamiento térmico de fibra de ovino registra una temperatura media final de 14. 2°C durante los siete días. Por lo tanto, la implementación de esta técnica resulta en una mejora significativa del confort térmico.

La temperatura promedio final de los siete días, es de 17. 8°C, esto indica que al implementar la fibra de ovino se logra una mejora de 7. 2°C un aproximado. Esto destaca los beneficios de esta técnica, ya que proporciona un buen confort térmico en la vivienda, especialmente en zonas frías. Además, se evita el uso de calefactores, que pueden ser perjudiciales para la salud, así como la necesidad de ropa abrigadora, aislantes térmicos contaminantes y un mayor consumo energético.

Basándonos en los resultados obtenidos, la técnica de carcasa rellena con fibra de ovino utilizada en la habitación de experimentación mostró un incremento significativo. Esto destaca su potencial y eficacia para ser aplicada en distintos ambientes de una vivienda en el futuro en la ciudad Sicuani provincia de Canchis del departamento de Cusco, según los valores obtenidos.

Tabla 41

Datos de la Temperatura Promedio Dentro y Fuera de la Habitación, con Relleno de Fibra de Ovino en los Siete Días de Medición

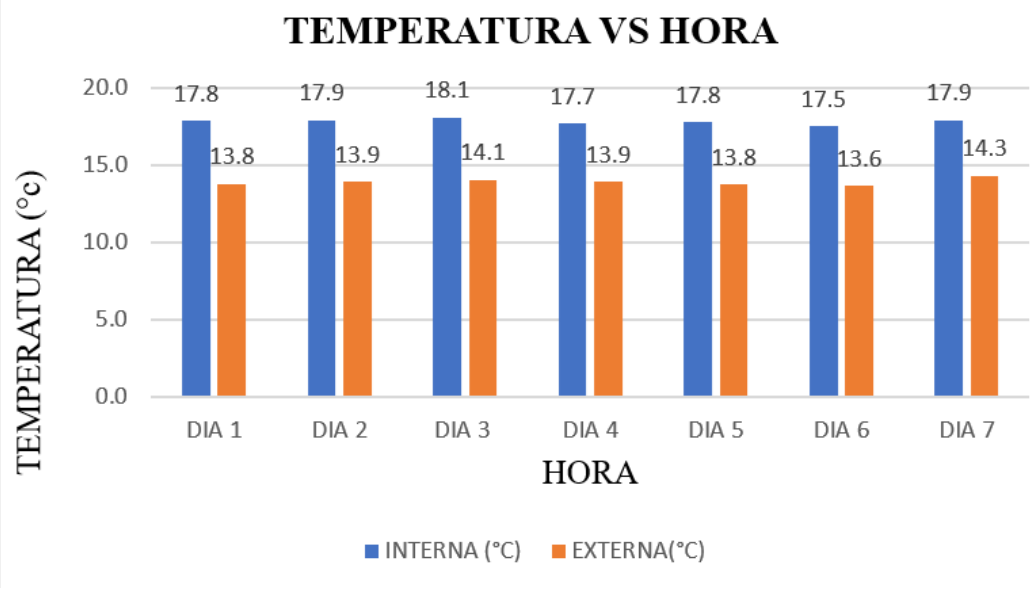
Temperatura Promedios de los Siete Días				
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.	15.41	7.65	-7.8
2	10:00 a. m.	16.01	18.71	2.7
3	2:00 p. m.	18.66	25.14	6.5
4	6:00 p. m.	18.00	13.70	-4.3

5	10:00 p. m.	17.17	9.75	-7.4
6	2:00 a. m.	13.31	8.96	-4.4

Nota. Se observa la temperatura promedio final. Elaboración propia.

Grafica 52

Gráfico de Barra de Temperaturas Promedio de los 7 Días de Experimentación en una Habitación con Relleno de Fibra de Ovino en Diferentes Horas



Nota. Se observa las temperaturas promedio final. Elaboración propia.

5.5 Análisis e Interpretación de los Resultados Horarios Durante los Siete Días sin Aislante Térmico

Se observa los resultados y análisis detallado de las temperaturas obtenidas en la habitación de experimentación para el análisis e interpretación de los resultados horarios de la variación de las temperaturas dentro y fuera de la habitación sin aislante, cada tabla muestra 2 mediciones en diferentes días, con la finalidad de obtener las variaciones producto del cambio de temperatura. La medición se realizó durante 7 días seguidos, desde el 29 de setiembre al 05 de octubre del 2024.

Hora de 6:00 a.m.

Tabla 42

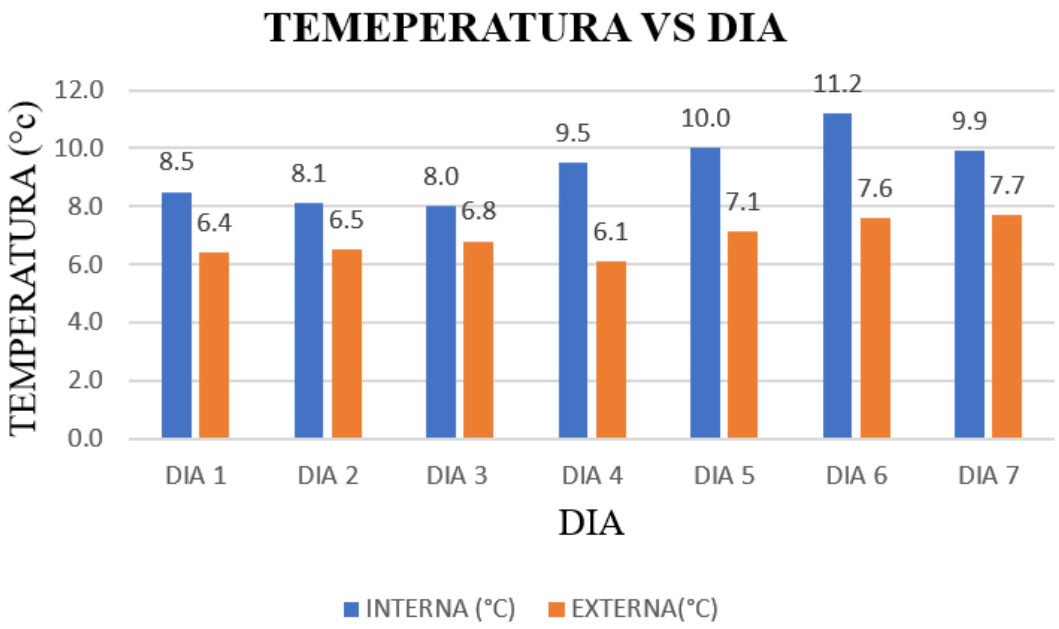
Temperaturas sin Aislante térmico a horas 6:00 a.m.

HORA			
6:00 a. m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	8.5	6.4	2.1
DIA 2	8.1	6.5	1.6
DIA 3	8.0	6.8	1.2
DIA 4	9.5	6.1	3.4
DIA 5	10.0	7.1	2.9
DIA 6	11.2	7.6	3.6
DIA 7	9.9	7.7	2.2
PROMEDIO	9.3	6.9	2.4

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 6:00 a.m. dentro y fuera de la habitación. Elaboración propia.

Grafica 53

Barras de Temperaturas en el Horario de 6:00 a.m.



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación sin Aislante Térmico en diferentes días. Elaboración propia.

Hora de 10:00 a.m.

