



# Universidad Católica de Santa María

## Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Ingeniería Civil

### Influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico - mecánicas para las viviendas altoandinas.

Tesis presentada por:

**Cecya Sapillado, Jonathan Pedro**

**ORCID: 0009-0000-5412-447X**

**Huareccallo Salinas, Richard Jhordan**

**ORCID: 0009-0007-3933-5915**

para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesora:

**Mag. Torres Almiron Jeniffer Carla**

**ORCID: 0000-0002-3417-4581**

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA CIVIL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 03 de Diciembre del 2025

**Dictamen: 012867-C-EPIC-2025**

Visto el borrador del expediente 012867, presentado por:

**2018221511 - CHECYA SAPILLADO JONATHAN PEDRO**

**2016702461 - HUARECCALLO SALINAS RICHARD JHORDAN**

Titulado:

**INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL  
MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS  
VIVIENDAS ALTOANDINAS.**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**INGENIERO CIVIL**

**29238311 - GUILLEN MALAGA MILAGROS SOCORRO  
DICTAMINADOR**



**46735424 - LOAYZA RODRIGUEZ JOSE GERMAN  
DICTAMINADOR**



**46890195 - DE LA CRUZ MENDOZA FERNANDO ARON  
DICTAMINADOR**



# Influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico - mecánicas para las viviendas altoandinas.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
2	<a href="https://ru.dgb.unam.mx">ru.dgb.unam.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
3	<a href="https://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
4	<a href="https://editorial.ucatolica.edu.co">editorial.ucatolica.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
5	<a href="https://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
6	<a href="https://repositorio.ucsg.edu.ec">repositorio.ucsg.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
7	<a href="https://tacnaencifras.galeon.com">tacnaencifras.galeon.com</a> Fuente de Internet	<1 %
8	Ozlem Celik Sola, Savaş Erdem, Levent Bostancı, Baris Sayin. "Investigation of	<1 %

## DEDICATORIA

*A Dios y al Santísimo Señor de la Estrella de Nieve, por acompañarme en cada paso que doy y proveerme de perseverancia para alcanzar mis propósitos a su tiempo.*

*A mis padres, Rebeca Sapillado Quispe y Pedro Checya Tito, por ser mis guías para luchar con las adversidades que me da la vida.*

*A mi querida hermana Lisbeth, que es mi compañera de vida, que siempre está para mí en todo momento.*

***Checya Sapillado, Jonathan  
Pedro***

*A Dios, que es la fuente de inspiración y motivación para guiarme en cada paso de mi vida.*

*A mis padres Juan Fredy Huareccallo Mamani y Julia Salinas Pancca, por su apoyo incondicional y confianza, que han sido pilares fundamentales en mi vida.*

*A mi hermana Melany por la motivación y su apoyo que han sido fundamental en cada paso de este recorrido, sin su respaldo y cariño este objetivo no sería posible.*

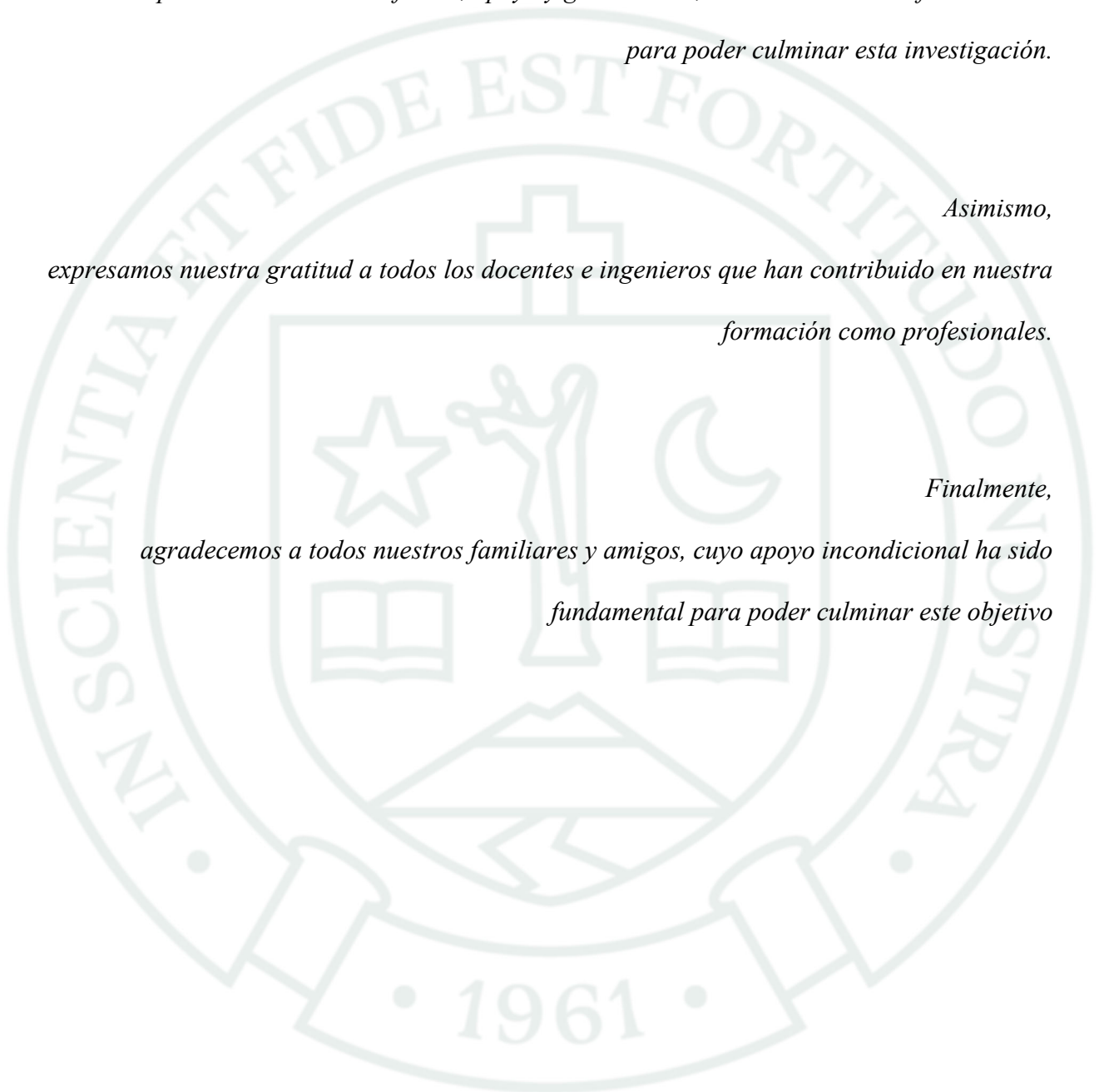
***Huareccallo Salinas, Richard  
Jhordan***

## AGRADECIMIENTOS

*Los autores agradecen a: Mag. Jeniffer Carla Torres Almirón por brindarnos su confianza, apoyo y generosidad, los cuales han sido fundamental para poder culminar esta investigación.*

*Asimismo, expresamos nuestra gratitud a todos los docentes e ingenieros que han contribuido en nuestra formación como profesionales.*

*Finalmente, agradecemos a todos nuestros familiares y amigos, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental para poder culminar este objetivo*



## RESUMEN

El adobe es un material de construcción de mayor uso en las zonas altoandinas del Perú. Este material fue empleado tradicionalmente para construir viviendas en estas zonas debido a su accesibilidad y bajo costo, sin embargo, este material pesado, débil y frágil requiere mejoras en sus características físico-mecánicas y térmicas. El Perú representa un total del 70.9% de viviendas en zonas rurales altoandinas construidas con este material de adobe convencional.

Esta investigación evalúa la influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y las propiedades físico-mecánicas de las viviendas altoandinas. La investigación se divide en dos partes: en la primera, se realizan diseños de adobe incorporando 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50% de fibra de ovino en peso al adobe, y se evalúa con respecto al adobe convencional. En la segunda parte, con los datos óptimos obtenidos, se realizan prototipos de módulos de vivienda altoandina.

Los resultados demuestran que al incorporar 1.25% de fibra de ovino en el adobe se alcanza una máxima resistencia a la compresión de 32.41 kg/cm<sup>2</sup>, con resistencia a la flexión de 13.26 kg/cm<sup>2</sup> y una conductividad térmica de 0.5814 W/m·K. Estos resultados cumplen con los requerimientos de la norma E.080 - Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Con este diseño se realiza el módulo de vivienda para este estudio. Paralelamente, se realizó con adobe convencional para evaluar su desempeño en ambos módulos. Los resultados de este análisis indican que la variación de temperaturas en el diseño con 1.25% de fibra de ovino en el adobe presenta menor variación de temperatura en su interior (5.8 °C a 17 °C), mientras que con el adobe convencional varía en mayor magnitud (3.8 °C a 17.8 °C), con temperaturas externas ambientales de -2.5 °C a 21.5 °C.

La hipótesis de la investigación, a un nivel de significancia de 0.05% y 95% de certeza, determina que existe influencia de la fibra de ovino en el adobe, mejorando sus propiedades físico-mecánicas y térmicas. Estas propiedades son beneficiosas para las construcciones de vivienda rurales altoandinas con presencia de temperaturas bajas. Asimismo, los materiales son accesibles, sostenibles y amigables con el medio ambiente.

**Palabras clave:** Adobe, fibra de ovino, conductividad térmica

## ABSTRACT

Adobe is a widely used building material in the high Andean regions of Peru. This material has traditionally been used to construct homes in these areas due to its accessibility and low cost; however, this heavy, weak, and fragile material requires improvements in its physical, mechanical, and thermal properties. In Peru, 70.9% of homes in rural high Andean areas are built with this conventional adobe material.

Esta investigación evalúa la influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y las propiedades físico-mecánicas de las viviendas altoandinas. La investigación se divide en dos partes: en la primera, se realizan diseños de adobe incorporando 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50% de fibra de ovino en peso al adobe, y se evalúa con respecto al adobe convencional. En la segunda parte, con los datos óptimos obtenidos, se realizan prototipos de módulos de vivienda altoandina.

The results demonstrate that incorporating 1.25% sheep fiber into adobe achieves a maximum compressive strength of 32.41 kg/cm<sup>2</sup>, a flexural strength of 13.26 kg/cm<sup>2</sup>, and a thermal conductivity of 0.5814 W/m·K. These results meet the requirements of standard E.080 - Design and Construction with Reinforced Earth. This design was used to construct the housing module for this study. A parallel construction using conventional adobe was also carried out to evaluate its performance in both modules. The results of this analysis indicate that the temperature variation in the design with 1.25% sheep fiber in the adobe shows less temperature variation inside (5.8 °C to 17 °C), while with the conventional adobe it varies in a greater magnitude (3.8 °C to 17.8 °C), with external ambient temperatures of -2.5 °C to 21.5 °C.

The research hypothesis, tested at a significance level of 0.05% and a 95% confidence level, determines that sheep fiber influences adobe, improving its physical-mechanical and thermal properties. These properties are beneficial for the construction of rural housing in high Andean regions with low temperatures. Furthermore, the materials are accessible, sustainable, and environmentally friendly.

**Keywords:** Adobe, sheep fiber, thermal conductivity.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN ..... 1

CAPÍTULO I..... 3

1. Planteamiento del problema y su relevancia ..... 4

1.1. Problemática de la investigación..... 4

1.2. Problema..... 6

1.2.1. Problema general..... 6

1.2.2. Problema específicos..... 6

1.3. Justificación de la investigación..... 6

1.3.1. Justificación ambiental..... 6

1.3.2. Justificación social ..... 7

1.3.3. Justificación económico..... 9

1.3.4. Importancia de la investigación ..... 9

1.3.5. Viabilidad..... 10

1.3.6. Alcances ..... 13

1.3.7. Limitaciones..... 15

1.4. Hipótesis..... 16

1.4.1. Hipótesis general..... 16

1.4.2. Hipótesis específicas ..... 16

1.5. Objetivos de investigación ..... 16

1.5.1. Objetivo general ..... 16

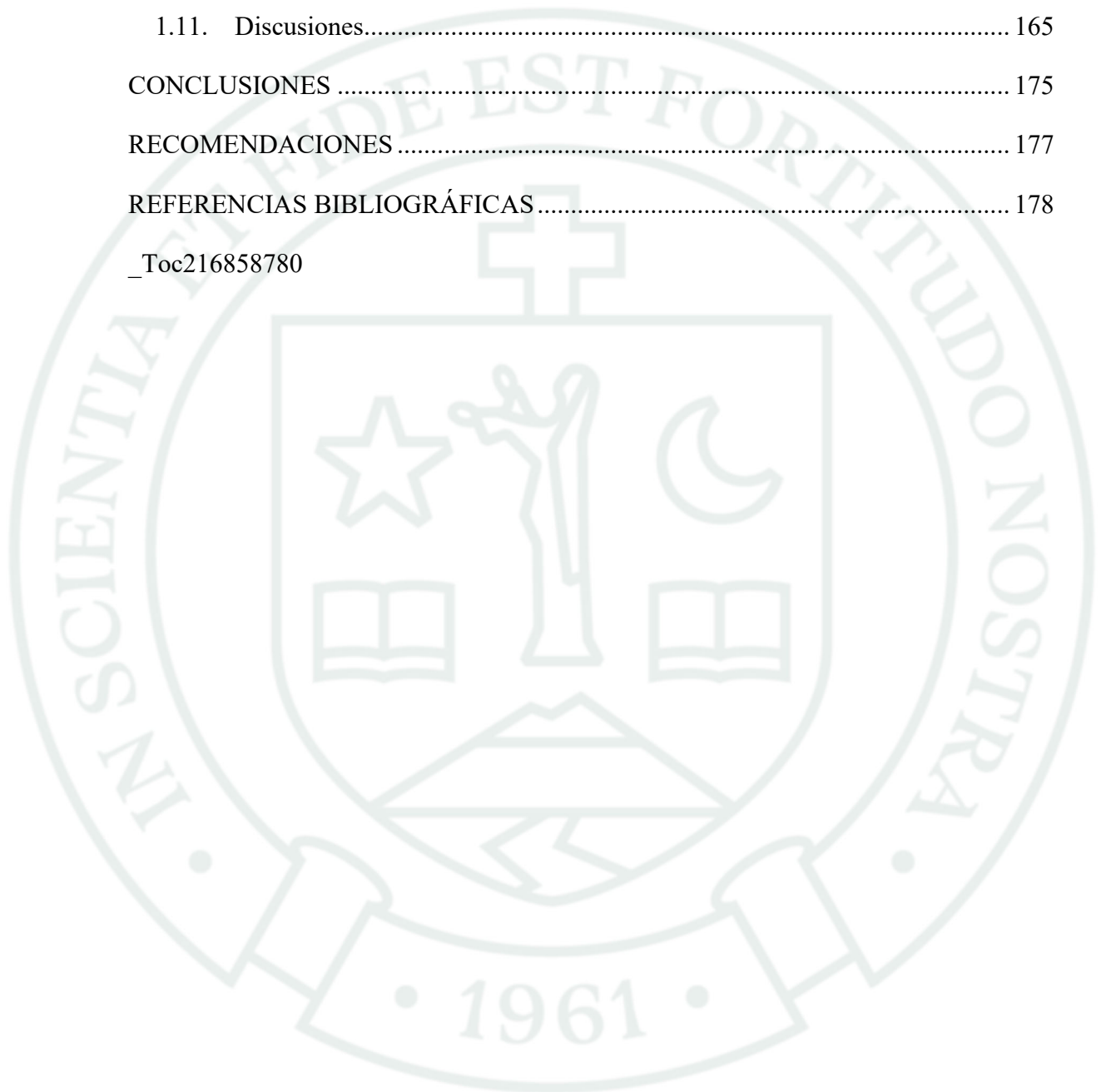
1.5.2. Objetivos específicos ..... 16

1.6. Variables e indicadores (Cuantitativas).....	17
1.6.1. Independiente .....	17
1.6.2. Dependiente .....	17
CAPÍTULO II .....	18
2. Fundamento teórico.....	19
2.1. Estado del arte .....	19
2.1.1. Internacionales .....	19
2.1.2. Nacionales .....	30
2.2. Marco teórico .....	42
2.2.1. Materiales.....	42
2.2.2. Adobe .....	54
2.2.3. Fibra de ovino .....	60
2.2.4. Propiedades térmicas.....	69
2.2.5. Suelos .....	82
2.2.6. Propiedades físicas .....	89
2.2.7. Propiedades mecánicas .....	91
CAPÍTULO III .....	94
1. Metodología .....	95
1.1. Enfoque de la investigación .....	95
1.2. Nivel de investigación .....	95
1.3. Diseño de investigación .....	95
1.4. Tipo de investigación .....	96
1.5. Materiales .....	96
1.5.1. Materia prima, insumos, equipos otros .....	96
1.5.2. Población y muestra .....	96
1.6. Métodos de la investigación.....	97

1.6.1. Técnicas de recolección de datos .....	97
1.6.2. Método de análisis de datos .....	97
1.6.3. Prueba de Hipótesis.....	97
1.7. Esquema del método de investigación .....	98
CAPÍTULO IV .....	99
1. Resultados .....	100
1.1. Contenido de humedad.....	101
1.1.1. Contenido de humedad del suelo .....	101
1.1.2. Contenido de humedad en unidad de adobe.....	102
1.2. Análisis granulométrico .....	102
1.3. Límite de Atterberg o consistencia.....	105
1.4. Clasificación de suelos .....	106
1.5. Propiedades físicas .....	109
1.5.1. Densidad de Adobe .....	109
1.5.2. Succion.....	111
1.5.3. Absorción .....	113
1.5.4. Alabeo .....	115
1.6. Propiedades mecánicas.....	117
1.6.1. Resistencia a la compresión .....	117
1.6.2. Resistencia a la Flexión.....	119
1.7. Propiedades térmicas.....	121
1.7.1. Conductividad térmica .....	121
1.8. Costos unitario.....	123
1.9. Evaluación en módulo de prototipos de viviendas.....	126
1.9.1. Simulación en modulo con distintas % fibra de ovino en adobe .....	131
1.9.2. Evaluación en modulo de viviendas “ casitas calientes” .....	134

1.10. Análisis estadístico.....	137
1.10.1. Concepto.....	137
1.10.2. Correlación de Pearson de las variables en estudio.....	138
1.10.3. Prueba de hipótesis.....	151
1.11. Discusiones.....	165
CONCLUSIONES .....	175
RECOMENDACIONES .....	177
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	178

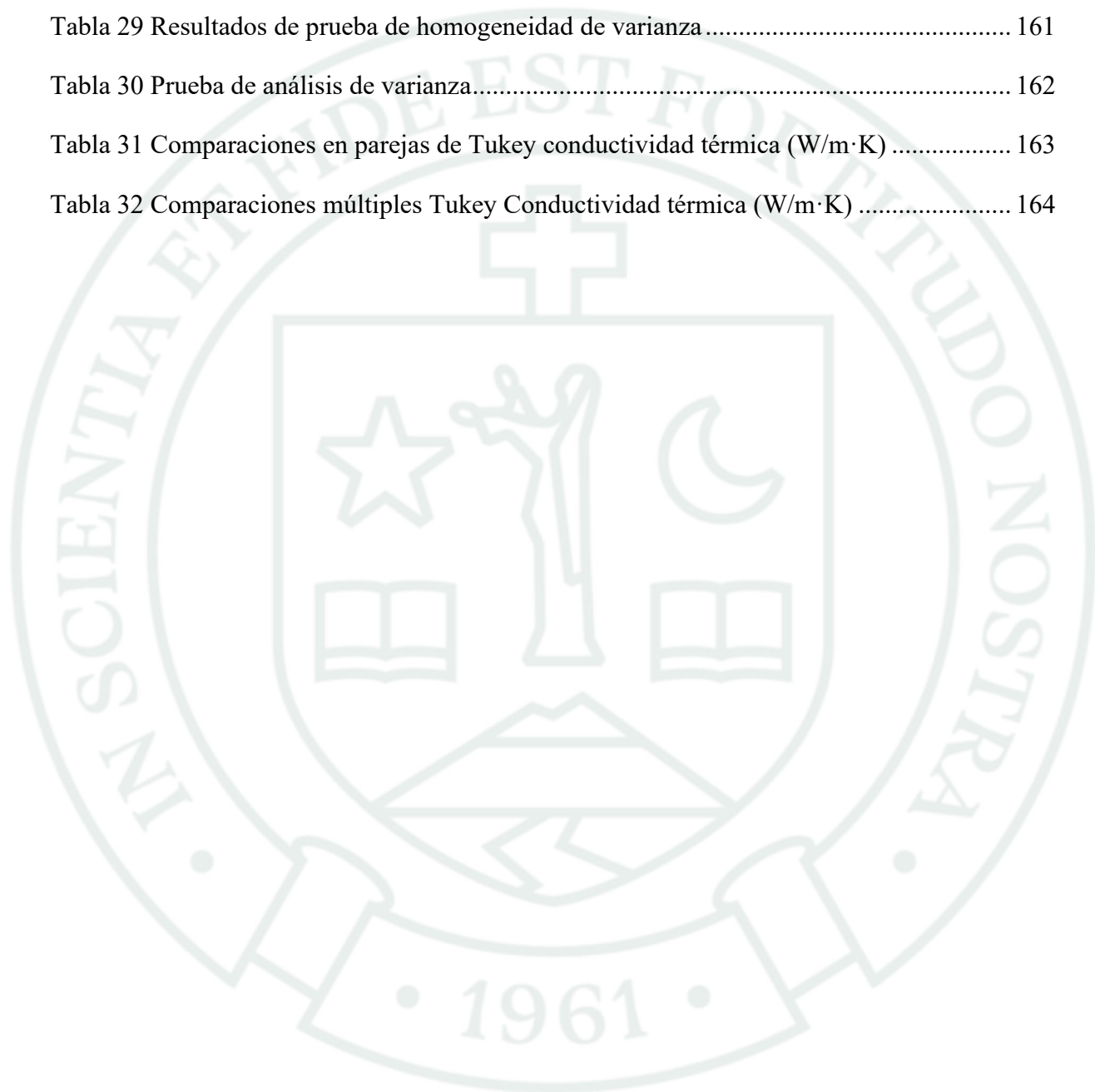
\_Toc216858780



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia, 2013 – 2023 .....	8
Tabla 2 Razas de ovinos del Perú.....	62
Tabla 3 Resumen de ensayos de humedad natural del material.....	101
Tabla 4 Contenido de humedad en unidades.....	102
Tabla 5 Resumen de ensayos granulométricos .....	103
Tabla 6 Resumen de composición física del suelo en función al tamaño de partícula .....	104
Tabla 7 Resumen de límites de Atterberg .....	105
Tabla 8 Resumen de ensayos de densidad .....	109
Tabla 9 Resumen de ensayo de succión .....	111
Tabla 10 Resumen de ensayos de absorción .....	113
Tabla 11 Resumen de ensayo de alabeo.....	115
Tabla 12 Resultados de ensayos de resistencia a compresión.....	117
Tabla 13 Resumen de ensayos de resistencia a la flexión.....	119
Tabla 14 Resumen de ensayos de Conductividad térmica .....	121
Tabla 15 Resumen de costos de unidad adobe con adición de fibra de ovino .....	123
Tabla 16 Lectura de temperaturas .....	130
Tabla 17 Energía requerida para alcanzar 14°C.....	134
Tabla 18 Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	151
Tabla 19 Resultados de prueba de homogeneidad de varianza .....	152
Tabla 20 Prueba de análisis de varianza.....	153
Tabla 21 Comparaciones en parejas de Tukey resistencia a la compresión kg/cm <sup>2</sup> .....	154
Tabla 22 Comparaciones múltiples Tukey resistencia a la compresión kg/cm <sup>2</sup> .....	155
Tabla 23 Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk .....	156
Tabla 24 Resultados de Prueba de homogeneidad de varianza.....	156

Tabla 25 Prueba de análisis de varianza.....	158
Tabla 26 Comparaciones en parejas de Tukey resistencia a flexión kg/cm <sup>2</sup> .....	158
Tabla 27 Comparaciones múltiples Tukey resistencia a la flexión kg/cm <sup>2</sup> .....	159
Tabla 28 Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	160
Tabla 29 Resultados de prueba de homogeneidad de varianza.....	161
Tabla 30 Prueba de análisis de varianza.....	162
Tabla 31 Comparaciones en parejas de Tukey conductividad térmica (W/m·K).....	163
Tabla 32 Comparaciones múltiples Tukey Conductividad térmica (W/m·K).....	164

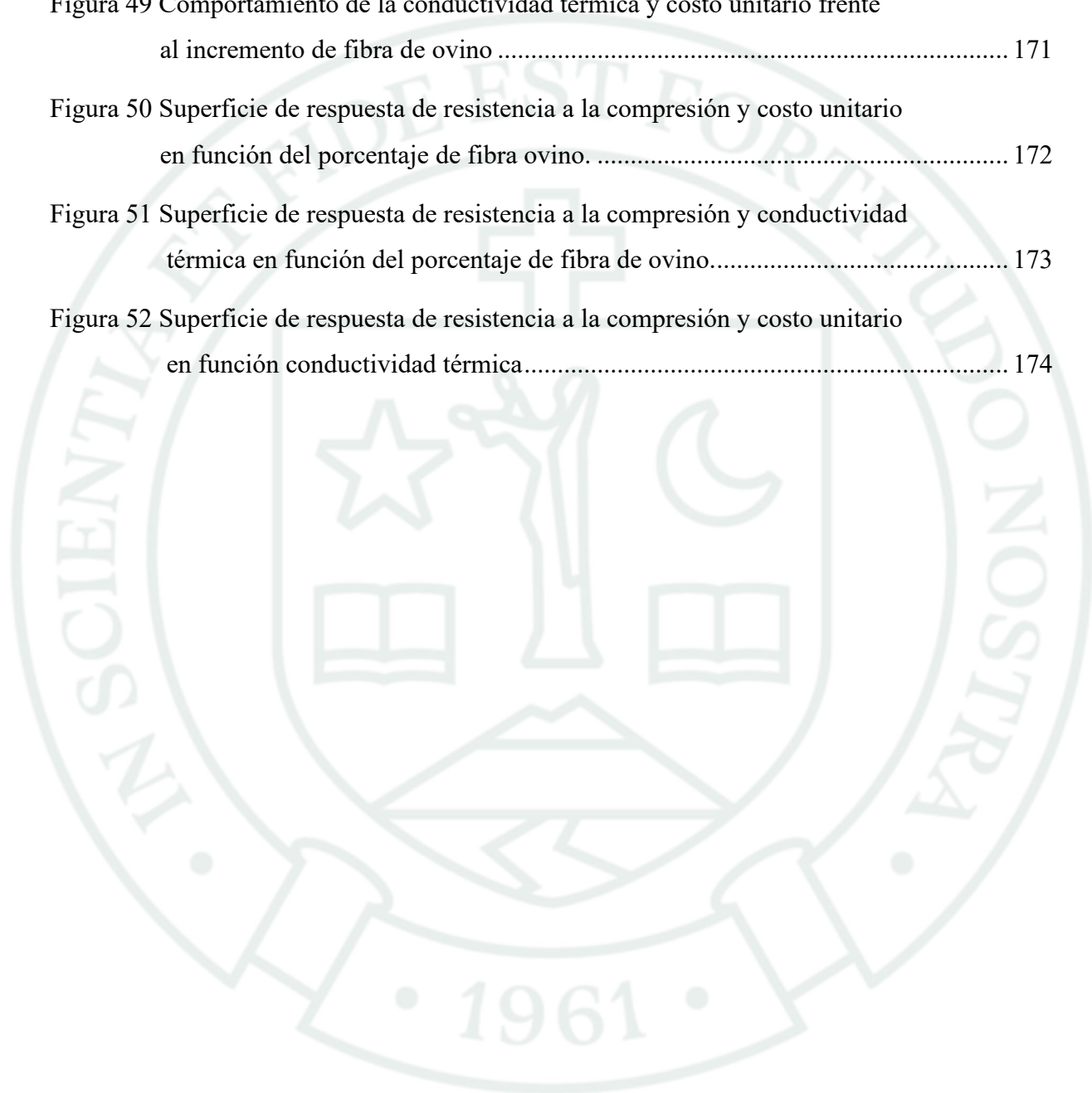


## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia, 2013-2023.....	10
Figura 2 Producción de principales productos pecuarios según región, 2024 .....	12
Figura 3 Población de ovinos por año, según región, 2007-2024 .....	13
Figura 4 Estructura de la arcilla .....	51
Figura 5 Partícula de limo .....	53
Figura 6 Cadena productiva de lana de ovino .....	63
Figura 7 Confort térmico.....	70
Figura 8 Rangos de valores de densidad, conductividad y transmitancia térmica de materiales .....	77
Figura 9 Casas Sumaq Wasi.....	79
Figura 10 Evolución del diseño del producto entregado (módulos habitacionales) .....	81
Figura 11 Medidor de Conductividad térmica Portátil.....	82
Figura 12 Numero de malla de los diferentes tamices .....	83
Figura 13 Esquema del metodológico.....	98
Figura 14 Ubicación de la zona de la muestra .....	100
Figura 15 Resumen de curvas granulométricas.....	104
Figura 16 Clasificación de suelos según índice de plasticidad .....	105
Figura 17 Caracterización del suelo en estudio con carta de plasticidad de Casagrande.....	106
Figura 18 Fracción limo-arcillosa (AAHSTO) .....	107
Figura 19 Clasificación de Suelos (Sistema AASHTO) .....	107
Figura 20 Clasificación de suelos del sistema S.U.C.S.....	108
Figura 21 Grafica de densidad de % de fibra de Ovino en el adobe .....	110
Figura 22 Grafica de resultados en ensayos de succión de adobe.....	112
Figura 23 Gráfico de ensayo de Absorción de Adobe .....	114
Figura 24 Grafica de prueba de Alabeo .....	116

Figura 25 Grafica de resistencia a compresión. ....	118
Figura 26 Gráfico de Resistencia a flexión .....	120
Figura 27 Rangos de valores de densidad, conductividad, transmitancia térmica de materiales .....	122
Figura 28 Gráfico de conductividad térmica.....	122
Figura 29 Costo unitario de producción de adobe con variación de % fibra de ovino .....	124
Figura 30 Evaluación del análisis de costo con respecto al % de fibra de ovino en el adobe. ....	125
Figura 31 Ubicación módulos en estudio .....	126
Figura 32 Mezcla de tierra, paja y lana de ovino .....	127
Figura 33 Construcción de módulos de estudio .....	127
Figura 34 Medición de temperatura nocturna .....	128
Figura 35 Lectura de temperatura con termómetro.....	128
Figura 36 Evaluación de temperaturas internas en módulos en estudio. ....	131
Figura 37 Trayectoria simuladas de los módulos en estudio .....	132
Figura 38 Espectro de temperaturas de módulos en estudio simulados y experimental .....	133
Figura 39 Espectro de temperatura requerida para alcanzar 14 °C .....	135
Figura 40 Espectro de Energía requerida para alcanzar la temperatura .....	136
Figura 41 Área de rechazo y de aceptación.....	138
Figura 42 Mapa de correlación de variables .....	139
Figura 43 Efecto del porcentaje de fibra de ovino en la resistencia a la compresión y conductividad térmica.....	165
Figura 44 Efecto del porcentaje de fibra de ovino en la resistencia a la compresión y costo unitario .....	166
Figura 45 Efecto del porcentaje de fibra de ovino en la resistencia a la compresión y costo unitario .....	167
Figura 46 Comportamiento de la conductividad térmica y resistencia a la compresión frente al incremento de fibra de ovino .....	168

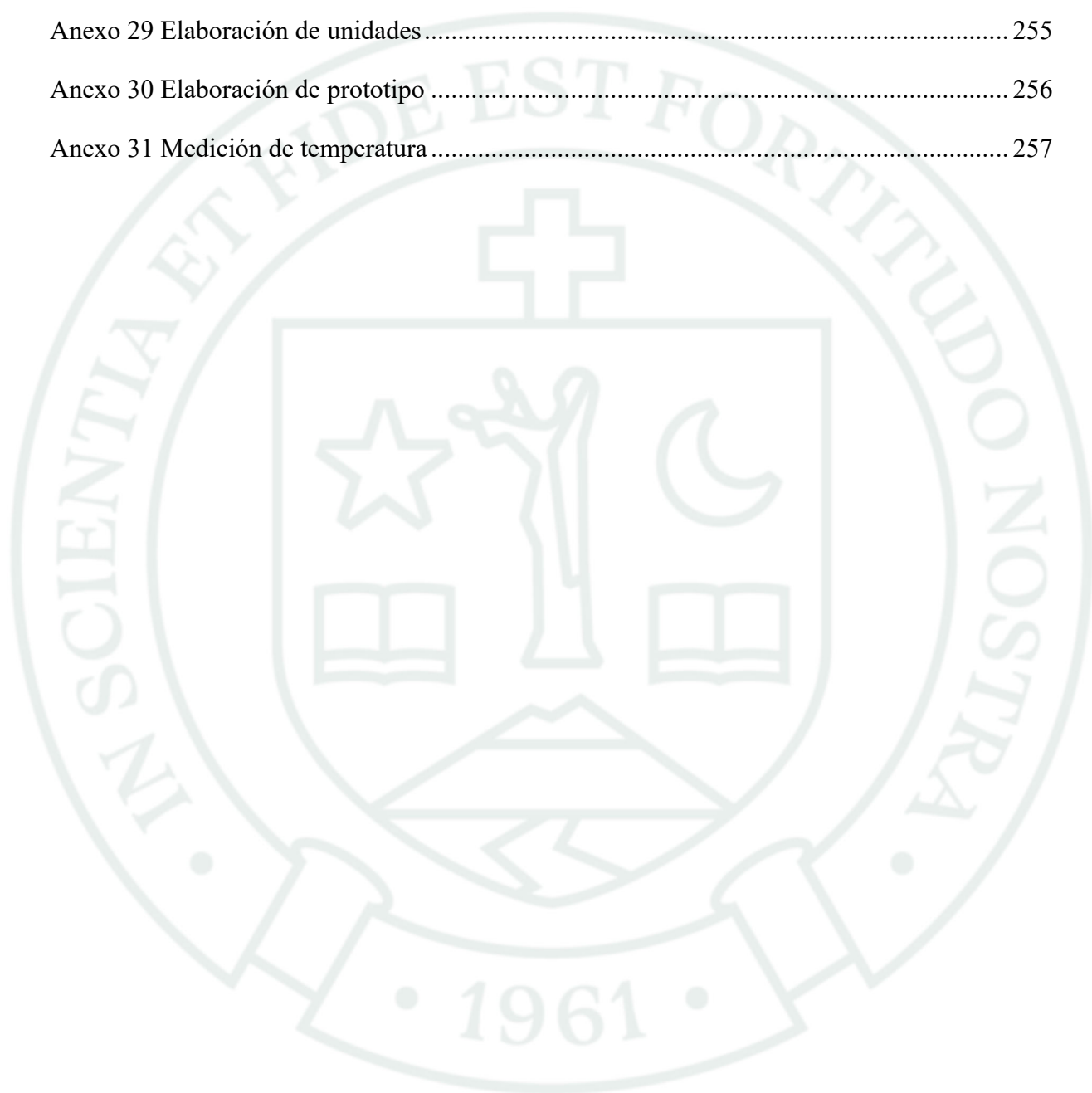
Figura 47 Comportamiento de la resistencia a flexión y resistencia a la compresión frente al incremento de fibra de ovino .....	169
Figura 48 Comportamiento de la resistencia a la compresión y costo unitario frente al incremento de fibra de ovino .....	170
Figura 49 Comportamiento de la conductividad térmica y costo unitario frente al incremento de fibra de ovino .....	171
Figura 50 Superficie de respuesta de resistencia a la compresión y costo unitario en función del porcentaje de fibra ovino. ....	172
Figura 51 Superficie de respuesta de resistencia a la compresión y conductividad térmica en función del porcentaje de fibra de ovino.....	173
Figura 52 Superficie de respuesta de resistencia a la compresión y costo unitario en función conductividad térmica.....	174



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia .....	185
Anexo 2 Matriz de operacionalización de variables .....	186
Anexo 3 Certificados de laboratorio (Ensayo de humedad natural) .....	187
Anexo 4 Certificados de laboratorio (Ensayo análisis granulométrico) .....	188
Anexo 5 Certificados de laboratorio (Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos) .....	194
Anexo 6 Certificados de laboratorio (Densidad).....	199
Anexo 7 Certificados de laboratorio (Succión).....	203
Anexo 8 Certificados de laboratorio (Absorción).....	206
Anexo 9 Certificados de laboratorio (Alabeo).....	207
Anexo 10 Resistencia a la compresión.....	212
Anexo 11 Resistencia a la flexión.....	217
Anexo 12 Resistividad y conductividad térmica.....	222
Anexo 13 Registros y espectro de temperatura.....	228
Anexo 14 Costos .....	236
Anexo 15 Procedimientos de elaboración de ensayos (extracción de material) .....	241
Anexo 16 Prueba de resistencia de adobe .....	242
Anexo 17 Cinta de barro .....	243
Anexo 18 Resistencia seca .....	244
Anexo 19 Contenido de humedad .....	245
Anexo 20 Descrudado de fibra de ovino.....	246
Anexo 21 Granulometría.....	247
Anexo 22 Succión .....	248
Anexo 23 Absorción.....	249
Anexo 24 Alabeo.....	250

Anexo 25 Resistencia a la compresión.....	251
Anexo 26 Resistencia a la flexión .....	252
Anexo 27 Prototipo de casa (Calado de fibra de ovino) .....	253
Anexo 28 Procesamiento de material.....	254
Anexo 29 Elaboración de unidades.....	255
Anexo 30 Elaboración de prototipo .....	256
Anexo 31 Medición de temperatura.....	257



## INTRODUCCIÓN

El adobe o tapia es un elemento de construcción predominante en las zonas rurales del Perú. Según el INEI (2024), representa un total del 70.9 % en zonas rurales. Este porcentaje se debe a la accesibilidad de los elementos y al bajo costo de implementación. Los departamentos con mayor porcentaje de este tipo de viviendas son Puno (58.6 %), Huánuco (55.3 %), Huancavelica (82.4 %), Cusco (67.3 %), Cajamarca (70.3 %), Ayacucho (62.1 %) y Apurímac (76.1 %). Estos datos son extraídos del INEI (Censos Nacionales 2017). El caso de estudio se encuentra en el departamento de Puno, que, según datos del SENAMHI, ha experimentado un descenso en su temperatura promedio anual de 10.9 °C a 9.7 °C en los últimos 6 años (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

El material de adobe presenta desventajas en sus propiedades físico-mecánicas y térmicas, como su degradación en condiciones de humedad, lluvias y baja resistencia. Es por ello por lo que existe la necesidad de implementar una solución que pueda mejorar estas propiedades. (Brito et al, 2021)

La investigación tiene como objetivo proponer una mejora en la unidad de adobe, adicionando fibra de ovino, que contribuirá a solucionar las deficiencias del adobe convencional en su desempeño térmico y propiedades físico-mecánicas. Se evaluó el adobe convencional junto con el adobe incorporado con fibra de ovino al 0.75 %, 1.00 %, 1.25 % y 1.50 % respecto a su peso, mediante ensayos realizados según normativas nacionales e internacionales. Validamos la información con el resultado óptimo obtenido a nivel de laboratorio y realizamos un módulo de prototipos de viviendas.