Tabla 43

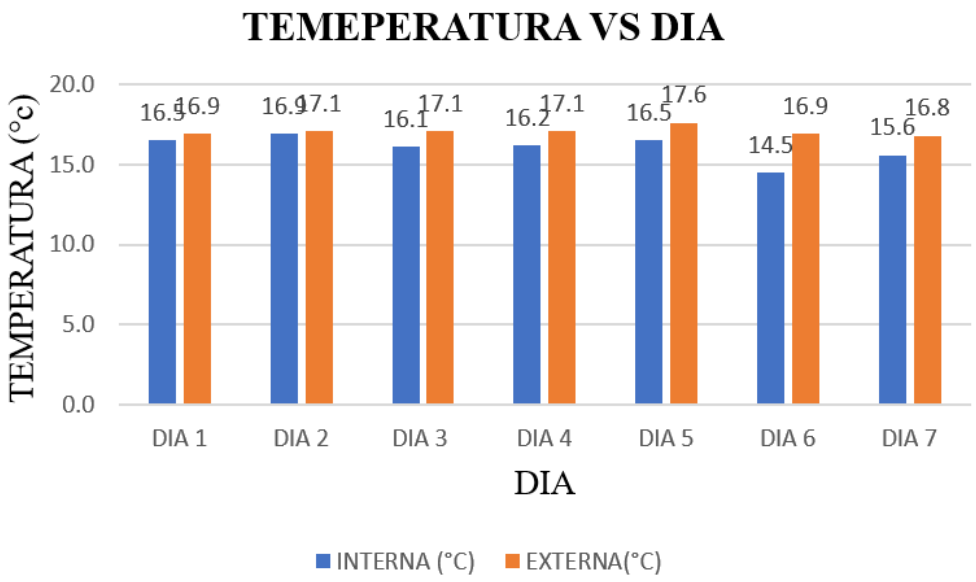
Temperaturas sin Aislante Térmico en el Horario de 10:00 a.m.

HORA			
10:00 a. m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	16.5	16.9	-0.4
DIA 2	16.9	17.1	-0.2
DIA 3	16.1	17.1	-1.0
DIA 4	16.2	17.1	-0.9
DIA 5	16.5	17.6	-1.1
DIA 6	14.5	16.9	-2.4
DIA 7	15.6	16.8	-1.2
PROMEDIO	16.0	17.1	-1.0

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 10:00 a.m. dentro y fuera de la habitación Elaboración propia.

Grafica 54

Barras de Temperaturas en el Horario de 6:00 a.m.



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación sin Aislante Térmico en diferentes días. Elaboración propia.

Hora de 2:00 p.m.

Tabla 44

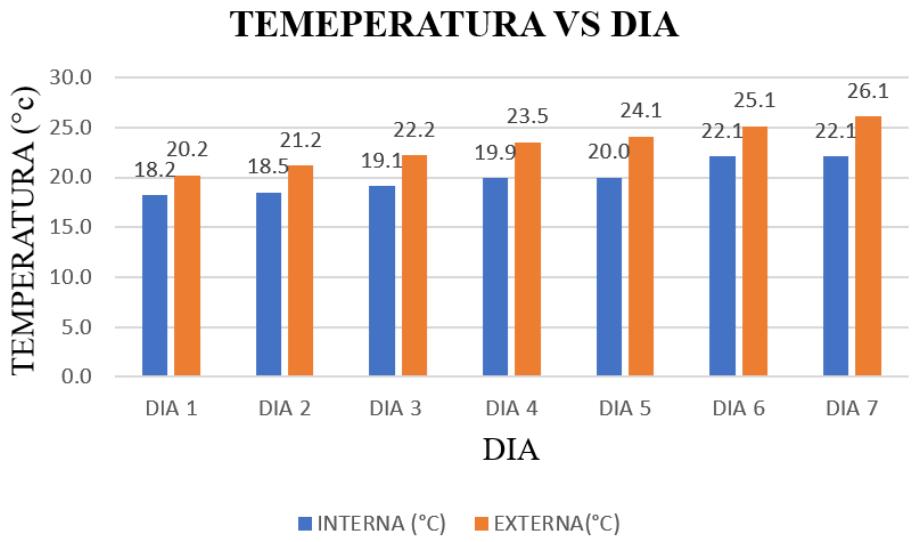
Temperatura sin Aislante Térmico en el Horario de 2:00 p.m.

HORA			
2:00 p. m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	18.2	20.2	-2.0
DIA 2	18.5	21.2	-2.7
DIA 3	19.1	22.2	-3.1
DIA 4	19.9	23.5	-3.6
DIA 5	20.0	24.1	-4.1
DIA 6	22.1	25.1	-3.0
DIA 7	22.1	26.1	-4.0
PROMEDIO	20.0	23.2	-3.2

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 2:00 p.m. dentro y fuera de la habitación Elaboración propia.

Grafica 55

Barras de Temperaturas en el Horario de 2:00 p.m.



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación sin Aislante Térmico en diferentes días. Elaboración propia.

Hora de 6:00 p.m.

Tabla 45

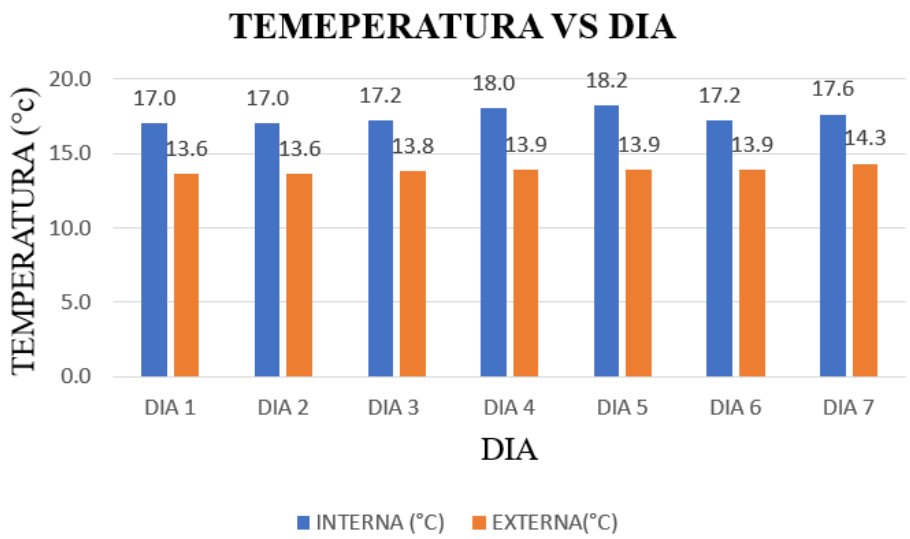
Temperatura sin Aislante Térmico en el Horario de 6:00 p.m.

HORA			
06:00 p. m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	17.0	13.6	3.4
DIA 2	17.0	13.6	3.4
DIA 3	17.2	13.8	3.4
DIA 4	18.0	13.9	4.1
DIA 5	18.2	13.9	4.3
DIA 6	17.2	13.9	3.3
DIA 7	17.6	14.3	3.3
PROMEDIO	17.5	13.9	3.6

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 6:00 p.m. dentro y fuera de la habitación Elaboración propia.

Grafica 56

Barras de Temperaturas en el Horario de 6:00 p.m.



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación sin Aislante Térmico en diferentes días. Elaboración propia.

Hora de 10:00 p.m.

Tabla 46

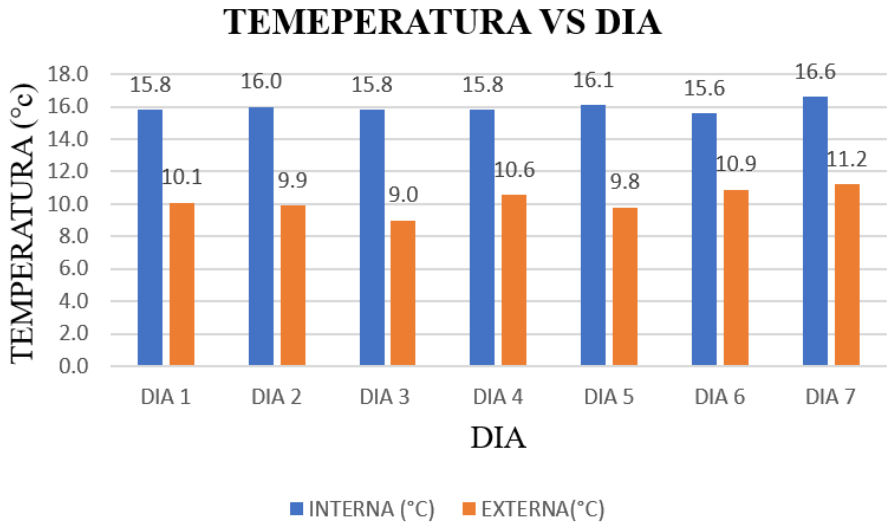
Temperatura sin Aislante Térmico en el Horario de 10:00 p.m.

HORA			
10:00 p.m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	15.8	10.1	5.7
DIA 2	16.0	9.9	6.1
DIA 3	15.8	9.0	6.8
DIA 4	15.8	10.6	5.2
DIA 5	16.1	9.8	6.3
DIA 6	15.6	10.9	4.7
DIA 7	16.6	11.2	5.4
PROMEDIO	16.0	10.2	5.7

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 10:00 p.m. dentro y fuera de la habitación Elaboración propia.

Grafica 57

Barras de Temperaturas en el Horario de 10:00 p.m.



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación sin Aislante Térmico en diferentes días. Elaboración propia.

Hora de 2:00 a.m.

Tabla 47

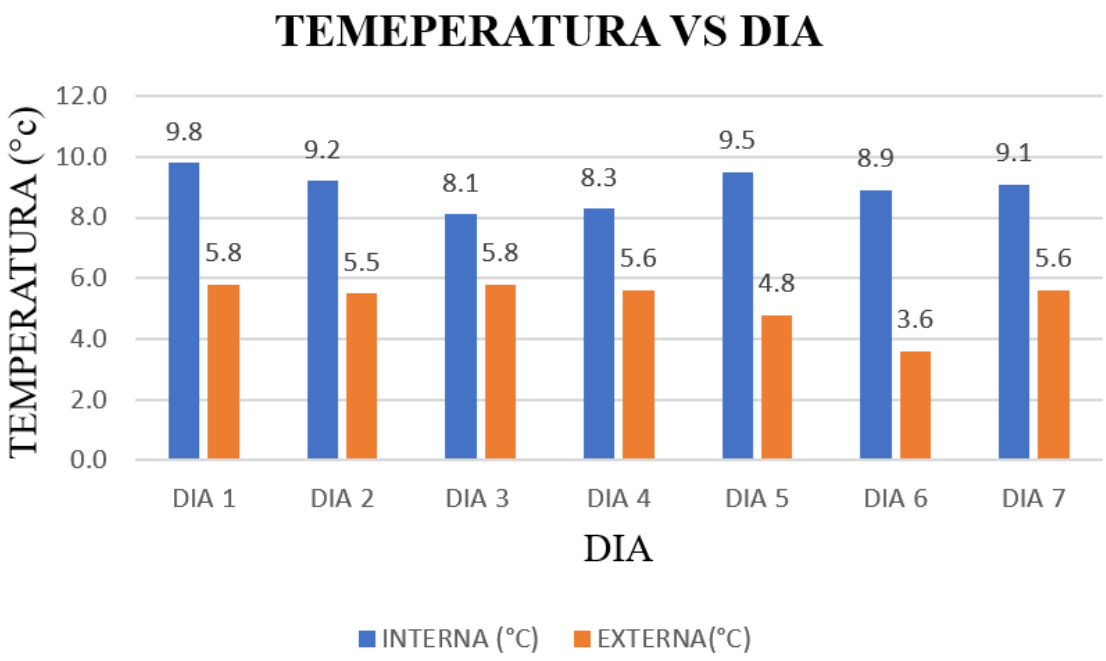
Temperatura sin Aislante Térmico en el Horario de 2:00 a.m.

HORA			
2:00 a. m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	9.8	5.8	4.0
DIA 2	9.2	5.5	3.7
DIA 3	8.1	5.8	2.3
DIA 4	8.3	5.6	2.7
DIA 5	9.5	4.8	4.7
DIA 6	8.9	3.6	5.3
DIA 7	9.1	5.6	3.5
PROMEDIO	9.0	5.2	3.7

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 2:00 a.m. dentro y fuera de la habitación Elaboración propia.

Grafica 58

Barras de Temperaturas en el Horario de 2:00 a.m.



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación sin Aislante Térmico en diferentes días. Elaboración propia.

5.6 Análisis e Interpretación de los Resultados Horarios Durante los Siete Días con Experimentación de Fibra de Ovino

Se observa los resultados y análisis detallado de las temperaturas obtenidas en la habitación de experimentación para el análisis e interpretación de los resultados horarios de la variación de las temperaturas dentro y fuera de la habitación con aislante, cada tabla muestra 2 mediciones en diferentes días, con la finalidad de obtener las variaciones producto del cambio de temperatura. La medición se realizó durante 7 días seguidos, desde el 28 de octubre al 07 de noviembre del 2024.

Hora de 6:00 a.m.

Tabla 48

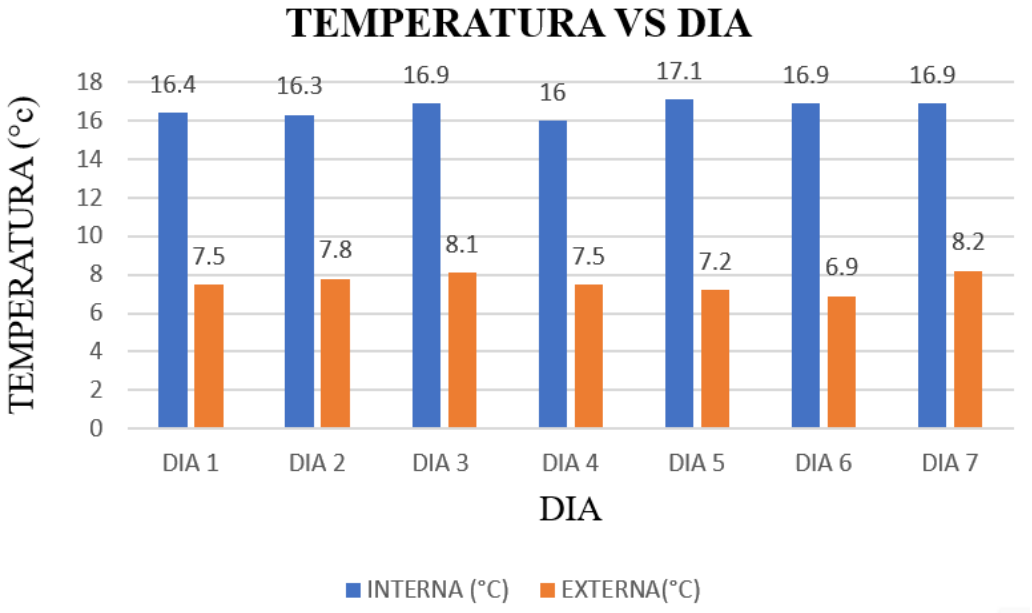
Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 6:00 a.m.