La investigación está compuesta por 5 capítulos:

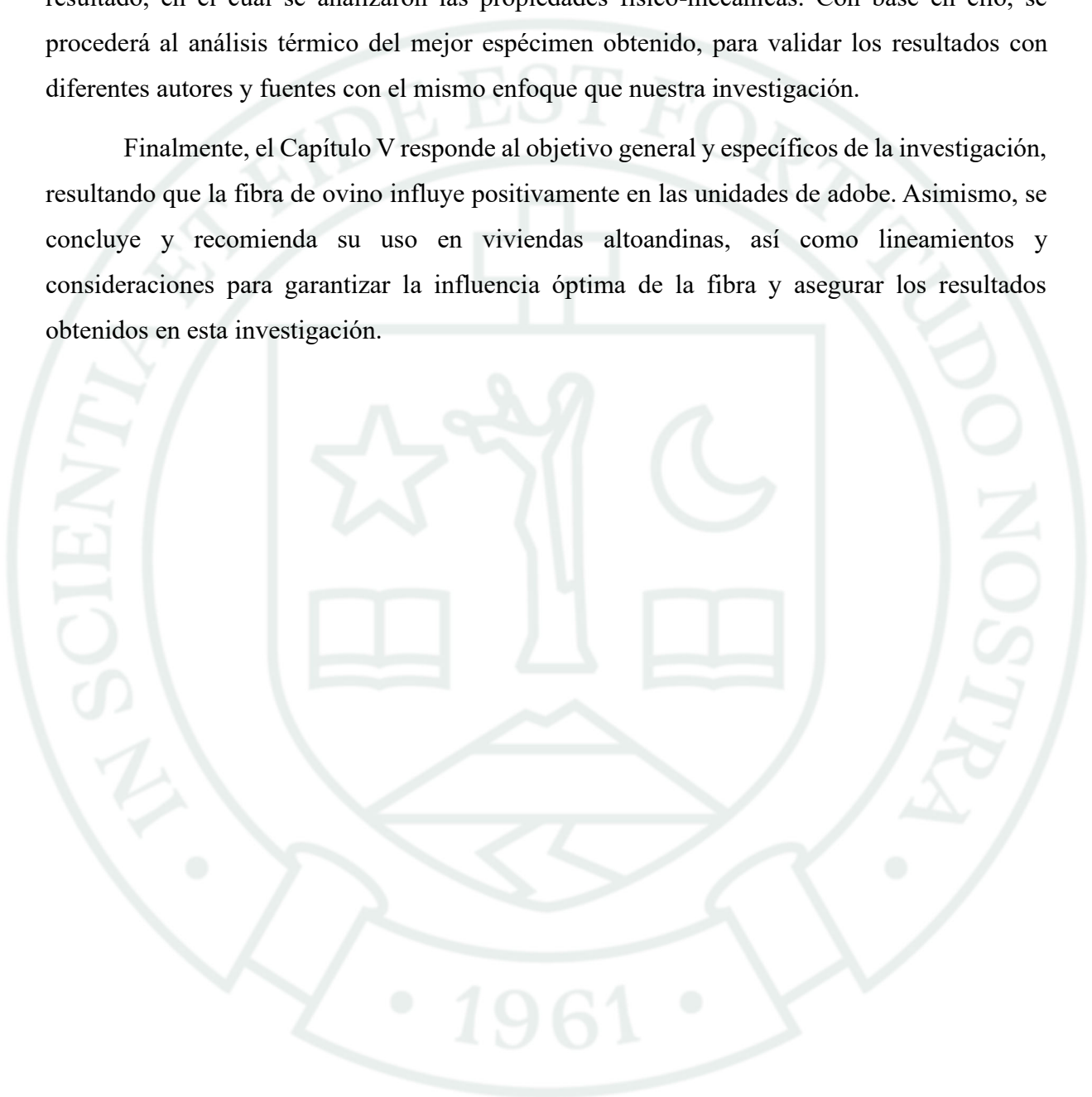
El Capítulo I aborda el incentivo para llevar a cabo esta investigación, el cual se centra en la influencia de la fibra de ovino para el mejoramiento del desempeño térmico y las propiedades físico-mecánicas, aplicadas en viviendas altoandinas, analizando sus limitantes para un correcto desarrollo de la investigación.

En el Capítulo II, se especifican los conceptos clave para el desarrollo de las pruebas en laboratorio, así como el análisis de diferentes investigaciones realizadas en relación con el enfoque planteado, con la finalidad de garantizar una correcta secuencia metodológica que nos conduzca a los resultados esperados.

En el Capítulo III, nos centramos en el rumbo que seguirá el desarrollo de la investigación experimental, para abordar cada propiedad en los ensayos adecuados, los cuales se realizaron de manera secuencial y estratégica.

El Capítulo IV detalla cada ensayo realizado en el laboratorio con su respectivo resultado, en el cual se analizaron las propiedades físico-mecánicas. Con base en ello, se procederá al análisis térmico del mejor espécimen obtenido, para validar los resultados con diferentes autores y fuentes con el mismo enfoque que nuestra investigación.

Finalmente, el Capítulo V responde al objetivo general y específicos de la investigación, resultando que la fibra de ovino influye positivamente en las unidades de adobe. Asimismo, se concluye y recomienda su uso en viviendas altoandinas, así como lineamientos y consideraciones para garantizar la influencia óptima de la fibra y asegurar los resultados obtenidos en esta investigación.





## **CAPÍTULO I**

## **1. Planteamiento del problema y su relevancia**

### **1.1. Problemática de la investigación**

El Perú dispone de tres unidades geográficas denominadas Costa, Sierra y Selva. Según el Compendio de Clima y Salud, elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, se clasifica en 38 tipos de climas en su última actualización. Esta clasificación detalla la presencia de 4 climas muy lluviosos y 11 lluviosos que se presentan en la selva alta y baja, mientras que hay 13 semisecos, 7 semiáridos, 2 áridos y uno glaciario presentes en la sierra. De esta manera, SENAMHI detalla la descripción departamental de los climas mencionados de acuerdo con sus características, en la cual señala a Huánuco, Pasco y Puno como los departamentos de la sierra con mayor presencia de humedad durante todo el año. Este grupo de 3 departamentos también se incluye dentro de los departamentos con clima glaciario, el cual se presenta en la zona sierra a más de 5000 m.s.n.m. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2020)

Debemos considerar que, según Wizer et al (2020), a una altitud entre 2300 y 3500 m.s.n.m. se presenta un clima continental frío, con días templados, noches frías y altas oscilaciones. Los casos de infecciones respiratorias agudas, según el boletín epidemiológico SE 19 -2024 del Perú, muestran 58 y 53 defunciones, respectivamente, para los años 2023 y 2024, por causas de IRAS (no neumonías) y neumonías.

Nuestro caso de estudio se enfoca en el departamento de Puno, el cual se clasifica con un clima semiseco y frío a semi frígido, con un invierno seco y deficiente en humedad en otoño e invierno en zonas altiplánicas. Mientras que en la zona noreste se presenta un clima con demasiada lluvia, además de un clima cálido a templado con mucha humedad durante el año. Por ello, es el departamento con la mayor cantidad de climas presentes en nuestro país. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la temperatura promedio anual y la temperatura máxima promedio anual en Puno han pasado de 10.9 ° C a 9.7 ° C y de 16.9 ° C a 16.3 ° C en los últimos 6 años, respectivamente. Por esta razón, es primordial mantener el confort térmico en las viviendas altoandinas para abordar este problema. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2020)

Por lo anteriormente descrito, se realizó la iniciativa de mejoramiento en viviendas altoandinas de la región, basado en la iniciativa del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, como parte del Programa Nacional de Vivienda Rural. Otro aspecto para considerar para el desarrollo de estas viviendas altoandinas mejoradas es el nivel

socioeconómico de la población, que es desequilibrado, especialmente en distritos y provincias alejadas de las zonas urbanas, las cuales generan una fuerte concentración económica basada en el trabajo de la tierra, a diferencia de otras regiones. Las viviendas confortables en los sectores altoandinos son escasas, lo cual es un problema durante las temporadas de invierno. En el distrito de Samán, provincia de Azángaro, las temperaturas en los meses de junio y julio afectan más a la población más vulnerable, con temperaturas de hasta - 5 °C. Además, el uso designado que se proporciona a los terrenos debe ir ligado a la construcción y las condiciones que se tienen como objetivo garantizar, de manera que se mantengan las condiciones, posibilidades y facilidades para su construcción e instalación. Tomando en consideración lo anterior, el uso de la tierra resulta ser el material más factible y accesible para la construcción de viviendas. Asimismo, se debe garantizar un confort para los pobladores con el fin de asegurar una mejor calidad de vida. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2024)

Es por ello la necesidad de mantener el confort térmico en las viviendas más vulnerables con materiales aislantes. Las viviendas predominantes en las zonas altoandinas son de adobe o tapia, conformando, según INEI , un total de 70.9% a nivel rural en el apartado de "Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia". Este porcentaje ha tenido una ligera disminución del 1.67% en los últimos cinco años. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

La aplicación de la tecnología vanguardista que nos permita realizar un análisis térmico es de vital importancia para observar el comportamiento de los materiales en diferentes condiciones ambientales. Para conocer cómo se comportan las viviendas en diferentes escenarios de temperaturas ambientales, es necesario utilizar la tecnología que permita generar un espectro de temperatura y evaluar su desempeño en dichas condiciones.

## **1.2. Problema**

### ***1.2.1. Problema general***

¿De qué manera influye la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico-mecánicas para las viviendas altoandinas?

### ***1.2.2. Problema específicos***

- ¿De qué manera influye la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico para las viviendas altoandinas?
- ¿Cómo influye la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento de sus propiedades físicas para las viviendas altoandinas?
- ¿Cómo influye la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas para las viviendas altoandinas?
- ¿De qué manera influye la fibra de ovino en el costo unitario para las dosificaciones en la elaboración de adobe?

## **1.3. Justificación de la investigación**

### ***1.3.1. Justificación ambiental***

Debido al problema planteado, se vuelve imprescindible el mejoramiento de dichas viviendas mediante la incorporación de materiales que no comprometan el equilibrio ambiental del entorno. En este sentido, resulta fundamental priorizar el uso de recursos que presenten un bajo impacto ecológico y que contribuyan a una construcción más responsable y consciente. Por ello, se propone la utilización de materiales naturales, renovables y sostenibles, como la fibra de ovino, la cual destaca por sus propiedades aislantes, su disponibilidad y su capacidad para integrarse de manera armónica con el medio ambiente. La aplicación de este tipo de material no solo favorece la reducción de efectos negativos sobre la naturaleza, sino que también permite mejorar las condiciones de habitabilidad de las viviendas, promoviendo soluciones constructivas acordes con los principios de sostenibilidad..

### **1.3.2. Justificación social**

Esta investigación propone el uso de la fibra de ovino en la elaboración de adobe, con la finalidad de mejorar de manera significativa las propiedades físico-mecánicas del material y optimizar el confort térmico de las viviendas. La incorporación de este recurso natural busca fortalecer la resistencia y durabilidad del adobe, así como incrementar su capacidad de aislamiento frente a las bajas temperaturas. Esta propuesta se plantea como una alternativa viable para contribuir a la solución del problema del descenso de temperatura que se presenta de forma recurrente en el sur del Perú.

De acuerdo con información del INDECI, esta problemática climática afecta a nueve departamentos, cuarenta y seis provincias y ciento ochenta y tres distritos, impactando de manera más severa a la población vulnerable. Este grupo poblacional, en su mayoría, habita viviendas rurales de carácter precario, construidas con materiales tradicionales que no ofrecen una adecuada protección térmica. (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2023)

Asimismo, según datos del INEI, las construcciones de adobe o paja representan aproximadamente el 29 % del total de viviendas a nivel nacional, lo que evidencia la relevancia de mejorar este tipo de edificaciones. En este contexto, el uso de la fibra de ovino en el adobe se presenta como una alternativa sostenible y accesible, orientada a mejorar las condiciones de habitabilidad y calidad de vida de las comunidades más afectadas. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

**Tabla 1**

*Porcentaje de viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia, 2013 – 2023*

<b>Material predominante en las paredes exteriores</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ladrillo o bloque de cemento	52.2	51.7	51.7	51.9	53.1	54.0	55.4	56.3	55.3	56.9	57.4
Piedra o silla con cal o cemento	0.7	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5
Adobe o tapia	33.6	34.3	33.5	33.3	32.6	32.6	31.4	30.7	31.0	29.6	29.0
Quincha (caña de barro)	1.8	1.6	1.7	1.4	1.5	1.3	1.1	1.2	1.0	0.8	0.8
Piedra con barro	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.6	0.7	0.6	0.5
Madera 1/	7.6	7.7	8.5	8.7	8.4	7.7	7.7	8.3	8.5	8.6	8.4
Madera 2/	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	1.6	1.6	1.6	1.8	1.6	1.9
Otro material 3/	2.8	2.8	2.8	2.6	2.6	1.6	1.4	0.7	1.4	1.4	1.4

*Nota.* Obtenido de Censo Estadístico 2024 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2024).

### ***1.3.3. Justificación económico***

La investigación plantea el desarrollo de un material constructivo elaborado a partir de fibra de ovino, orientado específicamente a su aplicación en la construcción de viviendas en zonas altoandinas. Este material se presenta como una alternativa viable frente a los insumos tradicionales utilizados en este tipo de edificaciones, ya que permite aprovechar un recurso disponible en el entorno local. Asimismo, la propuesta destaca que el uso de la fibra de ovino contribuiría a reducir significativamente los costos de construcción, en comparación con otros materiales convencionales, sin apartarse del objetivo principal de brindar una solución accesible y adecuada a las condiciones propias de estas regiones.

### ***1.3.4. Importancia de la investigación***

La propuesta se orienta a la integración de un material de origen natural, renovable y sostenible, como es la fibra de ovino, con el fin de desarrollar una mejora del adobe tradicional utilizado en las viviendas altoandinas. Esta mejora busca adecuar dicho material a las condiciones actuales de habitabilidad, respondiendo a las necesidades propias de estas zonas geográficas. En este sentido, la incorporación de la fibra de ovino tiene como propósito principal optimizar las propiedades del adobe, especialmente en lo relacionado con su capacidad calorífica y su resistencia, aspectos fundamentales para garantizar espacios más confortables y duraderos. De esta manera, se pretende mantener y proporcionar una calidad de vida óptima a los habitantes, planteando esta alternativa como una opción viable para el desarrollo futuro de viviendas que ofrezcan mayores niveles de comodidad y bienestar.

Lo anteriormente expuesto se vincula directamente con la construcción de viviendas altoandinas como las denominadas Sumaq Wasi, las cuales forman parte de un proyecto impulsado por el Estado. Dicho proyecto tiene como objetivo la edificación de viviendas confortables y sostenibles, orientadas a mejorar la calidad de vida de la población en situación de pobreza y pobreza extrema. En este contexto, desde el año 2013 se viene implementando esta iniciativa, la cual se integra al Programa Nacional de Vivienda Rural. Este programa es desarrollado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y constituye un esfuerzo por promover soluciones habitacionales que respondan a las condiciones climáticas, sociales y económicas propias de las zonas altoandinas.

**Figura 1**

*Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia, 2013-2023.*

Material predominante en las paredes exteriores / Área de residencia	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Total</b>	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ladrillo o bloque de cemento	52.2	51.7	51.7	51.9	51.1	54.0	55.4	56.3	55.5	56.9	57.4
Piedra o sillar con cal o cemento	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
Adobe o tapia	33.6	34.3	33.5	33.3	32.9	32.6	31.4	30.7	31.0	29.6	29.0
Quincha (caña con barro)	1.8	1.6	1.7	1.4	1.3	1.3	1.1	1.2	1.0	0.8	0.8
Piedra con barro	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.6	0.7	0.6	0.5
Madera 1/	7.6	7.7	8.3	8.7	8.4	7.7	7.7	8.3	8.5	8.6	8.4
Estera 2/	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	1.6	1.6	1.6	1.8	1.6	1.9
Otro material 3/	1.9	2.8	3.8	2.6	2.8	1.6	1.4	0.7	1.4	1.4	1.4
<b>Urbana</b>	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ladrillo o bloque de cemento	67.2	66.4	66.0	66.0	67.0	67.8	69.2	68.9	67.9	69.2	69.5
Piedra o sillar con cal o cemento	0.8	0.7	0.7	1.0	0.8	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6
Adobe o tapia	29.8	27.7	27.0	27.0	26.3	26.4	19.4	19.3	19.5	18.4	17.8
Quincha (caña con barro)	1.8	1.6	1.7	1.4	1.6	1.2	1.1	1.1	1.0	0.8	0.9
Piedra con barro	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Madera 1/	8.3	6.5	7.5	7.7	7.5	6.5	6.4	7.4	7.8	7.8	7.7
Estera 2/	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	1.8	1.8	1.9	2.0	1.9	2.2
Otro material 3/	2.5	2.4	2.5	2.3	2.6	1.5	1.4	0.7	1.4	1.3	1.3
<b>Rural</b>	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ladrillo o bloque de cemento	6.9	7.3	7.3	7.3	8.3	8.6	9.2	10.5	10.9	11.6	12.4
Piedra o sillar con cal o cemento	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.3	0.3	0.4
Adobe o tapia	72.3	72.1	72.5	72.5	72.1	72.6	71.8	72.0	71.7	70.9	70.9
Quincha (caña con barro)	1.8	1.8	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.6	0.8	0.8	0.6
Piedra con barro	3.2	3.3	2.9	3.0	3.1	2.6	3.0	2.3	2.6	2.6	2.2
Madera 1/	11.4	11.3	11.5	11.7	11.2	11.7	12.0	11.5	11.4	11.2	11.1
Estera 2/	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	0.7	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9
Otro material 3/	3.0	3.7	3.6	3.6	3.4	2.0	1.6	0.9	1.5	1.5	1.5

*Nota.* Obtenido de Censo Estadístico 2024 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2024)

### 1.3.5. Viabilidad

El incentivo principal para el planteamiento del uso de la fibra de ovino radica en su capacidad para incrementar la resistividad térmica y, a su vez, disminuir la conductividad térmica del adobe, lo cual resulta fundamental en contextos climáticos propios de las zonas altoandinas. Esta elección se ve reforzada por la disponibilidad del recurso en la provincia de Azángaro, la cual se posiciona como el segundo mayor productor de fibra de ovino, con una producción aproximada de 423 toneladas. Este valor resulta significativo al compararse con la provincia de Puno, que ocupa el primer lugar con una producción cercana a las 426 toneladas. La proximidad entre ambas cifras evidencia la abundancia del recurso en la región, lo que representa una ventaja importante en términos de accesibilidad, reducción de costos de transporte y viabilidad para su aplicación en la construcción de viviendas.

Asimismo, diversos autores destacan las propiedades físicas y funcionales de la fibra de ovino que la convierten en un material idóneo para su incorporación en sistemas constructivos. De acuerdo con Tinoco, Óscar, la fibra de ovino se caracteriza por ser resistente, elástica y flexible, cualidades que contribuyen a mejorar el desempeño mecánico de los materiales en los que se integra. Además, su elevada capacidad de protección térmica le otorga un adecuado poder aislante, aspecto clave para enfrentar las bajas temperaturas características de las zonas altoandinas. A ello se suma su gran capacidad de absorción de humedad, su baja tendencia a arrugarse y su buena elasticidad, lo que favorece su durabilidad. Tinoco también señala que se trata de un material antiinflamable que no se funde, lo cual incrementa su seguridad frente a riesgos asociados al fuego. (Tinoco, 2009)

De manera complementaria, el informe de mercado de lana de oveja elaborado por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego en el año 2022 resalta una serie de propiedades relevantes de la lana de ovino que respaldan su potencial uso en el ámbito constructivo. Entre estas características se encuentra su capacidad para absorber la humedad, lo que contribuye a regular las condiciones internas de los espacios habitables. Asimismo, se destaca su longevidad, lo que permite prolongar la vida útil de los elementos constructivos. La lana de ovino también es un material liviano y adaptable a diversos usos, presenta resistencia al arrugado, no se inflama fácilmente —ya que ante el fuego tiende a convertirse en ceniza— y muestra una alta resistencia al uso continuo, manteniendo sus propiedades a lo largo del tiempo. En conjunto, estas cualidades refuerzan la pertinencia de su integración como un componente innovador y sostenible en la mejora del adobe para viviendas altoandinas. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2022).

**Figura 2***Producción de principales productos pecuarios según región, 2024*

Región	Huevo de gallina	Leche fresca de vaca	Fibra de alpaca	Fibra de llama	Lana de ovino
Nacional	508 592	2 228 889	4 615	712	8 031
Tumbes	89	305	0	0	0
Piura	4 571	44 641	0	0	24
Lambayeque	6 868	44 200	0	0	0
La Libertad	84 401	190 379	14	0	809
Cajamarca	2 004	382 460	0	0	206
Cajamarca	1 106	237 753	0	0	170
Chota	541	136 729	0	0	37
Jaén	358	7 978	0	0	0
Amazonas	1 250	107 323	0	0	4
Ancash	1 189	23 049	0	0	27
Lima	141 289	376 115	24	2	109
Ica	213 707	100 473	0	0	0
Huánuco	1 115	63 560	12	0	150
Pasco	135	40 334	308	17	768
Junín	947	62 700	219	109	1 589
Huancavelica	524	21 369	90	11	187
Arequipa	17 512	332 030	135	38	57
Moquegua	295	18 005	58	8	4
Tacna	4 864	23 550	132	0	0
Ayacucho	697	45 341	107	9	152
Apurímac	413	31 714	68	30	112
Abancay	213	17 441	55	18	93
Andahuaylas	200	14 273	14	12	19
Cusco	711	136 716	693	37	721
Puno	1 478	144 317	2 754	451	3 112
San Martín	13 751	34 002	0	0	0
Loreto	4 526	1 315	0	0	0
Ucayali	3 222	3 634	0	0	0
Madre de Dios	3 033	1 356	0	0	0

*Nota.* Producción de principales productos pecuarios según región, 2024 (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2024)

**Figura 3**

*Población de ovinos por año, según región, 2007-2024*

Región	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024*
<b>Total Nacional</b>	<b>14 580 166</b>	<b>14 509 628</b>	<b>14 137 890</b>	<b>14 159 719</b>	<b>14 050 173</b>	<b>12 184 145</b>	<b>11 830 977</b>	<b>11 652 272</b>	<b>11 982 580</b>	<b>11 450 959</b>	<b>11 338 424</b>	<b>11 330 988</b>	<b>11 371 639</b>	<b>11 071 889</b>	<b>10 942 388</b>	<b>11 201 726</b>	<b>11 238 432</b>	<b>11 278 083</b>
Turkey	8 750	7 352	7 460	8 230	9 430	8 950	8 700	7 410	8 468	8 280	7 580	7 450	7 515	10 210	9 063	9 837	11 437	9 937
Plus	283 886	248 203	258 830	338 970	338 702	344 796	313 119	292 109	308 339	302 540	341 213	293 119	274 350	243 119	266 289	254 704	243 119	243 119
Lambayeque	77 846	95 249	93 100	87 859	86 180	77 386	85 246	84 377	84 240	82 665	88 810	87 840	88 325	72 850	73 368	74 798	71 310	73 114
La Libertad	413 450	412 886	412 338	412 872	412 407	402 621	356 517	365 201	358 682	357 814	356 486	333 412	380 982	380 882	38 171	381 170	389 947	368 772
Cajamarca	426 561	434 853	441 100	413 819	434 278	421 175	417 560	411 297	409 942	485 841	455 567	484 116	480 072	484 440	484 087	489 462	483 579	483 612
Amazonas	39 571	39 215	40 120	41 072	42 310	31 131	40 939	40 696	38 822	29 054	21 744	24 350	23 047	27 518	27 990	28 229	28 489	28 823
Ancash	793 289	814 814	806 982	814 087	908 502	950 284	940 242	902 944	894 111	872 817	872 175	871 482	871 826	870 125	872 384	871 255	871 820	871 255
Lima	324 238	310 789	309 200	312 259	330 084	321 131	319 450	327 436	342 862	319 535	305 482	328 482	318 962	312 947	294 900	303 526	321 147	329 383
Ica	21 815	23 124	22 880	21 855	23 226	27 078	28 387	25 950	26 132	28 131	29 986	27 535	28 485	26 771	26 813	28 686	30 121	29 981
Huanuco	1 054 504	1 021 725	998 060	887 550	839 280	792 280	780 817	781 384	759 953	834 318	528 453	530 212	539 932	528 457	527 833	527 045	527 339	527 045
Paico	950 105	955 234	957 700	964 060	960 245	736 314	862 435	889 260	875 939	882 888	898 536	885 310	891 823	880 126	894 982	882 406	883 544	882 406
Jurín	1 214 210	1 151 903	1 160 900	1 080 265	1 020 168	1 304 933	1 358 604	1 345 874	1 416 083	1 234 318	1 478 438	1 554 848	1 614 084	1 547 300	1 611 208	1 578 259	1 652 072	1 751 173
Huanavelica	975 777	971 559	968 714	977 185	984 244	770 715	698 498	685 380	708 234	704 935	820 737	830 410	825 574	832 134	822 587	822 856	823 222	822 856
Arequipa	266 519	263 489	253 941	249 945	207 954	220 707	223 009	222 508	221 114	209 159	187 138	188 460	188 221	188 120	217 639	202 792	204 621	200 485
Moquegua	80 662	78 146	79 120	78 763	72 046	70 405	71 410	44 276	44 959	47 249	48 611	48 970	49 291	47 898	48 127	48 013	48 070	48 013
Tarma	41 334	40 944	39 815	39 981	39 085	38 786	31 595	35 978	36 056	37 901	36 005	36 005	36 005	35 782	35 897	35 840	35 889	35 840
Ayacucho	846 254	849 515	839 240	870 713	931 253	987 114	951 871	937 846	822 428	798 886	811 215	818 828	817 481	802 326	809 447	847 200	835 108	805 887
Apurímac	518 531	518 394	512 360	503 803	504 434	481 850	487 860	470 307	488 530	481 957	455 479	457 330	456 406	454 242	454 797	454 520	454 659	454 520
Cusco	2 300 000	2 285 231	1 923 003	1 928 174	1 937 742	1 983 618	1 306 388	1 303 959	1 420 079	1 419 566	1 422 140	1 428 736	1 443 471	1 425 497	1 417 593	1 394 173	1 381 440	1 392 545
Puno	2 917 920	2 931 520	2 988 940	2 979 420	4 006 330	3 011 220	3 018 210	2 978 720	3 099 180	2 919 060	2 950 830	2 876 615	2 852 185	2 899 105	2 787 942	2 772 245	2 727 956	2 695 580
San Martín	20 491	23 786	22 450	22 086	24 294	13 180	10 450	10 711	9 950	5 422	7 521	11 017	9 289	9 080	9 188	9 134	9 161	9 134
Loreto	3 724	6 385	6 430	7 189	8 199	7 985	9 745	8 310	11 810	12 161	12 800	11 970	11 303	11 308	10 791	11 112	11 255	11 274
Ucayali	14 319	12 005	12 500	12 941	12 920	11 980	11 580	10 847	9 187	9 646	10 120	9 970	9 581	8 581	8 430	8 531	8 628	8 195
Medio de Crec	8 245	8 585	7 967	7 231	7 750	8 480	8 765	8 742	8 670	8 104	8 559	8 430	8 287	8 287	4 668	5 148	4 880	4 124

*Nota.* Población de ovinos, según región (MIDRAGRI, 2024)

### 1.3.6. Alcances

La investigación tiene como finalidad principal aportar conocimiento técnico a los ingenieros y a otras personas interesadas en el tema, así como presentar una alternativa viable para la mejora de las propiedades térmicas y físico-mecánicas del adobe mediante la incorporación de fibra de ovino. Esta propuesta busca sustentar sus resultados a través de un análisis estadístico riguroso, evaluando diferentes proporciones de fibra, con el objetivo de garantizar un nivel de confiabilidad superior al 95%. De esta manera, se pretende demostrar de forma objetiva la efectividad del material propuesto, lo que permitiría considerar su aplicación en distintas zonas del territorio peruano, especialmente en aquellas que presentan condiciones climáticas similares a las regiones altoandinas.

Para alcanzar un nivel de confiabilidad del 95%, la cantidad de muestras fue determinada siguiendo las recomendaciones establecidas en la norma E.080, correspondiente al diseño y construcción con tierra reforzada. En el caso de la evaluación de la resistencia a tracción del material, se elaboraron seis tipos de muestras para cada porcentaje de fibra de ovino incorporado, lo que permitió obtener resultados representativos y comparables. Asimismo, para el análisis del desempeño térmico del material, se tomó como referencia la información

proveniente de antecedentes y estudios previos relacionados con el comportamiento térmico de materiales similares.

En consideración a los criterios normativos y metodológicos previamente descritos, se procedió a modificar y ajustar el número de ensayos realizados para cada prueba. Esta adecuación permitió optimizar el proceso experimental, asegurando la validez de los resultados obtenidos y fortaleciendo la confiabilidad del estudio en su conjunto. De este modo, la investigación establece una base técnica sólida para futuras aplicaciones y estudios relacionados con el uso de la fibra de ovino en la mejora del adobe.

**1.3.6.1. Cálculo del tamaño de la muestra.** En nuestro caso de análisis, resulta imprescindible asegurar un tamaño de muestra adecuado que permita garantizar un nivel de confiabilidad del 95% en los resultados. Bajo esta premisa, se procede a realizar la estimación correspondiente mediante un cálculo estadístico, el cual permite determinar la cantidad mínima de muestras necesarias para que los datos obtenidos sean representativos y, por tanto, confiables dentro del margen establecido. De esta forma, la investigación respalda sus conclusiones en un procedimiento cuantitativo, evitando que los resultados se deban al azar y asegurando que la interpretación de las variaciones entre proporciones de fibra de ovino cuente con sustento estadístico. En consecuencia, dicha estimación se desarrolla a través del cálculo de la siguiente operación:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2}$$

Para la formula planteada será necesario conocer:

$Z_{\alpha}$  = Nivel de confiabilidad

$p$  = Probabilidad de exito o proporcion esperada

$q$  = probabilidad de fracaso

$d$  = precision

En cuanto a los parámetros definimos, se procederá a designación de valores para cada parámetro:

$Z_{\alpha}$  = 1.962 (Obtenido de la tabla de distribucion normal Z)

$p$  = 5% = 0.95

$$q = 1 - p = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$d = 3\% = 0.03$$

$$n = \frac{1.962^2 * 0.95 * 0.05}{0.03^2}$$

$$n = 203.1651$$

Teniendo en cuenta este valor y el valor planteado para el uso de cada ensayo así mismo el número de ensayos que se menciona en la norma E.080 planteamos realizar 250 unidades de ensayos para la presente investigación.

### **1.3.7. Limitaciones**

**1.3.7.1. Limitación ambiental.** La limitación ambiental se encuentra relacionada con las características propias del área donde se desarrolla la investigación, las cuales influyen directamente en su ejecución. Estas características comprenden principalmente las condiciones climáticas, las variaciones de temperatura y la disponibilidad de materiales e insumos necesarios para el estudio. En este contexto, se consideran tanto el suelo como la fibra de ovino, elementos fundamentales para la elaboración del material propuesto, así como la realización de los ensayos requeridos para la obtención de un producto adecuado. Asimismo, esta limitación se vincula con la necesidad de mantener un equilibrio ambiental, dado que la zona de estudio presenta una economía basada principalmente en actividades agrícolas y ganaderas, lo cual condiciona el acceso y uso responsable de los recursos disponibles.

**1.3.7.2. Limitación analítica.** La limitación analítica está asociada a la imposibilidad de realizar ciertos ensayos directamente en la zona de investigación, debido a la precariedad y, en algunos casos, a la inexistencia de equipos de laboratorio adecuados. Los ensayos que requieren instrumentación especializada para la evaluación de propiedades físico-mecánicas no podrán ser ejecutados localmente, lo que implica la necesidad de trasladar las muestras a laboratorios externos debidamente equipados. Esta situación representa una restricción en el desarrollo del estudio, ya que condiciona los tiempos y recursos necesarios para la obtención de resultados confiables durante el proceso de investigación.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Existe influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico – mecánicas para las viviendas altoandinas

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- La fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de desempeño térmica para viviendas altoandinas.
- El uso de fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de las propiedades físicas para viviendas altoandinas.
- El uso de fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de las propiedades mecánicas para viviendas altoandinas.
- El costo unitario de producción de las unidades de adobe con incorporación de fibra de ovino es mayor que la tradicional debido a la utilización de materia prima y mayor requerimiento de mano de obra.

## **1.5. Objetivos de investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico – mecánicas para las viviendas altoandinas.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico para las viviendas altoandinas.
- Evaluar la influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento de su propiedad físicas para las viviendas altoandinas.
- Evaluar la influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento de su propiedad mecánica para las viviendas altoandinas
- Determinar el costo unitario de producción de las unidades de adobe incorporando fibra de ovino.

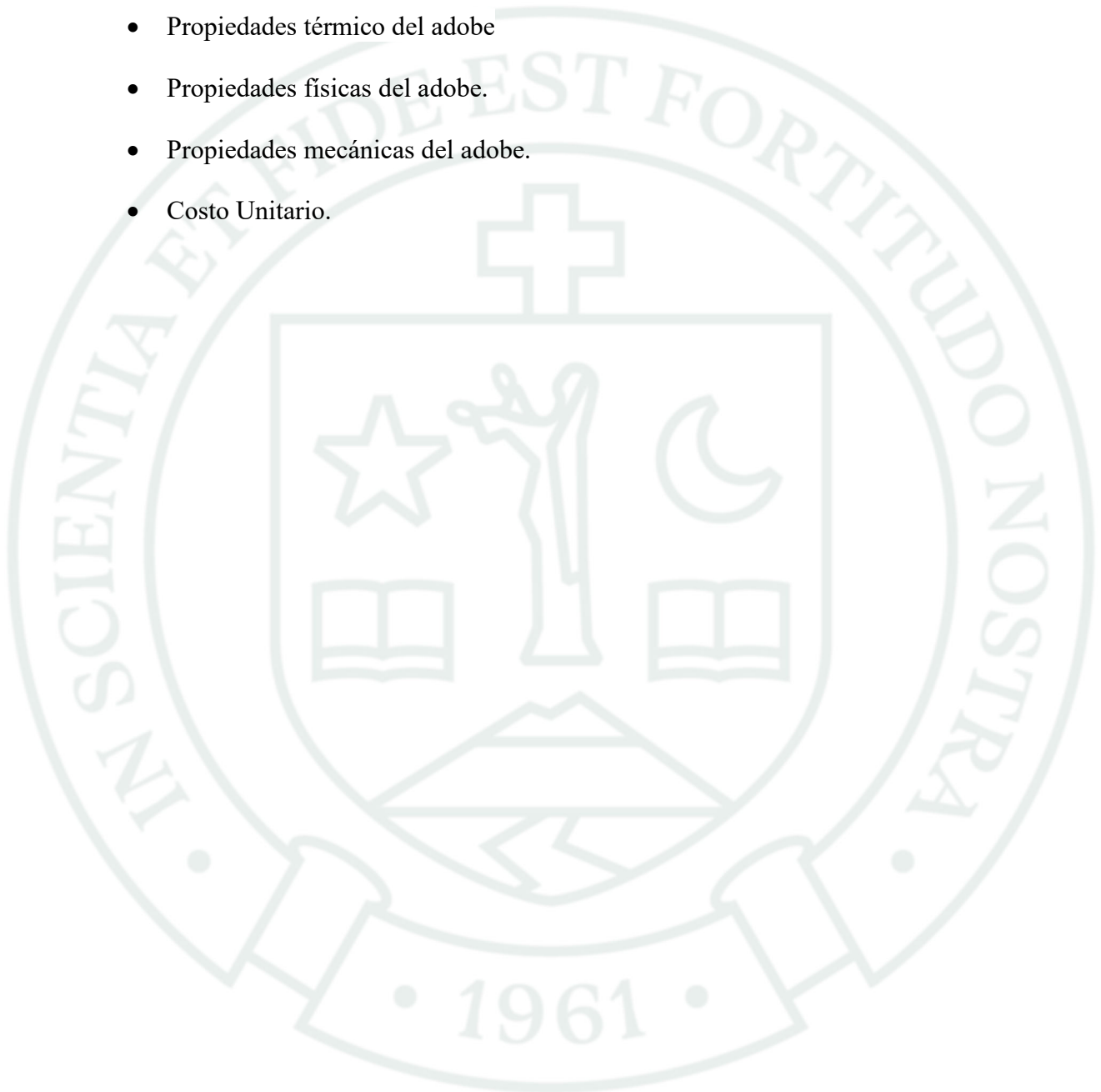
## 1.6. Variables e indicadores (Cuantitativas)

### 1.6.1. *Independiente*

Fibra de ovino.

### 1.6.2. *Dependiente*

- Propiedades térmico del adobe
- Propiedades físicas del adobe.
- Propiedades mecánicas del adobe.
- Costo Unitario.