HORA			
6:00 a. m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	16.4	7.5	8.9
DIA 2	16.3	7.8	8.5
DIA 3	16.9	8.1	8.8
DIA 4	16	7.5	8.5
DIA 5	17.1	7.2	9.9
DIA 6	16.9	6.9	10.0
DIA 7	16.9	8.2	8.7
PROMEDIO	16.6	7.6	9.0

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 6:00 a.m. dentro y fuera de la habitación implementando con fibra de ovino. Elaboración propia.

Grafica 59

Barras de Temperaturas en el Horario de 6:00 a.m. con Aislante



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación con Aislante Térmico de fibra de ovino en diferentes días. Elaboración propia.

Hora de 10:00 a.m.

Tabla 49

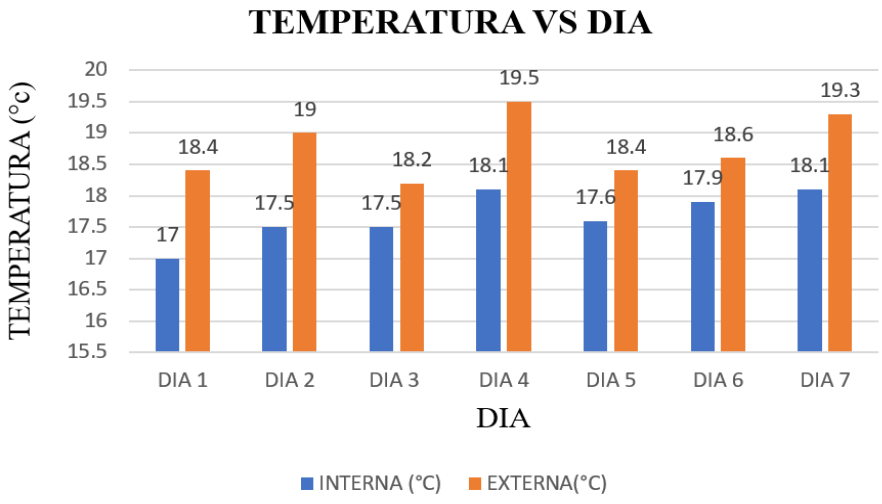
Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 10:00 a.m.

HORA			
10:00 a. m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	17	18.4	-1.4
DIA 2	17.5	19	-1.5
DIA 3	17.5	18.2	-0.7
DIA 4	18.1	19.5	-1.4
DIA 5	17.6	18.4	-0.8
DIA 6	17.9	18.6	-0.7
DIA 7	18.1	19.3	-1.2
PROMEDIO	17.7	18.8	-1.1

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 10:00 a.m. dentro y fuera de la habitación implementando con fibra de ovino. Elaboración propia.

Grafica 60

Barras de Temperaturas en el Horario de 10:00 a.m. con Aislante



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación con Aislante Térmico de fibra de ovino en diferentes días. Elaboración propia.

Hora de 2:00 p.m.

Tabla 50

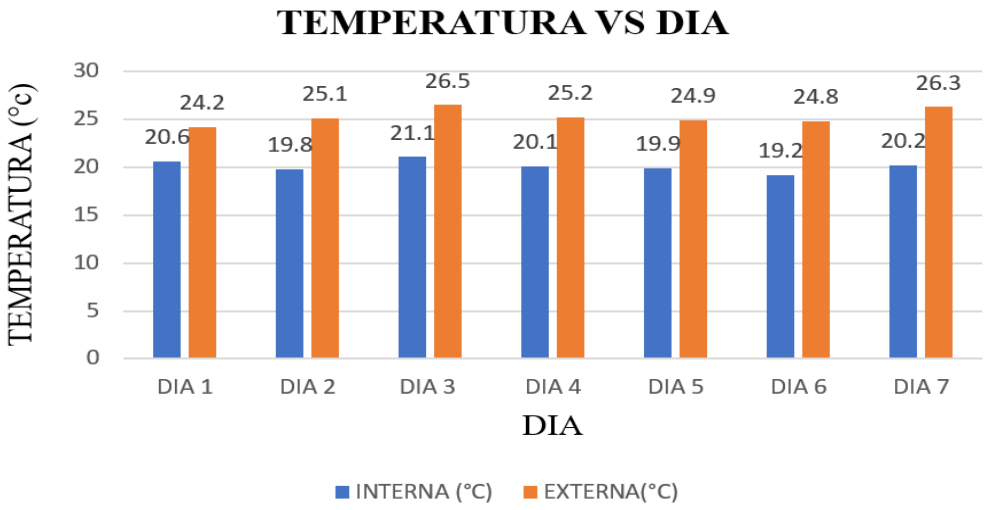
Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 10:00 a.m.

HORA			
2:00 p.m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	20.6	24.2	-3.6
DIA 2	19.8	25.1	-5.3
DIA 3	21.1	26.5	-5.4
DIA 4	20.1	25.2	-5.1
DIA 5	19.9	24.9	-5.0
DIA 6	19.2	24.8	-5.6
DIA 7	20.2	26.3	-6.1
PROMEDIO	20.1	25.3	-5.2

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 2:00 p.m. dentro y fuera de la habitación implementando con fibra de ovino. Elaboración propia.

Grafica 61

Barras de Temperaturas en el Horario de 2:00 p.m. con Aislante



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación con Aislante Térmico de fibra de ovino en diferentes días. Elaboración propia.

Hora de 6:00 p.m.

Tabla 51

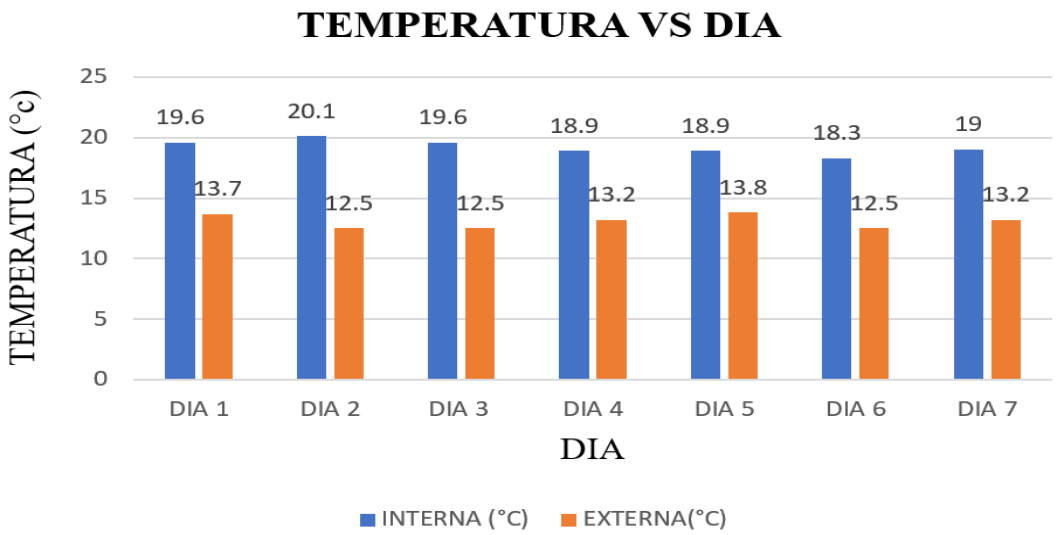
Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 6:00 p.m.

HORA			
6:00 p.m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	19.6	13.7	5.9
DIA 2	20.1	12.5	7.6
DIA 3	19.6	12.5	7.1
DIA 4	18.9	13.2	5.7
DIA 5	18.9	13.8	5.1
DIA 6	18.3	12.5	5.8
DIA 7	19	13.2	5.8
PROMEDIO	19.2	13.1	6.1

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 6:00 p.m. dentro y fuera de la habitación implementando con fibra de ovino. Elaboración propia.