## CAPÍTULO II

## 2. Fundamento teórico

### 2.1. Estado del arte

#### 2.1.1. Internacionales

Título: “Propiedades físicas, térmicas y mecánicas de adobes estabilizados con paja de fonio (*digitaria exilis*)”. Autor: Quedraogo et al. El artículo tiene como objetivo principal analizar de manera integral la influencia de la incorporación de paja de fonio en las propiedades del adobe, evaluándolo como un material de construcción alternativo, de bajo costo, sostenible y con adecuadas condiciones de confort térmico. La investigación parte de la necesidad de encontrar soluciones constructivas que respondan a problemáticas actuales relacionadas con la eficiencia energética, el uso de materiales locales y la reducción del impacto ambiental, especialmente en contextos donde el adobe sigue siendo un material ampliamente utilizado. El estudio se centra en evaluar la incidencia directa de la paja de fonio sobre diversas propiedades del adobe, abordando el material desde un enfoque multidisciplinario que integra aspectos físicos, térmicos, mecánicos, químicos y mineralógicos. En el ámbito de las propiedades físicas, se analizan parámetros fundamentales como la conductividad térmica, la absorción de agua por capilaridad, la porosidad y la resistencia a la erosión, los cuales son determinantes para el desempeño del material frente a condiciones ambientales adversas y para su durabilidad a largo plazo. Estas propiedades permiten comprender el comportamiento del adobe frente a la humedad, el desgaste superficial y la interacción con el entorno. En relación con las propiedades térmicas, el estudio pone especial énfasis en la conductividad térmica, ya que este parámetro está directamente relacionado con el confort térmico interior de las edificaciones. Una menor conductividad térmica implica una mejor capacidad de aislamiento, lo cual contribuye a mantener temperaturas interiores más estables y confortables, reduciendo la necesidad de sistemas artificiales de calefacción o enfriamiento. Este aspecto resulta particularmente relevante en regiones con climas extremos, donde el control térmico pasivo es una prioridad. Por otro lado, en el ámbito de las propiedades mecánicas, se evalúan la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, parámetros esenciales para garantizar la seguridad estructural del adobe como material constructivo. El análisis de estas propiedades permite determinar si la incorporación de paja de fonio compromete o, por el contrario, mejora la capacidad del adobe para soportar cargas y esfuerzos durante su vida útil. Para la caracterización física del suelo utilizado en la elaboración del adobe, los autores realizaron un ensayo de distribución de tamaños de partículas, empleando el método de tamizado húmedo para las fracciones mayores a 80  $\mu\text{m}$  y el análisis por pipeta para las fracciones menores a dicho tamaño,

siguiendo los lineamientos de la norma NF P 94-057. Este procedimiento permitió obtener una clasificación granulométrica precisa del suelo, información clave para comprender su comportamiento y su idoneidad para la fabricación de adobes. Asimismo, las propiedades geotécnicas del suelo fueron determinadas mediante los límites de Atterberg, los cuales permiten evaluar la plasticidad y el comportamiento del suelo en función de su contenido de humedad, y el ensayo del valor de azul de metileno, utilizado para estimar la actividad de las arcillas presentes. Estos ensayos proporcionan información relevante sobre la cohesión, trabajabilidad y estabilidad del material. En cuanto a la caracterización química, se empleó la espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) en las fracciones menores a 80  $\mu\text{m}$ , lo que permitió identificar la composición elemental del suelo y de los materiales incorporados. Esta información resulta fundamental para comprender las interacciones químicas que pueden influir en el comportamiento del adobe estabilizado. La caracterización mineralógica se llevó a cabo mediante técnicas avanzadas como la difracción de rayos X (DRX), el análisis calorimétrico diferencial de barrido (DSC) y el análisis termogravimétrico (TGA). Estas técnicas permitieron identificar los minerales presentes y analizar los cambios térmicos y estructurales del material al ser sometido a diferentes rangos de temperatura, aportando una visión detallada del comportamiento del adobe a nivel microestructural. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la paja de fonio presenta en su composición bioquímica una elevada presencia de compuestos hidrófilos, como la celulosa cuasi cristalina y la hemicelulosa. Debido al carácter aislante de la celulosa, se observó una disminución significativa de la conductividad térmica del adobe estabilizado, lo que evidencia una mejora sustancial en su desempeño térmico. Además, se comprobó que la incorporación de paja de fonio contribuye positivamente a mejorar diversas propiedades físicas y mecánicas del adobe en comparación con un adobe convencional. En conjunto, el estudio refuerza el potencial del adobe estabilizado con paja de fonio como un material de construcción sostenible, económico y técnicamente viable, capaz de mejorar el confort térmico en las edificaciones sin comprometer la resistencia estructural. Estos hallazgos posicionan a la paja de fonio como un recurso prometedor dentro del desarrollo de tecnologías constructivas alternativas orientadas a la sostenibilidad y al aprovechamiento de materiales naturales. (Quedraogo et al, 2019)

Título: “La lana de ovino como material aislante: natural, renovable y sostenible”.

Autor: Rosas, Ángel. El trabajo de investigación de tesis desarrolla una propuesta integral orientada a mitigar los efectos adversos de las bajas temperaturas que se registran de manera recurrente en diversas regiones del Perú, así como a reducir el impacto ambiental generado por el sector de la construcción, uno de los más demandantes en términos energéticos y de recursos naturales. El estudio se enfoca específicamente en la región de Puno, una de las zonas más vulnerables del país frente a los fenómenos climáticos extremos, caracterizada por altitudes que oscilan desde los 3812 m s. n. m. hasta alturas superiores a los 5500 m s. n. m.. En estas condiciones geográficas, los eventos de friaje y heladas son frecuentes y generan consecuencias severas en la calidad de vida de la población, afectando principalmente a los grupos más vulnerables, como niños, adultos mayores y comunidades rurales en situación de pobreza. Las bajas temperaturas no solo representan un problema desde el punto de vista de la salud pública, sino que también impactan de manera negativa en actividades económicas esenciales para la región, como la agricultura y la ganadería, las cuales constituyen la base del sustento de muchas familias altoandinas. La pérdida de cultivos, la mortalidad del ganado y la reducción de la productividad son algunas de las consecuencias directas de estos fenómenos climáticos, lo que refuerza la necesidad de implementar soluciones constructivas que mejoren las condiciones térmicas de las viviendas rurales. En este contexto, la investigación plantea el uso del adobe como material base, debido a su amplia disponibilidad, bajo costo y uso tradicional en las construcciones rurales del altiplano peruano. No obstante, se reconoce que el adobe convencional presenta limitaciones térmicas, especialmente en climas fríos, por lo que se propone su modificación mediante la incorporación de lana de ovino, con el objetivo de mejorar su desempeño térmico. La lana de ovino es considerada un material ecológico, ya que es de origen natural, renovable y sostenible, además de poseer excelentes propiedades aislantes, lo que la convierte en una alternativa viable para incrementar el confort térmico en las edificaciones. La relevancia de esta propuesta se enmarca también en el contexto global actual, donde el sector de la construcción es responsable de aproximadamente el 40 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de un elevado consumo energético. Esta situación ha generado un creciente interés en el desarrollo de estructuras ecológicas, el diseño bioclimático y el uso de materiales sostenibles, capaces de reducir el impacto ambiental sin comprometer la funcionalidad y seguridad de las edificaciones. En este sentido, el autor resalta la importancia de los denominados “productos verdes”, entre los cuales se encuentran los materiales fibrosos de origen agrícola y pecuario, como la lana de oveja, que presentan un alto potencial para su aplicación en el sector de la construcción. Tradicionalmente, la fibra de ovino ha sido utilizada

principalmente en la industria textil, destinada a la elaboración de prendas de vestir, tapices, alfombras, cortinas y otros productos derivados. Sin embargo, sus propiedades térmicas han sido ampliamente aprovechadas en países de Europa Occidental, donde se emplea en la fabricación de paneles aislantes, revestimientos y acabados decorativos para edificaciones, demostrando un excelente desempeño como material aislante térmico y acústico. Desde el punto de vista normativo, el Código Técnico de la Edificación (CTE) establece que, para que un material sea considerado como aislante térmico, debe presentar una conductividad térmica inferior a  $0.060 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  y una resistencia térmica superior a  $0.25 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ . En este marco, los valores reportados por la empresa RM-NITA (2014) evidencian que la lana de ovino cumple ampliamente con dichos requisitos. Según estos estudios, la conductividad térmica de la lana de ovino es de  $0.035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  en placas,  $0.043 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  en mantos y  $0.042 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  en flocas o a granel, valores que se encuentran muy por debajo del límite establecido por la normativa. Asimismo, la resistencia térmica registrada en estos formatos supera los  $0.95 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ , lo que demuestra un desempeño térmico notable y altamente eficiente. En conclusión, el estudio pone en evidencia el alto potencial de la lana de ovino como material aislante térmico en la construcción, especialmente en viviendas rurales ubicadas en zonas altoandinas. Su incorporación en sistemas constructivos tradicionales como el adobe no solo permite mejorar significativamente las condiciones de habitabilidad y confort térmico, sino que también promueve el uso de materiales sostenibles, el aprovechamiento de recursos locales y la reducción del impacto ambiental. De esta manera, la propuesta se presenta como una alternativa técnicamente viable, socialmente pertinente y ambientalmente responsable para afrontar los desafíos climáticos y constructivos en regiones de alta vulnerabilidad térmica (Rosas, 2016)

Título: “Fortalecimiento lateral sostenible de muros tradicionales de adobe mediante refuerzos naturales”. Autores: Meybodian et al. El artículo científico pone énfasis en la relevancia del uso de materiales naturales como una alternativa sostenible y técnicamente viable para el reforzamiento estructural de muros de adobe, especialmente en contextos donde este material continúa siendo ampliamente empleado en la construcción de viviendas tradicionales. La investigación se sustenta en el principio de sostenibilidad, el cual prioriza el aprovechamiento de recursos disponibles en la zona de estudio, permitiendo no solo la reducción del impacto ambiental asociado al uso de materiales industrializados, sino también la revalorización y fortalecimiento de las técnicas constructivas tradicionales que forman parte del patrimonio cultural de las comunidades. Este enfoque es aplicado en la región central de

Irán, un contexto geográfico y cultural donde el adobe sigue siendo uno de los principales materiales constructivos debido a su disponibilidad, bajo costo y adecuadas propiedades térmicas. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, el adobe presenta limitaciones significativas en cuanto a su resistencia mecánica, especialmente frente a cargas laterales y acciones sísmicas, lo que hace necesario el desarrollo de estrategias de reforzamiento que no comprometan su carácter sostenible. En este marco, el estudio propone la incorporación de refuerzos naturales a base de palma, con el objetivo de mejorar la resistencia mecánica y el comportamiento estructural de los muros de adobe. La utilización de este tipo de material responde a la necesidad de optimizar las propiedades del sistema constructivo, permitiendo que el adobe reforzado se adapte a métodos de conservación mecánica que garanticen un adecuado rendimiento estructural y una mayor durabilidad a lo largo del tiempo. Asimismo, el uso de palma como elemento de refuerzo se justifica por su disponibilidad local, su bajo impacto ambiental y su compatibilidad con los materiales tradicionales. Desde el punto de vista experimental, el estudio se desarrolló mediante la elaboración de seis especímenes para cada tipo de elemento evaluado, incluyendo unidades de adobe, morteros y prismas de adobe. Esta cantidad de muestras permitió obtener resultados representativos y confiables para el análisis del comportamiento mecánico de los materiales y sistemas evaluados. Para la determinación de la resistencia a la compresión de los morteros, se empleó la norma ASTM C109, mientras que las pruebas de resistencia a la tracción se realizaron conforme a la norma ASTM C307. Por su parte, la resistencia a la flexión fue evaluada siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ASTM C348, garantizando así la validez y comparabilidad de los resultados obtenidos. Adicionalmente, para la caracterización de las propiedades de tracción de los materiales de refuerzo, se utilizaron distintas normativas en función del tipo de material analizado. En el caso de la palma, se aplicó la norma ASTM D225, mientras que para la malla de palma y la malla plástica se emplearon las normas ASTM D4595 y ASTM D6637, respectivamente. Esta diferenciación normativa permitió evaluar de manera precisa el comportamiento mecánico de cada material de refuerzo y su contribución al desempeño estructural del sistema reforzado. En la construcción de los muros de ensayo, se utilizaron unidades de adobe elaboradas con materiales tradicionales como arcilla, paja y yeso, respetando los métodos constructivos locales. Las unidades, con dimensiones aproximadas de  $20 \times 20 \times 4.5$  cm, fueron fabricadas manualmente y asentadas mediante un mortero de barro, lo que permitió reproducir condiciones reales de construcción. En el caso de los morteros de yeso, se aplicó el criterio NSM (Near Surface Mounted o refuerzo cercano a la superficie), utilizando una proporción de mezcla de 1:1 tanto para arcilla–arena como para yeso–arena. Por otro lado, el mortero compuesto por paja y arcilla fue preparado con

una proporción en peso de 1:0.05 de arcilla–paja, buscando mejorar la cohesión y el comportamiento mecánico del conjunto. En términos generales, los resultados del estudio evidencian que el uso de refuerzos naturales, como la palma, constituye una alternativa técnica, económica y ambientalmente sostenible para el fortalecimiento lateral de muros tradicionales de adobe. La incorporación de estos refuerzos permite mejorar significativamente el desempeño estructural del sistema, aumentando su resistencia y durabilidad, sin recurrir a materiales industriales de alto impacto ambiental. De esta manera, la investigación aporta una solución integral que combina sostenibilidad, eficiencia estructural y respeto por las técnicas constructivas tradicionales, ofreciendo un modelo replicable en regiones con características similares. (Meybodian et al, 2020)

Título: “Evaluación experimental de mezclas de adobe reforzado con fibras de yute”.  
Autores: Araya et al. El artículo científico pone de manifiesto la relevancia de la incorporación de fibras de distintos orígenes, tanto naturales como animales, en la fabricación de bloques de adobe, destacando especialmente su disposición longitudinal y transversal dentro de la matriz del material. Este enfoque busca mejorar el comportamiento integral del adobe, no solo desde el punto de vista mecánico, sino también en relación con sus propiedades físicas, térmicas y de durabilidad, aspectos fundamentales para su aplicación en edificaciones sostenibles y de bajo impacto ambiental. La investigación adquiere especial importancia debido a que aborda variables que han sido escasamente estudiadas en la literatura técnica, como la influencia específica de las fibras de yute en el desempeño del adobe. En particular, se analiza su incidencia en la absorción capilar, la conductividad térmica, el agrietamiento por contracción producido durante el secado, la tenacidad a la flexión y la resistencia frente a la erosión hídrica. Estos parámetros resultan determinantes para evaluar la durabilidad y la funcionalidad del adobe en condiciones reales de servicio, especialmente en zonas expuestas a variaciones climáticas significativas. El proceso de fabricación de los bloques de adobe se desarrolló siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ASTM D7928-17, garantizando así la reproducibilidad y consistencia de las muestras elaboradas. Previamente, el suelo utilizado fue sometido a un análisis granulométrico por tamizado, conforme a la norma ASTM D6913, lo que permitió conocer la distribución de tamaños de partículas y asegurar que el material cumpliera con los requisitos adecuados para la elaboración de adobes. Complementariamente, se realizó la caracterización geotécnica del suelo mediante la determinación de los límites de Atterberg, es decir, el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad, de acuerdo con

la norma ASTM D4318-17. Estos ensayos permitieron evaluar la plasticidad y trabajabilidad del suelo, aspectos esenciales para el correcto moldeo y secado de los bloques. Asimismo, la clasificación del suelo se llevó a cabo conforme a la norma ASTM D2487-17, lo que facilitó su identificación dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y permitió contextualizar sus propiedades en función de criterios ampliamente aceptados en ingeniería geotécnica. En cuanto al refuerzo, se emplearon cuerdas de yute como elemento fibroso, seleccionadas por su origen natural, disponibilidad y comportamiento mecánico favorable. Estas fibras presentaron longitudes de 7, 15 y 30 mm, un diámetro aproximado de 3 mm y fueron incorporadas en dosificaciones de 0,5 % y 2 % en peso de fibra, con el fin de evaluar la influencia tanto de la longitud como de la cantidad de refuerzo en el desempeño del adobe. Una vez conformados, los especímenes fueron sometidos a un proceso de secado controlado a una temperatura de 80 °C durante 24 horas, con el objetivo de minimizar la variabilidad asociada al secado natural y asegurar condiciones homogéneas para todos los ensayos posteriores. Tras este procedimiento, se ejecutó una serie de pruebas experimentales orientadas a evaluar el comportamiento físico, térmico y mecánico del material reforzado. La absorción capilar fue determinada conforme a la norma ASTM C1585-13, permitiendo analizar la capacidad del adobe para absorber agua por acción capilar, un factor crítico en su durabilidad frente a la humedad. La conductividad térmica se evaluó según la norma ASTM D5334-14, lo que permitió cuantificar el efecto de las fibras de yute en el desempeño térmico del material y su potencial contribución al confort térmico en edificaciones. La resistencia a la flexión se determinó siguiendo la norma ASTM C1019-97, evaluando la capacidad del adobe para soportar esfuerzos de tracción indirecta y deformaciones sin fallar de manera frágil. Adicionalmente, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, fundamentales para determinar la capacidad portante del material, así como pruebas de evaluación de fisuras por contracción, de acuerdo con la norma ASTM C1579-13, con el fin de analizar el comportamiento del adobe frente a retracciones durante el secado. Finalmente, la resistencia hídrica se evaluó conforme a la norma NZS 4298, utilizando el método Geelong, el cual simula la acción de gotas de lluvia sobre la superficie del adobe dispuesto con una inclinación determinada, reproduciendo condiciones similares a las de exposición real. En conjunto, los resultados obtenidos en el estudio evidencian que la incorporación de fibras de yute influye de manera positiva en varias de las propiedades evaluadas, mejorando la respuesta del adobe frente a la flexión, reduciendo el agrietamiento por contracción y aportando beneficios en términos de comportamiento térmico y resistencia a la erosión hídrica. De este modo, el artículo concluye que el uso de fibras naturales constituye una estrategia viable y sostenible para optimizar el

desempeño del adobe, reforzando su potencial como material de construcción alternativo, económico y adecuado para edificaciones en contextos rurales y de bajo impacto ambiental. (Araya et al, 2021)

Título: “Evaluación del confort y dis confort térmico”. Autores: Marchante, Greta; Gonzales, Ana. El artículo científico aborda de manera detallada el concepto de confort térmico, tanto desde una perspectiva global como localizada, entendiéndolo como el resultado directo de la interacción entre el ser humano y las condiciones ambientales a las que se encuentra expuesto dentro de un espacio determinado. En este contexto, el confort térmico se define como el estado en el cual una persona se siente térmicamente satisfecha, es decir, no experimenta sensaciones excesivas de frío ni de calor, lo que permite el desarrollo normal de sus actividades cotidianas sin interferencias físicas o fisiológicas. Sin embargo, cuando las condiciones ambientales se alejan de los rangos considerados adecuados, se genera lo que se conoce como disconfort térmico, el cual puede manifestarse de diferentes formas y niveles de intensidad. Este disconfort puede presentarse de manera localizada, cuando solo determinadas partes del cuerpo se ven afectadas por condiciones térmicas desfavorables, o de manera general, cuando el cuerpo en su conjunto percibe una sensación de incomodidad térmica prolongada. Ambos casos influyen negativamente en la percepción del entorno, el bienestar físico y el rendimiento de las personas. Entre las principales causas del disconfort térmico identificadas en el estudio se encuentra el enfriamiento convectivo, provocado por corrientes de aire no controladas que incrementan la pérdida de calor corporal. Asimismo, se señala el enfriamiento o calentamiento localizado de ciertas partes del cuerpo como consecuencia de la radiación térmica, ya sea proveniente de superficies frías o calientes dentro del espacio habitado. Estos fenómenos pueden generar sensaciones térmicas asimétricas que afectan significativamente el confort del usuario. Otro factor relevante analizado es la estratificación vertical de la temperatura del aire, es decir, las diferencias térmicas entre la zona inferior y superior de un ambiente. Cuando estas diferencias son excesivas, se produce una percepción desigual de la temperatura, lo que puede generar incomodidad, especialmente en espacios cerrados. De igual manera, el artículo destaca la influencia de los contrastes térmicos entre el suelo y el aire ambiente, ya que un suelo excesivamente frío o caliente puede alterar la sensación térmica global del ocupante, aun cuando la temperatura del aire se mantenga dentro de rangos aceptables. A partir de este análisis, el estudio resalta la necesidad de establecer una adecuada relación entre las estrategias de diseño orientadas al confort térmico y las características específicas del entorno en el que se desarrolla

la actividad humana. Factores como el clima local, los materiales constructivos, la ventilación, la orientación de la edificación y el uso del espacio deben ser considerados de manera integral para garantizar condiciones térmicas adecuadas y sostenibles. En este sentido, el confort térmico no solo se vincula con aspectos físicos del ambiente, sino que también tiene una relación directa con la calidad de vida de los usuarios, ya que un entorno térmicamente confortable contribuye al bienestar, la salud y la satisfacción con el espacio habitado. Por ello, el artículo plantea la importancia de evaluar y comparar los modelos de confort térmico existentes, analizando de forma sistemática los factores y parámetros que los componen, así como la influencia que ejercen sobre los índices de confort utilizados en la práctica. Finalmente, este enfoque comparativo permite comprender con mayor claridad cómo las distintas variables ambientales —temperatura, humedad, velocidad del aire y radiación térmica— interactúan entre sí y afectan la percepción térmica de los ocupantes. De esta manera, el estudio aporta una base teórica sólida para el diseño de espacios habitables que respondan de forma eficiente a las necesidades térmicas de las personas, especialmente en contextos climáticos exigentes. (Marchante & Gonzales, 2020)

Título: “Elaboración de Adobe Sostenible”. Autores: Brito et al. La revista tiene como objetivo principal presentar una propuesta metodológica integral para la producción de adobe reforzado con fibras naturales, planteándolo como un material de construcción sostenible y ambientalmente responsable. Esta propuesta se fundamenta en la necesidad de reducir el impacto ambiental asociado a los sistemas constructivos convencionales, promoviendo el uso de materiales de bajo consumo energético, disponibles localmente y compatibles con las técnicas tradicionales de edificación. En este contexto, el adobe reforzado con fibras naturales se presenta como una alternativa viable para el desarrollo de viviendas ecológicas, especialmente en zonas rurales y periurbanas. El estudio toma como referencia técnica la Norma Peruana E.080, la cual regula el diseño y la construcción con tierra reforzada. Dicha norma proporciona los lineamientos necesarios para la correcta selección del suelo, la preparación de las mezclas, las dimensiones de las unidades y los criterios de calidad que deben cumplir los adobes para garantizar un desempeño estructural adecuado. La aplicación de esta normativa permite establecer un marco técnico confiable que respalda el uso del adobe como material constructivo seguro y duradero, además de facilitar su incorporación en proyectos de vivienda social y sostenible. La revista desarrolla una revisión exhaustiva del estado del arte sobre el adobe, abordando tanto investigaciones experimentales como estudios aplicados. Esta revisión incluye ensayos de laboratorio orientados a la caracterización física, química y mineralógica

del suelo, tales como análisis granulométricos, límites de Atterberg, determinación de plasticidad, composición mineralógica y comportamiento frente a la humedad. Asimismo, se consideran pruebas in situ que permiten evaluar empíricamente la calidad del suelo y su idoneidad para la fabricación de adobes, lo cual resulta fundamental para asegurar que el material final cumpla con los requisitos técnicos necesarios para su uso en construcción. Un aspecto central del artículo es la identificación y recopilación de diversas fibras naturales que pueden ser incorporadas como aditivos en la mezcla del adobe. Entre estas fibras se mencionan la cáscara de maní, la paja, el polvo de bambú, botellas plásticas recicladas, fibras de yute, fibra de maguey, polímeros naturales de penca, fibra natural de caña, estiércol de caballo, murciélago de cactus y ceniza. La inclusión de estos materiales responde no solo a criterios técnicos, como la mejora de la resistencia mecánica, la reducción del agrietamiento por contracción y el incremento del confort térmico, sino también a criterios económicos y ambientales, ya que muchos de estos insumos son residuos agrícolas o subproductos de bajo costo. Desde el punto de vista de la selección del suelo, el artículo recomienda evitar el uso de suelos provenientes de áreas de cultivo, debido a su alto contenido orgánico, optando por suelos de cantera que presenten mayor estabilidad y homogeneidad. Se establece que el suelo ideal para la fabricación de adobe debe contener un porcentaje de limo y arcilla comprendido entre el 25 % y el 45 %, completándose el resto con arena. Esta proporción permite lograr un equilibrio adecuado entre plasticidad, cohesión y resistencia mecánica, reduciendo el riesgo de fisuración y mejorando el desempeño estructural del adobe. Asimismo, el artículo hace referencia a los principales sistemas de clasificación de suelos utilizados a nivel internacional, entre los que destacan el AASHTO, el SUCS y el sistema británico (BS). Estos sistemas permiten clasificar el suelo de manera objetiva, facilitando su evaluación técnica y su adecuada selección para la producción de unidades de adobe de calidad. Finalmente, la revista aborda las principales técnicas manuales in situ empleadas para la evaluación preliminar del suelo, tales como la prueba granulométrica manual, la prueba de cohesión, la prueba de resistencia seca y el ensayo de caída de bola. Estas metodologías, aunque simples, resultan altamente eficaces para determinar la aptitud del suelo en contextos donde no se dispone de laboratorios especializados. En conjunto, estas técnicas permiten asegurar la calidad, durabilidad y sostenibilidad del adobe reforzado, promoviendo su uso como un material constructivo accesible, ecológico y técnicamente viable para la edificación de viviendas sostenibles. (Brito et al, 2021)

Título: “Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha”. Autores: Cuitiño et al. El trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar de manera integral el comportamiento térmico y estructural de los muros de quincha, tomando como referencia técnica la norma IRAM 11.595, la cual establece criterios para el análisis del desempeño térmico de los elementos constructivos. El estudio se enfoca específicamente en muros de quincha con un espesor de 10 cm, dimensión representativa de este sistema constructivo tradicional ampliamente utilizado en edificaciones rurales y en propuestas de arquitectura sostenible debido a su bajo impacto ambiental y al uso de materiales locales. En el análisis térmico realizado, los resultados obtenidos para los muros de quincha convencionales evidencian un valor de transmitancia térmica de  $2,64 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , lo cual permite establecer una referencia clara sobre el comportamiento aislante del sistema sin ningún tipo de refuerzo adicional. Este valor refleja la capacidad del muro para permitir el flujo de calor a través de su estructura, siendo un indicador clave para evaluar el confort térmico interior de las viviendas construidas con este material. Asimismo, el estudio analiza la incorporación de una placa de poliestireno expandido (EPS) de 5 mm de espesor como elemento aislante adicional dentro del sistema constructivo. La inclusión de este material permitió reducir la transmitancia térmica del muro hasta un valor de  $2,02 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , lo que demuestra una mejora significativa en el desempeño térmico del sistema. Esta reducción indica una menor transferencia de calor entre el ambiente exterior e interior, contribuyendo directamente a un mayor confort térmico y a una disminución de las pérdidas energéticas en la vivienda. De manera complementaria, la investigación realiza una comparación del comportamiento aislante de distintos materiales de construcción, resaltando que los sistemas constructivos basados en tierra, como el bloque de tierra comprimida, los muros de tierra compactada o tapial y el adobe, presentan mejores propiedades de aislamiento térmico en comparación con materiales convencionales ampliamente utilizados en la construcción moderna, como el ladrillo cerámico y el hormigón. Esta diferencia se atribuye principalmente a la mayor inercia térmica de los materiales de tierra, que les permite almacenar calor y liberarlo de manera progresiva, estabilizando la temperatura interior de los espacios habitables. Para la elaboración de los muros de quincha, la selección del suelo utilizado se realizó mediante su clasificación conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), garantizando así que el material empleado cumpla con las características granulométricas y de plasticidad adecuadas para este tipo de aplicación constructiva. Esta etapa resulta fundamental, ya que la calidad del suelo influye directamente en el comportamiento mecánico y térmico del muro. En cuanto a la evaluación estructural, los ensayos de resistencia a la compresión y a la tracción se llevaron a cabo utilizando probetas con dimensiones de  $4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 16 \text{ cm}$  de longitud, lo que permitió analizar de forma controlada el desempeño mecánico del material bajo diferentes tipos de sollicitación. Estos ensayos

proporcionaron información relevante sobre la capacidad resistente de la quincha, evidenciando su viabilidad como sistema constructivo cuando se diseña y ejecuta adecuadamente. Por otro lado, el ensayo de transmitancia térmica de los paneles de quincha se realizó mediante el método de la placa caliente, siguiendo los lineamientos de las normas ISO 8302, ASTM C177 y IRAM 11559, lo que asegura la validez, precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. El uso de metodologías normalizadas permite comparar los resultados con otros estudios similares y refuerza la consistencia científica del trabajo. En conclusión, la investigación demuestra que los muros de quincha, especialmente cuando se combinan con materiales aislantes complementarios, presentan un comportamiento térmico favorable y un desempeño estructural adecuado, posicionándose como una alternativa constructiva eficiente, sostenible y pertinente para viviendas en contextos rurales y zonas con climas variables. El estudio reafirma la relevancia de los sistemas constructivos tradicionales basados en tierra como soluciones viables frente a los desafíos actuales de eficiencia energética, confort térmico y sostenibilidad ambiental. (Cuitiño et al, 2020)

### **2.1.2. Nacionales**

Título: “Análisis del confort térmico en las viviendas Sumaq Wasi Misquipata, distrito de San Juan de Jarpa, provincia Chupaca, región Junín”. Autores: Huamani et al. Este trabajo de investigación de tesis fue desarrollado y aplicado específicamente en los módulos de vivienda Sumaq Wasi, ubicados en la provincia de Chupaca, en la región Junín. Dichas viviendas se emplazan a una altitud aproximada de 3 646 m s. n. m., en un contexto geográfico característico de la zona altoandina, donde las condiciones climáticas se encuentran marcadas por bajas temperaturas, elevada amplitud térmica diaria y presencia recurrente de heladas. Estas viviendas forman parte del Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR), iniciativa impulsada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), cuyo propósito principal es mejorar las condiciones de habitabilidad de las poblaciones rurales que se encuentran en situación de vulnerabilidad climática, social y económica. La investigación adoptó un enfoque probabilístico, el cual permitió seleccionar una muestra representativa de 67 módulos de vivienda Sumaq Wasi, sobre los cuales se llevó a cabo un proceso sistemático de recolección de datos. Este proceso se desarrolló durante un periodo continuo de 12 meses, lo que permitió captar de manera integral el comportamiento térmico de las viviendas a lo largo de las distintas estaciones del año y frente a las variaciones climáticas propias del entorno altoandino. La duración del estudio resultó fundamental para obtener información confiable y representativa, evitando sesgos asociados a mediciones de corto plazo. El objetivo principal de la investigación fue analizar de manera integral el desempeño térmico de las viviendas, considerando cuatro

aspectos fundamentales: las condiciones climáticas del entorno, los criterios bioclimáticos aplicados en el diseño, la forma arquitectónica de las edificaciones y los elementos constructivos que las conforman. Estos componentes fueron evaluados de forma conjunta, reconociendo que el confort térmico en una vivienda no depende de un solo factor, sino de la interacción entre el clima, el diseño arquitectónico y los materiales utilizados. El análisis se desarrolló principalmente mediante observación visual directa y la aplicación de fichas técnicas elaboradas específicamente para el estudio. Estas fichas permitieron registrar información detallada sobre los aspectos bioclimáticos, arquitectónicos, constructivos y climáticos de cada módulo evaluado. La metodología empleada priorizó un enfoque práctico y contextual, adaptado a las condiciones reales de las viviendas y a las características del entorno rural donde se encuentran emplazadas. Durante el periodo de estudio, se emplearon diversos instrumentos de medición, entre los cuales se incluyeron el registrador MOST para el seguimiento continuo de variables ambientales, un termohigrómetro para el control y registro de la temperatura y la humedad relativa en los espacios interiores, y un distanciómetro para la verificación de las dimensiones espaciales y la geometría de los ambientes. El uso de estos instrumentos permitió obtener datos cuantitativos precisos, complementando la información cualitativa obtenida a través de la observación y el análisis técnico. La información recopilada a lo largo de los doce meses de evaluación permitió realizar un análisis detallado del nivel de confort térmico de las viviendas Sumaq Wasi, así como de su desempeño frente a las condiciones ambientales extremas propias de la región. De esta manera, la investigación aportó evidencia relevante sobre la eficacia de este modelo habitacional en contextos rurales altoandinos, contribuyendo al fortalecimiento de estrategias de diseño bioclimático y al mejoramiento continuo de las políticas públicas orientadas a la vivienda rural en el Perú. (Huamani et al, 2021)

Título: “Influencia de la fibra de lana de oveja en las unidades de adobe para mejorar las propiedades mecánicas de la mampostería”. Autores: Portuguez, Martha; Calderón, Bryan. El estudio analiza de manera detallada el uso de la tierra como material de construcción, señalando que, aunque en la actualidad no es considerada una de las materias primas predominantes dentro de los sistemas constructivos modernos, su utilización se remonta a épocas históricas y continúa vigente en numerosas edificaciones contemporáneas. Esta permanencia en el tiempo evidencia no solo su disponibilidad, sino también su adaptabilidad a diferentes contextos culturales, climáticos y económicos. De acuerdo con lo señalado en la investigación, aproximadamente el 30 % de la población mundial habita viviendas construidas

con tierra, cifra que se incrementa hasta cerca del 50 % en países en vías de desarrollo, lo que pone de manifiesto la relevancia social y habitacional de este material a escala global. El trabajo resalta que la importancia de la tierra como material constructivo radica en una serie de ventajas técnicas, económicas y ambientales. Entre ellas, se destaca su bajo costo de mantenimiento, ya que no requiere procesos industriales complejos ni tecnologías sofisticadas para su producción y aplicación. Asimismo, la construcción con tierra suele ser relativamente sencilla, lo que permite su ejecución con mano de obra local y conocimientos tradicionales, reduciendo de manera significativa las inversiones económicas necesarias. Estas características convierten a la tierra en una alternativa especialmente adecuada para contextos rurales y zonas de difícil acceso, donde los materiales industrializados resultan costosos o escasamente disponibles. Desde una perspectiva ambiental, la investigación enfatiza la relación favorable de la tierra con el medio ambiente, ya que se trata de un material natural, abundante y de bajo impacto ambiental. Su uso contribuye a la reducción del consumo energético asociado a la fabricación y transporte de materiales convencionales, como el cemento o el acero, y favorece la disminución de emisiones contaminantes. En este sentido, la tierra se consolida como un material alineado con los principios de la construcción sostenible, aspecto de particular relevancia en regiones altoandinas, donde las condiciones climáticas extremas y las limitaciones económicas exigen soluciones constructivas eficientes y accesibles. En este contexto, la investigación plantea la incorporación de fibra de lana de oveja como elemento de refuerzo en las unidades de adobe, con el propósito de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. La lana de ovino, al ser un material natural, renovable y disponible localmente en muchas zonas altoandinas, representa una alternativa coherente con los criterios de sostenibilidad y aprovechamiento de recursos propios de la región. Además, sus propiedades aislantes y su comportamiento frente a esfuerzos mecánicos la convierten en un refuerzo potencialmente eficaz para optimizar el desempeño del adobe. El estudio propone específicamente la adición de un 1 % de fibra de lana de oveja, en relación con el volumen total del adobe, utilizando fibras con una longitud aproximada de 3 cm. Esta dosificación busca lograr un equilibrio adecuado entre la trabajabilidad del material y la mejora de sus prestaciones. La presencia de la fibra permite una mejor distribución de esfuerzos internos, contribuye a controlar la aparición de fisuras por retracción durante el secado y mejora el comportamiento del material frente a sollicitaciones mecánicas, tanto a nivel de las unidades individuales como en los muros de mampostería. En términos estructurales, la incorporación de la lana de ovino tiene como finalidad incrementar el desempeño mecánico del adobe, mejorando su resistencia y su capacidad de deformación antes de la falla. Al mismo tiempo, desde el punto

de vista térmico, la fibra actúa como un elemento aislante que puede contribuir a mejorar el confort interior de las viviendas, aspecto especialmente relevante en zonas altoandinas expuestas a bajas temperaturas y heladas frecuentes. En conclusión, la investigación pone en evidencia que el uso de la tierra como material de construcción, reforzada con fibras naturales como la lana de oveja, constituye una alternativa viable, sostenible y socialmente pertinente. Esta propuesta no solo permite revalorizar técnicas constructivas tradicionales, sino que también ofrece una respuesta técnica adecuada a las necesidades habitacionales de poblaciones vulnerables, promoviendo construcciones de bajo impacto ambiental, económicamente accesibles y con mejores condiciones de habitabilidad y desempeño estructural. (Portuguez & Calderón, 2020)

Título: “Propuesta de elaboración de adobe incorporando ichu y lana de oveja para mejorar el confort térmico y las propiedades físico-mecánicas ante las heladas en Acoria-Huancavelica”. Autores: Taipe, Marilyn; Yaranga, Nestor. La investigación de tesis se desarrolla con el propósito fundamental de mejorar el confort térmico de las viviendas altoandinas ubicadas en el distrito de Acoria, provincia de Huancavelica, así como de optimizar las propiedades mecánicas y físicas de las unidades de adobe empleadas en su construcción. El estudio se contextualiza en un escenario posterior a la pandemia de la COVID-19, periodo durante el cual se evidenció una marcada contracción de la actividad económica, afectando de manera directa a las poblaciones rurales y de menores recursos. Esta situación puso en evidencia la necesidad de replantear soluciones constructivas accesibles, eficientes y sostenibles, capaces de mejorar las condiciones de habitabilidad sin generar elevados costos económicos. En este contexto, la investigación parte del reconocimiento de que una proporción significativa de las viviendas en la región de Huancavelica se encuentra construida con adobe, material tradicional ampliamente difundido debido a su disponibilidad local, bajo costo y facilidad de elaboración. Sin embargo, a pesar de sus ventajas, el adobe convencional presenta limitaciones frente a las condiciones climáticas extremas propias de la zona altoandina, especialmente las heladas y los eventos de friaje, que inciden negativamente en el confort térmico interior y en la calidad de vida de los habitantes. Estas condiciones afectan con mayor severidad a los grupos más vulnerables, como niños y adultos mayores, lo que refuerza la necesidad de implementar mejoras en los sistemas constructivos existentes. Bajo este enfoque, la investigación propone la incorporación de fibras naturales, específicamente ichu y lana de oveja, en la elaboración de unidades de adobe, con la finalidad de mejorar tanto su desempeño térmico como su comportamiento estructural. El ichu, por ser una fibra vegetal abundante en las zonas altoandinas, y la lana de oveja, por sus reconocidas propiedades aislantes, representan

alternativas sostenibles y de fácil acceso para la población local. La combinación de estos materiales busca aprovechar sus características naturales para reducir la conductividad térmica del adobe, incrementar su capacidad de aislamiento y mejorar su resistencia mecánica. Para evaluar la efectividad de esta propuesta, se plantearon cinco diseños experimentales de unidades de adobe. Estos incluyen un adobe con 2 % de ichu; un adobe con 2 % de ichu y 0,5 % de lana de oveja; un adobe con 2 % de ichu y 1 % de lana de oveja; un adobe con 2 % de ichu y 2 % de lana de oveja; y un adobe convencional, utilizado como muestra de control. Esta variación en las dosificaciones permitió analizar de manera comparativa la influencia progresiva de la lana de oveja en combinación con el ichu, tanto en las propiedades térmicas como en las físicas y mecánicas del material. El análisis experimental se desarrolló siguiendo rigurosamente los lineamientos de normas técnicas reconocidas, entre ellas la ASTM D5334-14 y la IEEE 442-1981, aplicadas para la determinación de la conductividad térmica, así como la Norma Peruana E.080, utilizada para los ensayos de absorción, alabeo y resistencia a la compresión. El cumplimiento de estas normativas garantizó la confiabilidad de los resultados obtenidos y permitió establecer comparaciones válidas entre los distintos tipos de adobe evaluados. Finalmente, los datos obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio fueron incorporados en el software Ecotect, herramienta utilizada para la simulación del comportamiento térmico de los muros construidos con los diferentes diseños de adobe propuestos. Estas simulaciones se realizaron bajo condiciones de temperatura similares a las registradas en el distrito de Acoria, lo que permitió analizar de manera más realista el impacto de cada tipo de adobe en el confort térmico interior de las viviendas altoandinas. A partir de este análisis integral, la investigación busca demostrar que la incorporación de fibras naturales en el adobe constituye una alternativa viable, sostenible y de bajo costo para mejorar las condiciones de habitabilidad en zonas altoandinas, contribuyendo tanto al bienestar de la población como a la promoción de prácticas constructivas responsables con el medio ambiente. (Taipe & Yaranga, 2023)

Título: “Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano”. Autores: Wieser et al. La Revista tiene como propósito central analizar y validar el comportamiento térmico de los sistemas constructivos de tierra alivianada, en comparación con las construcciones convencionales de ladrillo y concreto armado. Este estudio es respaldado por importantes instituciones nacionales como el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), instituciones que están comprometidas con la mejora de la calidad de vida de la población peruana, especialmente en lo que respecta a la reducción

del déficit de viviendas. El análisis busca ofrecer soluciones sostenibles que puedan contribuir a la disminución tanto del déficit cuantitativo como cualitativo de viviendas en el país. El estudio subraya la viabilidad de la tierra alivianada como una alternativa constructiva en distintos climas del Perú. Este material es particularmente relevante debido a su potencial para ser utilizado en diversas zonas geográficas y climáticas del país, lo que lo convierte en una solución adecuada para viviendas sostenibles. La tierra alivianada es un material local, natural, renovable y biodegradable, lo que le otorga una alta sostenibilidad y un bajo costo de producción, factores que favorecen su aplicación en la construcción de viviendas accesibles, especialmente en regiones con altos niveles de pobreza. Una de las ventajas más destacadas de este material es que la tierra alivianada tiene la capacidad de mejorar su conductividad térmica cuando se le incorporan fibras naturales, como el ichu o la lana de oveja. Estas fibras no solo incrementan la resistencia estructural del material, sino que también optimizan su desempeño térmico, contribuyendo a mantener temperaturas interiores más estables y confortables, especialmente en condiciones climáticas extremas. Esto es de particular importancia en regiones como la Sierra Central y la Sierra Sur del Perú, donde las temperaturas varían considerablemente durante el día y la noche. En el desarrollo del estudio, se realizó un análisis comparativo entre diferentes ciudades y climas del país para identificar los límites de temperatura interior que las viviendas deben alcanzar para lograr confort térmico. Se investigaron las condiciones de temperatura media exterior en diversas zonas geográficas, con el fin de evaluar la efectividad de la tierra alivianada en el contexto climático específico de cada región. A través de esta evaluación, se determinó cómo los sistemas constructivos de tierra alivianada pueden ayudar a alcanzar condiciones de confort térmico en los espacios habitables sin depender excesivamente de sistemas de calefacción o refrigeración artificial, que a menudo son costosos y no siempre sostenibles. El estudio también incluyó la caracterización de las propiedades térmicas de los materiales que componen los muros y techos de las viviendas construidas con tierra alivianada. Mediante simulaciones avanzadas, se realizaron valoraciones comparativas entre los sistemas constructivos de tierra alivianada, ladrillo y concreto armado, permitiendo identificar las mejores soluciones para optimizar el desempeño térmico en función de los climas específicos del país. Estas simulaciones, basadas en las condiciones climáticas locales, permitieron estimar cómo los diferentes sistemas constructivos influyen en la eficiencia energética y el confort térmico de las viviendas, haciendo énfasis en la aplicación de la tierra alivianada como material adecuado para diversas regiones peruanas. Finalmente, este análisis proporcionó valiosas recomendaciones sobre el uso de la tierra alivianada como un material sostenible, accesible y eficiente para la construcción de viviendas en el Perú, destacando su gran potencial en el mejoramiento del confort térmico y en la reducción del impacto ambiental asociado a la construcción. Este tipo de soluciones son fundamentales para abordar los desafíos

habitacionales y climáticos que enfrenta el país, promoviendo prácticas más ecológicas y accesibles en la edificación de espacios habitables. (Wieser et al, 2020)

Título: “Estudio comparativo de la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de las unidades de adobe estabilizadas con fibra de poliéster frente al adobe tradicional, de las adoberas ubicadas en el distrito de San Sebastián-Cusco”. Autor: Alagon, Jose; Neira, Ronald. El trabajo de investigación de tesis tiene como objetivo principal proponer un material de construcción sostenible y ecoamigable que permita mejorar de manera simultánea el desempeño térmico y el comportamiento estructural de las viviendas rurales construidas a base de adobe. Esta propuesta surge como respuesta a las limitaciones que presenta el adobe convencional, especialmente en contextos rurales donde las viviendas se encuentran expuestas a condiciones climáticas adversas, como bajas temperaturas, alta humedad y variaciones térmicas pronunciadas entre el día y la noche. En este escenario, el estudio plantea la incorporación de fibras de poliéster como elemento estabilizante, con la finalidad de optimizar las propiedades del adobe sin perder sus ventajas tradicionales como material económico, accesible y de bajo impacto ambiental. La investigación se desarrolla bajo un enfoque experimental riguroso, en el cual se evaluaron un total de 208 muestras de adobe, organizadas de manera sistemática para garantizar la confiabilidad de los resultados. Estas muestras fueron distribuidas en cuatro grupos de 52 unidades cada uno, lo que permitió realizar comparaciones directas entre el adobe convencional y los adobes estabilizados con diferentes dosificaciones de fibra de poliéster. Tres de los grupos correspondieron a adobes reforzados con fibra de poliéster en proporciones de 0,25 %, 0,50 % y 0,75 % respecto al peso total del adobe, mientras que el cuarto grupo fue considerado como muestra de control, representando al adobe tradicional sin ningún tipo de estabilización. El proceso de elaboración y evaluación de las muestras se llevó a cabo siguiendo estrictamente los lineamientos técnicos establecidos en la Norma Técnica Peruana E.070 (Albañilería) y la Norma Técnica Peruana E.080 (Diseño y construcción con tierra reforzada), las cuales regulan el uso del adobe como material constructivo en el Perú. Asimismo, se consideraron los criterios establecidos en la norma española UNE-EN 41410, relacionada con bloques de tierra comprimida para muros y tabiques, lo que permitió incorporar un enfoque comparativo de carácter internacional y fortalecer la validez técnica de la investigación. Uno de los aspectos más relevantes del estudio fue la evaluación de la conductividad térmica de las unidades de adobe, debido a su influencia directa en el confort térmico de las viviendas. Los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de fibra de poliéster genera una reducción progresiva de la conductividad térmica a medida que aumenta la dosificación de fibra. En este sentido, los adobes estabilizados con 0,25 %, 0,50 %

y 0,75 % de fibra de poliéster presentaron valores de conductividad térmica de 0,75 W/m·K, 0,70 W/m·K y 0,67 W/m·K, respectivamente. Estos valores resultan significativamente menores en comparación con el adobe convencional, que registró una conductividad térmica de 0,89 W/m·K, lo cual demuestra que la presencia de la fibra contribuye a mejorar el comportamiento aislante del material y, por ende, a reducir las pérdidas de calor en el interior de las viviendas. En paralelo, la investigación analizó el comportamiento mecánico de las unidades de adobe, enfocándose principalmente en la resistencia a la compresión, una propiedad fundamental para garantizar la seguridad estructural de las edificaciones. Los resultados obtenidos muestran un incremento notable de la resistencia a la compresión en los adobes estabilizados con fibra de poliéster. En particular, las unidades con dosificaciones de 0,25 %, 0,50 % y 0,75 % alcanzaron resistencias de 15,2 kg/cm<sup>2</sup>, 19,1 kg/cm<sup>2</sup> y 20,4 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Estos valores superan ampliamente la resistencia registrada en el adobe convencional, que fue de 10,3 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando que la incorporación de fibra de poliéster mejora significativamente la capacidad portante del material. El análisis integral de los resultados permitió identificar que, si bien el aumento de la dosificación de fibra mejora tanto el desempeño térmico como la resistencia mecánica, existe un punto óptimo que equilibra adecuadamente ambas propiedades. En este sentido, la investigación concluye que la dosificación del 0,50 % de fibra de poliéster representa la alternativa más eficiente, ya que ofrece una reducción considerable de la conductividad térmica y un incremento significativo de la resistencia a la compresión, sin generar efectos negativos en la trabajabilidad del material ni en su proceso constructivo. En conclusión, el estudio demuestra que el adobe estabilizado con fibra de poliéster constituye una alternativa técnica viable para la construcción de viviendas rurales, especialmente en zonas donde se requiere mejorar el confort térmico y la seguridad estructural. Asimismo, esta propuesta contribuye a la diversificación de materiales sostenibles en el sector de la construcción, promoviendo soluciones ecoamigables que pueden adaptarse a las necesidades de las comunidades rurales y a las condiciones climáticas del entorno, sin renunciar a los principios de accesibilidad económica y bajo impacto ambiental. (Alagon & Neira, 2020)

Título: “Cadena productiva de lana de oveja en el Sector textil y de confecciones”.  
Autor: Tinoco, Óscar. El artículo científico realiza un análisis integral de la cadena productiva de la fibra de ovino, abordando de manera articulada los procesos de producción, las propiedades físicas y químicas del material, así como su comercialización en el contexto nacional. La investigación señala que la crianza de ovinos se desarrolla en todas las regiones del Perú, con una presencia particularmente significativa en las zonas altoandinas, donde esta actividad cumple un rol fundamental en la economía familiar y en la subsistencia de comunidades rurales. Dentro de las razas existentes, se destaca el ovino criollo debido a su

amplia distribución y disponibilidad, lo que lo convierte en la principal fuente de obtención de fibra a nivel nacional. La fibra natural obtenida de los ovinos, especialmente de razas como el merino, ha sido tradicionalmente destinada a la industria textil y de confecciones, donde constituye una materia prima de uso histórico y cultural. Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2006), la industria textil, de cueros y de confecciones representa aproximadamente el 2,2 % del Producto Bruto Interno (PBI) del país, lo que evidencia su relevancia dentro de la estructura económica nacional. No obstante, el artículo señala que, a pesar de esta contribución, la fibra de ovino presenta una limitada diversificación en sus aplicaciones productivas, concentrándose mayoritariamente en la elaboración de prendas de vestir para el mercado interno. En el ámbito de la comercialización, el estudio destaca que los productos derivados de la lana de oveja no han logrado alcanzar un posicionamiento competitivo en los mercados internacionales. De acuerdo con estadísticas de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), las exportaciones de fibra de ovino son significativamente menores en comparación con otros productos textiles de origen natural, como el algodón y la lana de alpaca. Estos últimos presentan una mayor demanda externa, mayor valor agregado y un reconocimiento consolidado en los mercados internacionales. Esta situación refleja un bajo aprovechamiento del potencial económico de la lana de oveja, a pesar de su abundancia y disponibilidad en el territorio peruano. Desde el punto de vista de sus propiedades físicas y químicas, la lana de ovino está compuesta fundamentalmente por la proteína queratina, la cual representa aproximadamente entre el 20 % y el 25 % de su composición total. Esta proteína le confiere características particulares como resistencia, elasticidad y capacidad de recuperación frente a deformaciones. Asimismo, la fibra presenta un diámetro que oscila entre 12 y 120 micras y una longitud que varía entre 20 y 350 mm, dependiendo de la raza del animal, la zona geográfica y la parte del cuerpo de donde se obtiene el vellón. Estas características permiten clasificar la lana según su finura y calidad, determinando sus posibles aplicaciones. El artículo también pone en evidencia el uso emergente de la lana de oveja en el sector de la construcción, donde se emplea principalmente como material de aislamiento térmico y acústico. Gracias a su estructura fibrosa y a la presencia de aire atrapado entre sus filamentos, la lana presenta una baja conductividad térmica, lo que le permite reducir las pérdidas de calor y mejorar el confort térmico en edificaciones. Estas propiedades han sido ampliamente aprovechadas en países de Europa Occidental, donde la lana de ovino se utiliza en forma de paneles, mantos o rellenos aislantes en viviendas sostenibles. En este contexto, el estudio resalta la necesidad de revalorizar la lana de oveja como un recurso estratégico, promoviendo su uso en aplicaciones alternativas que vayan más allá del sector textil tradicional. El aprovechamiento de la fibra de ovino en la construcción representa una oportunidad para diversificar su mercado, generar mayor valor

agregado y contribuir al desarrollo sostenible, especialmente en zonas rurales donde este recurso es abundante. De esta manera, el artículo concluye que la lana de ovino posee un alto potencial económico y técnico que aún no ha sido plenamente explotado, y que su incorporación en sectores como la construcción puede contribuir tanto a la mejora de la calidad de vida de la población como a la promoción de prácticas productivas más sostenibles y eficientes. (Tinoco, 2009)

Título: “Conductividad térmica de compuestos tipo sándwich usados en la industria de la construcción”. Autor: Mendoza et al. En el artículo científico se analiza de manera detallada la creciente relevancia de los compuestos tipo sándwich dentro del sector de la construcción, particularmente en el ámbito de las viviendas sostenibles. Estos sistemas constructivos han cobrado especial importancia en los últimos años debido a su precio relativamente asequible, su facilidad de implementación y, sobre todo, por el adecuado nivel de aislamiento térmico que ofrecen. Esta característica resulta fundamental en contextos climáticos adversos, como las zonas altoandinas, donde las temperaturas ambientales pueden descender con frecuencia por debajo de los 0 °C, generando condiciones de desconfort térmico que afectan directamente la calidad de vida de los habitantes. La investigación pone énfasis en que, en este tipo de regiones, el confort térmico dentro de la vivienda no solo constituye un aspecto de bienestar, sino también un factor determinante para la habitabilidad y la salud de la población, especialmente en grupos vulnerables como niños y adultos mayores. En este sentido, los compuestos tipo sándwich se presentan como una alternativa técnica viable, ya que permiten combinar diferentes materiales con propiedades complementarias, optimizando el desempeño térmico del sistema constructivo sin incrementar significativamente los costos. El estudio se centra específicamente en la evaluación de la conductividad térmica de diversos materiales que forman parte de estos sistemas tipo sándwich utilizados en la construcción. Para ello, se siguieron rigurosamente los lineamientos establecidos en la norma ASTM C177, la cual describe el método de ensayo mediante el equipo de placa caliente con guarda de doble muestra. Este procedimiento es ampliamente reconocido a nivel internacional por su precisión y confiabilidad en la medición de la conductividad térmica de materiales sólidos homogéneos y compuestos. Entre los materiales analizados en la investigación se incluyen el poliéster, la lana de vidrio, el ladrillo, el drywall y el poliestireno expandido, todos ellos de uso frecuente en el sector de la construcción convencional y sostenible. Cada uno de estos materiales presenta características físicas y térmicas distintas, lo que permite establecer comparaciones objetivas respecto a su

capacidad para limitar la transferencia de calor a través de los cerramientos. El equipo utilizado para la realización de los ensayos está compuesto por un sistema cuidadosamente calibrado que incluye superficies frías y calientes, una placa ubicada en la zona de medición, una placa en la zona de guarda y las muestras de ensayo propiamente dichas. Estas muestras deben cumplir estrictamente con las condiciones de preparación, dimensiones y homogeneidad especificadas por la norma ASTM C177, a fin de garantizar la validez de los resultados obtenidos y minimizar posibles errores experimentales. Los resultados derivados de los ensayos de conductividad térmica permiten identificar diferencias significativas entre los materiales evaluados. En particular, se evidencia que la lana de vidrio presenta el menor valor de conductividad térmica, lo que confirma su alta capacidad aislante en comparación con los demás materiales analizados. Este comportamiento térmico favorable la posiciona como uno de los materiales más adecuados para su uso en sistemas constructivos orientados a mejorar el desempeño térmico de las edificaciones, especialmente en climas fríos. En conclusión, el artículo resalta que la correcta selección de los materiales que conforman los compuestos tipo sándwich es un aspecto clave para optimizar el aislamiento térmico de las viviendas. La incorporación de materiales con baja conductividad térmica, como la lana de vidrio, contribuye significativamente a la reducción de pérdidas de calor, favoreciendo el confort térmico interior y promoviendo soluciones constructivas más eficientes, sostenibles y adecuadas para contextos climáticos exigentes. (Mendoza et al, 2021)

Título: “Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú”. Autores: Holguino et al. En el artículo científico se analiza de manera detallada el uso de la tierra como material de construcción, situándolo dentro del contexto actual de la sostenibilidad y del progresivo deterioro del medio ambiente asociado a las actividades humanas, entre ellas el sector de la construcción. En este escenario, el estudio enfatiza que, especialmente en países en vías de desarrollo como el Perú, resulta imprescindible replantear los modelos constructivos tradicionales y priorizar el empleo de materias primas accesibles, económicas y disponibles en el entorno inmediato de las zonas donde se edifican las viviendas. Bajo esta premisa, la tierra se presenta como una alternativa viable y pertinente, no solo por su amplia disponibilidad local, sino también por su bajo impacto ambiental en comparación con los materiales industrializados que requieren altos consumos energéticos para su producción. La investigación resalta la relevancia de las construcciones elaboradas con adobe, destacando que este material ha sido utilizado históricamente y continúa vigente debido

a sus múltiples ventajas técnicas y ambientales. Entre los principales beneficios del adobe se mencionan su capacidad de regulación térmica, sus propiedades acústicas y su adecuada interacción con el medio ambiente, cualidades que contribuyen tanto a la conservación del entorno natural como al bienestar de los habitantes. Estas características adquieren especial importancia en las zonas altoandinas, donde las condiciones climáticas extremas, marcadas por bajas temperaturas nocturnas y amplias variaciones térmicas, exigen soluciones constructivas que favorezcan el confort térmico interior sin recurrir a sistemas artificiales de calefacción. Desde este enfoque, el estudio aborda una serie de aspectos térmicos fundamentales, entre los que se incluyen la conductividad térmica, el calor específico, los mecanismos de transferencia de calor, los sistemas de acumulación térmica y los rangos de temperatura asociados al confort térmico. Estos parámetros permiten evaluar de manera integral el comportamiento térmico de las edificaciones construidas con tierra y su capacidad para mantener condiciones interiores estables y confortables. Asimismo, se analiza el proceso constructivo de las habitaciones, considerando no solo los materiales empleados, sino también la configuración espacial, la disposición de los elementos constructivos y su influencia directa en el desempeño térmico del ambiente interior. Para el desarrollo experimental, la investigación contempló la construcción de dos habitaciones con características diferenciadas, lo que permitió realizar un análisis comparativo riguroso. La primera corresponde a una habitación de prueba (HP), elaborada con adobe e incorporando un sistema de almacenamiento de calor, diseñado para aprovechar y conservar la energía térmica durante períodos prolongados. Esta habitación presenta una separación específica entre los tabiques de la pared interior y la estructura del techo, ambos contruidos con madera, lo cual favorece la acumulación y liberación gradual del calor, mejorando el confort térmico del espacio habitable. La segunda corresponde a una habitación de comparación (HC), cuya construcción se realizó siguiendo criterios tradicionales, basados principalmente en la composición granulométrica del suelo. En este caso, se efectuó una separación de los componentes de arena o grava y de los componentes de arcilla o limo, con el fin de obtener una mezcla adecuada para la elaboración del adobe, pero sin la incorporación de sistemas adicionales de almacenamiento térmico. Esta habitación permitió establecer una referencia directa para evaluar el impacto de las estrategias constructivas implementadas en la habitación de prueba. La comparación entre ambas habitaciones permitió analizar de manera clara la incidencia del sistema de almacenamiento de calor y de las características constructivas en el comportamiento térmico interior. Los resultados evidencian que la adecuada selección de materiales, junto con el diseño constructivo orientado al aprovechamiento térmico, puede generar mejoras significativas en el confort interior, reforzando la viabilidad del adobe como

un material sostenible, eficiente y apropiado para viviendas ubicadas en contextos climáticos adversos. En conjunto, el artículo reafirma la importancia de revalorar la tierra como material de construcción y de integrar criterios térmicos y ambientales en el diseño de viviendas, especialmente en regiones vulnerables donde el acceso a recursos tecnológicos es limitado. (Holguino et al, 2018)

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Materiales**

**2.2.1.1. Formación de suelos.** Según Jaramillo, Daniel (2002), el proceso de formación del suelo se entiende como el resultado de la acción conjunta, continua y progresiva de diversos factores que interactúan a lo largo del tiempo. Esta compleja dinámica ha sido explicada de manera sistemática a través de distintos modelos teóricos, entre los cuales destaca el modelo de desarrollo del suelo. Dicho modelo plantea que la génesis, evolución y características finales del suelo dependen de la interacción de seis factores fundamentales, los cuales actúan de forma simultánea y condicionan su estructura, composición y funcionalidad. Desde esta perspectiva, el suelo no debe concebirse como un elemento inmutable, sino como un sistema dinámico y en constante transformación, influenciado por variables ambientales, biológicas y antrópicas. Dentro de este enfoque, se reconoce que el suelo se encuentra principalmente en función del clima y de los organismos, factores que interactúan de manera directa con el material original o material parental. El clima desempeña un papel determinante en los procesos edáficos, ya que variables como la temperatura, la precipitación y la humedad influyen de forma directa en la intensidad y el tipo de meteorización que experimentan las rocas. Las fluctuaciones térmicas favorecen la fragmentación mecánica del material parental, mientras que la presencia de agua facilita reacciones químicas como la disolución, la oxidación y la hidrólisis, las cuales transforman los minerales primarios en minerales secundarios. Estos procesos contribuyen de manera significativa a la diferenciación de horizontes y al desarrollo de las propiedades físicas y químicas del suelo. Por su parte, los organismos constituyen otro factor esencial en el modelo de formación del suelo, ya que su actividad incide directamente en la transformación del material original. La vegetación, a través del crecimiento de las raíces, favorece la disgregación de las rocas y la incorporación de residuos orgánicos al suelo. Asimismo, los microorganismos y la fauna edáfica participan activamente en la descomposición de restos vegetales y animales, lo que permite la liberación de nutrientes y la formación de humus. Esta intensa actividad biológica no solo modifica la composición química del suelo, sino que también influye en su estructura, porosidad y capacidad de retención de agua, aspectos

fundamentales para su fertilidad y productividad. Además del clima y los organismos, el modelo de desarrollo del suelo contempla otros factores igualmente relevantes, como el material parental, el relieve, el tiempo y la acción antrópica. El material parental condiciona la textura, el color y la composición mineral inicial del suelo, estableciendo una base sobre la cual actúan los demás factores. El relieve, por su parte, influye en procesos como el drenaje, la escorrentía, la erosión y la acumulación de materiales, lo que genera diferencias significativas en el desarrollo del suelo incluso en áreas cercanas. El factor tiempo resulta indispensable, ya que la formación del suelo es un proceso lento y gradual que requiere largos periodos para evidenciar cambios estructurales y químicos relevantes. Finalmente, la acción humana puede modificar de manera sustancial el desarrollo natural del suelo, ya sea mediante prácticas agrícolas intensivas, deforestación, urbanización o el uso inadecuado de los recursos naturales, afectando su equilibrio y sostenibilidad. En conjunto, el modelo de desarrollo del suelo permite comprender que este constituye el resultado de una interacción compleja entre factores naturales, biológicos y humanos. En particular, el clima y los organismos desempeñan un papel central al actuar de forma constante sobre el material original, impulsando los procesos de transformación que dan origen a los distintos tipos de suelos. Esta visión integral facilita el análisis de la diversidad edáfica, su distribución en el paisaje y su relevancia tanto para el funcionamiento de los ecosistemas como para el desarrollo de las actividades humanas.

$$S = f(C, MP, O, R, t)$$

Donde:

S: Desarrollo de suelo.

C: Clima

MP: Material parental.

O: Organismos.

R: Relieve.

T: Tiempo.

**2.2.1.2. Pajonal.** El término pajonal tiene su origen en el idioma español y deriva de la palabra paja, la cual se emplea para designar restos vegetales secos o, en un sentido más amplio, a plantas herbáceas caracterizadas por tallos delgados y crecimiento persistente. A partir de esta base etimológica se consolida el concepto de pajonal, utilizado para describir un tipo particular de formación vegetal dominada principalmente por gramíneas perennes, es decir, especies que completan su ciclo de vida a lo largo de varios años y mantienen una cobertura relativamente estable en el tiempo. Este tipo de vegetación se distingue por presentar una estructura abierta, con predominio de especies de porte bajo a medio, y por su marcada adaptación a condiciones ambientales específicas. Los pajonales constituyen formaciones ecológicas ampliamente distribuidas en América del Sur, donde se desarrollan preferentemente en zonas de altitud media y alta. Estos ambientes suelen estar asociados a condiciones climáticas particulares, como temperaturas relativamente bajas, presencia de vientos intensos y una notable variabilidad en la disponibilidad hídrica a lo largo del año. Tales factores climáticos influyen de manera directa en la composición florística de los pajonales, favoreciendo el establecimiento de especies herbáceas con adaptaciones fisiológicas y morfológicas que les permiten tolerar limitaciones térmicas, suelos poco profundos o de baja fertilidad y periodos de estrés hídrico. En regiones andinas, los pajonales se encuentran comúnmente vinculados a áreas de transición entre ecosistemas forestales y zonas de mayor altitud, como los páramos y las punas. En estos espacios cumplen una función ecológica fundamental, ya que contribuyen de manera significativa a la protección del suelo frente a procesos erosivos, especialmente en pendientes pronunciadas y áreas expuestas a la acción del viento y las lluvias. Asimismo, desempeñan un papel relevante en la regulación del ciclo hidrológico, al favorecer la infiltración del agua y reducir la escorrentía superficial. La cobertura vegetal densa y continua que los caracteriza permite, además, la acumulación progresiva de materia orgánica, lo que incide positivamente en la estabilidad estructural y en la calidad de los suelos. Desde una perspectiva ecológica y funcional, los pajonales también presentan una estrecha relación con las actividades humanas, en particular con los sistemas tradicionales de ganadería extensiva. Las especies que los conforman han sido aprovechadas históricamente como forraje natural, lo que ha influido en su manejo y uso a lo largo del tiempo. No obstante, cuando estas prácticas no se realizan de manera adecuada, pueden generar procesos de sobrepastoreo y degradación, con consecuencias negativas sobre la biodiversidad, la productividad del ecosistema y los servicios ambientales que estos sistemas vegetales proporcionan. En este sentido, el estudio y la conservación de los pajonales resultan fundamentales para garantizar el equilibrio entre el aprovechamiento humano y la sostenibilidad ecológica de estos ecosistemas. (Izco et al, 2007)

**2.2.1.3. Arcilla.** Este proceso ha sido explicado de forma sistemática mediante modelos teóricos, entre los cuales destaca el modelo de desarrollo del suelo, el cual establece que la génesis y evolución del suelo dependen de la interacción de seis factores fundamentales. Dichos factores permiten comprender al suelo no como un elemento estático, sino como un sistema dinámico, resultado de múltiples influencias ambientales y biológicas que operan simultáneamente. Dentro de este modelo, se indica que el suelo se encuentra en función principalmente del clima y de los organismos, los cuales interactúan directamente con el material original o material parental. El clima desempeña un papel determinante, ya que variables como la temperatura y la precipitación influyen de manera directa en los procesos de meteorización física, química y biológica de las rocas. Por ejemplo, las variaciones térmicas pueden provocar la fragmentación del material parental, mientras que la presencia de agua facilita reacciones químicas que transforman los minerales primarios en minerales secundarios, contribuyendo así a la formación de horizontes del suelo. Por su parte, los organismos representan otro factor clave en este modelo de formación del suelo. La actividad de plantas, microorganismos y fauna del suelo interviene activamente en la transformación del material original. Las raíces de las plantas contribuyen a la desintegración de las rocas y a la incorporación de materia orgánica, mientras que los microorganismos participan en la descomposición de residuos vegetales y animales, favoreciendo la liberación de nutrientes y la formación del humus. Esta interacción biológica no solo modifica la composición química del suelo, sino también su estructura y fertilidad. Además del clima y los organismos, el modelo de desarrollo del suelo considera otros factores igualmente relevantes, como el material parental, el relieve, el tiempo y la acción antrópica. El material parental determina en gran medida la textura y la composición mineral inicial del suelo, mientras que el relieve influye en el drenaje, la erosión y la acumulación de materiales. El factor tiempo es esencial, ya que la formación del suelo es un proceso lento que requiere miles de años para manifestar cambios significativos. Finalmente, la actividad humana puede alterar de manera considerable el desarrollo natural del suelo, ya sea mediante prácticas agrícolas, urbanización o uso inadecuado de los recursos naturales. En conjunto, este modelo permite comprender que el suelo es el resultado de una compleja interacción entre factores naturales y biológicos, donde el clima y los organismos juegan un papel central al interactuar constantemente con el material original. Gracias a esta perspectiva, es posible analizar y explicar las diferencias entre los distintos tipos de suelos y su distribución en el paisaje, así como su importancia para los ecosistemas y las actividades humanas. El proceso de formación del suelo se entiende como el resultado de la acción conjunta, continua y progresiva de diversos factores que interactúan a lo largo del tiempo. Esta

compleja dinámica ha sido explicada de manera sistemática a través de distintos modelos teóricos, entre los cuales destaca el modelo de desarrollo del suelo. Dicho modelo plantea que la génesis, evolución y características finales del suelo dependen de la interacción de seis factores fundamentales, los cuales actúan de forma simultánea y condicionan su estructura, composición y funcionalidad. Desde esta perspectiva, el suelo no debe concebirse como un elemento inmutable, sino como un sistema dinámico y en constante transformación, influenciado por variables ambientales, biológicas y antrópicas. Dentro de este enfoque, se reconoce que el suelo se encuentra principalmente en función del clima y de los organismos, factores que interactúan de manera directa con el material original o material parental. El clima desempeña un papel determinante en los procesos edáficos, ya que variables como la temperatura, la precipitación y la humedad influyen de forma directa en la intensidad y el tipo de meteorización que experimentan las rocas. Las fluctuaciones térmicas favorecen la fragmentación mecánica del material parental, mientras que la presencia de agua facilita reacciones químicas como la disolución, la oxidación y la hidrólisis, las cuales transforman los minerales primarios en minerales secundarios. Estos procesos contribuyen de manera significativa a la diferenciación de horizontes y al desarrollo de las propiedades físicas y químicas del suelo. Por su parte, los organismos constituyen otro factor esencial en el modelo de formación del suelo, ya que su actividad incide directamente en la transformación del material original. La vegetación, a través del crecimiento de las raíces, favorece la disgregación de las rocas y la incorporación de residuos orgánicos al suelo. Asimismo, los microorganismos y la fauna edáfica participan activamente en la descomposición de restos vegetales y animales, lo que permite la liberación de nutrientes y la formación de humus. Esta intensa actividad biológica no solo modifica la composición química del suelo, sino que también influye en su estructura, porosidad y capacidad de retención de agua, aspectos fundamentales para su fertilidad y productividad. Además del clima y los organismos, el modelo de desarrollo del suelo contempla otros factores igualmente relevantes, como el material parental, el relieve, el tiempo y la acción antrópica. El material parental condiciona la textura, el color y la composición mineral inicial del suelo, estableciendo una base sobre la cual actúan los demás factores. El relieve, por su parte, influye en procesos como el drenaje, la escorrentía, la erosión y la acumulación de materiales, lo que genera diferencias significativas en el desarrollo del suelo incluso en áreas cercanas. El factor tiempo resulta indispensable, ya que la formación del suelo es un proceso lento y gradual que requiere largos periodos para evidenciar cambios estructurales y químicos relevantes. Finalmente, la acción humana puede modificar de manera sustancial el desarrollo natural del suelo, ya sea mediante prácticas agrícolas intensivas,

deforestación, urbanización o el uso inadecuado de los recursos naturales, afectando su equilibrio y sostenibilidad. En conjunto, el modelo de desarrollo del suelo permite comprender que este constituye el resultado de una interacción compleja entre factores naturales, biológicos y humanos. En particular, el clima y los organismos desempeñan un papel central al actuar de forma constante sobre el material original, impulsando los procesos de transformación que dan origen a los distintos tipos de suelos. Esta visión integral facilita el análisis de la diversidad edáfica, su distribución en el paisaje y su relevancia tanto para el funcionamiento de los ecosistemas como para el desarrollo de las actividades humanas. El origen del término pajonal es español y proviene de la palabra paja, la cual se utiliza para describir restos vegetales secos o, de manera más amplia, plantas herbáceas de tallo delgado y crecimiento persistente. A partir de este término se desarrolla el concepto de pajonal, empleado para designar un tipo de vegetación herbácea dominada principalmente por gramíneas perennes, es decir, plantas que viven y se desarrollan durante varios años consecutivos. Estas formaciones vegetales se caracterizan por su estructura abierta, su predominio de especies de porte bajo a medio y su adaptación a condiciones ambientales específicas. Los pajonales constituyen formaciones ecológicas ampliamente distribuidas en América del Sur, donde se localizan de manera preferente en altitudes medias y altas. Estas áreas suelen presentar condiciones climáticas particulares, como temperaturas relativamente bajas, fuertes vientos y una marcada variabilidad en la disponibilidad de agua a lo largo del año. Dichos factores influyen directamente en la composición florística de los pajonales, favoreciendo el desarrollo de especies herbáceas resistentes y bien adaptadas a ambientes con limitaciones térmicas y edáficas. En regiones andinas, por ejemplo, los pajonales se asocian comúnmente con zonas de transición entre ecosistemas forestales y áreas de mayor altitud, como los páramos o las punas. En estos contextos, cumplen una función ecológica fundamental, ya que contribuyen a la protección del suelo frente a procesos de erosión, regulan la infiltración del agua y sirven como hábitat para una amplia diversidad de fauna. Asimismo, la densa cobertura vegetal que presentan permite la acumulación de materia orgánica, lo que influye positivamente en la calidad y estabilidad de los suelos. Desde una perspectiva ecológica y funcional, los pajonales también desempeñan un papel relevante en las actividades humanas, especialmente en sistemas tradicionales de ganadería extensiva. Las especies que los conforman han sido utilizadas históricamente como forraje natural, lo que ha condicionado su manejo y conservación a lo largo del tiempo. No obstante, un uso inadecuado puede provocar su degradación, afectando tanto la biodiversidad como los servicios ecosistémicos que proporcionan. El término pajonal tiene su origen en el idioma español y deriva de la palabra paja, la cual se emplea para designar restos vegetales

secos o, en un sentido más amplio, a plantas herbáceas caracterizadas por tallos delgados y crecimiento persistente. A partir de esta base etimológica se consolida el concepto de pajonal, utilizado para describir un tipo particular de formación vegetal dominada principalmente por gramíneas perennes, es decir, especies que completan su ciclo de vida a lo largo de varios años y mantienen una cobertura relativamente estable en el tiempo. Este tipo de vegetación se distingue por presentar una estructura abierta, con predominio de especies de porte bajo a medio, y por su marcada adaptación a condiciones ambientales específicas. Los pajonales constituyen formaciones ecológicas ampliamente distribuidas en América del Sur, donde se desarrollan preferentemente en zonas de altitud media y alta. Estos ambientes suelen estar asociados a condiciones climáticas particulares, como temperaturas relativamente bajas, presencia de vientos intensos y una notable variabilidad en la disponibilidad hídrica a lo largo del año. Tales factores climáticos influyen de manera directa en la composición florística de los pajonales, favoreciendo el establecimiento de especies herbáceas con adaptaciones fisiológicas y morfológicas que les permiten tolerar limitaciones térmicas, suelos poco profundos o de baja fertilidad y periodos de estrés hídrico. En regiones andinas, los pajonales se encuentran comúnmente vinculados a áreas de transición entre ecosistemas forestales y zonas de mayor altitud, como los páramos y las punas. En estos espacios cumplen una función ecológica fundamental, ya que contribuyen de manera significativa a la protección del suelo frente a procesos erosivos, especialmente en pendientes pronunciadas y áreas expuestas a la acción del viento y las lluvias. Asimismo, desempeñan un papel relevante en la regulación del ciclo hidrológico, al favorecer la infiltración del agua y reducir la escorrentía superficial. La cobertura vegetal densa y continua que los caracteriza permite, además, la acumulación progresiva de materia orgánica, lo que incide positivamente en la estabilidad estructural y en la calidad de los suelos. Desde una perspectiva ecológica y funcional, los pajonales también presentan una estrecha relación con las actividades humanas, en particular con los sistemas tradicionales de ganadería extensiva. Las especies que los conforman han sido aprovechadas históricamente como forraje natural, lo que ha influido en su manejo y uso a lo largo del tiempo. No obstante, cuando estas prácticas no se realizan de manera adecuada, pueden generar procesos de sobrepastoreo y degradación, con consecuencias negativas sobre la biodiversidad, la productividad del ecosistema y los servicios ambientales que estos sistemas vegetales proporcionan. En este sentido, el estudio y la conservación de los pajonales resultan fundamentales para garantizar el equilibrio entre el aprovechamiento humano y la sostenibilidad ecológica de estos ecosistemas. La definición de arcilla resulta compleja y requiere ser abordada desde diversas acepciones, ya que su comprensión varía según el enfoque

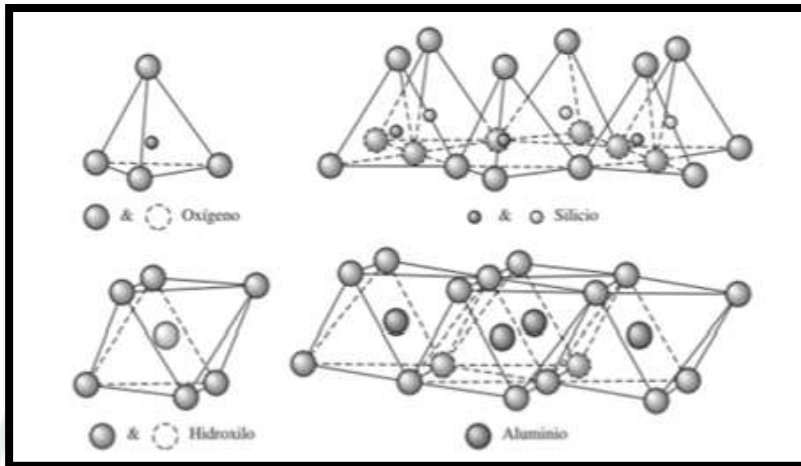
disciplinario desde el cual se analice. En este sentido, el concepto de arcilla puede ser interpretado a partir de su mineralogía, petrografía, tamaño de partícula, propiedades físicas y comportamiento químico, entre otros criterios. Esta multiplicidad de enfoques refleja la importancia de la arcilla en distintos campos del conocimiento, como la geología, la edafología, la química y la sedimentología. Desde el punto de vista de su origen, las arcillas se forman como resultado de la acción de agentes de meteorización física y química que actúan sobre la roca madre original. Estos procesos implican la desintegración mecánica de los materiales rocosos, así como transformaciones químicas que alteran los minerales primarios, dando lugar a minerales secundarios característicos de las arcillas. La combinación de ambos tipos de meteorización permite la generación de partículas extremadamente finas, las cuales pueden ser transportadas y posteriormente depositadas en diferentes ambientes naturales. Las arcillas pueden presentarse como acumulaciones naturales, ya sea en estado consolidado o no consolidado, y se caracterizan por estar constituidas por partículas de tamaño de grano muy fino. Esta condición granulométrica es uno de los aspectos más relevantes para su clasificación y estudio, ya que influye directamente en sus propiedades físicas, como la plasticidad, la cohesión, la capacidad de retención de agua y el comportamiento frente a cambios de humedad. En cuanto al tamaño de partícula, existe cierta variabilidad en los criterios utilizados por diferentes especialistas. Según químicos especializados en el estudio de coloides, mineralogistas, investigadores del suelo y sedimentólogos, las partículas de arcilla se definen generalmente como aquellas cuyo diámetro es menor a 1, 2 o 4 micrómetros, dependiendo del enfoque metodológico y del campo de estudio. Estas diferencias en los límites granulométricos no representan contradicciones, sino más bien distintas perspectivas analíticas que responden a los objetivos específicos de cada disciplina. Desde una visión integral, la arcilla no debe entenderse únicamente como un material de tamaño fino, sino como un conjunto de minerales y partículas con características físicas y químicas particulares que condicionan su comportamiento en sistemas naturales y aplicados. Por ello, su estudio resulta fundamental para comprender procesos geológicos, la formación y evolución de los suelos, así como su aprovechamiento en diversas actividades humanas, como la construcción, la cerámica y la agricultura. La definición de arcilla constituye un concepto complejo que requiere ser abordado desde múltiples acepciones, dado que su interpretación varía según el enfoque disciplinario desde el cual se analice. En este sentido, la arcilla puede definirse a partir de criterios mineralógicos, petrográficos, granulométricos, físicos y químicos, entre otros, lo que pone de manifiesto su carácter multifacético y su relevancia en diversos campos del conocimiento. Esta diversidad de enfoques refleja la importancia de la arcilla en disciplinas como la geología, la

edafología, la sedimentología y la química, donde cumple un papel fundamental en la comprensión de procesos naturales y aplicados. Desde el punto de vista de su origen, las arcillas se forman como resultado de la acción conjunta de procesos de meteorización física y química que actúan sobre la roca madre original. La meteorización física contribuye a la fragmentación mecánica de los materiales rocosos, mientras que la meteorización química implica transformaciones más profundas, como la hidrólisis, la oxidación y la disolución de los minerales primarios. Estos procesos dan lugar a la formación de minerales secundarios característicos de las arcillas, como los filosilicatos, y permiten la generación de partículas extremadamente finas. Dichas partículas pueden ser posteriormente transportadas por agentes como el agua o el viento y depositadas en distintos ambientes naturales, donde se acumulan y participan en la formación de sedimentos y suelos. Las arcillas pueden presentarse como acumulaciones naturales tanto en estado consolidado como no consolidado y se caracterizan principalmente por estar constituidas por partículas de tamaño de grano muy fino. Esta condición granulométrica representa uno de los aspectos más relevantes para su clasificación y estudio, ya que influye directamente en sus propiedades físicas. Entre estas propiedades se destacan la plasticidad, la cohesión, la elevada superficie específica y la capacidad de retención de agua, así como su comportamiento frente a variaciones en el contenido de humedad. Estas características explican, en gran medida, la respuesta mecánica y química de las arcillas en distintos contextos ambientales y tecnológicos. En relación con el tamaño de partícula, existe una cierta variabilidad en los criterios adoptados por diferentes especialistas. De acuerdo con químicos dedicados al estudio de coloides, mineralogistas, edafólogos y sedimentólogos, las partículas de arcilla suelen definirse como aquellas cuyo diámetro es inferior a 1, 2 o 4 micrómetros, dependiendo del marco metodológico y del objetivo del análisis. Estas diferencias en los límites granulométricos no constituyen contradicciones conceptuales, sino que responden a enfoques analíticos complementarios que priorizan distintos aspectos del comportamiento de las arcillas. Desde una visión integral, la arcilla no debe entenderse únicamente como un material de tamaño fino, sino como un conjunto de minerales y partículas con propiedades físicas y químicas particulares que condicionan su comportamiento en sistemas naturales y aplicados. En consecuencia, su estudio resulta esencial para comprender procesos geológicos y edáficos, la formación y evolución de los suelos, así como su aprovechamiento en diversas actividades humanas, tales como la construcción, la cerámica y la agricultura, donde las propiedades de la arcilla determinan en gran medida su utilidad y manejo. (Díaz & Torrecillas, 2002)

De acuerdo con su mineralogía y tamaño menor a 2 micras podemos considerar de esta manera.