Grafica 62

Barras de Temperaturas en el Horario de 6:00 p.m. con Aislante



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación con Aislante Térmico de fibra de ovino en diferentes días. Elaboración propia.

Hora de 10:00 p.m.

Tabla 52

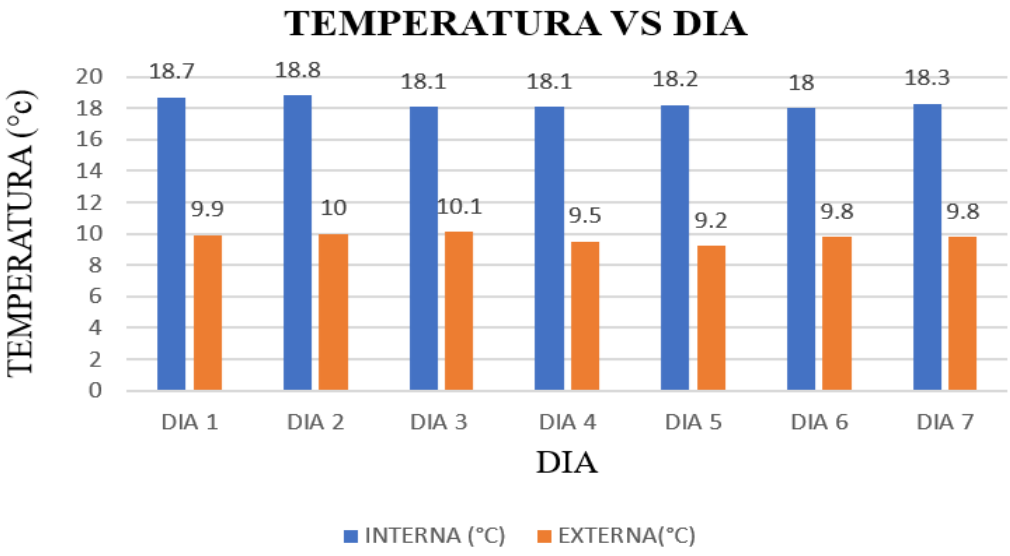
Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 10:00 p.m.

HORA			
10:00 p.m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	18.7	9.9	8.8
DIA 2	18.8	10	8.8
DIA 3	18.1	10.1	8.0
DIA 4	18.1	9.5	8.6
DIA 5	18.2	9.2	9.0
DIA 6	18	9.8	8.2
DIA 7	18.3	9.8	8.5
PROMEDIO	18.3	9.8	8.6

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 10:00 p.m. dentro y fuera de la habitación implementando con fibra de ovino. Elaboración propia.

Grafica 63

Barras de Temperaturas en el Horario de 10:00 p.m. con Aislante



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación con Aislante Térmico de fibra de ovino en diferentes días. Elaboración propia.

Hora de 2:00 a.m.

Tabla 53

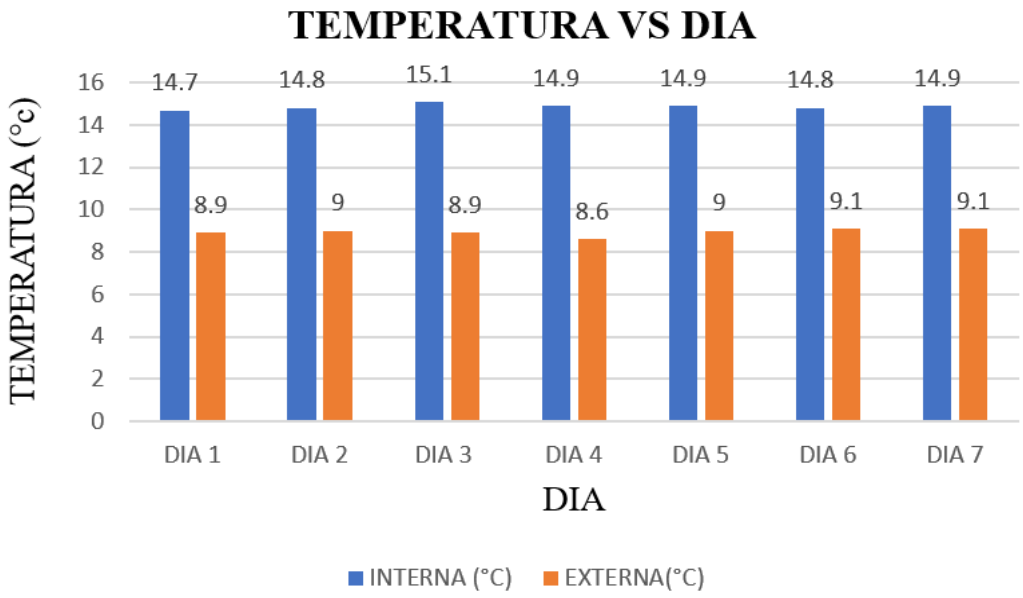
Temperatura con Aislante de Fibra de Ovino a las 2:00 a.m.

HORA			
2:00 a. m.			
	TEMPERATURAS		VARIACIÓN (°C)
	INTERNA (°C)	EXTERNA(°C)	
DIA 1	14.7	8.9	5.8
DIA 2	14.8	9	5.8
DIA 3	15.1	8.9	6.2
DIA 4	14.9	8.6	6.3
DIA 5	14.9	9	5.9
DIA 6	14.8	9.1	5.7
DIA 7	14.9	9.1	5.8
PROMEDIO	14.9	8.9	5.9

Nota. Se observa las temperaturas registradas durante los 7 Días en el horario de 2:00 a.m. dentro y fuera de la habitación implementando con fibra de ovino. Elaboración propia.

Grafica 64

Barras de Temperaturas en el Horario de 2:00 a.m. con Aislante



Nota. Se observa la barra de las temperaturas registradas de experimentación en la habitación con Aislante Térmico de fibra de ovino en diferentes días. Elaboración propia.

5.7 Análisis de la Temperatura Exterior, Temperatura Interior a Distintas Horas del Día

En la siguiente investigación se analiza con el modelo de regresión lineal múltiple para ver la influencia de la temperatura exterior a distintas horas del día (2,6,10,14,18 y 22) horas en la temperatura interior.

Tabla 54

Temperatura promedio exterior e interior de la vivienda de albañilería confinada

Observaciones	Temperatura Exterior (x_1, °C)	Hora (x_2, h)	Temperatura Interior (y, °C)
1	8.96	2	13.31
2	7.65	6	15.41
3	18.71	10	16.01
4	25.14	14	18.66
5	13.70	18	18.00
6	9.75	22	17.17

Tabla 55

Temperatura Promedio Antes y Después de Implementar la Fibra de Ovino

		Temperatura Promedio antes y despues de implementar la fibra de ovino					
Medicion	Hora	Temperatura interior sin aislamiento	Temperatura interior con aislamiento	Variacion (°C)	Temperatura Exterior sin aislamiento	Temperatura Exterior con aislamiento	Variacion (°C)
1	6:00 a. m.	9.31	15.41	**6.10**	7.65	6.89	**-0.76**
2	10:00 a. m.	16.04	17.67	**1.63**	18.71	17.07	**-1.64**
3	2:00 p. m.	19.99	20.13	**0.14**	25.14	23.20	**-1.94**
4	6:00 p. m.	17.46	19.20	**1.74**	13.70	13.86	**0.16**
5	10:00 p. m.	15.96	18.31	**2.36**	9.65	10.21	**0.56**
6	2:00 a. m.	8.99	14.87	**5.89**	8.96	5.24	**-3.71**

5.7.1 Modelo Lineal Múltiple:

$$\hat{y} = 12.33 + 0.13x_1 + 0.18x_2$$

$\widehat{\beta_o} = 12.33$ Nos indica temperatura interior con 0°C de temperatura exterior a 0 horas.