#### Figura 4

##### *Estructura de la arcilla*



*Nota.* Figura de estructura de la arcilla. (Zapata, Rodrigo, 2018)

**2.2.1.4. Limo.** Los limos son sedimentos de origen clástico que se caracterizan por estar constituidos por partículas cuyo diámetro se sitúa aproximadamente entre 0,06 mm y 0,002 mm, lo que los ubica granulométricamente entre las arenas finas y las arcillas. Esta posición intermedia dentro de la escala de tamaños les confiere propiedades particulares que los diferencian de otros tipos de sedimentos, tanto en su comportamiento físico como en sus mecanismos de transporte y deposición. Debido a su tamaño reducido y a su bajo peso, las partículas de limo presentan una notable facilidad para ser movilizadas por distintos agentes naturales. El transporte de los limos se produce principalmente en suspensión, lo que permite que permanezcan flotando en el medio transportador durante períodos prolongados. Los agentes más comunes responsables de su desplazamiento son los ríos, el viento y, en determinados contextos, el agua de origen glaciar. En ambientes fluviales, los limos pueden ser transportados a grandes distancias antes de su deposición, especialmente durante episodios de crecida o en condiciones de alta energía, donde la capacidad de arrastre del agua aumenta de manera significativa. En el caso del transporte eólico, estos sedimentos pueden dar lugar a depósitos extensos, continuos y relativamente homogéneos, como los loess, que se distribuyen ampliamente en distintas regiones del mundo y constituyen registros importantes de procesos climáticos pasados. Además de su transporte, los limos pueden originarse directamente como producto de los procesos de meteorización física y química que actúan sobre rocas

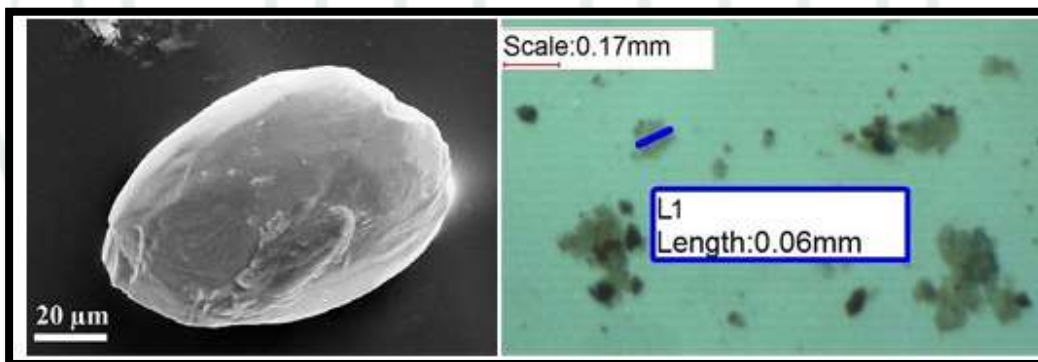
preexistentes. La fragmentación mecánica de los materiales rocosos, combinada con la alteración química de los minerales, genera partículas progresivamente más finas que, una vez liberadas, pasan a integrar los sedimentos limosos. Estos procesos resultan especialmente activos en ambientes donde existen marcadas variaciones térmicas, presencia constante de agua y una importante actividad biológica, factores que favorecen la descomposición y desagregación de los materiales originales. Desde el punto de vista de sus propiedades físicas, los limos presentan una baja cohesión cuando se encuentran en estado seco y una plasticidad limitada en comparación con las arcillas. Sin embargo, pueden volverse inestables al saturarse de agua, lo que condiciona de manera significativa su comportamiento. Esta característica tiene implicancias directas en el comportamiento de los suelos limosos, particularmente en el ámbito de la ingeniería y en el uso agrícola, ya que suelen ser susceptibles a procesos de erosión, compactación y pérdida de estructura. En el campo de la edafología y la sedimentología, los limos desempeñan un papel relevante en la formación de suelos fértiles, debido a su capacidad para retener agua y nutrientes en proporciones equilibradas. Por esta razón, los suelos con un contenido significativo de limo suelen ser considerados favorables para la actividad agrícola, siempre que se apliquen prácticas de manejo adecuadas que eviten su degradación. En conjunto, los limos representan un componente fundamental dentro de los sistemas sedimentarios y cumplen un rol clave en la dinámica y evolución de los paisajes naturales. (Zapata, Rodrigo, 2018)

Se consideran limos aquellos suelos cuyas partículas atraviesan la malla estándar N° 200, lo que indica la presencia predominante de granos de tamaño muy fino. Esta característica granulométrica constituye un criterio fundamental para su identificación dentro de los sistemas de clasificación de suelos empleados en los ámbitos de la ingeniería civil y la geotecnia. Las partículas que conforman los limos poseen un tamaño suficientemente reducido como para mantenerse en suspensión durante los procesos de transporte, aunque no alcanzan el grado de finura ni manifiestan el comportamiento físico y químico característico de las arcillas. Desde el punto de vista de sus propiedades físicas, los suelos limosos se distinguen por presentar ausencia de plasticidad o una plasticidad muy baja. Esta condición se expresa de manera cuantitativa a través del índice plástico, cuyo valor, en el caso de los limos, suele ser inferior a cuatro. Este parámetro permite establecer una diferenciación clara respecto de las arcillas, las cuales exhiben índices plásticos más elevados como consecuencia de su composición mineralógica y de las interacciones electroquímicas que se producen entre sus partículas. La baja plasticidad de los limos condiciona su comportamiento mecánico y limita su capacidad de deformarse sin fracturarse. En relación con su respuesta frente a las condiciones ambientales,

los limos presentan una resistencia reducida cuando se encuentran expuestos a la acción del agua y a variaciones en el contenido de humedad. Al alcanzar estados de saturación, estos suelos pueden experimentar una pérdida rápida de su capacidad portante, lo que los vuelve inestables y propensos a deformaciones significativas. Por el contrario, en estado seco suelen comportarse de manera frágil y resultan fácilmente erosionables, especialmente bajo la acción del viento o de la escorrentía superficial. Esta dualidad en su comportamiento hace que los suelos limosos sean particularmente sensibles a procesos como la erosión, la licuación y el colapso estructural. Estas características representan un aspecto crítico a considerar en proyectos de infraestructura, obras de construcción y procesos de planificación territorial, donde el conocimiento detallado del tipo de suelo resulta indispensable para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras. No obstante, cuando se manejan de forma adecuada, los suelos limosos pueden integrar sistemas edáficos productivos, ya que su textura favorece una retención moderada de agua y nutrientes. En términos generales, los limos constituyen un tipo de suelo intermedio cuyas propiedades dependen en gran medida del contenido de humedad y de las condiciones externas a las que se encuentran expuestos, razón por la cual su correcta identificación, clasificación y manejo resultan esenciales para su aprovechamiento racional y sostenible. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

### Figura 5

*Partícula de limo*



*Nota.* Partícula de Limo. (Zapata, Rodrigo, 2018)

**2.2.1.5. Arena.** La arena está formada por partículas de roca que pasan la malla N°4 y que estas partículas son retenidas por la malla N°200, se clasifican en arena gruesa, media y fina, donde estas pasan la malla N°4, N°10 y N°40 y son retenidas en las mallas N°10, N°40, y N°200 respectivamente según la norma NTP 339.128. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019)

## 2.2.2. Adobe

**2.2.2.1. Tipos de adobe.** “Los tipos de adobe se clasifican en: mejorado y convencional” (Taibe & Yaranga, 2023).

**2.2.2.1.1. Adobe convencional.** El adobe, denominado comúnmente de esta manera en diversos contextos de la construcción tradicional, es un material de origen natural que ha sido utilizado históricamente en edificaciones de carácter rural, vernáculo y patrimonial. Su empleo se remonta a épocas antiguas y se encuentra estrechamente vinculado al aprovechamiento de recursos locales, así como a técnicas constructivas desarrolladas a partir del conocimiento empírico de las comunidades. De acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica E.080, el adobe se define como un bloque de tierra sin cocer, elaborado principalmente a partir de suelos arcillosos previamente seleccionados y moldeados, los cuales se someten a un proceso de secado al aire, sin intervención de cocción ni tratamientos térmicos artificiales. Con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas y su durabilidad, el adobe suele incorporar materiales complementarios que cumplen funciones específicas dentro de la mezcla. Entre estos, la paja destaca como un refuerzo natural de gran importancia, ya que contribuye a controlar la fisuración que se produce durante el proceso de secado y mejora el comportamiento del material frente a esfuerzos de tracción y flexión. Asimismo, la inclusión de arena permite regular el contenido de finos, disminuyendo los efectos de la retracción y favoreciendo una mayor estabilidad dimensional de los bloques, lo que se traduce en una mejor respuesta estructural del material una vez colocado en obra. La fabricación del adobe responde, en gran medida, a saberes tradicionales transmitidos de generación en generación, en los cuales la correcta dosificación de los componentes resulta un aspecto fundamental para garantizar la calidad del producto final. Un suelo con un contenido excesivo de arcilla puede dar lugar a la aparición de grietas, deformaciones y pérdida de resistencia, mientras que una proporción equilibrada de arena y fibras vegetales permite alcanzar un adecuado balance entre cohesión, resistencia y durabilidad. Este equilibrio es esencial para asegurar un comportamiento satisfactorio del adobe tanto en estado seco como frente a la acción de agentes ambientales. Desde el punto de vista normativo, la Norma Técnica E.080 reconoce al adobe como un material constructivo válido, siempre que se cumplan los criterios técnicos establecidos en relación con su elaboración, dimensiones, resistencia y uso estructural. Este aspecto adquiere especial relevancia en zonas de alta actividad sísmica, donde el desempeño de las construcciones en adobe depende en gran medida de la calidad del material, del diseño estructural adoptado y de la aplicación de técnicas constructivas adecuadas, como el refuerzo y el confinamiento de los

muros. En términos generales, el adobe representa una alternativa constructiva sostenible y de bajo impacto ambiental, ya que emplea materiales disponibles localmente, requiere un consumo energético reducido y ofrece buenas propiedades térmicas, contribuyendo al confort interior de las edificaciones. No obstante, su correcta aplicación exige un conocimiento técnico adecuado de sus características físicas y mecánicas, así como el estricto cumplimiento de las disposiciones normativas vigentes, con el fin de garantizar la seguridad, estabilidad y durabilidad de las construcciones que utilizan este material. (Taipe & Yaranga, 2023).

**2.2.2.1.2. Adobe mejorado.** El adobe reforzado corresponde al adobe convencional al que se le incorpora un material externo, generalmente de origen natural o mineral, con el propósito de mejorar sus propiedades físico-mecánicas y su desempeño estructural. Esta modificación surge como una alternativa técnica orientada a optimizar el comportamiento del adobe tradicional, especialmente frente a esfuerzos de tracción y flexión, así como a minimizar la aparición y propagación de fisuras durante las etapas de secado y a lo largo de su vida útil en la edificación. Entre los materiales de refuerzo más comúnmente empleados se encuentran fibras naturales como la cabuya y el ichu, además de otros elementos de origen mineral, como la fibra de roca. Estos materiales actúan como un refuerzo interno dentro de la matriz del adobe, integrándose de manera homogénea en la mezcla de tierra. La adecuada distribución de las fibras favorece una mayor cohesión entre las partículas del suelo, lo que se traduce en una estructura interna más estable y resistente una vez que el bloque ha completado su proceso de secado. La incorporación de refuerzos fibrosos permite mejorar de forma significativa la resistencia mecánica del adobe, ya que las fibras contribuyen a absorber y redistribuir los esfuerzos aplicados, retrasando la aparición de fisuras y limitando su propagación. Este comportamiento incrementa la capacidad de deformación del material antes de la falla, otorgándole una respuesta más dúctil en comparación con el adobe convencional. Asimismo, el adobe reforzado presenta una mejora en su durabilidad, dado que muestra un comportamiento más favorable frente a la erosión superficial y a las variaciones en el contenido de humedad, factores que suelen afectar negativamente a las construcciones en tierra. Desde una perspectiva constructiva, la incorporación de fibras como refuerzo no implica modificaciones sustanciales en el proceso tradicional de fabricación del adobe, lo que facilita su aplicación en contextos rurales y en sistemas de autoconstrucción. Además, el uso de materiales generalmente disponibles a nivel local convierte a esta técnica en una alternativa económicamente accesible y ambientalmente sostenible, manteniendo el bajo impacto energético característico de las construcciones en tierra. En conjunto, el adobe convencional reforzado con materiales externos,

ya sean fibras vegetales o minerales, representa una evolución del sistema constructivo tradicional. Esta mejora permite obtener un material con mayores prestaciones físico-mecánicas sin perder sus ventajas ecológicas, económicas y culturales, constituyéndose como una opción viable para incrementar la seguridad, la durabilidad y la calidad de las edificaciones construidas con tierra. (Taipe & Yaranga, 2023).

**2.2.2.1.3. Adobe estabilizado.** Se define como adobe estabilizado a aquel tipo de adobe en el que se incorporan materiales estabilizantes, tales como asfalto, cemento, cal u otros aditivos, con la finalidad de mejorar de manera significativa sus propiedades mecánicas y conferirle una mayor capacidad para soportar esfuerzos de compresión, así como una estabilidad superior frente a diversas condiciones ambientales. La adición controlada de estos materiales permite modificar la estructura interna del adobe, reduciendo su sensibilidad a la acción del agua y aumentando tanto su resistencia como su durabilidad a lo largo del tiempo. En el caso del cemento y la cal, estos actúan principalmente como agentes aglomerantes, favoreciendo una mejor cohesión entre las partículas del suelo que conforman el adobe. Este efecto se traduce en un incremento de la resistencia a la compresión y en una disminución de la aparición de fisuras, tanto durante el proceso de secado como en la etapa de servicio del material. Asimismo, la cal contribuye a mejorar la trabajabilidad de la mezcla y puede generar reacciones químicas a largo plazo que fortalecen progresivamente la matriz del adobe. Por su parte, la incorporación de asfalto cumple una función distinta, ya que mejora la impermeabilidad del material, brindándole una mayor protección frente a la humedad, la infiltración de agua y los efectos derivados de ciclos de humedecimiento y secado. Como resultado de estas modificaciones, el adobe estabilizado presenta un comportamiento más favorable frente a condiciones de carga, variaciones de humedad y procesos de degradación ambiental, lo que lo convierte en una alternativa más segura y confiable en comparación con el adobe convencional. Estas mejoras adquieren especial relevancia en regiones donde las edificaciones se encuentran expuestas a condiciones climáticas adversas o a solicitaciones estructurales más exigentes, como lluvias intensas o cambios bruscos de temperatura. Desde el punto de vista constructivo, el empleo de materiales estabilizantes amplía el campo de aplicación del adobe, permitiendo su uso en muros portantes y otros elementos estructurales, siempre que se respeten las proporciones, los procedimientos técnicos y las recomendaciones normativas correspondientes. Además, esta técnica contribuye a prolongar la vida útil de las edificaciones, al tiempo que mantiene las ventajas económicas y ambientales propias de la construcción con tierra, consolidándose como una alternativa que combina tradición, mejora tecnológica y sostenibilidad. (Taipe & Yaranga, 2023).

**2.2.2.2. Preparación del adobe.** Las muestras de adobe pueden presentar una configuración rectangular o cuadrada, en función del tipo de ensayo a realizar y de los criterios técnicos establecidos para su evaluación. En el caso específico de las muestras con configuración rectangular, se determina que el largo debe ser aproximadamente el doble del ancho, manteniéndose además una relación de 4 a 1 entre el largo y la altura. Esta proporción geométrica resulta fundamental para asegurar una distribución adecuada de los esfuerzos durante los ensayos mecánicos. Asimismo, la altura de las muestras debe situarse dentro de un rango definido, siendo mayor a 8 cm y menor a 12 cm, con el propósito de garantizar condiciones normalizadas que permitan la obtención de resultados representativos y comparables. En lo que respecta a la preparación del adobe, resulta imprescindible considerar lo establecido por la Norma Técnica E.080, particularmente en su artículo 18, el cual hace referencia a los requisitos de calidad, preparación, formas y dimensiones del adobe. Esta normativa señala la necesidad de asegurar un contenido adecuado de arcilla en el suelo utilizado, aspecto que se verifica mediante ensayos empíricos como la prueba de la cinta de barro, la evaluación de la resistencia en seco y el control de la aparición de fisuras. Dichas pruebas permiten analizar la cohesión del material, su comportamiento durante el secado y su estabilidad estructural, constituyendo criterios esenciales para garantizar la calidad del producto final. Una vez comprobada la idoneidad del suelo, se procede a la etapa conocida como dormido del material, la cual consiste en el humedecimiento controlado de la tierra previamente zarandeada. Este proceso tiene como finalidad lograr una mezcla homogénea y facilitar la activación de las propiedades plásticas de la arcilla, lo que mejora notablemente la trabajabilidad del material y asegura una adecuada cohesión durante el moldeo de las unidades de adobe. Esta etapa resulta clave para evitar defectos en la conformación de los bloques y para optimizar su desempeño posterior. Es importante destacar que, antes de iniciar la fabricación de las unidades de adobe, el contenido de humedad del material debe mantenerse por debajo del 20 %. Un exceso de agua puede provocar deformaciones, pérdida de resistencia mecánica y la aparición de fisuras durante el proceso de secado. Por ello, el control riguroso de la humedad se considera un factor determinante en la calidad final del adobe. En cuanto a la proporción de los componentes, la relación volumétrica entre paja y tierra suele variar entre 1:1 y 1:2, dependiendo de las características específicas del suelo y del comportamiento mecánico que se desea obtener. La paja cumple una función de refuerzo, contribuyendo a controlar la retracción y a mejorar la resistencia frente a esfuerzos de tracción, mientras que la tierra proporciona la cohesión necesaria para la conformación del bloque. En conjunto, el cumplimiento de estas condiciones geométricas, normativas y de preparación permite la

obtención de unidades de adobe con propiedades físicas y mecánicas adecuadas. De este modo, se garantiza su uso seguro y eficiente tanto en sistemas constructivos tradicionales como en propuestas mejoradas, contribuyendo a la durabilidad y estabilidad de las edificaciones realizadas con este material. (Taipe & Yaranga, 2023).

**2.2.2.3. Selección y dosificación.** El suelo debe de tener una gradación de arcilla, limo y arena en porcentajes de 10-20%, 15-25% y 77-70% respectivamente dentro de la cual se debe omitir el uso de suelos orgánicos. No se debe de considerar otros elementos extraños que no conformen lo mencionado anteriormente con el objetivo de no disminuir su resistencia o durabilidad además se deberá retirar de piedras que tengan diámetros mayores a 5 mm para la elaboración del adobe. Para esta observación se realizó la revisión de la Norma E.080 de Diseño y construcción con tierra reforzada, en específico en el Capítulo IV – Construcción de edificaciones de adobe reforzado en que se especifica que en base a los resultados presentados mediante la prueba de Cinta de barro (evaluación de existencia de arcilla) y Resistencia seca (presencia de arcilla), son pruebas que se realizan con el fin de descartar el lugar de procedencia del material, con el fin de controlar y evitar las fisuras de secado. La composición del suelo debe aproximarse a un 10%-20% de arcilla, 15%-25% de limo y 55%-70% de arena, teniendo el cuidado de no usar suelos inorgánicos, teniendo en cuenta el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS, se debe tener un porcentaje de arenas que varíe entre 55%-75% de arena retenidos en la malla N°200 y el porcentaje de finos este dentro de 25% - 45%, los cuales pasaran la malla N°200. Es importante recalcar que no será aceptable es uso de suelos cuyo porcentaje de arcilla sea superior a 18%. Lo anterior con el fin de evitar cambios volumétricos, es de esta manera que la norma recomienda que la composición del suelo debe aproximarse a un 10%-20% de arcilla, 15%-25% de limo y 55%-70% de arena. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

**2.2.2.4. Dimensiones.** En lo concerniente a las dimensiones de los bloques de adobe a utilizar en la construcción, estas deben cumplir criterios técnicos específicos que permitan garantizar un adecuado comportamiento estructural, así como facilitar su correcta manipulación y colocación durante el proceso constructivo. El control dimensional resulta fundamental, ya que influye directamente en la estabilidad de los muros, la distribución de cargas y la calidad final de la edificación. Para el caso de bloques de adobe con base cuadrada, se establece que ninguna de sus dimensiones laterales debe sobrepasar los 40 cm. Esta limitación responde a consideraciones prácticas y estructurales, ya que bloques de mayor tamaño pueden presentar dificultades durante el secado, mayor propensión a fisuras y un manejo más complejo en obra.

Asimismo, dimensiones excesivas pueden afectar negativamente la resistencia del material, debido a una distribución no uniforme de esfuerzos internos. En cuanto a los bloques de adobe con base rectangular, se indica que la relación entre el largo y el ancho debe ser de 1 a 2, lo que permite una geometría adecuada para la correcta trabazón de los muros y una mejor transmisión de cargas verticales. Esta proporción favorece la estabilidad del sistema constructivo, evitando discontinuidades y mejorando el comportamiento mecánico del conjunto estructural. Respecto a la altura del bloque de adobe, esta debe mantenerse dentro de un rango comprendido entre 8 cm y 12 cm, independientemente de la forma de la base. Este intervalo ha sido establecido con el fin de asegurar un equilibrio entre resistencia, facilidad de secado y compatibilidad con los morteros de asentado. Una altura menor podría comprometer la capacidad portante del bloque, mientras que una altura mayor incrementaría el riesgo de deformaciones y fisuración durante el proceso de secado y en servicio. El cumplimiento de estas dimensiones no solo responde a criterios normativos, sino también a la experiencia constructiva acumulada en edificaciones de tierra. Mantener proporciones adecuadas en los bloques de adobe contribuye a una mejor calidad del material, mayor uniformidad en los muros y un desempeño estructural más confiable, especialmente en zonas donde las condiciones ambientales y sísmicas exigen mayores niveles de seguridad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019)

**2.2.2.5. Herramientas para su elaboración.** “Lampa recta, barreta, machete, pico, carretilla bugui, adoberas, regla para emparejar, balde y zaranda” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019).

**2.2.2.6. Elaboración.** Predisponer de una adobera(molde) con dimensiones de 40 cm x 40cm x 10 cm recomendablemente.

- Cernir la materia prima(tierra).
- Habilitar el barro y esta debe ser sometida a un proceso de hidratación durante un mínimo de 48 horas.
- Para evitar la presencia de grietas se debe incorporar paja en el adobe.
- Se debe de humedecer y esparcir arena fina con el objetivo de que los adobes no se adosen al momento de lanzar las porciones de barro a la adobera.
- Insertado el barro en la adobera para no tener material excedente esta debe de emparejarse con una regla en la superficie.

- Para el secado del adobe es recomendable realizarlo bajo un tendal con el objetivo de que estas unidades no se agrieten y en un tiempo de 24 a 48 horas.
- Se debe de colocar una cama de arena para el desmolde del adobe, previamente habilitado en un área plano seco. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019)

### **2.2.3. Fibra de ovino**

**2.2.3.1. Fibras textiles ecológicas y sostenibles.** Se denomina fibras textiles a aquellos materiales que poseen la capacidad de ser hilados mediante procesos físicos y/o químicos, dando como resultado la obtención de hilos, los cuales posteriormente pueden ser transformados en tejidos a través de diferentes técnicas de manufactura. La principal característica que define a una fibra textil es su aptitud para ser estirada, torsionada y entrelazada sin perder continuidad ni resistencia, lo que permite su aprovechamiento en múltiples aplicaciones, tanto artesanales como industriales. Desde una perspectiva general, las fibras textiles se clasifican en naturales y artificiales o sintéticas, atendiendo a su origen y a los procesos involucrados en su obtención. En el caso específico de las fibras naturales, estas se originan directamente a partir de plantas y animales, sin requerir transformaciones químicas complejas para su formación básica. Su uso ha acompañado al ser humano desde tiempos antiguos, constituyendo uno de los primeros materiales empleados para la elaboración de vestimenta, herramientas y elementos de uso cotidiano. Las fibras naturales de origen vegetal, como el algodón, el lino o el ichu, se obtienen principalmente de tallos, hojas o semillas, mientras que las de origen animal, como la lana o la seda, provienen del pelo, la piel o las secreciones de ciertos animales. Estas fibras pueden ser hiladas con el objetivo de obtener hebras, hilos o cordeles, los cuales presentan propiedades específicas en función de su estructura, longitud y resistencia. Una de las ventajas más importantes de las fibras naturales es su flexibilidad, capacidad de absorción y compatibilidad ambiental, ya que suelen ser biodegradables y renovables. Además, presentan un buen comportamiento mecánico, lo que las hace aptas para diversos usos, no solo en la industria textil, sino también en aplicaciones técnicas, como refuerzos en materiales de construcción, cuerdas y elementos artesanales. (Villegas & González, 2013)

**2.2.3.2. Fibra de Ovino.** La fibra de ovino forma parte del grupo de las fibras naturales de origen animal, y sus características físicas, mecánicas y funcionales varían de manera significativa según la raza del animal, la edad, las condiciones ambientales y la zona del cuerpo de donde se obtiene. Esta fibra se origina en los folículos pilosos de la piel del ovino y constituye el vellón, que actúa como una cubierta natural cuya función principal es proteger al animal frente a variaciones térmicas, humedad y agentes externos. Desde el punto de vista estructural, la fibra de ovino presenta una textura suave y rizada, rasgo que le confiere una elevada capacidad de aislamiento térmico y una buena elasticidad. La forma ondulada de la fibra permite la retención de aire en su interior, lo que explica su eficiencia como material aislante. Estas propiedades han favorecido su uso histórico y continuo en diversas aplicaciones industriales y artesanales. En cuanto a su composición química, la fibra de ovino está formada fundamentalmente por la proteína queratina, la cual representa aproximadamente entre el 20 % y 25 % de su composición total. La queratina es responsable de la resistencia, flexibilidad y durabilidad de la fibra, además de su capacidad para recuperar la forma original después de ser deformada. Esta composición proteica también influye en su comportamiento frente a la humedad, ya que la fibra puede absorber una cantidad considerable de agua sin perder completamente sus propiedades mecánicas. El diámetro de la fibra de ovino presenta una amplia variabilidad, oscilando aproximadamente entre 12 y 120 micras, mientras que su longitud puede variar entre 20 y 350 mm, dependiendo tanto de la raza como de la región corporal del animal. Las fibras más finas suelen encontrarse en razas especializadas para la industria textil, mientras que las fibras más gruesas se destinan a usos técnicos o industriales. De acuerdo con su diámetro, la fibra de ovino posee diferentes aplicaciones. Se estima que alrededor de dos tercios de la producción total se destina a la industria textil, donde se utiliza en la elaboración de prendas de vestir como abrigos, telas, suéteres y otros productos que requieren suavidad, confort y aislamiento térmico. El tercio restante se emplea en la fabricación de productos de uso no textil, tales como alfombras, materiales acústicos, aislantes térmicos o acústicos y otros elementos técnicos, aprovechando sus propiedades de absorción sonora y regulación térmica. (Tinoco, 2009)

**2.2.3.3. Tipos de fibra.** Su clasificación se basa en la distinción de su finura y raza, de tal forma se puede caracterizar de la siguiente manera:

**Tabla 2**

*Razas de ovinos del Perú*

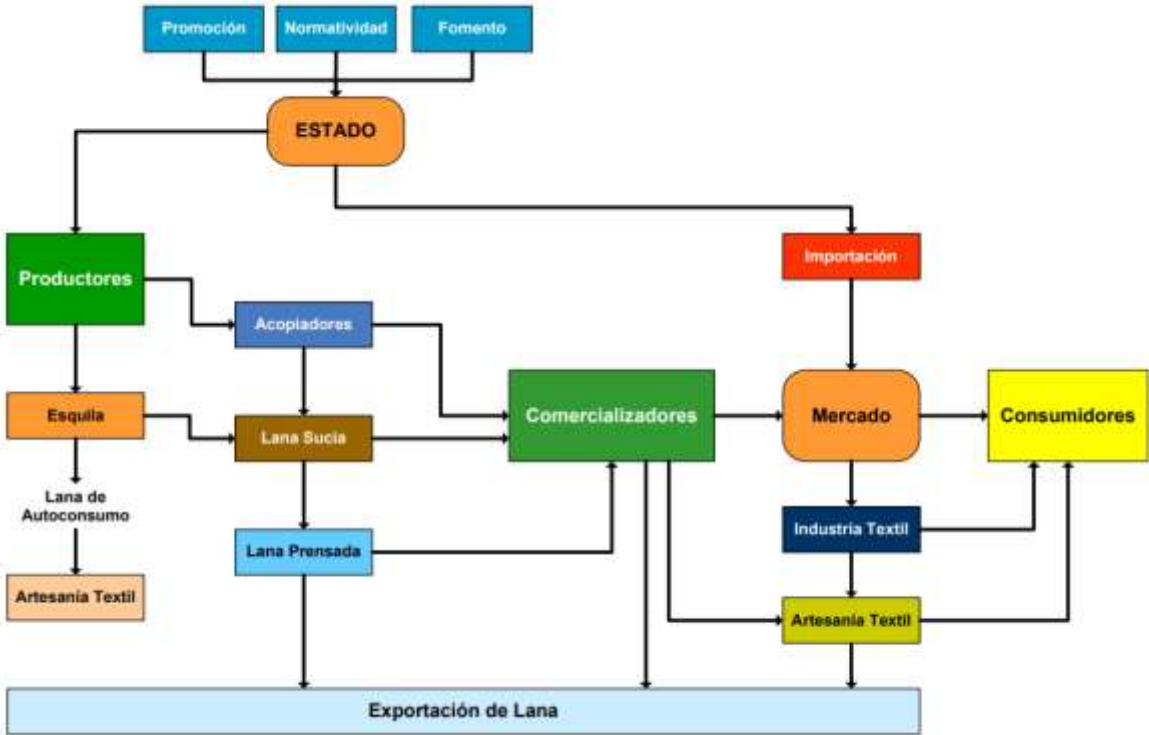
<b>Raza de oveja</b>	<b>Peso Vellón</b>	<b>Micras del vellón promedio</b>	<b>Peso Vivo</b>
Corriedale	4.5 - 6.4 kg	24 – 31 micras	59 - 125 kg
Criolla	1.5 kg	Variable	27 - 35 kg
Junín	3.0 - 5.6 kg	24 – 31 micras	45 – 7.4 kg
Hampshire Down	Uso cárnico	No aplica	70 - 135 kg

*Nota.* Estudio de mercado de lana de oveja. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2022)

**2.2.3.4. Proceso productivo de la fibra de ovino.** El proceso vinculado a la producción, transformación y comercialización de la fibra de ovino se define como un conjunto de etapas consecutivas, interrelacionadas y dependientes entre sí, que inician desde la obtención de la materia prima y culminan con la elaboración de productos con valor agregado destinados al mercado. Este proceso se caracteriza por su naturaleza principalmente artesanal, lo que implica un desarrollo más lento, cuidadoso y que demanda tiempo, experiencia y paciencia por parte de los productores y acopiadores de fibra. En su fase inicial, el proceso comienza con los productores artesanales y acopiadores de fibra de ovino, quienes cumplen un rol fundamental en la cadena productiva. Estos actores son responsables de la obtención directa de la lana, garantizando que la materia prima reúna condiciones adecuadas de calidad para su posterior transformación. La primera etapa corresponde al esquilado de la oveja, actividad que consiste en la extracción del vellón de manera manual o semimecanizada, procurando no dañar al animal ni deteriorar la fibra. Esta operación se realiza generalmente una vez al año y requiere conocimientos técnicos para obtener un vellón íntegro y limpio. Posteriormente, la lana esquilada pasa por el lavado, proceso indispensable para eliminar impurezas como grasa natural (lanolina), polvo, tierra y restos vegetales adheridos a la fibra. Esta etapa permite mejorar la calidad de la lana y facilitar las operaciones siguientes. Luego del lavado se realiza el escarmenado, que consiste en separar, abrir y ordenar las fibras, eliminando restos no deseados y alineándolas para obtener una textura más homogénea. Este paso es esencial para lograr un hilado uniforme y de mejor calidad. La siguiente fase corresponde al hilado de la lana, proceso mediante el cual las fibras escarmenadas se transforman en hebras o hilos continuos. Este

procedimiento puede llevarse a cabo de forma manual, utilizando husos o ruecas tradicionales, o mediante métodos más tecnificados, dependiendo del nivel de desarrollo productivo de la comunidad. El hilado determina en gran medida las características finales del producto, como la resistencia, el grosor y la uniformidad del hilo. Finalmente, se desarrolla el teñido de la lana, etapa que puede realizarse antes o después del hilado, empleando colorantes naturales o sintéticos. Este proceso no solo cumple una función estética, sino que también responde a criterios culturales, comerciales y de identidad local. El teñido artesanal, en particular, conserva técnicas ancestrales que aportan un valor cultural y económico adicional a los productos elaborados. La cadena de producción de la lana de ovino comprende desde el sector agropecuario, seguido del sector industrial para su posterior comercialización. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2022)

**Figura 6**  
*Cadena productiva de lana de ovino*



*Nota.* Cadena productiva de lana de ovino. (Ministerio de agricultura y riego, 2013)

**2.2.3.5. Razas de ovino en el Perú.** En el Perú, la crianza de ovinos posee una relevancia significativa desde los ámbitos económico, social y ecológico, especialmente en las zonas altoandinas del país. Esta actividad pecuaria constituye una de las principales fuentes de sustento para numerosas familias rurales, quienes dependen de ella tanto para el autoconsumo como para la generación de ingresos mediante la comercialización de carne, lana y otros subproductos derivados. Se estima que aproximadamente el 79 % de la población ovina del país se concentra en la región de la sierra, donde las condiciones geográficas y climáticas resultan favorables para su desarrollo. En estas zonas, la alimentación del ganado ovino se basa principalmente en el aprovechamiento de pastos naturales, los cuales forman parte de los ecosistemas altoandinos y cumplen un rol fundamental en el mantenimiento del equilibrio ambiental. Este tipo de alimentación extensiva permite una integración armónica entre la actividad ganadera y el entorno natural, siempre que se maneje de manera adecuada. Desde el punto de vista económico, la crianza de ovinos representa una actividad estratégica para las comunidades rurales, ya que requiere una inversión relativamente baja en comparación con otras actividades pecuarias. Además, la lana de ovino constituye una materia prima esencial para la industria textil artesanal y, en menor medida, para la industria manufacturera, generando cadenas productivas que dinamizan las economías locales. En el ámbito social, la ganadería ovina está estrechamente vinculada a prácticas culturales ancestrales, transmitidas de generación en generación. Actividades como el esquilado, el hilado y el tejido forman parte del conocimiento tradicional de las comunidades andinas y fortalecen la identidad cultural y la cohesión social. Asimismo, esta actividad contribuye a la seguridad alimentaria de las familias campesinas, al proporcionar proteínas de origen animal. Desde una perspectiva ecológica, los ovinos desempeñan un papel importante en el manejo de los pastizales naturales, ya que su pastoreo controlado puede contribuir a la renovación de la vegetación y a la conservación de los suelos. No obstante, un manejo inadecuado puede generar procesos de sobrepastoreo y degradación ambiental, por lo que resulta indispensable aplicar prácticas sostenibles que aseguren la conservación de los recursos naturales. En conjunto, la crianza de ovinos en el Perú no solo representa una actividad productiva de gran importancia, sino también un elemento clave para el desarrollo rural sostenible, la preservación cultural y el aprovechamiento responsable de los ecosistemas andinos. (Ministerio de Agricultura, 2013)

**2.2.3.5.1. Ovino Criollo.** La raza de ovino criollo es originaria de España y fue introducida al territorio peruano durante el periodo colonial, adaptándose progresivamente a las diversas condiciones geográficas y climáticas del país. En la actualidad, esta raza se encuentra distribuida en todas las regiones del Perú, con una presencia predominante en las zonas altoandinas, donde las condiciones ambientales son más exigentes y requieren animales con alta capacidad de adaptación. El ovino criollo representa aproximadamente el 70 % de la población ovina del Perú, lo que lo convierte en la raza más numerosa y de mayor importancia desde el punto de vista socioeconómico, especialmente para las comunidades rurales y campesinas. Su amplia distribución se debe, en gran medida, a su resistencia a climas fríos, su capacidad para aprovechar pastos naturales de baja calidad y su tolerancia a sistemas de crianza extensivos y tradicionales. En cuanto a sus características fenotípicas, el color del pelaje del ovino criollo es altamente variable. Se pueden encontrar ejemplares de color negro, marrón, blanco y diversos tonos de gris, lo que refleja una elevada heterogeneidad genética. Esta variabilidad es consecuencia de procesos de cruzamiento no controlados a lo largo del tiempo, lo que ha dado lugar a una población rústica, pero poco especializada en términos productivos. Desde el punto de vista productivo, los ovinos criollos presentan niveles relativamente bajos de producción, tanto en carne como en lana. En promedio, el peso vivo de las ovejas adultas alcanza alrededor de 27 kg, mientras que los carneros pueden llegar aproximadamente a 35 kg. Estos valores son inferiores en comparación con razas mejoradas, sin embargo, resultan suficientes para satisfacer las necesidades de autoconsumo y comercialización a pequeña escala en las zonas rurales. Respecto a la producción lanera, el ovino criollo produce alrededor de 1,5 kg de lana por vellón, la cual generalmente es de fibra gruesa y heterogénea. Si bien esta lana no cumple con los estándares de calidad requeridos por la industria textil fina, es ampliamente utilizada en la elaboración de productos artesanales como mantas, frazadas, ponchos, alfombras y otros tejidos tradicionales, constituyendo una fuente importante de ingresos complementarios para las familias campesinas. (Ministerio de Agricultura, 2013)

**2.2.3.5.2. Ovino Corriedale.** El ovino de raza Corriedale, oriundo de Nueva Zelanda, es una de las razas más difundidas y mejor adaptadas a los sistemas de producción ovina de América del Sur, incluido el Perú. Esta raza se desarrolló a partir del cruce entre ovinos Lincoln y Merino, con el objetivo de obtener un animal de doble propósito, es decir, apto tanto para la producción de lana como de carne, manteniendo un equilibrio adecuado entre ambos rendimientos. En cuanto a la producción de lana, el ovino Corriedale destaca por presentar vellones de buena calidad y volumen, con un peso promedio que oscila entre 4 y 6 kg de vellón

por animal, dependiendo de factores como la edad, el manejo, la alimentación y las condiciones ambientales. La lana producida es de fibra media, uniforme y resistente, lo que la hace adecuada para la elaboración de tejidos, prendas de abrigo y otros productos textiles de uso industrial y artesanal. Respecto a la producción de carne, esta raza muestra un desempeño notable, alcanzando pesos vivos aproximados de 59 a 82 kg en ovejas adultas y entre 79 y 125 kg en carneros adultos. Estas características la convierten en una opción eficiente para sistemas ganaderos que buscan mejorar la rentabilidad mediante un mayor rendimiento cárnico, sin sacrificar la producción lanera. En el contexto peruano, la raza Corriedale se encuentra ampliamente distribuida en las principales zonas ganaderas del país, especialmente en los departamentos de Puno, Pasco, Junín y en algunas zonas de la región Lima, donde se adapta favorablemente a las condiciones climáticas de la sierra y de las zonas altoandinas. Su resistencia, capacidad de adaptación y buen comportamiento productivo han permitido su consolidación como una de las razas más importantes dentro de la ganadería ovina nacional. Además, el ovino Corriedale cumple un papel relevante desde el punto de vista económico y social, ya que contribuye a la generación de ingresos para pequeños y medianos productores, así como al fortalecimiento de las cadenas productivas de lana y carne. Su crianza se integra de manera eficiente a los sistemas tradicionales de pastoreo, aprovechando los pastos naturales de las zonas altoandinas. (Ministerio de Agricultura, 2013)

**2.2.3.5.3. Hampshire Down.** El ovino de raza Hampshire Down, oriundo de Inglaterra, es una de las razas especializadas más reconocidas a nivel mundial por su alta aptitud para la producción de carne. Esta raza pertenece al grupo de ovinos de tipo carnicero y se caracteriza por un rápido crecimiento, buena conformación corporal y un elevado rendimiento en canal, lo que la convierte en una alternativa importante para sistemas productivos orientados al mercado cárnico. Desde el punto de vista morfométrico, el Hampshire Down presenta un cuerpo robusto, compacto y bien proporcionado, con un desarrollo muscular notable, especialmente en las regiones del lomo, la pierna y el pecho. El peso corporal que alcanzan los animales adultos es considerable, ya que los carneros pueden oscilar entre 100 y 135 kg, mientras que las ovejas alcanzan pesos aproximados de 70 a 90 kg, dependiendo del manejo, la alimentación y las condiciones ambientales en las que se desarrollen. Estas características hacen que la raza sea altamente eficiente en la conversión alimenticia y en la obtención de carne de buena calidad. En cuanto a su adaptación, el Hampshire Down ha demostrado una buena capacidad para desarrollarse en diferentes ambientes del territorio peruano. Se encuentra principalmente en las zonas altoandinas de los departamentos de Junín, Puno y Cerro de Pasco,

donde las condiciones climáticas son más exigentes, con bajas temperaturas y pastos de calidad variable. Asimismo, esta raza también se ha establecido en los valles interandinos y costeros de los departamentos de Arequipa, Tacna y Moquegua, donde aprovecha sistemas de alimentación más intensivos y mejores condiciones forrajeras. Aunque su producción lanera no es su principal fortaleza, el vellón del Hampshire Down cumple una función secundaria y está compuesto por una lana de fibra media, suficiente para usos no especializados. Sin embargo, su valor económico se centra fundamentalmente en la producción de carne, destacando por su precocidad, buen rendimiento y calidad del producto final, lo que favorece su incorporación en programas de mejoramiento genético y cruzamientos con razas locales. (Ministerio de Agricultura, 2013)

**2.2.3.5.4. Assaf.** El ovino de raza Assaf es el resultado de un cruce genético dirigido entre las razas Awassi, originaria de Israel, y East Friesian, procedente de Alemania. Este cruce fue desarrollado con un objetivo claramente productivo: obtener un animal con alta capacidad lechera, combinando la rusticidad y adaptación al medio del Awassi con el elevado potencial de producción de leche característico del East Friesian. La raza Awassi se distingue por su notable resistencia a condiciones ambientales adversas, como climas secos y temperaturas extremas, además de presentar una buena producción de leche en sistemas extensivos. Por otro lado, la raza East Friesian es reconocida a nivel mundial como una de las razas ovinas más productivas en términos de volumen de leche, aunque requiere condiciones de manejo más controladas. La raza Assaf surge, por tanto, como una alternativa intermedia que busca aprovechar las ventajas de ambas razas parentales. Desde el punto de vista productivo, el ovino Assaf destaca principalmente por su alto rendimiento lechero, lo que lo convierte en una raza especialmente adecuada para sistemas de producción orientados a la obtención de leche y derivados lácteos, como quesos y yogures. La producción de leche del Assaf es comparable a la del Awassi mejorado, pero con mejores niveles de eficiencia productiva y una mayor uniformidad en los rendimientos del rebaño. En cuanto a sus características físicas, los ovinos Assaf presentan un tamaño corporal medio a grande, con una conformación adecuada para la producción lechera. Poseen ubres bien desarrolladas, pezones definidos y una buena persistencia de lactancia, aspectos fundamentales para facilitar el ordeño y mejorar la rentabilidad del sistema productivo. Además, muestran una adecuada adaptación a diferentes condiciones climáticas, lo que ha permitido su difusión en diversas regiones con sistemas de crianza semiintensivos e intensivos. Desde una perspectiva económica y productiva, la introducción de la raza Assaf ha representado una mejora significativa en la especialización lechera ovina, permitiendo diversificar la

producción pecuaria y generar mayores oportunidades para pequeños y medianos productores. Su manejo requiere conocimientos técnicos básicos en alimentación, sanidad y reproducción, pero ofrece resultados favorables cuando se aplica una gestión adecuada. (Ministerio de Agricultura, 2013)

**2.2.3.5.5. Assblack.** Esta raza de ovino es el resultado de un cruce sintético entre las razas Assaf y Black Belly, desarrollado con fines de mejoramiento productivo y adaptación a las condiciones locales. Dicho cruce fue realizado por la Universidad Nacional Agraria La Molina, en sus instalaciones experimentales, como parte de programas de investigación orientados al fortalecimiento de la ganadería ovina en el país. El objetivo principal de este cruce sintético fue combinar las ventajas productivas de ambas razas. Por un lado, la raza Assaf aporta su destacada capacidad de producción lechera, así como un buen tamaño corporal y aptitud para sistemas semi-intensivos. Por otro lado, la raza Black Belly contribuye con características importantes como la rusticidad, la resistencia a enfermedades, la adaptabilidad a climas adversos y una elevada capacidad reproductiva, especialmente en ambientes tropicales y subtropicales. Como resultado de esta combinación genética, se obtuvo un ovino con mejores niveles de adaptación a diferentes pisos ecológicos, buena eficiencia reproductiva y un desempeño productivo más equilibrado. Este tipo de animal presenta ventajas tanto para sistemas productivos familiares como para unidades de producción más tecnificadas, ya que puede ser utilizado con fines múltiples, destacando principalmente la producción de carne y, en menor medida, la producción de leche. Desde el punto de vista académico y productivo, este cruce representa un aporte significativo al desarrollo de razas ovinas adaptadas a las condiciones del Perú, ya que responde a la necesidad de contar con animales que mantengan un buen rendimiento productivo sin perder resistencia y facilidad de manejo. Asimismo, este tipo de iniciativas refleja la importancia del trabajo de investigación universitaria aplicada al sector agropecuario, contribuyendo al mejoramiento genético y a la sostenibilidad de la actividad ovina a nivel nacional. (Ministerio de Agricultura, 2013)

**2.2.3.5.6. East Friesian.** La principal característica de esta raza de ovino es la producción de leche, la cual es considerada una de las más destacadas y eficientes dentro de las razas lecheras. Su alto rendimiento lácteo, así como la calidad de la leche producida, la posicionan como una de las mejores opciones para sistemas orientados específicamente a la producción de derivados lácteos, tales como quesos, yogures y otros productos de valor agregado. La crianza de esta raza se desarrolla preferentemente en zonas donde no se presentan temperaturas elevadas, ya que las condiciones climáticas influyen de manera directa en su

desempeño productivo. Ambientes con climas templados o fríos favorecen el bienestar del animal, reducen el estrés térmico y permiten expresar de forma óptima su potencial genético. En contraste, la exposición a altas temperaturas puede afectar negativamente tanto la producción de leche como la salud general del ovino. Asimismo, esta raza requiere un manejo adecuado en cuanto a alimentación, sanidad y condiciones de alojamiento, ya que su alta producción láctea demanda mayores requerimientos nutricionales. Una dieta balanceada, rica en energía y proteína, es fundamental para mantener niveles constantes de producción y asegurar la calidad del producto final. De igual manera, el control sanitario resulta clave para prevenir enfermedades que puedan comprometer la eficiencia productiva. En términos generales, esta raza de ovino representa una alternativa altamente eficiente para sistemas especializados en producción lechera, especialmente en regiones con condiciones climáticas favorables. Su adaptación a ambientes sin altas temperaturas, sumada a su elevado rendimiento, la convierte en una opción estratégica para el desarrollo de la ganadería ovina orientada a la producción de leche. (Ministerio de Agricultura, 2013)

#### **2.2.4. Propiedades térmicas**

**2.2.4.1. Confort térmico.** La definición de confort térmico se fundamenta en los criterios establecidos por la Organización Internacional de Normalización a través de la norma ISO 7730, la cual lo define como la sensación térmica en la que una persona no experimenta ni demasiado calor ni demasiado frío al permanecer en el interior de una edificación. En otras palabras, el confort térmico representa un estado de satisfacción con el ambiente térmico, en el que el cuerpo humano logra mantener su equilibrio térmico sin necesidad de realizar esfuerzos adicionales de adaptación. Esta condición no depende de un único factor, sino que es el resultado de la interacción entre el ser humano y el ambiente que lo rodea. De acuerdo con la norma ISO 7730, el confort térmico se ve influenciado principalmente por cuatro parámetros ambientales fundamentales: la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire y la temperatura radiante media. Estos parámetros determinan la forma en que el cuerpo humano intercambia calor con su entorno, ya sea por convección, evaporación o radiación. La temperatura del aire es uno de los factores más evidentes, ya que influye directamente en la sensación de calor o frío percibida por las personas. Sin embargo, por sí sola no es suficiente para definir el nivel de confort térmico, ya que su efecto puede variar dependiendo de los demás parámetros ambientales. La humedad relativa, por ejemplo, condiciona la capacidad del cuerpo para disipar calor a través de la evaporación del sudor; niveles elevados de humedad pueden generar una sensación de bochorno, mientras que valores muy bajos pueden provocar sequedad

y molestias fisiológicas. Por otro lado, la velocidad del aire juega un papel importante en la percepción térmica, ya que el movimiento del aire favorece la transferencia de calor por convección. Una adecuada circulación del aire puede mejorar el confort en ambientes cálidos, mientras que velocidades excesivas en climas fríos pueden generar sensación de incomodidad o enfriamiento excesivo. Finalmente, la temperatura radiante media se refiere al efecto térmico de las superficies que rodean al individuo, como muros, techos y pisos, las cuales pueden emitir o absorber calor, influyendo de manera significativa en la sensación térmica global. La norma ISO 7730 considera que el confort térmico es un aspecto esencial en el diseño de edificaciones, ya que influye directamente en el bienestar, la salud y el rendimiento de las personas que ocupan los espacios interiores. Un ambiente térmicamente confortable contribuye a mejorar la productividad, reducir el estrés térmico y garantizar condiciones adecuadas de habitabilidad. (Organización Internacional de Normalización, 2005)

**Figura 7**  
*Confort Térmico*



*Nota.* Intercambio de calor del cuerpo humano. (Molina, 2016)

**2.2.4.2. Inercia térmica.** El Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones define este concepto como la capacidad que tiene un material para conservar el calor en su masa y para absorberlo o liberarlo de manera progresiva hacia su entorno. Esta propiedad resulta fundamental en el comportamiento térmico de los materiales empleados en edificaciones, ya que influye directamente en la estabilidad de la temperatura interior y en el confort de los ocupantes. La capacidad de acumulación y liberación de calor depende de diversos factores físicos propios del material, entre los que destacan la masa, la densidad, la geometría del cuerpo y la conductividad térmica. Una mayor masa y densidad permiten que el material almacene una cantidad significativa de energía térmica, lo que favorece una liberación más lenta y controlada del calor. Asimismo, la geometría del elemento constructivo influye en la superficie de intercambio térmico con el ambiente, condicionando la velocidad con la que se produce dicha

transferencia. Por otro lado, la conductividad térmica del material juega un papel determinante en la correcta transferencia de calor. Para que un material pueda cumplir eficientemente su función térmica, esta propiedad debe encontrarse dentro de valores adecuados, permitiendo que el calor se desplace de forma controlada a través del material sin generar pérdidas excesivas ni acumulaciones indeseadas. Un material con una conductividad térmica demasiado baja puede dificultar la transferencia de calor, mientras que uno con conductividad elevada puede provocar una rápida disipación térmica. En conjunto, estas características permiten que los materiales con adecuada inercia térmica contribuyan a la regulación natural de la temperatura en los espacios interiores, reduciendo las variaciones bruscas de calor y frío a lo largo del día. Por esta razón, la correcta selección de materiales considerando su masa, densidad y conductividad térmica resulta esencial para el diseño de edificaciones eficientes desde el punto de vista energético y térmico. (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2020)

**2.2.4.3. Temperatura seca del aire.** Se define la temperatura del aire como la medida del estado térmico del aire ambiente, considerando únicamente el calor sensible y omitiendo la influencia directa de la radiación calorífica presente en el medio de estudio. Este parámetro representa uno de los factores climáticos fundamentales para el análisis del confort térmico, ya que describe el nivel de calor o frío existente en una determinada zona geográfica. La temperatura del aire está estrechamente relacionada con las condiciones climáticas propias de cada región, tales como la altitud, la latitud, la estación del año y la presencia de corrientes de aire. Por esta razón, se considera un parámetro característico del entorno, el cual influye de manera directa en el comportamiento térmico de las edificaciones y en la sensación térmica percibida por los ocupantes. En el ámbito de la vivienda, la temperatura del aire permite determinar el grado de bienestar térmico que experimentan las personas que habitan un espacio interior. Cuando este valor se encuentra fuera de rangos adecuados, puede generar sensaciones de incomodidad, ya sea por exceso de calor o por condiciones de frío, afectando el desempeño físico, la salud y la calidad de vida de los usuarios. Cabe señalar que la percepción de esta temperatura no solo depende del valor medido, sino también de factores individuales como la vestimenta, la actividad metabólica y el tiempo de permanencia en el ambiente. Asimismo, la temperatura del aire es un parámetro clave en el diseño arquitectónico y bioclimático, ya que influye en la selección de materiales, sistemas constructivos y estrategias pasivas de acondicionamiento térmico. Un adecuado control de este factor contribuye a mejorar la eficiencia energética de la edificación y a reducir la necesidad de sistemas artificiales de calefacción o refrigeración. (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2020)

**2.2.4.4. Temperatura radiante media.** La temperatura del aire se define como el valor térmico del aire ambiente, considerando únicamente su condición térmica y omitiendo los efectos de la radiación calorífica presentes en el medio de estudio. Este parámetro constituye una variable climática fundamental, ya que está directamente asociada a las características propias de cada zona geográfica, como la altitud, la latitud, la estacionalidad y las condiciones atmosféricas predominantes. A partir de la temperatura del aire es posible identificar el grado de calor o frío existente en un determinado entorno, lo cual influye de manera directa en el confort térmico de los espacios habitados. En el ámbito de la edificación, la temperatura del aire es un indicador clave para evaluar las condiciones ambientales interiores de una vivienda. Este valor es percibido de manera directa por las personas que ocupan el espacio, influyendo en su sensación térmica y en su bienestar general. Sin embargo, es importante señalar que la percepción de confort no depende exclusivamente de este parámetro, sino que se ve complementada por otros factores ambientales como la humedad relativa, la velocidad del aire y la temperatura radiante de las superficies que rodean al usuario. Por otro lado, la temperatura del espacio interior representa la temperatura medida dentro de un ambiente cerrado o vivienda ocupada por un usuario, donde existe un intercambio continuo de calor entre el cuerpo humano, el aire y los elementos constructivos. En estos espacios, la temperatura del aire adquiere una relevancia determinante, debido a su relación directa con los procesos de transferencia de calor por convección, los cuales influyen en la sensación térmica percibida por las personas. (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2020)

**2.2.4.5. Temperatura operativa.** Se define como la temperatura operativa aquella que representa de manera integral el intercambio térmico entre el espacio interior y el usuario que lo ocupa, constituyéndose en un parámetro clave para la evaluación del confort térmico en edificaciones. Esta temperatura no se limita únicamente al valor del aire presente en el ambiente, sino que incorpora los mecanismos reales mediante los cuales el cuerpo humano intercambia calor con su entorno. La transferencia de calor entre el usuario y el espacio se produce principalmente a través de dos procesos físicos fundamentales: la radiación y la convección. Por un lado, la radiación está asociada al intercambio de energía térmica entre el cuerpo humano y las superficies que lo rodean, como paredes, pisos, techos y ventanas. Por otro lado, la convección se relaciona con el intercambio de calor entre la piel y el aire circundante, el cual depende de la temperatura del aire y de su movimiento dentro del recinto. La temperatura operativa se obtiene como el promedio ponderado entre la temperatura seca del aire y la temperatura radiante media, siempre que la velocidad del aire sea baja, condición habitual en espacios interiores cerrados. Esta combinación permite representar de forma más precisa la sensación térmica percibida por las personas, ya que el cuerpo humano responde simultáneamente a la temperatura del aire y a la radiación emitida por las superficies del

entorno. En el análisis del confort térmico, la temperatura operativa adquiere especial relevancia, dado que se aproxima de manera más realista a la percepción térmica del usuario en comparación con otros parámetros aislados. Su uso es común en estudios de diseño bioclimático, eficiencia energética y evaluación del desempeño térmico de viviendas, ya que permite valorar de forma integrada las condiciones ambientales internas. (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2020)

**2.2.4.6. Humedad relativa.** La humedad relativa es un parámetro ambiental de gran importancia, ya que tiene una incidencia directa en la sensación térmica y en el nivel de confort que experimentan las personas dentro de un determinado ambiente. Este parámetro se cuantifica a partir de la cantidad de vapor de agua presente en el aire, en relación con la cantidad máxima que dicho aire podría contener a una temperatura determinada. Por esta razón, la humedad relativa no es un valor constante, sino que varía en función de la temperatura, la hora del día y las condiciones climáticas propias del lugar donde se encuentra el ambiente en estudio. Desde el punto de vista del confort térmico, la humedad relativa influye de manera significativa en los mecanismos de intercambio de calor entre el cuerpo humano y el entorno, especialmente en los procesos de evaporación del sudor. Cuando la humedad relativa es elevada, el aire se encuentra próximo a su capacidad máxima de retención de vapor de agua, lo que dificulta la evaporación del sudor producido por el cuerpo. Como consecuencia, se reduce la pérdida de calor por evaporación, generando una sensación de bochorno, incomodidad térmica y, en algunos casos, estrés térmico, aun cuando la temperatura del aire no sea excesivamente alta. Por el contrario, cuando la humedad relativa es demasiado baja, el aire presenta una alta capacidad de absorción de humedad, lo que incrementa la evaporación del agua presente en la piel y las mucosas. Esta situación puede provocar una pérdida excesiva de humedad corporal, generando efectos negativos como deshidratación, sequedad en la piel, irritación de ojos y vías respiratorias, así como una sensación de frío más intensa en ambientes con temperaturas moderadas o bajas. En estos casos, aunque la temperatura del aire pueda encontrarse dentro de rangos aceptables, el confort térmico se ve afectado de manera negativa. En el ámbito del diseño arquitectónico y del acondicionamiento de espacios interiores, el control adecuado de la humedad relativa resulta fundamental para garantizar condiciones óptimas de confort térmico y bienestar de los usuarios. Generalmente, se considera que un rango intermedio de humedad relativa permite un equilibrio adecuado entre la disipación y conservación del calor corporal, favoreciendo una percepción térmica confortable. Por ello, este parámetro debe ser analizado de manera conjunta con otros factores ambientales, como la temperatura del aire, la velocidad del aire y la temperatura radiante, para lograr una evaluación integral del confort en los espacios habitados. (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2020)

**2.2.4.7. Velocidad media del aire.** La velocidad del aire representa un factor ambiental característico de la zona geográfica en estudio, el cual tiene una influencia directa en el comportamiento térmico de una vivienda y en la sensación térmica percibida por los usuarios. Este parámetro permite evaluar la presencia y magnitud de las corrientes de aire que circulan tanto en espacios exteriores como interiores, las cuales pueden contribuir a refrescar o, en determinados casos, a enfriar excesivamente el ambiente habitado. Desde el punto de vista del confort térmico, la velocidad del aire interviene principalmente en los procesos de transferencia de calor por convección entre el cuerpo humano y el entorno. Un incremento en la velocidad del aire favorece la disipación del calor corporal, lo que puede resultar beneficioso en climas cálidos, ya que genera una sensación de frescura. Sin embargo, en climas fríos o en viviendas mal aisladas, una velocidad de aire elevada puede provocar pérdidas térmicas excesivas, generando incomodidad y sensación de frío. La velocidad del aire en una vivienda está condicionada por diversos factores, entre ellos la ubicación geográfica, la topografía del terreno, la orientación de la edificación, el diseño arquitectónico y la presencia de aberturas como puertas y ventanas. En zonas altoandinas, por ejemplo, las corrientes de aire suelen ser más intensas debido a la altitud y a las diferencias de presión atmosférica, lo que exige un adecuado control del flujo de aire para evitar efectos negativos en el confort térmico interior. Asimismo, este parámetro cumple un rol importante en la ventilación natural, ya que contribuye a la renovación del aire interior, ayudando a eliminar contaminantes, regular la humedad y mejorar la calidad ambiental de los espacios habitables. No obstante, una ventilación mal controlada puede afectar el equilibrio térmico del ambiente, especialmente durante las horas de menor temperatura. En el análisis del confort térmico, la velocidad del aire no debe evaluarse de manera aislada, sino en conjunto con otros parámetros ambientales como la temperatura del aire, la humedad relativa y la temperatura radiante. El adecuado equilibrio entre estos factores permite alcanzar condiciones óptimas de habitabilidad, garantizando que las corrientes de aire cumplan una función favorable en la regulación térmica de la vivienda sin generar incomodidad en los usuarios. (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2020)

**2.2.4.8. Heladas.** Las heladas son fenómenos climáticos que se producen como consecuencia del descenso de la temperatura del aire hasta valores iguales o inferiores a 0 °C, lo que genera la congelación del agua presente tanto en la superficie del suelo como en la vegetación expuesta. Este fenómeno ocurre con mayor frecuencia durante la noche y las primeras horas de la madrugada, especialmente bajo condiciones de cielo despejado o con escasa nubosidad, ya que en estas circunstancias se incrementa la pérdida de calor por radiación desde la superficie terrestre hacia la atmósfera. Desde el punto de vista geográfico, las heladas se presentan principalmente en zonas altoandinas, donde las condiciones topográficas y

climáticas favorecen el enfriamiento del aire. Generalmente, este fenómeno se registra en altitudes superiores a los 3000 metros sobre el nivel del mar, donde la atmósfera es más delgada y la capacidad de retención del calor es menor. En estas regiones, la amplitud térmica diaria suele ser elevada, lo que implica diferencias significativas entre las temperaturas diurnas y nocturnas. El proceso de formación de las heladas está estrechamente relacionado con la radiación terrestre. Durante el día, el suelo absorbe energía solar, pero durante la noche, en ausencia de nubosidad, esta energía se libera rápidamente hacia el espacio. Cuando la pérdida de calor es mayor que la ganancia, la temperatura superficial desciende hasta alcanzar valores críticos, favoreciendo la formación de hielo. Además, factores como la baja humedad relativa y la escasa circulación del aire intensifican este enfriamiento nocturno. Las heladas tienen un impacto significativo en diversos ámbitos, especialmente en la agricultura y en las condiciones de habitabilidad de las viviendas rurales. En el sector agrícola, pueden causar daños severos en los cultivos, afectando el crecimiento de las plantas, la producción y, en casos extremos, provocando pérdidas totales. En cuanto a las edificaciones, las bajas temperaturas asociadas a las heladas influyen directamente en el confort térmico interior, incrementando la demanda de estrategias constructivas que mejoren el aislamiento y la inercia térmica. Asimismo, las heladas representan un desafío social y económico para las poblaciones altoandinas, ya que afectan tanto los medios de subsistencia como la salud de las personas y los animales. Por esta razón, su estudio resulta fundamental para el diseño de estrategias de mitigación, tales como el uso de materiales adecuados en la construcción de viviendas, la implementación de sistemas pasivos de calefacción y el fortalecimiento de prácticas agrícolas adaptadas a condiciones climáticas extremas. (Alagon & Neira, 2020)

**2.2.4.9. Hermeticidad.** Hace referencia a la cualidad de la capa exterior de una vivienda, la cual cumple un rol fundamental en el control del paso del aire entre el ambiente exterior y el interior del espacio habitable. Esta característica está directamente relacionada con la capacidad de la envolvente de la edificación para regular las infiltraciones y exfiltraciones de aire, influyendo de manera significativa en el confort térmico, la eficiencia energética y las condiciones de habitabilidad de la vivienda. Una envolvente con un adecuado control del paso de aire permite reducir las pérdidas de calor en climas fríos y limitar el ingreso de aire caliente en zonas de altas temperaturas, contribuyendo a mantener condiciones térmicas más estables en el interior. Por el contrario, una envolvente deficiente, con fisuras, uniones mal selladas o materiales poco adecuados, facilita corrientes de aire no deseadas que afectan negativamente la sensación térmica de los ocupantes y aumentan la demanda energética para calefacción o

enfriamiento. Asimismo, esta cualidad no solo controla el movimiento del aire, sino que también interviene en la protección frente a agentes externos como el polvo, la humedad y el ingreso de contaminantes. En zonas altoandinas o de condiciones climáticas extremas, donde existen vientos intensos y bajas temperaturas, el control del paso de aire adquiere mayor relevancia, ya que una envolvente permeable puede incrementar significativamente la sensación de frío en el interior de la vivienda. Desde un enfoque constructivo, el control del paso de aire depende del diseño arquitectónico, de la calidad de los materiales utilizados y de la correcta ejecución de los elementos constructivos, como muros, cubiertas, puertas y ventanas. Materiales con buena compactación, sistemas constructivos continuos y el uso de sellos adecuados contribuyen a mejorar esta cualidad, optimizando el desempeño térmico de la edificación. (Alagon & Neira, 2020)

**2.2.4.10. Conductividad térmica.** La conductividad térmica, representada comúnmente por las simbologías  $k$ ,  $\lambda$  o  $\kappa$ , se define como la capacidad que posee un material para transferir o conducir calor a través de su masa. Su cuantificación se expresa en vatios por metro y kelvin ( $W/m \cdot K$ ), de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades, y constituye uno de los parámetros más importantes para evaluar el comportamiento térmico de los materiales empleados en edificaciones. Este concepto se encuentra directamente relacionado, pero en sentido opuesto, con la resistencia térmica, la cual representa la capacidad de un material para oponerse al flujo de calor. En este sentido, un material con alta conductividad térmica permite una transferencia rápida del calor, lo que implica una menor capacidad aislante; por el contrario, un material con baja conductividad térmica limita el paso del calor, comportándose como un mejor aislante térmico, condición especialmente deseable en viviendas ubicadas en climas fríos. En el contexto de edificaciones en zonas altoandinas, la conductividad térmica adquiere una relevancia fundamental, ya que el control de la transferencia de calor incide directamente en el confort térmico interior y en la eficiencia energética de la vivienda. La correcta selección de materiales con valores adecuados de conductividad térmica permite reducir las pérdidas de calor durante la noche y conservar temperaturas interiores más estables frente a las bajas temperaturas exteriores características de estas regiones. Para la evaluación de la conductividad térmica en la presente investigación, se toma como referencia un artículo técnico especializado que ratifica la importancia del uso de materiales con propiedades térmicas apropiadas en viviendas altoandinas. Dicho análisis se sustenta en el artículo titulado “Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha”, en el cual se presentan valores comparativos de conductividad térmica correspondientes a diferentes materiales constructivos.

Estos valores resultan pertinentes para el desarrollo de la investigación, ya que permiten establecer criterios técnicos confiables para la selección y evaluación de sistemas constructivos que contribuyan a mejorar el desempeño térmico de las viviendas en contextos climáticos adversos. (Alagon & Neira, 2020)

**Figura 8**

*Rangos de valores de densidad, conductividad y transmitancia térmica de materiales*

Material	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica W/mK	Transmitancia térmica W/m <sup>2</sup> K
Adobe	1200-1700	0,46-0,95	1,43-2,89
BTC	1625-2200	0,79-0,93	1,53-2,84
Barro macizo	1200-2000	0,50-1,60	-
Quincha	400-2000	0,17-1,20	0,45-2,64
Ladrillo cocido común	1305-1800	0,87-2,32	1,93-2,70
Hormigón en masa	2400	1,40-1,63	-

*Nota.* (Cuitiño et al, 2020)

**2.2.4.11. Análisis térmico.** El análisis térmico se define como el conjunto de métodos y técnicas que permiten estudiar el comportamiento térmico de los materiales cuando estos son sometidos a variaciones controladas de temperatura, ya sea mediante calentamiento, enfriamiento o mantenimiento térmico. A través de este tipo de análisis es posible evaluar cómo responden los materiales frente a estímulos térmicos, así como identificar cambios físicos, químicos o estructurales que puedan producirse durante dichos procesos. Dentro del análisis térmico se emplean diversas técnicas analíticas especializadas, entre las cuales destacan la termogravimetría (TGA), la calorimetría diferencial de barrido (DSC), el análisis térmico diferencial (DTA) y la termometría, cada una con objetivos y alcances específicos. La termogravimetría permite analizar la variación de masa de un material en función de la temperatura, lo cual resulta útil para identificar procesos de descomposición, evaporación de componentes volátiles o pérdidas de humedad. Por su parte, la calorimetría diferencial de barrido se emplea para medir el flujo de calor asociado a transiciones térmicas, como cambios de fase o reacciones exotérmicas y endotérmicas. El análisis térmico diferencial, en tanto,

compara el comportamiento térmico de una muestra con un material de referencia, permitiendo detectar transformaciones internas que no siempre implican cambios de masa. Estas técnicas, en conjunto, brindan información detallada sobre la estabilidad térmica, la capacidad calorífica y la respuesta energética de los materiales ante diferentes condiciones térmicas. Durante el proceso de análisis térmico, los materiales pueden experimentar diversas alteraciones en su estructura, tales como fusión, solidificación, descomposición, cristalización o reordenamiento molecular, dependiendo de su composición y del rango de temperatura aplicado. Estas transformaciones son fundamentales para comprender el desempeño de los materiales en aplicaciones prácticas, especialmente en ámbitos como la construcción, la ingeniería y la ciencia de materiales. En el contexto de la investigación de materiales para edificaciones, el análisis térmico adquiere una relevancia particular, ya que permite evaluar su comportamiento frente a condiciones climáticas extremas, su capacidad de almacenamiento y liberación de calor, así como su durabilidad frente a ciclos térmicos repetitivos. De esta manera, el análisis térmico se convierte en una herramienta clave para la selección y optimización de materiales con mejores prestaciones térmicas y mayor eficiencia energética. (Cuitiño et al, 2020)

**2.2.4.12. Viviendas Sumaq Wasi.** La denominación “SUMAQ WASI” proviene de la lengua quechua, en la cual Wasi significa casa y Sumaq hace referencia a algo bonito, adecuado o armonioso; por lo tanto, su traducción al español es “Casa Bonita”. Este concepto no solo alude a una denominación cultural, sino que representa una propuesta integral de vivienda digna orientada a mejorar las condiciones de habitabilidad en el ámbito rural del país. Las viviendas Sumaq Wasi forman parte de una iniciativa de Interés Social, desarrollada por el Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR), cuyo objetivo principal es mejorar, reconstruir y fortalecer las condiciones de las viviendas ubicadas en zonas rurales, especialmente aquellas habitadas por poblaciones que se encuentran en situación de pobreza y pobreza extrema. Este programa busca reducir las brechas sociales y territoriales, garantizando el acceso a una vivienda segura, saludable y adecuada, contribuyendo de manera directa al bienestar de las familias beneficiarias. El propósito fundamental de las viviendas Sumaq Wasi es incrementar la calidad de vida de la población rural y promover la igualdad de oportunidades, mediante la provisión de espacios habitables que respondan a las condiciones climáticas, geográficas y socioculturales de cada región del país. En este sentido, estas viviendas han sido concebidas bajo criterios de diseño bioclimático, lo que permite optimizar el confort térmico interior y reducir la vulnerabilidad frente a fenómenos climáticos adversos, como las bajas temperaturas en la sierra o el exceso de humedad en la selva. Las viviendas Sumaq Wasi están diseñadas para ofrecer un

ambiente térmico confortable en las tres regiones naturales del Perú: Sierra, Costa y Selva. Para lograr este objetivo, se emplea una combinación estratégica de materiales tecnológicos y materiales locales, los cuales se integran en la estructura de la vivienda de acuerdo con las condiciones específicas de cada zona. Este enfoque permite no solo mejorar el desempeño térmico y estructural de la edificación, sino también reducir costos y fortalecer el uso de recursos disponibles en el entorno. En cuanto a sus características constructivas, las viviendas Sumaq Wasi presentan un área construida aproximada de 33 m<sup>2</sup> en la región Sierra, 26 m<sup>2</sup> en la Costa y 28 m<sup>2</sup> en la Selva, variaciones que responden a las necesidades climáticas y funcionales de cada región. Asimismo, los materiales empleados en los muros varían según el contexto geográfico: en la sierra se utilizan muros de adobe, en la costa bloquetas de concreto, y en la selva madera, materiales que han demostrado un comportamiento adecuado frente a las condiciones ambientales predominantes en cada zona. En conjunto, el modelo de vivienda Sumaq Wasi representa una alternativa sostenible y técnicamente viable para la vivienda rural, al integrar aspectos sociales, culturales, climáticos y constructivos. Su implementación contribuye no solo a mejorar las condiciones físicas de la vivienda, sino también a fortalecer la seguridad, el confort térmico y la dignidad de las familias beneficiadas, consolidándose como una estrategia clave en el desarrollo habitacional rural del Perú. (Huamani et al, 2021)

### **Figura 9**

*Casas Sumaq Wasi*



*Nota.* Viviendas construidas por el Programa Nacional de Vivienda Rural. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2023)

**2.2.4.13. Vivienda Rural Wasiymi.** El Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR) ha desarrollado a lo largo de los últimos años diversos módulos habitacionales orientados a responder de manera adecuada a los requerimientos sociales, climáticos y culturales de las poblaciones que habitan en las zonas rurales del Perú. Estas propuestas de vivienda tienen como finalidad principal reducir los niveles de pobreza, mejorar las condiciones de habitabilidad y elevar la calidad de vida de las familias rurales, especialmente aquellas que se encuentran en situación de pobreza y pobreza extrema. En la actualidad, estas viviendas son conocidas bajo la denominación de WASIYMI, término que proviene de la lengua quechua y cuyo significado es “Mi Casa”. Esta denominación refuerza el enfoque social del programa, al resaltar el sentido de pertenencia, identidad cultural y apropiación del espacio habitacional por parte de las familias beneficiarias. El PNVR cuenta con tres tipos de viviendas, las cuales se diferencian principalmente por el material predominante en su sistema constructivo, adaptándose así a las condiciones geográficas, climáticas y de disponibilidad de recursos locales. Estos tipos corresponden a viviendas construidas con adobe, ladrillo y bloqueta, cada una diseñada bajo criterios técnicos que buscan garantizar seguridad estructural, confort térmico y durabilidad. En cuanto a sus dimensiones, el diseño de vivienda de adobe presenta un área construida aproximada de 33,11 m<sup>2</sup>, siendo una alternativa adecuada para zonas altoandinas debido a las propiedades térmicas del material. Por su parte, la vivienda de ladrillo cuenta con un área construida de 26,42 m<sup>2</sup>, destacando por su resistencia y facilidad de mantenimiento. Finalmente, la vivienda de bloqueta dispone de un área construida de 31,50 m<sup>2</sup>, combinando rapidez constructiva con condiciones aceptables de aislamiento térmico cuando se complementa con soluciones técnicas adecuadas. En conjunto, los modelos WASIYMI representan una estrategia integral del Estado para atender el déficit habitacional rural, promoviendo viviendas dignas, seguras y adaptadas al entorno, al mismo tiempo que se fortalece la inclusión social y el desarrollo sostenible de las comunidades rurales del país. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2024)

**Figura 10**

*Evolución del diseño del producto entregado (módulos habitacionales)*



*Nota.* Proceso evolutivo de los módulos habitacionales. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2024)