$\widehat{\beta_1} = 0.13$ Es el incremento de la temperatura interior por cada grado Celsius de temperatura exterior sin tener en cuenta la hora del día.

$\widehat{\beta_2} = 0.18$ Es el incremento de la temperatura interior por cada hora sin considerar la temperatura exterior.

5.7.2 Coeficiente de Determinación

$$R^2 = \frac{SCR}{SCT} = \frac{16.538}{18.920} = 0.874 = 87.4\%$$

En este modelo el coeficiente de determinación R^2 resulta 87.4% esto nos indica que la temperatura exterior a distintas horas del día influye en la temperatura interior también nos indican que 12.6% son otros factores que influyen en la temperatura interior.

6 CAPÍTULO VI: OBSERVACIONES CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Observación

- En el estudio realizado, se identificó que la fibra de ovino requiere ser lavada con sal de boro, lo que ayuda a reducir tanto el olor como las impurezas presentes en ella.
- En las comunidades campesinas altoandinas, como la comunidad de Quisini, ubicada en el distrito de Marangani, provincia de Canchis, se llevaron a cabo construcciones de viviendas conocidas como **K'oñihuasis**. Para el aislamiento térmico, se empleó fibra de vidrio, que tiene un impacto contaminante en el medio ambiente. Sin embargo, existe la alternativa de utilizar fibra de ovino, que es una opción mucho más ecológica.
- El secado de la lana se tiene que realizarse sacando del agua sin exprimirlo para que se pueda cardar cómodamente.
- El aumento de temperatura en la fibra de ovino propicia la formación de hongos y bacterias.

6.2 Conclusión

OG: La fibra de ovino influye positivamente en la temperatura interior incrementando la temperatura interior en un promedio 6.10°C en los horarios más críticos.

OE1: El aumento en la densidad de las fibras de ovina mejora sus propiedades como aislante térmico debido a que es inversamente proporcional a la conductividad térmica, siendo la densidad más alta (30 kg/m³) para la presente investigación. potencialmente la más eficiente para evitar la transferencia de calor.

OE2: En la presente investigación se concluye que un menor espesor de la fibra de ovino actúa como un buen aislante térmico siendo 3cm el espesor adecuado para la presente investigación evaluada de 3, 4 y 5cm.

OE3: La temperatura exterior a distintas horas del día influye con un coeficiente de determinación de 87.4% en la temperatura interior en la presente investigación.

6.3 Recomendaciones

- Para conseguir la fibra de ovino, que son los recursos fundamentales de la técnica, debe comprarse directamente a las comunidades dedicadas a la crianza de ovinos. Esto resulta en un costo más bajo y justifica la propuesta debido a su impacto económico positivo en este sector.
- Para preparar el manto de fibra de ovino como aislante, se puede optar por el cardado manual si se necesita una cantidad mínima de mantos. Sin embargo, si se requiere una mayor cantidad, se recomienda utilizar una máquina de cardado para mejorar la productividad.
- Se sugiere emplear la fibra de ovino como aislante térmico en zonas de baja temperatura, en lugar de otros materiales artificiales que suelen ser altamente contaminantes.
- Se sugiere que, al emplear la fibra de ovino, se tenga precaución en condiciones de altas temperaturas, ya que estas pueden favorecer la formación de hongos y bacterias.

7 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Aditya, L., Mahlia, T., Rismanchi, B., Ng, H., Hasan, M., Metselaar, H., Muraza, O., & Aditiya, H. (2017). A review on insulation materials for energy conservation in buildings. *73*(14), 1352-1365. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.034

Agencia Internacional de Energía. (2022). *Energy efficiency and sustainability in building insulation*. https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-and-sustainability

Atbir, A., Taibi, M., Aouan, B., Khabbazi, A., Ansari, O., Cherkaoui , M., & Cherradi , T. (2023). Physicochemical and thermomechanical performances study for Timahdite sheep wool fibers application in the building's insulation. *13*(503), 1 - 20. https://doi.org/10.1038/s41598-023-31516-9

Bai, H., Justo, M., & Mathisen, H. (2022). A review of heat recovery technologies and their frost control for residential building ventilation in cold climate regions. *162*(11), 112 - 127. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112417

Calderon , F. (2019). Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en autoconstrucción en Bosa, Bogotá. *9*(2), 1 - 20. https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.03

Cardinale, T., Arleo, G., Bernardo, F., Feo, A., & De Fazio, P. (2017). Thermal and mechanical characterization of panels made by cement mortar and sheep's wool fibres. *140*(13), 159 - 169. https://doi.org/1016/j.egypro.2017.11.132

Danaci, H., & Akin, N. (2022). Thermal insulation materials in architecture: a comparative test study with aerogel and rock wool. *29*(48), 72979 - 72990. https://doi.org/10.1007/s11356-022-20927-2

Dénes, O., Florea, I., & Manea, D. (2019). Utilization of Sheep Wool as a Building Material. *32*(14), 236 - 241. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.208

Giraldo, W., Czajkowski, J., & Gómez, A. (2021). Confort térmico en vivienda social multifamiliar de clima cálido en Colombia. *23(1)*, 1 -20. Universidad Católica de Colombia. https://doi.org/10.14718/RevArq.2021.2938

Hassan, F., Jamil, F., Hussain, A., Muhammad, H., Mansoor, M., Khushnood, S., Farhan, M., Altaf, K., Said, Z., & Li, C. (2022). Recent advancements in latent heat phase change materials and their applications for thermal energy storage and buildings: A state of the art review. *49(14)*, 1 25. Sustainable Energy Technologies and Assessments. https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101646

Hegyi, A., Dico, C., & Szilagyi, H. (2020). Sheep Wool Thermal Insulating Mattresses Behaviour in the Water Vapours Presence. *46(15)*, 410 - 417. Procedia Manufacturing. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.060

Hou, L., Liu, Y., Zhu, Y., Liu, L., Zhao, X., & Yang, L. (2024). Thermal performance of cavity masonry wall structures in the solar rich areas of Western China. *86(45)*, 22-35. Journal of Building Engineering. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.108797

Korjenic, A., Klarić, S., Hadžic, A., & Korjenic, S. (2015). Sheep Wool as a Construction Material for Energy Efficiency Improvement. *8(6)*, 5765 - 5781. Energies. https://doi.org/10.3390/en8065765

Kumar , D., Alam, M., Zou, P., Sanjayan, J., & Ahmed, R. (2020). Comparative analysis of building insulation material properties and performance. *131(23)*, 100 101. Renewable and Sustainable Energy Reviews. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110038

Kvande, T., & Robert, K. (2009). Climate adapted design of masonry structures. *44(12)*, 2442 - 2450. Building and Environment. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.04.007

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2013). Cadena Productiva de Ovinos. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/266/1/agroeconomia_ovino.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú. (2022). Informe de mercado de lana de oveja. Gobierno del Perú. https://repositorio.sierraexportadora.gob.pe/bitstream/handle/SSE/504/AN%C3%81LISIS%20DEL%20MERCADO%20DE%20LANA%20DE%20OVINO.pdf?sequence=5

Nowotna, A., Pietruszka, B., & Lisowski, P. (2019). Eco-Friendly Building Materials. *290(33)*, 102 - 115. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012024

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2018). Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3e7ba7ed-1eb1-48cf-8792-ae4773e9a79b/content

Parlato, M., & Porto, S. (2020). Organized Framework of Main Possible Applications of Sheep Wool Fibers in Building Components. *12(3)*, 761 - 787. Sustaniability. https://doi.org/10.3390/su12030761

Plaremesa. (2023). Proceso de fabricación de la fibra de vidrio. Plaremesa. https://www.plaremesa.net/proceso-de-fabricacion-de-la-fibra-de-vidrio/

Rodríguez Rodríguez, C., Breña Oré, J. L., & Esenarro Vargas, D. (2021). *LAS VARIABLES EN LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.* España: Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

Viajeros Cusco. (2023). Como es el clima en Cusco. Viajeros Cusco. https://viajeroscusco.com/blog/como-es-el-clima-en-cusco/

Weather Spark. (2023). El clima en Cuzco. Weather Spark. https://es.weatherspark.com/y/25926/Clima-promedio-en-Cuzco-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o

8 ANEXOS

Anexo 1

Análisis de Precio unitario

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS				
Unidad	m2			
Cuadrilla	Operario	1		
	Peón	1		
Rendimiento	20	m2/días		
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Parcial**
Materiales				
Fibra de ovino	Kg	0.9	1.1	0.99
Sal de Boro	Und	0.08	2	0.16
Rollo de pabilo de algodón	m	15.38	0.05	0.77
Placa de Drywall 1/2 (12.7mm)	Und	0.35	40	14.00
Parantes de Madera de pino 0.04 m x 0.05 m	Und	0.85	7	5.95
Tornillos para parantes	Und	3.84	0.39	1.50
Tornillos Wafer	Und	15.38	0.05	0.77
Tarugo	Und	3.5	0.1	0.35
Pasta de Drywall	Kg	0.77	2.5	1.93
Cinta de junta para Drywall	m	3.84	0.18	0.69
				27.10
Mano de Obra				
Operario	hh	0.4	13.12	5.248
Peón	hh	0.4	10.58	4.232
				9.48
Equipo y Herramientas				
Herramientas 3% (M. O.)		0.03	9.48	**0.28**
			Costo Total S/.	**36.87**

Anexo 2

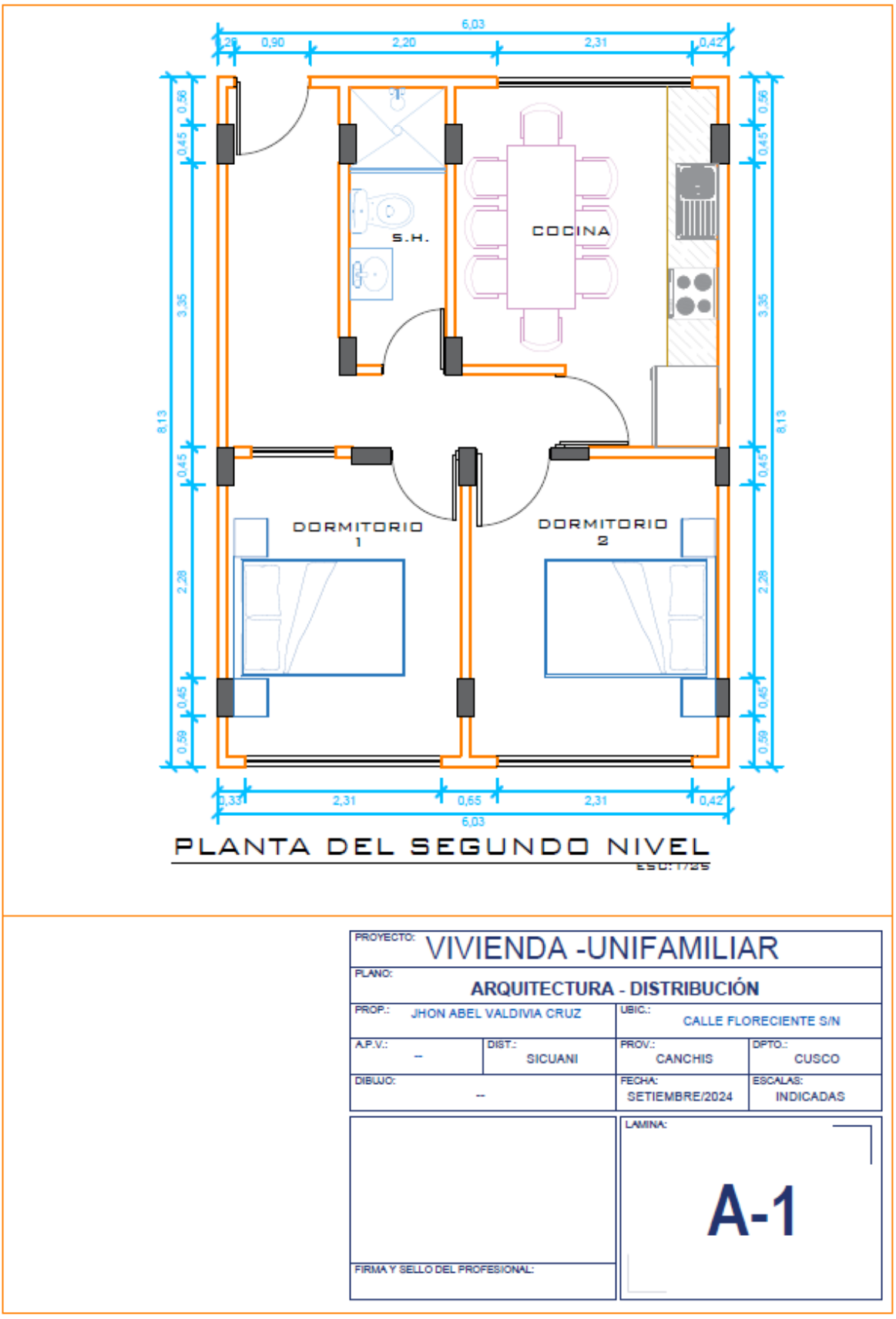
Matriz de Consistencia: Objetivo General y Específico

Matriz de Consistencia

NIVEL	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
General	¿Cuál es la influencia de la fibra de ovino en la temperatura interior de viviendas de albañilería confinada, en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024?	Determinar la influencia de la fibra de ovino en la temperatura interior de viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.	La influencia de la fibra de ovino en la temperatura interior de viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024 es significativo.	**Variable Dependiente (Y)** Temperatura interior	**Nivel de investigación:** Correlacional **Enfoque:** Cuantitativo	**Población:** Toda la Fibra de Ovino y viviendas de albañilería confinada del distrito de Sicuani
Especifico 1	¿Cómo influye la densidad de la fibra de ovino en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, cusco 2024?	Determinar como la densidad fibra de ovino influye en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.	La densidad de la fibra de ovino influye significativamente en temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.	**Variable Independiente (X)** Fibra de ovino	**Diseño** Experimental	**Muestra:** Fibra de ovino de 3 comunidades campesinas (Occobamba, Chectuyoc y Quisini) y una vivienda de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani por conveniencia
Especifico 2	¿Cómo influye el espesor de la fibra de ovino en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024?	Determinar como el espesor de la fibra de ovino influye en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.	El espesor de la fibra de ovino influye positivamente en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.			
Especifico 3	¿Cómo influye la temperatura exterior en los horarios 6am, 10am, 2pm, 6pm, 10pm y 2am en temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024?	Determinar como la temperatura exterior en los horarios 6am, 10am, 2pm, 6pm, 10pm y 2am influye en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.	La temperatura exterior en los horarios 6am, 10am, 2pm, 6pm, 10pm y 2am influye en la temperatura interior en las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Sicuani, Cusco 2024.			