**2.2.4.14. Normas de conductividad térmica de materiales.** La norma ASTM D5334-14C “Método de Prueba estándar para la determinación de la conductividad térmica del suelo y la roca blanda mediante el procedimiento de sonda de aguja térmica”, este método nos da un procedimiento para determinar la conductividad térmica del suelo y roca mediante el método de calor transitorio, este método de ensayo es válido en temperaturas que oscilen de 0 a 100°C, y se aplica en materiales secos, saturados y no saturados. Las mediciones pueden desarrollarse en laboratorio o in situ, sin embargo, se debe tener precaución para evitar errores debido a la redistribución de agua por consecuencia por gradientes térmicos, hidráulicos y a la transición de la fase del agua en muestras que estén próximas a 0 °C o 100 °C. (American Society for Testing and Materials, 2022)

LA IEEE 442-1981 – “Guía IEEE para mediciones de resistividad térmica de suelos y materiales de relleno”, este método se fundamenta en la teoría del aumento de la temperatura de una fuente de calor de línea depende de factores tales como la constante térmica, resistividad térmica. (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 1981)

**2.2.4.15. Fuente de línea transitoria (TLS-100).** El medidor portátil TLS-100 (fuente de Línea Transitoria) sigue los lineamientos de la norma ASTM D5334-14 (Método de prueba estándar para la determinación de la conductividad térmica de suelos y rocas blandas mediante el procedimiento de sonda de aguja térmica) y IEEE 442-1981, este sistema es utilizado para la medición de la conductividad y resistencia térmicas. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2022)

**Figura 11**

*Medidor de Conductividad térmica Portátil*



*Nota. TLS-100 Medidor de Conductividad Térmica Portátil. (Cotecno, 2020).*

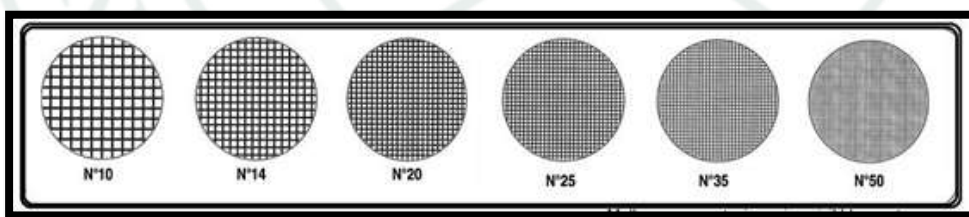
## **2.2.5. Suelos**

**2.2.5.1. Granulometría de suelos.** El análisis granulométrico es un procedimiento fundamental dentro del estudio de los suelos, ya que permite determinar la distribución porcentual de las partículas que lo conforman en función de su tamaño. Esta distribución se conoce como gradación del suelo y constituye un parámetro clave para comprender su comportamiento mecánico, hidráulico y estructural. A través del análisis granulométrico es posible identificar la proporción relativa de gravas, arenas, limos y arcillas presentes en una muestra de suelo. Desde el punto de vista geotécnico, la gradación del suelo influye directamente en propiedades como la capacidad portante, la permeabilidad, la compactación, la estabilidad y la respuesta frente a cargas externas. Por esta razón, para evaluar la competencia y eficiencia del suelo, resulta indispensable realizar ensayos granulométricos adecuados que permitan una correcta clasificación del material y una interpretación confiable de su comportamiento en aplicaciones de ingeniería civil. Para llevar a cabo el análisis granulométrico, se emplean dos métodos principales, los cuales se aplican según el tamaño

predominante de las partículas del suelo. El primer método es el ensayo por tamizado, utilizado para la determinación de partículas gruesas, específicamente gravas y arenas. Este procedimiento consiste en hacer pasar la muestra seca a través de una serie de tamices normalizados con aberturas decrecientes, permitiendo cuantificar el porcentaje de material retenido y el que pasa por cada malla. Los resultados se representan comúnmente mediante curvas granulométricas, las cuales facilitan la interpretación del grado de uniformidad o gradación del suelo. El segundo método es el ensayo de sedimentación, aplicado a las fracciones más finas del suelo, es decir, limos y arcillas, cuyas partículas son demasiado pequeñas para ser analizadas mediante tamices convencionales. Este método se basa en el principio físico de la velocidad de sedimentación de las partículas en un fluido, generalmente agua, considerando factores como el tamaño, la densidad de las partículas y la viscosidad del medio. A partir de este procedimiento se obtiene información precisa sobre la distribución de las partículas finas presentes en la muestra. La combinación de ambos métodos permite obtener una caracterización granulométrica completa del suelo, lo cual es esencial para su correcta clasificación según sistemas normativos y para la toma de decisiones técnicas en proyectos de construcción, diseño de cimentaciones, obras viales y estudios de estabilidad de suelos. En consecuencia, el análisis granulométrico no solo constituye una etapa básica del estudio del suelo, sino también una herramienta indispensable para garantizar la seguridad, funcionalidad y durabilidad de las obras de ingeniería. (Duque & Escobar, 2023)

### Figura 12

*Numero de malla de los diferentes tamices*



*Nota.* Serie de tamices para la prueba granulométrica. (Duque & Escobar, 2023)

**2.2.5.1.1. Límites de Atterberg.** Los límites de Atterberg, también denominados límites de consistencia, se fundamentan en el comportamiento que presentan los suelos finos al variar su contenido de agua. Estos suelos, que se encuentran de manera natural en el medio, pueden experimentar cambios progresivos en su estado físico, pasando por diferentes fases como el estado sólido, semisólido, plástico y líquido o viscoso, dependiendo directamente de la cantidad de humedad presente en su estructura. El concepto de estos límites fue desarrollado

inicialmente por el ingeniero sueco Albert Atterberg, quien propuso seis límites de consistencia para describir el comportamiento de los suelos de grano fino frente a la variación del contenido de agua. No obstante, en el campo de la ingeniería civil y geotécnica, se emplean de manera habitual únicamente tres de estos límites, debido a su relevancia práctica y facilidad de aplicación. Estos son el límite líquido, el límite plástico y, en algunos casos específicos, el límite de contracción. El límite líquido representa el contenido de agua a partir del cual el suelo pasa del estado plástico al estado líquido, es decir, cuando comienza a comportarse como un fluido y pierde su capacidad de mantener una forma definida. Este parámetro es fundamental para evaluar la consistencia, compresibilidad y resistencia del suelo, especialmente en suelos arcillosos y limosos. Por otro lado, el límite plástico corresponde al contenido de humedad en el cual el suelo transita del estado semisólido al estado plástico. En este punto, el suelo puede ser moldeado sin presentar fisuras visibles, lo que permite evaluar su plasticidad y cohesión interna. La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico da lugar al índice de plasticidad, un parámetro ampliamente utilizado para la clasificación de suelos y para estimar su comportamiento frente a cargas y variaciones de humedad. El límite de contracción, aunque menos utilizado de forma rutinaria, indica el contenido de agua por debajo del cual el suelo deja de experimentar cambios volumétricos al continuar perdiendo humedad. Este límite resulta útil en el análisis de retracción y agrietamiento, especialmente en suelos arcillosos sometidos a ciclos de secado. Los ensayos para la determinación de los límites de Atterberg se encuentran estandarizados en normativas técnicas reconocidas, tales como la NTP 339.129 y la ASTM D4318, las cuales establecen los procedimientos, equipos y criterios necesarios para garantizar resultados confiables y reproducibles. En conjunto, los límites de Atterberg constituyen una herramienta esencial en la ingeniería geotécnica, ya que permiten caracterizar el comportamiento de los suelos finos, facilitar su clasificación y prever su respuesta ante distintas condiciones de carga y humedad, aspectos fundamentales para el diseño y la estabilidad de obras civiles. (Instituto Nacional de Calidad, 2019; American Society for Testing and Materials, 2018)

**2.2.5.1.2. Límite Líquido.** El límite líquido se define como el contenido de humedad del suelo, expresado en porcentaje, a partir del cual el material pasa del estado plástico al estado líquido. Este parámetro representa el punto en el que el suelo pierde su capacidad de mantener una forma definida y comienza a comportarse como un fluido viscoso bajo la acción de esfuerzos muy pequeños. Se identifica y representa mediante la nomenclatura LL, y constituye uno de los límites de consistencia más importantes en el estudio de los suelos finos. Desde el

punto de vista geotécnico, el límite líquido permite evaluar el comportamiento mecánico del suelo frente a variaciones en su contenido de agua, ya que influye directamente en propiedades como la compresibilidad, la resistencia al corte y la susceptibilidad a deformaciones. Los suelos con valores elevados de límite líquido suelen presentar una mayor cantidad de partículas finas, principalmente arcillas, lo que se traduce en una mayor capacidad de retención de agua y una respuesta más sensible frente a cambios de humedad. La determinación del límite líquido se realiza mediante procedimientos normalizados, establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 339.129 y la ASTM D4318, las cuales garantizan resultados reproducibles y comparables. Estos métodos se basan en la observación del comportamiento del suelo bajo condiciones controladas de humedad, permitiendo establecer con precisión el contenido de agua correspondiente al cambio de estado. En la práctica, el valor del límite líquido es fundamental para la clasificación de suelos, especialmente dentro de sistemas como el SUCS, y constituye un parámetro clave para el diseño y análisis de obras civiles. Su correcta determinación permite anticipar el desempeño del suelo en condiciones de servicio, contribuyendo a la seguridad y estabilidad de las estructuras que se apoyan sobre él. (Instituto Nacional de Calidad, 2019; American Society for Testing and Materials, 2018)

**2.2.5.1.3. Límite plástico.** El límite plástico es un parámetro fundamental dentro del estudio de la mecánica de suelos y forma parte de los denominados límites de Atterberg, utilizados para caracterizar el comportamiento de los suelos finos en función de su contenido de humedad. Este límite se define como el contenido de agua, expresado en porcentaje, en el cual el suelo pasa del estado semisólido al estado plástico, es decir, el punto a partir del cual el suelo comienza a comportarse de manera dúctil y moldeable sin presentar fisuras visibles. El límite plástico se representa mediante la nomenclatura LP y su determinación se realiza siguiendo los procedimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 339.129, así como en la norma ASTM D4318, las cuales proporcionan los lineamientos técnicos para la ejecución correcta del ensayo. Durante este procedimiento, el suelo se amasa y se moldea manualmente hasta formar hilos de aproximadamente 3 mm de diámetro; el contenido de humedad correspondiente al momento en que estos hilos comienzan a fracturarse se considera como el límite plástico. Desde un punto de vista ingenieril, el límite plástico es un indicador clave de la plasticidad del suelo, ya que permite evaluar su capacidad de deformarse sin romperse cuando se encuentra sometido a esfuerzos. Los suelos con valores altos de LP suelen presentar un mayor contenido de arcilla y una mayor cohesión, mientras que valores bajos indican suelos con menor plasticidad y, en muchos casos, mayor proporción de limo. La

determinación del límite plástico, en conjunto con el límite líquido, permite calcular el índice plástico (IP), el cual se obtiene de la diferencia entre ambos valores. Este índice es ampliamente utilizado para la clasificación de suelos, ya que proporciona información relevante sobre su comportamiento mecánico, su estabilidad volumétrica y su respuesta ante variaciones de humedad. En aplicaciones prácticas, el límite plástico tiene gran importancia en el diseño y construcción de obras civiles, debido a que influye directamente en aspectos como la trabajabilidad del suelo, su capacidad portante y su susceptibilidad a deformaciones. Por ello, su correcta determinación y análisis resulta indispensable para una adecuada evaluación geotécnica y para la toma de decisiones en proyectos de ingeniería. (Instituto Nacional de Calidad, 2019; American Society for Testing and Materials, 2018)

**2.2.5.1.4. Índice de plasticidad.** “El índice de plasticidad se define matemáticamente como la diferencia entre el límite líquido y el plástico, teóricamente se define como el rango de contenido de humedad donde el suelo tiene un comportamiento plástico” (Instituto Nacional de Calidad, 2019; American Society for Testing and Materials, 2018).

**2.2.5.2. Clasificación de suelos.** La clasificación de suelos para fines de ingeniería constituye una herramienta fundamental para la correcta evaluación y uso de los suelos en obras civiles, ya que permite predecir su comportamiento mecánico e hidráulico bajo diferentes condiciones de carga y humedad. De manera general, esta clasificación se divide principalmente en dos sistemas ampliamente reconocidos y utilizados a nivel internacional: el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). El SUCS es uno de los sistemas más empleados en el ámbito de la ingeniería geotécnica, especialmente en el diseño de cimentaciones, excavaciones, taludes y estructuras de contención. Este sistema clasifica los suelos en función de su granulometría, plasticidad y comportamiento mecánico, utilizando ensayos como el análisis granulométrico y los límites de Atterberg. El SUCS diferencia claramente entre suelos gruesos (gravas y arenas) y suelos finos (limos y arcillas), asignándoles símbolos que facilitan su identificación técnica. Gracias a esta clasificación, es posible anticipar propiedades como la compresibilidad, permeabilidad y resistencia al corte del suelo. Por otro lado, el sistema AASHTO se emplea principalmente en el campo de la ingeniería vial, siendo especialmente útil en el diseño y construcción de carreteras, terraplenes y subrasantes. Este sistema clasifica los suelos considerando su comportamiento como material de soporte para pavimentos, tomando en cuenta parámetros como el tamaño de partícula, los límites de

consistencia y el contenido de finos. A diferencia del SUCS, el sistema AASHTO pone mayor énfasis en la calidad del suelo como material estructural para vías de transporte, asignando grupos y subgrupos que permiten evaluar su idoneidad y necesidad de mejoramiento. Ambos sistemas, aunque distintos en su enfoque y aplicación, resultan complementarios y de gran importancia en la práctica ingenieril. Su correcta aplicación permite optimizar el diseño de obras, reducir riesgos constructivos y garantizar la estabilidad y durabilidad de las infraestructuras. En consecuencia, la clasificación de suelos mediante los sistemas SUCS y AASHTO constituye una etapa esencial en cualquier estudio geotécnico o proyecto de ingeniería civil. (Borselli, 2025)

**2.2.5.3. Cinta de barro.** También denominada prueba de rollito, la Norma E.080 – Diseño y construcción con tierra reforzada la define como un procedimiento práctico y sencillo para la evaluación del contenido de arcilla presente en un suelo, especialmente cuando este será utilizado en la elaboración de unidades de adobe u otros elementos constructivos con tierra. Esta prueba permite estimar de manera empírica la plasticidad y cohesión del suelo, cualidades directamente asociadas a la presencia de arcilla. El ensayo se realiza a partir de una muestra de barro previamente preparada, la cual debe presentar una humedad adecuada que permita su manipulación sin que se desintegre ni se adhiera excesivamente a los dedos. A partir de esta muestra se conforman cilindros de aproximadamente 12 mm de diámetro, los cuales se van afinando progresivamente mediante la presión ejercida entre los dedos pulgar e índice. Este proceso continúa hasta obtener una cinta uniforme de aproximadamente 4 mm de espesor, procurando que el material no presente fisuras visibles durante su conformación. Una vez obtenida la cinta, esta se suspende cuidadosamente en posición vertical, permitiendo que actúe únicamente su propio peso. El comportamiento de la cinta al colgarla constituye el criterio principal de evaluación. Si la cinta logra mantenerse íntegra y alcanza una longitud comprendida entre 20 cm y 25 cm antes de romperse, se considera que el suelo posee un alto contenido de arcilla, lo cual indica una elevada plasticidad. Este tipo de suelo suele ser adecuado para la fabricación de adobes, aunque debe evaluarse cuidadosamente para evitar problemas de retracción y fisuración durante el secado. Por el contrario, si la cinta se rompe al alcanzar una longitud de 10 cm o menos, se concluye que el suelo presenta un bajo contenido de arcilla, lo que implica una cohesión reducida y una menor capacidad de conformación. En estos casos, el suelo puede requerir ajustes en su composición, como la adición de arcilla u otros estabilizantes, para cumplir con los requisitos técnicos exigidos por la norma. (Borselli, 2025)

**2.2.5.4. Resistencia seca.** Denominada también como prueba de “presencia de arcilla”, este procedimiento constituye un método empírico y sencillo utilizado para evaluar de manera preliminar la aptitud del suelo para la elaboración de adobes, especialmente en contextos de construcción con tierra. Esta prueba permite identificar si el material posee una cantidad adecuada de arcilla que garantice la cohesión y resistencia necesarias en el producto final. El procedimiento consiste inicialmente en formar cuatro bolitas de tierra, utilizando una muestra previamente humedecida hasta alcanzar una consistencia homogénea y manejable. Estas bolitas deben presentar dimensiones similares para asegurar condiciones de evaluación comparables. Posteriormente, se procede a un período de secado controlado, el cual tiene una duración aproximada de 48 horas. Durante este tiempo, las bolitas deben mantenerse en un ambiente protegido de corrientes de aire, sol directo o cambios bruscos de temperatura, conservando una humedad moderada que permita un secado gradual y uniforme. Una vez transcurrido el tiempo de secado y cuando las bolitas han alcanzado un estado sólido, se realiza la etapa de verificación mecánica, que consiste en aplicar presión manual con el dedo pulgar y el dedo índice sobre cada una de las bolitas. Esta acción permite observar el comportamiento del suelo frente a un esfuerzo sencillo de compresión. Si alguna de las bolitas se rompe o desintegra fácilmente durante esta prueba, se recomienda repetir el ensayo, ya que la falla podría deberse a una preparación inadecuada de la muestra o a un secado irregular. Sin embargo, si tras repetir el procedimiento las bolitas continúan rompiéndose con facilidad, se concluye que el suelo evaluado no posee un contenido suficiente de arcilla, lo cual implica una baja cohesión interna. En este caso, la cantera o el suelo analizado debe ser descartado para su uso en la fabricación de adobes, ya que no cumpliría con los requisitos mínimos de resistencia y durabilidad establecidos para construcciones con tierra. En términos generales, esta prueba resulta de gran utilidad como una herramienta práctica de campo, ya que permite tomar decisiones preliminares sobre la selección de suelos sin necesidad de equipos especializados. No obstante, para garantizar un mejor desempeño estructural y cumplir con los criterios normativos, se recomienda complementar este ensayo con pruebas de laboratorio más precisas, que permitan cuantificar de manera objetiva las propiedades físicas y mecánicas del suelo. (Borselli, 2025)

**2.2.5.5. Contenido de humedad.** Esta prueba se emplea como un ensayo empírico de campo para evaluar de manera preliminar el contenido de humedad y la cohesión del suelo, especialmente cuando se pretende utilizarlo en la elaboración de unidades de adobe u otros elementos constructivos con tierra. El procedimiento consiste en formar una bola de tierra de tamaño aproximado al de un puño humano, asegurando que la muestra sea lo más homogénea

posible y represente adecuadamente el material a evaluar. Una vez conformada la bola, esta se deja caer desde una altura aproximada de 1,10 m sobre una superficie firme. El comportamiento de la bola al impactar contra el suelo permite realizar una interpretación cualitativa del estado de humedad y de la consistencia del material. Si la bola se desintegra completamente al momento del impacto, se concluye que el suelo presenta un contenido de humedad insuficiente, lo cual indica que el material se encuentra demasiado seco y carece de la cohesión necesaria para su adecuado uso constructivo. Por otro lado, si la bola se fragmenta en cinco o más pedazos definidos, se considera que el suelo posee una humedad adecuada, ya que mantiene cierta cohesión sin comportarse de manera excesivamente plástica. Este resultado suele ser el más favorable, pues sugiere un equilibrio entre la cantidad de agua y las propiedades del suelo, condición óptima para procesos como el moldeo y secado del adobe. En contraste, si la bola no se fragmenta o se deforma excesivamente, o bien se aplasta con facilidad al ejercer presión con la mano, se interpreta que el suelo presenta un exceso de humedad. Esta condición resulta desfavorable, ya que un contenido elevado de agua puede generar deformaciones, fisuras durante el secado y una disminución de la resistencia mecánica del material final. En conjunto, esta prueba permite obtener una evaluación rápida y práctica del estado del suelo en campo, facilitando la toma de decisiones iniciales sobre su idoneidad para uso constructivo. Si bien no reemplaza a los ensayos de laboratorio, constituye una herramienta útil dentro de los procesos tradicionales y técnicos de selección de suelos para construcción con tierra. (Borselli, 2025)

#### **2.2.6. Propiedades físicas**

**2.2.6.1. Densidad.** La densidad relaciona la masa y el volumen que son propiedades generales de la materia, y pueden ser absolutos, relativos y aparentes. La densidad que nos centraremos es la absoluta o también denominada densidad normal que es una magnitud intensiva y su medición en el Sistema Internacional es  $\text{kg/m}^3$ . (Villegas, 2008)

**2.2.6.2. Succión.** La succión se refiere al porcentaje de absorción inicial de agua que presenta una unidad de mampostería, como el ladrillo, especialmente durante la etapa de asentado en obra. Este fenómeno es un aspecto fundamental en la interacción ladrillo–mortero, ya que influye directamente en el comportamiento mecánico y en la calidad del vínculo entre ambos materiales. Cuando el ladrillo posee una alta capacidad de succión, tiende a absorber rápidamente el agua contenida en el mortero fresco. Esta pérdida acelerada de humedad provoca que el mortero no pueda desarrollar adecuadamente sus procesos de hidratación, afectando negativamente su trabajabilidad, adherencia y resistencia final. Como consecuencia, el mortero puede endurecerse de manera prematura, generando una unión deficiente entre las unidades de

mampostería. Además, una succión excesiva puede originar deformaciones y fisuras en el mortero, reduciendo su capacidad de distribuir uniformemente las cargas y comprometiendo la estabilidad del conjunto estructural. En estos casos, no se logra un contacto completo y continuo entre el mortero y la siguiente unidad de ladrillo, lo que puede dar lugar a vacíos, discontinuidades y una disminución de la resistencia del muro. Por el contrario, una succión controlada y adecuada permite que el ladrillo absorba solo la cantidad necesaria de agua, favoreciendo una correcta hidratación del mortero y asegurando una buena adherencia entre los materiales. Por esta razón, en la práctica constructiva se recomienda, en ciertos casos, humedecer previamente los ladrillos, con el fin de reducir la absorción inicial y garantizar un comportamiento óptimo del mortero durante el asentado. (Villegas, 2008)

**2.2.6.3. Absorción.** La succión hace referencia al porcentaje de absorción inicial de agua que presenta la unidad de albañilería, particularmente en la etapa de asentado del ladrillo. Este fenómeno cobra especial importancia en la interacción ladrillo–mortero, ya que durante el proceso constructivo el mortero fresco contiene una determinada cantidad de agua necesaria para garantizar su trabajabilidad, hidratación y correcto fraguado. Cuando el ladrillo presenta una succión elevada, absorbe rápidamente parte del agua del mortero, alterando su composición y afectando negativamente su desempeño. Una succión excesiva provoca que el mortero pierda agua antes de completar adecuadamente sus reacciones de hidratación, lo que puede generar deformaciones, fisuración prematura y una disminución significativa de la resistencia mecánica. Además, esta pérdida acelerada de agua impide que el mortero se adhiera de forma uniforme a la superficie del ladrillo, dificultando el contacto completo entre las unidades de albañilería y comprometiendo la continuidad estructural del elemento construido. Como consecuencia, se pueden originar juntas débiles, menor capacidad portante y una mayor vulnerabilidad frente a agentes externos como la humedad y los cambios térmicos. Por otro lado, la absorción se considera como un indicador de la impermeabilidad de la unidad de albañilería, ya que mide la cantidad total de agua que el material es capaz de incorporar en un determinado periodo de tiempo. Un alto porcentaje de absorción suele estar asociado a una mayor porosidad, lo que incrementa la posibilidad de ingreso de humedad al interior del material. Esta condición puede afectar la durabilidad de la albañilería, favoreciendo procesos de deterioro como la disgregación, la aparición de eflorescencias y la pérdida progresiva de resistencia. En términos constructivos, resulta fundamental que las unidades de albañilería presenten valores de succión y absorción controlados, de modo que se asegure un adecuado comportamiento del mortero, una correcta adherencia entre los elementos y una mayor vida útil

de la edificación. Por ello, estos parámetros son considerados criterios esenciales en la selección y evaluación de materiales para sistemas de mampostería, especialmente en zonas expuestas a condiciones ambientales adversas. (Villegas, 2008)

**2.2.6.4. Alabeo.** Esta prueba se regirá conforme a lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 339.613, la cual regula los procedimientos aplicables a las unidades de albañilería, incluyendo aquellas elaboradas con tierra como el adobe. El objetivo principal de este ensayo es evaluar la calidad geométrica y superficial de las unidades, así como identificar posibles irregularidades que puedan influir en su comportamiento estructural y constructivo. El procedimiento se inicia con la selección y ordenamiento de las unidades de adobe, las cuales deben agruparse y disponerse considerando la concavidad y convexidad presentes en sus distintas superficies, caras y bordes. Este ordenamiento permite reconocer deformaciones, alabeos o imperfecciones originadas durante el proceso de fabricación, secado o manipulación del adobe. Dichas irregularidades pueden afectar la correcta colocación de las unidades, la adherencia con el mortero y la uniformidad del muro construido. Para garantizar la representatividad del ensayo, la norma establece que el procedimiento debe realizarse sobre un conjunto de 10 especímenes, los cuales deben seleccionarse de manera aleatoria dentro del lote de producción. Cada unidad es inspeccionada visualmente y de forma manual, verificando la uniformidad de sus dimensiones, la presencia de fisuras, bordes irregulares o superficies deformadas. Este análisis comparativo entre las unidades permite identificar variaciones significativas dentro del mismo lote. La correcta ejecución de esta prueba resulta fundamental, ya que la regularidad geométrica del adobe influye directamente en la estabilidad del aparejo, el espesor de las juntas de mortero y la distribución de cargas en la mampostería. Unidades con excesiva concavidad o convexidad pueden generar concentraciones de esfuerzos, reducir la eficiencia estructural del muro y afectar el acabado final de la edificación. (Villegas, 2008)

### **2.2.7. Propiedades mecánicas**

**2.2.7.1. Ensayo de Resistencia a la compresión.** El ensayo de resistencia a la compresión del material se llevó a cabo siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma E.080 – Diseño y construcción con tierra reforzada, la cual define los procedimientos técnicos para evaluar el comportamiento mecánico de las unidades de adobe. Este ensayo resulta fundamental, ya que permite determinar la capacidad del material para resistir cargas axiales, condición indispensable para su uso estructural en muros portantes. El procedimiento del ensayo consiste en la evaluación de una unidad de adobe con forma geométrica cúbica, cuyas dimensiones son de 10 cm de arista, garantizando así la uniformidad de las muestras y la

comparabilidad de los resultados obtenidos. La correcta preparación de los especímenes es un aspecto clave, ya que las superficies deben estar lo más planas posible para asegurar una adecuada distribución de esfuerzos durante la aplicación de la carga. Para el desarrollo del ensayo se seleccionan seis muestras representativas, las cuales son sometidas progresivamente a cargas de compresión hasta alcanzar la falla. De estas seis unidades ensayadas, se procede a considerar únicamente las cuatro mejores muestras, siempre y cuando presenten valores de resistencia mayores o iguales a la resistencia última mínima exigida por la norma. Este criterio busca reducir la influencia de posibles defectos de fabricación o irregularidades aisladas en los resultados finales. La resistencia a la compresión se obtiene dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal del espécimen, expresándose generalmente en unidades de presión. El valor promedio calculado a partir de las muestras seleccionadas representa la resistencia característica del material, la cual será comparada con los valores mínimos establecidos en la E.080 para determinar su aptitud estructural. Este ensayo permite no solo verificar la calidad del adobe producido, sino también evaluar la influencia de factores como la dosificación de materiales, el contenido de humedad, el tipo de refuerzo incorporado y el proceso de secado. En consecuencia, los resultados obtenidos constituyen una base técnica esencial para garantizar la seguridad, estabilidad y durabilidad de las edificaciones construidas con tierra reforzada de  $f_{ultima} = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$ . (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

**2.2.7.2. Ensayo de flexión.** El ensayo de flexión se realizó de acuerdo con lo establecido en la Norma NTP 339.613, la cual regula los procedimientos aplicables a unidades de albañilería. Este ensayo tiene como objetivo principal proporcionar información detallada sobre el comportamiento del material frente a esfuerzos de flexión, permitiendo evaluar su capacidad para resistir tensiones de tracción indirecta que se generan cuando el elemento es sometido a cargas que producen curvatura. Durante el ensayo, la unidad es colocada de manera que reciba una carga controlada hasta provocar su falla, registrándose el valor máximo de carga aplicada. A partir de este dato se determina la resistencia a la flexión, parámetro que resulta fundamental para analizar el desempeño del material en condiciones reales de servicio, especialmente en elementos constructivos que pueden verse afectados por acciones como asentamientos diferenciales, cargas laterales o movimientos sísmicos. La resistencia a flexión es particularmente relevante en materiales como el adobe y otros elementos de albañilería, debido a que estos presentan un comportamiento frágil y una baja resistencia a la tracción. Por ello, este ensayo permite identificar posibles debilidades estructurales y evaluar la eficacia de

mejoras introducidas en el material, como la incorporación de fibras, estabilizantes o modificaciones en la dosificación. Asimismo, los resultados obtenidos del ensayo de flexión sirven como base para comparar diferentes tipos de unidades, verificar el cumplimiento de los requisitos normativos y respaldar técnicamente su uso en sistemas constructivos. En el contexto de la investigación, este ensayo contribuye de manera significativa a la caracterización mecánica del material, complementando los resultados obtenidos en los ensayos de compresión y permitiendo una evaluación más integral de su comportamiento estructural. (Instituto Nacional de Calidad)





## **1. Metodología**

### **1.1. Enfoque de la investigación**

De acuerdo con Hernández et al (2014), la investigación consiste en métodos organizados, analíticos y fundamentados en la experiencia que son empleados para analizar un fenómeno o problema. El tipo de Investigación a desarrollar es de índole Cuantitativo, según Fernández & Pilar (2014), es de carácter secuencial y se fundamenta en la evidencia, el proceso comienza con la delimitación de la idea que permite establecer los objetivos y preguntas. A partir de la formulación planteamos la hipótesis y con ello definimos las variables correspondientes.

Para esta investigación de influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico-mecánicas para las viviendas altoandinas, tiene un enfoque cuantitativo, porque la investigación se sustenta en resultados numéricos de los ensayos realizados, así mismo tienen estos resultados una significancia de base estadística, para la validación de la hipótesis formulada.

### **1.2. Nivel de investigación**

Según Cabeza (2018), el nivel de investigación corresponde al explicativo porque está dirigido a definir las causas y efectos del problema, y el comportamiento de variables involucrarles en el fenómeno lo que hará posible la verificación de la hipótesis formulada.

Esta investigación busca explicar los efectos causados la fibra de ovino en sus diferentes porcentajes en peso adicionado al adobe convencional y evaluar en sus características de desempeño térmico y sus propiedades físico-mecánicas para viviendas altoandinas.

### **1.3. Diseño de investigación**

Según Babbie (2014), la investigación Experimental tiene al menos dos significados, uno particular y general. El significado general hace referencia a la acción de “elegir o realizar” y posteriormente a observar las consecuencias.

En esta investigación experimental, la fibra de ovino como variable independiente será variados cambiando la realidad de cada experimento realizado y evaluar sus características de desempeño térmico y sus propiedades físico-mecánicas del adobe, de esta manera se establece la influencia, objeto de nuestra investigación.

#### **1.4. Tipo de investigación**

La investigación científica según Fred N. Kerlinger , indica que es sistemática (se realiza de forma ordenada y evita los hechos al azar), empírica (la recolección y análisis de datos deben ser concretos y verificables) y crítica (debe estar en constante mejora y perfeccionando los procesos), este tipo de investigación es aplicable a estudios cuantitativos, cualitativos o mixtos. (SalusPlay, 2020)

Esta investigación experimental-explicativa, porque conlleva a diferentes procesos para determinar la influencia del desempeño térmico y sus propiedades físico-mecánicas del adobe adicionando en diferentes proporciones de fibra de ovino, con lo cual se tiene diferentes realidades que se investiga y se obtiene resultados medibles que se realiza bajo pruebas y ensayos normados, que permitan concluir el objetivo planteado en esta investigación.

#### **1.5. Materiales**

##### **1.5.1. Materia prima, insumos, equipos otros**

- **Materia Prima:** El material base será la tierra obtenida de la cantarera que se ubica en el centro poblado de Jasana Grande del Distrito de Samán, provincia de Azángaro del departamento de Puno.
- **Insumo:** Para la elaboración de adobe esta contará con los insumos de la fibra de ovino y fibra vegetal (paja)

##### **1.5.2. Población y muestra**

**1.5.2.1. Población.** Según Baena (2014), la población es el conjunto de individuos delimitados que cumple con una serie de características o cosas específicas en base al proyecto de investigación es igual al espacio muestral. Esta investigación es determinada por los investigadores, orientadas para una población de las zonas altoandinas que son afectadas por el friaje, estas regiones del Perú, tienen características similares en vivienda de adobe, temperaturas bajas y presencia ganadería ovino.

**1.5.2.2. Muestra.** Según Hernández (2014), la muestra representa como subgrupo de la población que es elegido para ser investigado y se recolecta datos adecuados y verídicos para validar a la población. La ubicación geográfica de estudio es el distrito de Samán, provincia de Azángaro región de Puno, la materia prima para la elaboración del adobe y la fibra de ovino son exclusivamente de la región mencionada. En esta investigación se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, se emplean 260 muestras, de las cuales fueron 52 muestras patrón de adobe convencional y 208 muestras de adobe con diferentes porcentajes en peso de

fibra de ovino, con un total de 624 ensayos de pruebas de laboratorio donde se determinaron según normas exigidas.

## **1.6. Métodos de la investigación**

### ***1.6.1. Técnicas de recolección de datos***

El instrumento de recolección de datos es la observación directa de la experimentación, observación directa por el investigador en la técnica de medición, durante el ensayo de las pruebas en laboratorio, gabinetes y campo in situ, donde los datos son recogidas mediante reportes, formatos y fichas y estos deben ser refrendados por manuales y normas técnicas de cada ensayo realizado.

### ***1.6.2. Método de análisis de datos***

Se utilizaron para el procesamiento de la información las siguientes técnicas:

- Información recolectada en forma organizada según el diseño de la investigación en tablas y figuras, que permiten entender e interpretar de la mejor manera los resultados, facilitando sus análisis y discusión del experimento realizado.
- La medición de la magnitud de relaciones de las variables en estudio y su significancia se desarrolló mediante el análisis de varianza, empleado el Software estadístico de SPSS.

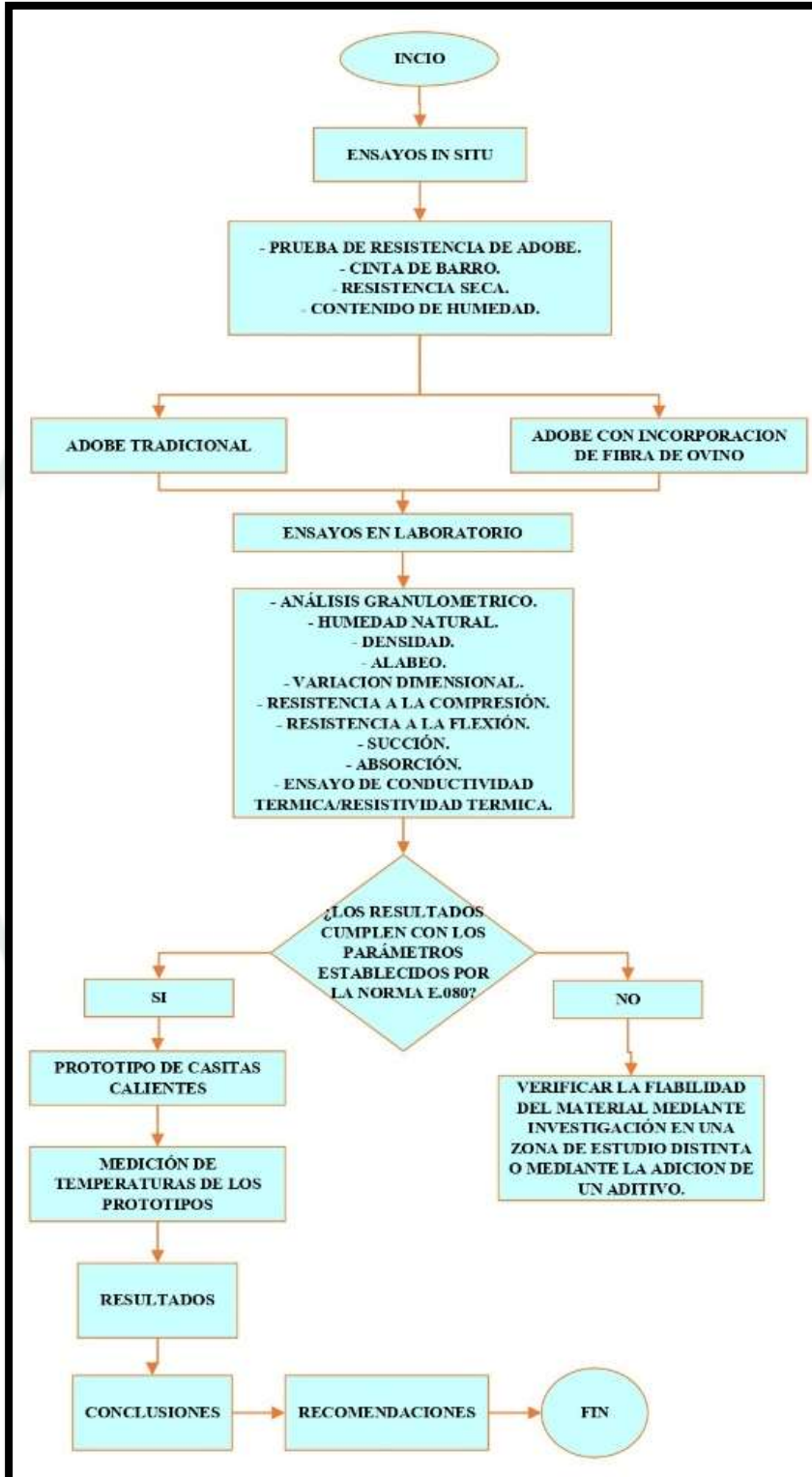
### ***1.6.3. Prueba de Hipótesis***

La prueba de hipótesis se ha realizado utilizando la herramienta estadística de análisis de varianza ANOVA, previo a este análisis los datos fueron sometidos a una distribución normal mediante la prueba de Shapiro Wilk y homogeneidad de varianza, de esta manera se valida la hipótesis de la “Influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico – mecánicas para las viviendas altoandinas”

## 1.7. Esquema del método de investigación

Figura 13

Esquema del metodológico



Nota. Elaboración propia.