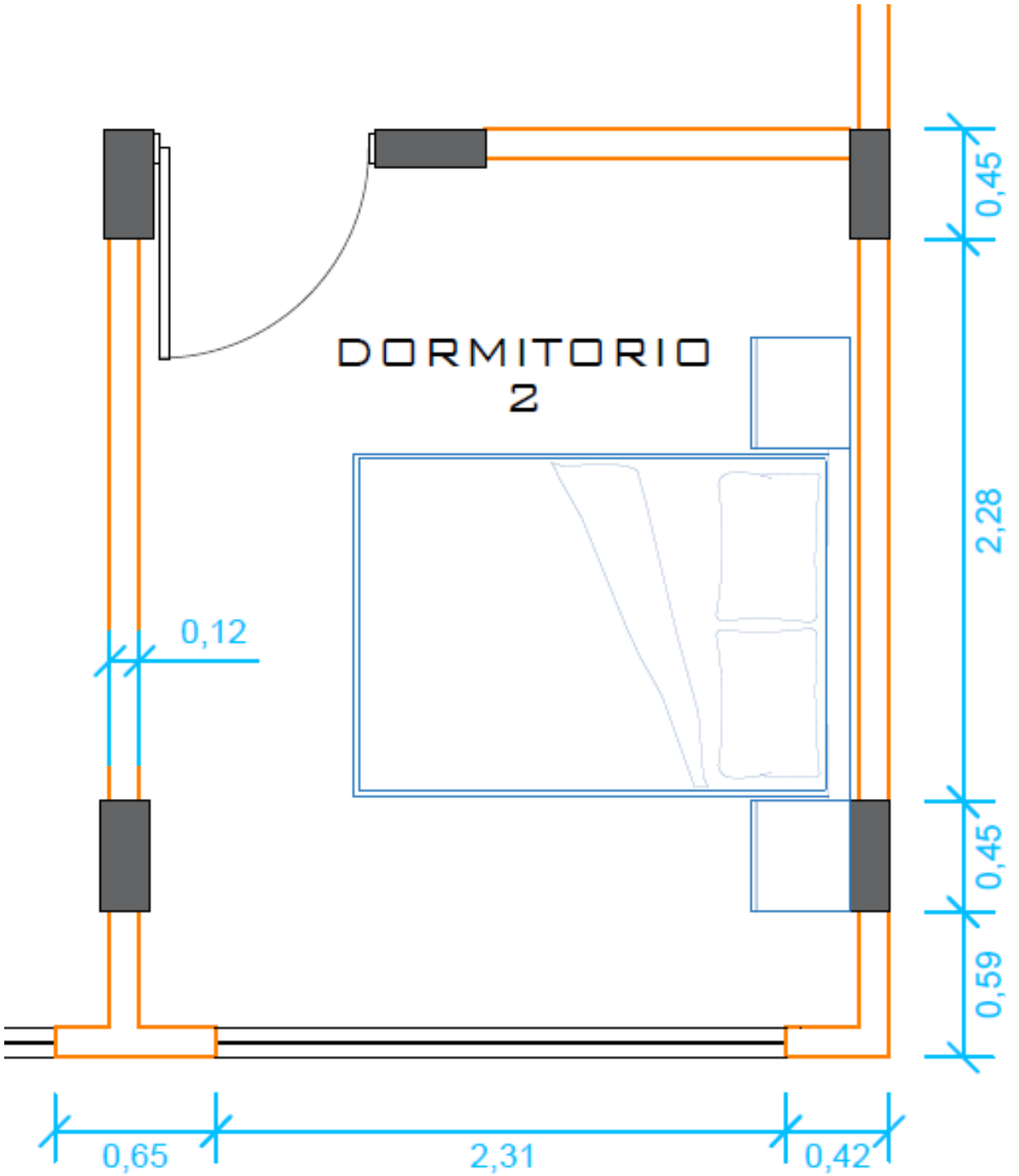
Anexo 3

Plano en Planta de la Vivienda de Experimentación



Anexo 4

Plano de la Habitación Donde se Aplicó el Experimento



Anexo 5

Instrumentos de Recolección de Datos

Ficha de Registro de Datos implementado con fibra de ovino

	DIA: 1			
	29/09/2024			
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.			
2	10:00 a. m.			
3	2:00 p. m.			
4	6:00 p. m.			
5	10:00 p. m.			
6	2:00 a. m.			
	PROMEDIO			

	DIA: 2			
	30/09/2024			
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.			
2	10:00 a. m.			
3	2:00 p. m.			
4	6:00 p. m.			
5	10:00 p. m.			
6	2:00 a. m.			
	PROMEDIO			

	DIA: 3			
	01/10/2024			
MEDICIÓN	**HORA**	**TEMPERATURA**		**VARIACIÓN (°C)**
		INTERNA (°C)	**EXTERNA(°C)**	
1	6:00 a. m.			
2	10:00 a. m.			
3	2:00 p. m.			
4	6:00 p. m.			
5	10:00 p. m.			
6	2:00 a. m.			
	PROMEDIO			

Anexo 6

Resultado del análisis biológico de la fibra de ovino

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA
LABORATORIO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN DE "SANIDAD ANIMAL M.V. ATILIO PACHECO PACHECO"
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

IDENTIFICACIÓN

N° de muestras	: 10
Tipo de muestra	: Lana
Especie animal	: Ovino
Remitentes	: Ramiro Manuttupa Manuttupa Beltrán Chatata Castelo
Procedencia	: Sicuani
Fecha de recepción	: 22 de enero de 2025
Fecha de Análisis	: 22 de enero de 2025
Análisis solicitado	: Análisis microbiológico cualitativo

RESULTADO

N°	Identificación de la muestra	Tipo de bacteria identificada	Tipo de hongo identificado
1	T1	*Clostridium spp.*	*Alternaría spp.*
2	T2	*Clostridium spp.*	*Negativo*
3	T3	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*
4	T4	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*
5	T5	*Clostridium spp.*	*Alternaría spp.*
6	ST1	*Clostridium spp.*	*Cladosporidium spp.*
7	ST2	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*
8	ST3	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*
9	ST4	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*
10	ST5	*Clostridium spp.*	*Ulocladium spp.*

Atentamente,

UNIVERSIDAD SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO F.C.A.
Dr Edgar A. Valdez Gutierrez
DOCENTE

Responsable del laboratorio

Planta Lechera, Centro Agronómico K´ayra, San Jerónimo. Cusco, Perú. Cel. 920178766

Anexo 7

Matriz de Instrumentos

PARAMETRO DE CALIDAD		UND	MATERIALES	EQUIPO	ENSAYO
PARAMETRO FISICO					
Fibra de ovino	Cantidad de fibra de ovino aplicada	Kg/m3	Fibra de ovino	Balanza	Laboratorio
Temperatura Interior	Temperatura	°C	Termómetro digital	Termómetro digital	Laboratorio
PARAMETRO QUIMICO					
Productos anti plagas					
Lavado de fibra de ovino	Sales de boro	Kg	Sales de boro	Recipiente de lavado	Laboratorio

Anexo 8

Certificados de Laboratorio de Física

PSS PROFESSIONAL SERVICE SUPPORT S.A.C.

CERTIFICATE OF TRAINING

THIS CERTIFICATE IS PROUDLY PRESENTED TO

BACH. BELTRAN CHATATA CASTELO

CERTIFIED BY PSS

MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PORTATIL

CAPACITACIÓN EN EL USO Y MANEJO DEL MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PORTATIL 27101P001-01 - TLS100 V2
MARCA: THERMTEST.

DATE 21 / OCTUBRE / 2024

ABEL PILARES M.
GERENTE GENERAL