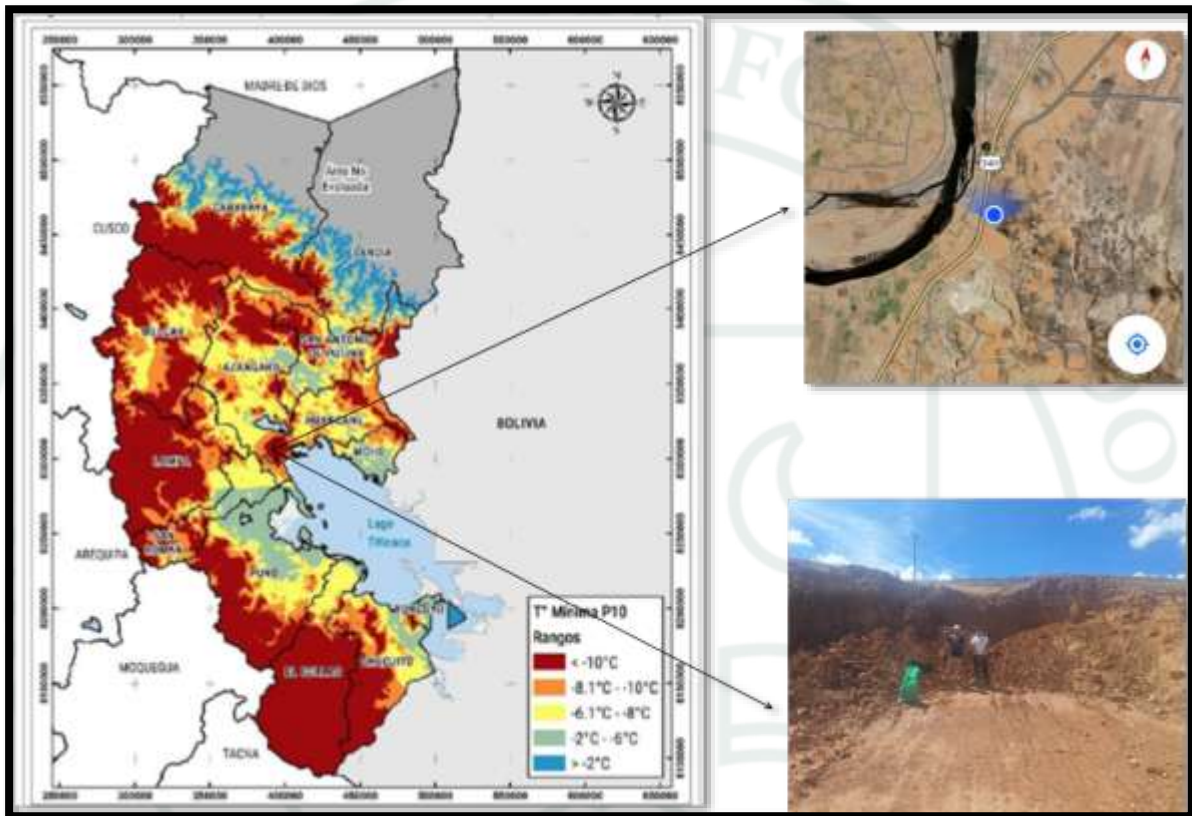
**CAPÍTULO IV**

## 1. Resultados

Se realiza el presente estudio en la zona afectada por el friaje, en el centro poblado de Jasana Grande del Distrito de Samán, provincia de Azángaro del departamento de Puno.

**Figura 14**

*Ubicación de la zona de la muestra*



*Nota.* Mapa de zona de friaje en Puno, ubicación y punto de muestreo. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2020)

En la figura 14, se muestra que la zona es afectada por las bajas temperaturas entre  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , las muestras para laboratorio se extraen de la cantera según la figura mostrada.

## 1.1. Contenido de humedad

### 1.1.1. Contenido de humedad del suelo

“Se realiza tres ensayos con los códigos MHN-01, MHN-02 y MHN-03 según la norma NTP 339.127 y ASTM D2216 en el laboratorio de la UCSM, los resultados de cada ensayo se presentan en la tabla 3 (Anexo C1)” (Instituto Nacional de Calidad, 2019; American Society for Testing and Materials, 2019).

**Tabla 3**

*Resumen de ensayos de humedad natural del material*

<b>ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL</b>			
<b>N° de Ensayo</b>	<b>MHN-01</b>	<b>MHN-02</b>	<b>MHN-03</b>
<b>N° de Tara (g)</b>	T-11	T-12	T-13
<b>Peso de tara (g)</b>	114.34	118.5	115.23
<b>Peso de tara y muestra húmeda (g)</b>	1031.5	1048.2	1039.1
<b>Peso de tara y muestra seca (g)</b>	969.56	987.67	977.45
<b>Peso del agua (g)</b>	61.94	60.53	61.65
<b>Peso de muestra seca (g)</b>	855.22	869.17	862.22
<b>Contenido de humedad (%)</b>	7.24	6.96	7.15
<b>Contenido de humedad promedio (%)</b>		<b>7.12</b>	

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla 3, muestra el contenido de humedad de tres muestras codificadas MHN-01, MHN-02 y MHN-03, los valores de humedad oscilan entre 6.96% a 7.24 % obteniendo un promedio de humedad de 7.12%, el promedio de humedad nos indica que las muestras seleccionadas tienen una cohesión adecuada lo cual es fundamental para garantizar una adecuada elaboración de adobe, además conforme a la norma E.080 que indica la cantidad de agua para la unidad de adobe no debe exceder el 20% con respecto al peso del contenido seco.

### 1.1.2. Contenido de humedad en unidad de adobe

“Se realiza cuatro ensayos con cada tipo de porcentaje de fibra de ovino según la norma NTP 339.127 y ASTM D2216 en el laboratorio de la UCSM” (Instituto Nacional de Calidad, 2019; American Society for Testing and Materials, 2019).

**Tabla 4**

*Contenido de humedad en unidades*

<b>RESUMEN ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL DE LA UNIDAD</b>						
<b>Esp.</b>	<b>Adobe Convencional</b>	<b>Adobe con adición de Fibra de Ovino(%Peso)</b>				
		<b>0.75%</b>	<b>1.00%</b>	<b>1.25%</b>	<b>1.50%</b>	
1	0.808	0.657	0.545	0.499	0.374	
2	0.804	0.625	0.524	0.477	0.396	
3	0.824	0.639	0.537	0.504	0.394	
4	0.813	0.673	0.571	0.51	0.381	
<b>Prom</b>	<b>0.81</b>	<b>0.65</b>	<b>0.54</b>	<b>0.5</b>	<b>0.39</b>	
<b>Des. Est.</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	
<b>C.V. (%)</b>	<b>1.09</b>	<b>3.18</b>	<b>3.67</b>	<b>2.89</b>	<b>2.68</b>	

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla 4, muestra el contenido de humedad de la unidad de adobe de cuatro muestras de cada porcentaje de fibra de ovino, donde el contenido de humedad promedio oscilan entre 1.55% a 1.71 %.

### 1.2. Análisis granulométrico

“Se realiza tres ensayos granulométricos con los códigos MGM-01, MGM-02 y MGM-03 según la norma NTP 339.128 y ASTM D-422 en el laboratorio de la UCSM, los resultados de cada ensayo se presentan en la tabla 5 (Anexo C.2)” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019)

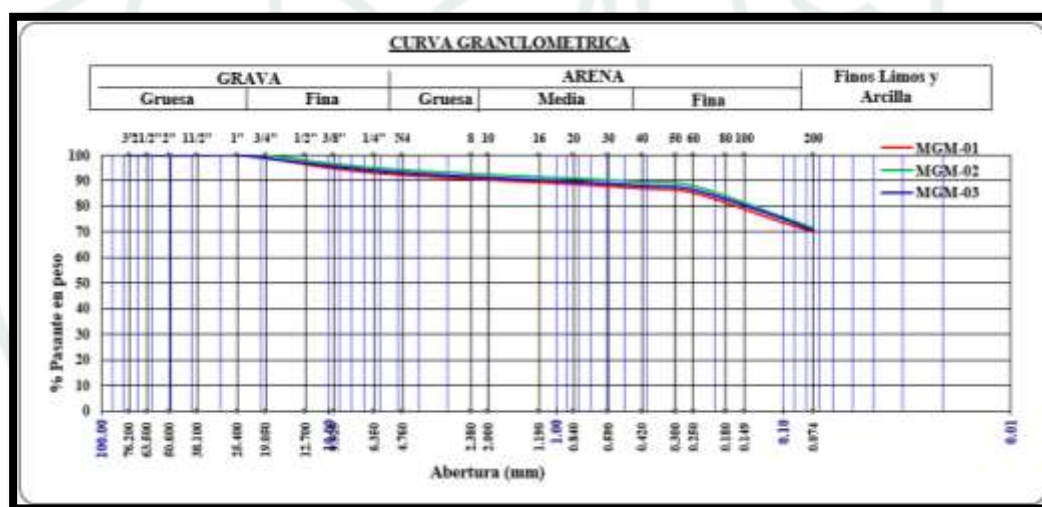
**Tabla 5***Resumen de ensayos granulométricos*

<b>RESUMEN DE ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS</b>				
<b>Ensayo Granulométrico</b>		<b>MGM-01</b>	<b>MGM-02</b>	<b>MGM-03</b>
<b>Tamices ASTM</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>(% Que Pasa)</b>	<b>(% Que Pasa)</b>	<b>(% Que Pasa)</b>
3"	76.2	100	100	100
2"	50.6	100	100	100
1 1/2"	38.1	100	100	100
1"	25.4	100	100	100
3/4"	19.05	98.94	100	98.84
3/8"	9.525	94.76	96.43	95.55
No 4	4.76	92.24	94.12	93.07
No 10	2	90.38	92.31	91.13
No 20	0.84	88.73	90.86	89.56
No 40	0.42	87.02	89.43	88.02
No 60	0.25	85.28	87.98	86.46
No 140	0.106	74.38	76.53	75.75
No 200	0.074	70.05	71.5	70.4
< No 200	<b>FONDO</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 6***Resumen de composición física del suelo en función al tamaño de partícula*

COMPOSICION FISICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULA				
Ensayo granulométrico		MGM-01	MGM-02	MGM-03
Grava (Nro 4 < $\Phi$ < 3")	%	7.76	5.88	6.93
Arena (Nro 200 < $\Phi$ < Nro 4)	%	22.19	22.63	22.67
Fina ( $\Phi$ < Nro 200)	%	70.05	71.50	70.40
Tamaño Máxima (pul)	Pulg	3/4"	3/8"	3/4"

*Nota.* Elaboración propia.**Figura 15***Resumen de curvas granulométricas**Nota.* Elaboración propia.

La tabla 5, muestra el resumen de la granulometría que nos proporciona detalladamente la distribución de las partículas del suelo en estudio, donde se observa la homogeneidad de la granulometría de las tres muestras, la tabla 6, muestra la composición física del suelo, donde el porcentaje promedio de grava, arena y finos es de 6.86%, 22.50% y 70.65% respectivamente cumpliendo los requerimientos de clasificación de suelos de la norma E.080 que me indica tener un 55 a 70 % de arena, la figura 15, detalla el resumen de las curvas granulométrica que presentan trayectorias similares.

### 1.3. Límite de Atterberg o consistencia

Se realiza tres ensayos de límites de consistencia con los códigos MLC-01, MLC-02 y MLC-03 según la norma NTP 339.129 y ASTM - 4318 en el laboratorio de la UCSM, los resultados de los ensayos se presentan en el Tabla 7 (Anexo C.3). (Instituto Nacional de Calidad, 2019; American Society for Testing and Materials, 2018)

**Figura 16**

*Clasificación de suelos según índice de plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

*Nota.* Manual de carreteras suelos Geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

**Tabla 7**

*Resumen de límites de Atterberg*

MUESTRA	MLC-01	MLC-02	MLC-03	Promedio
Límite Líquido	24.26	24.58	24.37	<b>24.4</b>
Límite Plástico	17.98	18.58	18.4	<b>18.32</b>
Índice Plástico	6.28	6.01	5.97	<b>6.08</b>

*Nota.* Elaboración propia

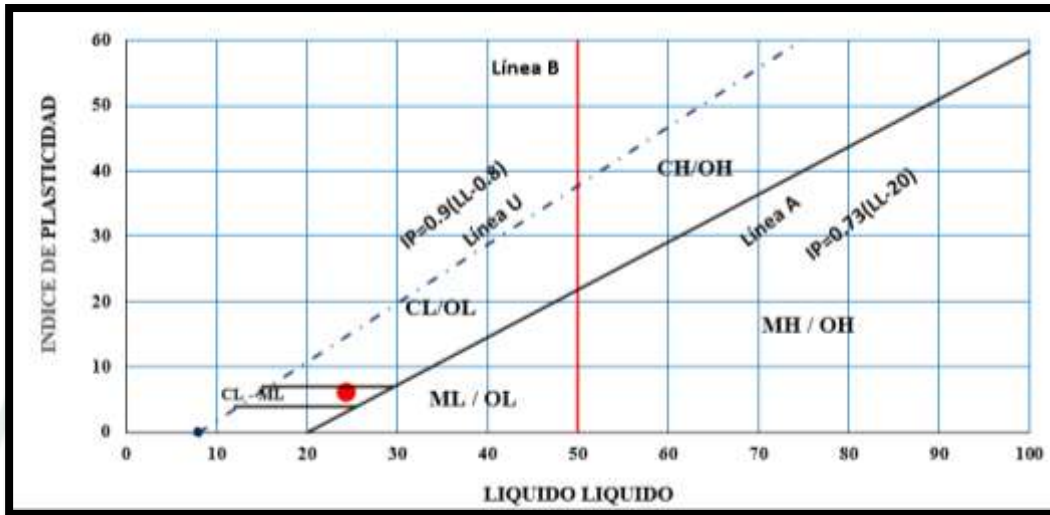
En la tabla 7 se muestra el resumen de los límites de Atterberg, con un índice plástico promedio de 6.08, estos datos son necesarios para poder clasificar el tipo de suelo por el método AAHSTO o S.U.C.S, los límites de atterberg son necesarios para caracterizar el comportamiento del suelo fino, permitiendo determinar las propiedades de plasticidad y consistencia a diferentes estados de humedad, en la figura 16, extraída del manual de carreteras suelos Geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos podemos identificar el tipo de suelo mediante el índice de plasticidad que es un suelo poco arcillosos plasticidad.

#### 1.4. Clasificación de suelos

La clasificación de suelos se realizó según la AAHSTO y S.U.C.S

**Figura 17**

*Caracterización del suelo en estudio con carta de plasticidad de Casagrande*

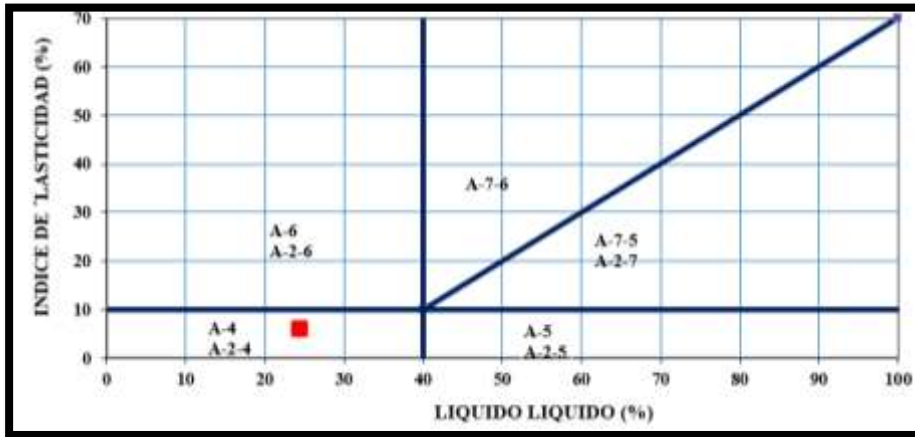


*Nota.* Elaboración propia

La carta de plasticidad de Casagrande de la figura 17, nos permite clasificar el suelo fino, donde nuestro suelo en estudio se ubica en el área CL que son arcilla de baja compresibilidad (arcillas inorgánicas de baja plasticidad a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras), ML que son Limos de baja compresibilidad (Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limos arcillosos, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas).

**Figura 18**

Fracción limo-arcillosa (AAHSTO)



Nota. Elaboración propia

En la figura 18, muestra los rangos del límite líquido e índice de plasticidad (AAHSTO) para suelos que están dentro de los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-70 se refiere a suelos con más del 35% de material fino que pasa por el tamiz número 200, el suelo en estudio pertenece al grupo A-4.

**Figura 19**

Clasificación de Suelos (Sistema AASHTO)

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
GRUPO	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	#10	≤ 50										
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
<b>ESTADO DE CONSISTENCIA</b> (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Límite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
<b>ÍNDICE DE GRUPO</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>≤ 4</b>			<b>≤ 8</b>	<b>≤ 12</b>	<b>≤ 20</b>	<b>≤ 20</b>		
<b>TIPOLOGÍA</b>	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
<b>CALIDAD</b>	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					

Nota. Figura obtenida de Clasificación de Suelos según AASHTO

Según el sistema de clasificación AASHTO de la figura 19, el porcentaje pasante del tamiz N°200 es de 70.05% por consecuencia se encuentre en la división general de material Limo – Arcillo en grupo A-4 de índice de grupo de 7, de tipología suelo limoso y con una calidad aceptable a mala. Según Lockart y Wiseman, el suelo limoso está compuesto por partículas de limo principalmente y representan al menos el tercio de total y la arcilla constituye un 18 % como mínimo de su composición, estas características cumplen con los requisitos de la norma E.080 de tener entre un 10% a 20% de arcilla y 15% a 25% de limo. (American Society for Testing and Materials, 2019)

**Figura 20**

*Clasificación de suelos del sistema S.U.C.S.*

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.) INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN				
DIVISIÓN MAYOR	SUBSÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 (φ)	GRAYAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GW	Gravas bien graduadas, arenas de grava y arena con poca o nada de finos	
		GP	Gravas mal graduadas, arenas de grava y arena con poca o nada de finos	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa para por la malla No. 4	GM	Gravas limosas, arenas de grava, arena y limo	
		GC	Gravas arenosas, arenas de grava, arena y arcilla	
	ARENAS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	SW	Arenas bien graduadas, arena con grava, con poca o nada de finos	
		SP	Arenas mal graduadas, arena con grava, con poca o nada de finos	
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	SM	Arenas limosas, arenas de arena y limo	
		SC	Arenas arenosas, arenas de arena y arcilla	
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 (φ) Las partículas de 0.075 mm de diámetro (la malla No. 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.
			LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	ML
CL		Arcillas marginales de baja a media plasticidad, arcillas con poca, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
MH		Limos marginales, limos micáceos o distamoceros, más elásticos.		
CH		Arcillas marginales de alta plasticidad, arcillas francas.		
OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de mucha plasticidad.			

DETERMINAR LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA. DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (diámetro que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: Grava: del 75% (GW) al 50% (GP); Arena: del 50% (GM) al 25% (GC); Arcilla: del 25% (SW) al 0% (SP). Cuentas de finos que requieren el uso de estándares dobles.

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD  $C_u$ : mayor de 4  
 COEFICIENTE DE CURVATURA  $C_c$ : entre 1 y 3  
 $C_u = D_{60} / D_{10}$        $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} D_{60})$

NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.

LÍMITES DE ATTERBERG  
 ABAJO DE LA "LÍNEA A"  
 O IP MENOR QUE 4

LÍMITES DE ATTERBERG  
 ARRIBA DE LA "LÍNEA A"  
 CON IP MAYOR QUE 7

Arcilla de la "línea A" y con IP entre 4 y 7 son casos de suelos que requieren el uso de estándares dobles.

$C_u = D_{60} / D_{10}$  mayor de 8 ;  $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} D_{60})$  entre 1 y 3.

No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW

LÍMITES DE ATTERBERG  
 ABAJO DE LA "LÍNEA A"  
 O IP MENOR QUE 4

LÍMITES DE ATTERBERG  
 ARRIBA DE LA "LÍNEA A"  
 CON IP MAYOR QUE 7

Arcilla de la "línea A" y con IP entre 4 y 7 son casos de suelos que requieren el uso de estándares dobles.

**CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)**

Nota. Figura obtenida de Sistema Unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.).

Según el sistema unificado de clasificación de suelos de la figura 20, donde el porcentaje que pasa el tamiz N°200 es de 70.05%, entonces se encuentra en un suelo fino, según la carta de plasticidad del suelo es Arcilla y limo de baja plasticidad con su nomenclatura CL – ML.

## 1.5. Propiedades físicas

### 1.5.1. Densidad de Adobe

Se realizó cinco grupos de ensayos cada grupo con 18 unidades, los grupos se dividen en adobe convencional, adobe con adición de fibra de ovino al 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50%, los ensayos se realizaron en el laboratorio de la UCSM, los resultados de cada ensayo se presentan en la tabla 8 (Anexo C.4).

**Tabla 8**

*Resumen de ensayos de densidad*

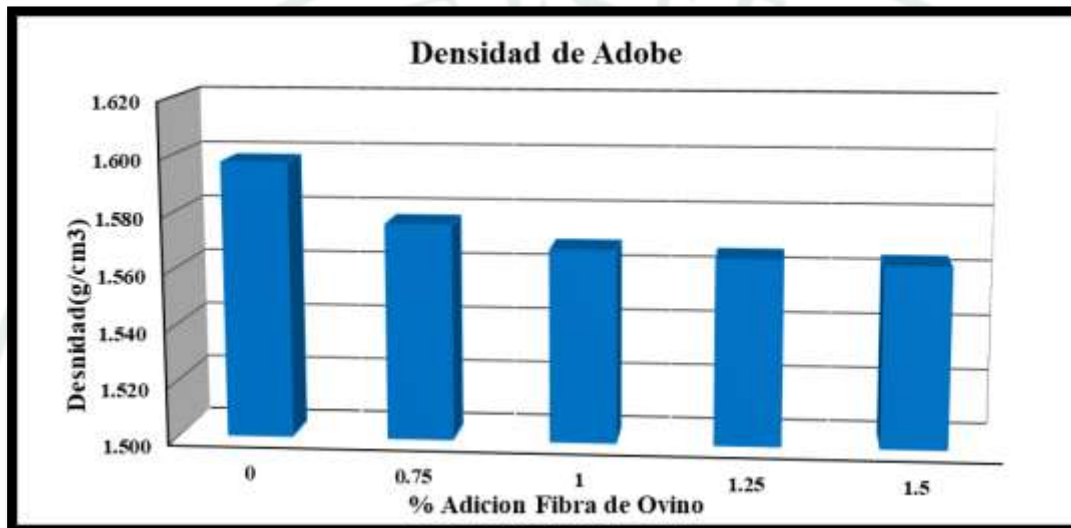
RESUMEN DE ENSAYOS DE DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )					
Esp.	Adobe Convencional	Adobe con adición de Fibra de Ovino (% Peso)			
		0.75%	1.00%	1.25%	1.50%
1	1.590	1.574	1.582	1.546	1.564
2	1.644	1.568	1.590	1.585	1.548
3	1.607	1.549	1.575	1.563	1.588
4	1.607	1.585	1.583	1.578	1.578
5	1.610	1.630	1.544	1.572	1.580
6	1.589	1.560	1.480	1.534	1.523
7	1.582	1.528	1.563	1.587	1.556
8	1.554	1.557	1.564	1.558	1.557
9	1.598	1.620	1.590	1.569	1.574
10	1.587	1.563	1.577	1.550	1.584
11	1.606	1.587	1.608	1.580	1.569
12	1.608	1.569	1.511	1.546	1.571
13	1.619	1.588	1.612	1.511	1.564
14	1.579	1.575	1.581	1.611	1.579
15	1.596	1.553	1.578	1.541	1.570
16	1.582	1.599	1.548	1.567	1.523
17	1.593	1.589	1.553	1.594	1.583
18	1.605	1.580	1.586	1.590	1.544
<b>Prom</b>	<b>1.598</b>	<b>1.576</b>	<b>1.568</b>	<b>1.566</b>	<b>1.564</b>
<b>Des.Esta</b>	<b>0.019</b>	<b>0.025</b>	<b>0.032</b>	<b>0.025</b>	<b>0.019</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>1.201</b>	<b>1.559</b>	<b>2.069</b>	<b>1.578</b>	<b>1.234</b>

*Nota.* Elaboración propia

La tabla 8, muestra el resumen del ensayo de densidad de adobe convencional, adobe con adición de fibra de ovino al 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50%, donde la densidad promedio es 1.598, 1.576, 1.568, 1.566 y 1.564 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, con un coeficiente de uniformidad aceptable en cada grupo.

**Figura 21**

*Grafica de densidad de % de fibra de Ovino en el adobe*



*Nota.* Elaboración propia

En la figura 21, se muestra que a medida que se aumenta la fibra de ovino la densidad disminuye, esto es debido a que la fibra de ovino ocupa un espacio en el volumen de la unidad de adobe y la fibra tiene una densidad menor a la arcilla, por consiguiente al incrementar la proporción de fibra de ovino el peso disminuye como se aprecia en la figura 21, por lo cual el adobe con fibra de ovino es más liviano que el adobe convencional, nuestra densidad se encuentra en el rango de valores de 1.56 g/cm<sup>3</sup> a 1.59 g/cm<sup>3</sup>, las densidades de los adobes en estudio se encuentra en la revista de arquitectura en “Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra” varía entre 1.2 g/cm<sup>2</sup> a 1.7 g/cm<sup>3</sup> para emplear en construcción.

### 1.5.2. *Succion*

El ensayo de succión se llevó a cabo en el laboratorio de la UCSM, según las normas NTP 399.604 y NTP 399.613, para cada uno de los cinco grupos, se realizaron seis pruebas por cada porcentaje establecido, los resultados de dichos ensayos se encuentran en el anexo C.5, y el resumen de estos se presenta en la tabla 9. (Instituto Nacional de Calidad, 1999).

**Tabla 9**

*Resumen de ensayo de succión*

<b>RESUMEN DE ENSAYOS DE SUCCIÓN (g/min/200cm<sup>2</sup>)</b>						
<b>Esp.</b>	<b>Adobe Convencional</b>	<b>Adobe con adición de Fibra de Ovino (% Peso)</b>				
		<b>0.75%</b>	<b>1.00%</b>	<b>1.25%</b>	<b>1.50%</b>	
1	39.010	32.527	29.525	29.173	28.014	
2	39.566	33.009	32.183	31.474	28.576	
3	40.392	32.654	30.069	29.422	29.760	
4	39.889	33.272	30.395	28.907	29.785	
5	39.955	33.253	31.320	29.398	29.726	
6	39.551	33.618	28.465	30.185	29.442	
<b>Prom</b>	<b>39.727</b>	<b>33.056</b>	<b>30.326</b>	<b>29.760</b>	<b>29.217</b>	
<b>Des.Esta</b>	<b>0.467</b>	<b>0.411</b>	<b>1.312</b>	<b>0.942</b>	<b>0.746</b>	
<b>C.V (%)</b>	<b>1.176</b>	<b>1.243</b>	<b>4.328</b>	<b>3.165</b>	<b>2.555</b>	

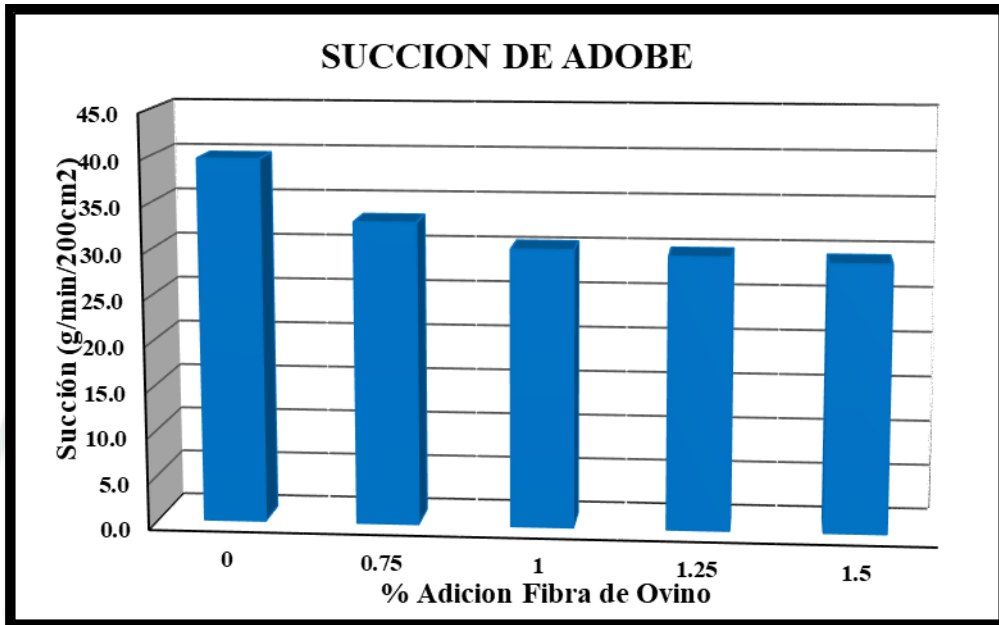
*Nota.* Elaboración propia

El ensayo de succión tiene como objetivo calcular el índice de absorción temprana de la unidad a analizar en un área de 200 cm<sup>2</sup>, en la tabla 9 se muestra el resumen del ensayo de succión de adobe convencional, adobe con adición de fibra de ovino al 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50%, donde el promedio es de 39.727, 33.056, 30.326, 29.760 y 29.217 (g/min/200cm<sup>2</sup>) respectivamente. La disminución de succión del agua es debido a que mejora su

comportamiento a la resistencia a la filtración de agua, mejorando su cohesión ante condiciones de alta exposición.

### Figura 22

*Grafica de resultados en ensayos de succión de adobe*



*Nota.* Elaboración propia

Se observa en la figura 22, que el adobe con incorporación de fibra de ovino en los distintos porcentajes son menores en comparación al adobe convencional, una elevada succión causa una adherencia débil en el mortero lo que puede conducir a su degradación con el tiempo, en la figura 20, la succión disminuye a medida que aumenta la fibra de ovino, esto es debido a que la fibra en su composición presenta la proteína queratina que limita la absorción del agua en comparación con las unidades sin fibra de ovino es por ello que a medida que aumente la fibra de ovino disminuye la absorción debido a la mejor cohesión de las paredes de las unidades.

### 1.5.3. Absorción

El ensayo de absorción se realizó en el laboratorio de la UCSM según la norma NTP 399.604 y NTP 399.613, para cada uno de los cinco grupos, se realizaron seis pruebas por cada porcentaje establecido, los resultados en cada ensayo se presentan en la tabla 10 (Anexo C.6). (Instituto Nacional de Calidad, 1999).

**Tabla 10**

*Resumen de ensayos de absorción*

<b>RESUMEN DE ENSAYOS DE ABSORCIÓN (%)</b>						
<b>Esp.</b>	<b>Adobe Convencional</b>	<b>Adobe con adición de Fibra de Ovino (% Peso)</b>				
		<b>0.75%</b>	<b>1.00%</b>	<b>1.25%</b>	<b>1.50%</b>	
1	19.996	17.356	16.716	16.270	14.769	
2	19.877	18.843	17.624	14.565	14.733	
3	20.539	18.116	17.395	15.643	14.171	
4	21.051	17.907	16.987	14.283	13.882	
5	22.459	18.566	17.181	14.836	14.313	
6	21.021	19.173	16.229	15.399	15.078	
<b>Prom</b>	<b>20.824</b>	<b>18.327</b>	<b>17.022</b>	<b>15.166</b>	<b>14.491</b>	
<b>Des.Esta</b>	<b>0.941</b>	<b>0.664</b>	<b>0.500</b>	<b>0.742</b>	<b>0.444</b>	
<b>C.V (%)</b>	<b>4.518</b>	<b>3.623</b>	<b>2.939</b>	<b>4.891</b>	<b>3.064</b>	

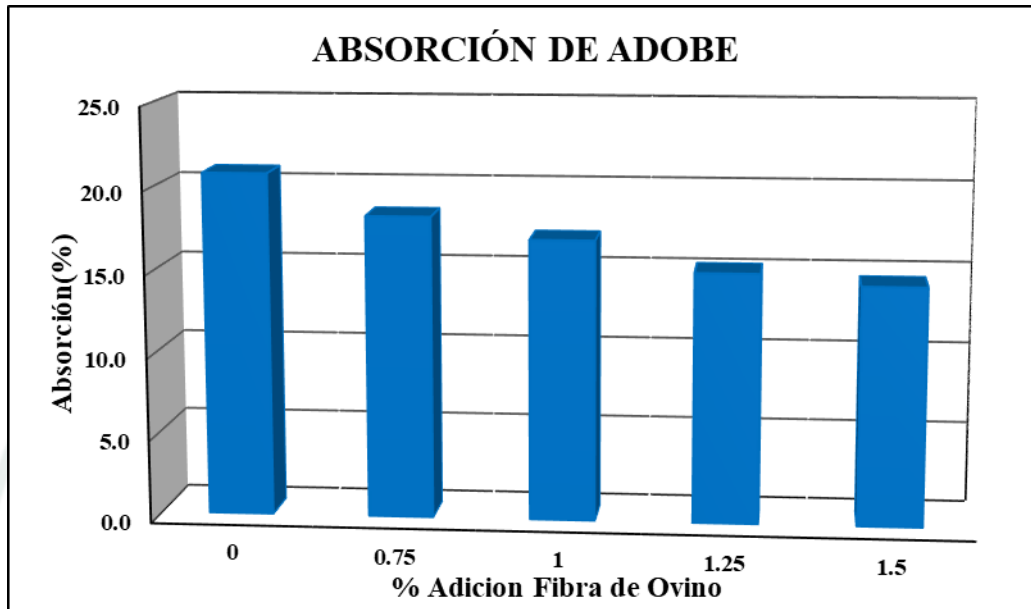
*Nota.* Elaboración propia.

El ensayo de absorción de adobe permite evaluar la capacidad del material para absorber agua, es fundamental para determinar su durabilidad y resistencia en condiciones de lluvia o humedad, en la tabla 10, se presenta un resumen de los resultados del ensayo para diferentes tipos de adobe: convencional y con adición de fibra de ovino en porcentajes del 0.75%, 1.00%,

1.25% y 1.50%, los promedios de absorción fueron de 20.824%, 18.327%, 17.022%, 15.166% y 14.491%, respectivamente para los % de fibra de ovino .

### Figura 23

*Gráfico de ensayo de Absorción de Adobe*



*Nota.* Elaboración propia

En la figura 23, se puede apreciar la impermeabilidad de la unidad de adobe a medida que aumente el % de fibra de ovino, esto debido a la propiedad de la fibra de ovino. Los resultados obtenidos indican que un adobe convencional tiene una capacidad de absorción de 20.824%, que es mayor a un adobe con fibra de ovino que tiene una capacidad de absorción menor y con un efecto positivo, a medida que aumenta el porcentaje de fibra de ovino, la absorción disminuye, mejorando la resistencia del adobe en condiciones de lluvia o humedad que son típicas de las zonas altoandinas.

#### 1.5.4. Alabeo

Se realiza cinco grupos de ensayos cada grupo presenta 18 unidades, los grupos se dividen en adobe convencional, adobe con adición de fibra de ovino al 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50%, se realiza en el laboratorio de la UCSM según la norma NTP 399.613, el resumen de los ensayos se describe en la tabla 11 (Anexo C.7). (Instituto Nacional de Calidad, 1999).

**Tabla 11**

*Resumen de ensayo de alabeo*

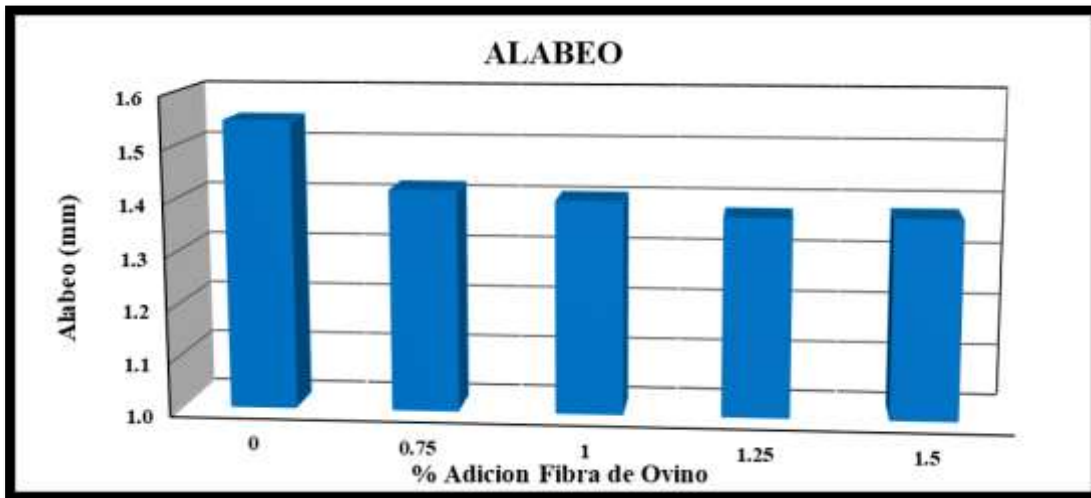
RESUMEN DE ENSAYOS DE ALABEO (mm)					Promedio de Alabeo (mm)
Adobe Con Fibra Ovino	Cara Superior		Cara Inferiro		
	Concavidad	Convexidad	Concavidad	Convexidad	
Convencional	2.689	0	0.406	0	1.547
0.75 % Fibra Ovino	2.417	0	0.422	0	1.419
1.00 % Fibra Ovino	2.361	0	0.444	0	1.403
1.25 % Fibra Ovino	2.328	0	0.422	0	1.375
1.50 % Fibra Ovino	2.311	0	0.444	0	1.378

*Nota.* Elaboración propia.

La incorporación de fibra de ovino en el elemento de adobe logro una mejora en su comportamiento freten a su deformación del Alabeo con respecto a un adobe tradicional, en la tabla 11, se muestra el resumen del ensayo de Alabeo de adobe convencional, adobe con adición de fibra de ovino al 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50%, donde se presenta la concavidad en la cara superior e inferior de la unidad de adobe, la concavidad disminuye a medida que se aumente la fibra de ovino obteniendo promedios de 1.5417, 1.419, 1.403, 1.375 y 1.378. Los resultados muestran que las unidades con mayor contenido de fibra de ovino presentan un menor alabeo beneficiando en la calidad de la unidad del adobe.

**Figura 24**

*Grafica de prueba de Alabeo*



*Nota.* Elaboración propia

En la figura 24, se interpreta que la incorporación de fibra de ovino favorece en la calidad del adobe en su estructura interna y facilita el proceso de albañilería donde las unidades con mayor % de fibra de ovino no presentan fisuras que pueden producir expansiones en la unidad de adobe.

## 1.6. Propiedades mecánicas

### 1.6.1. Resistencia a la compresión

Se realizaron cinco grupos de ensayos de resistencia a la compresión, cada uno compuesto por 18 unidades, los grupos se dividieron en las siguientes categorías: adobe convencional y adobe con adición de fibra de ovino en el porcentaje de peso de 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50%. Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de la UCSM, siguiendo la norma E.080, el resumen de los ensayos se detalla en la tabla 12 (Anexo C.8).

**Tabla 12**

*Resultados de ensayos de resistencia a compresión*

Esp.	Adobe Convencional	Adobe con adición de Fibra de Ovino (% Peso)			
		0.75%	1.00%	1.25%	1.50%
1	20.14	24.95	28.64	33.33	28.09
2	21.46	25.45	29.15	32.22	27.21
3	21.84	25.75	29.00	32.86	26.91
4	21.24	25.89	28.71	32.47	27.23
5	21.09	24.51	30.01	32.35	26.23
6	21.11	24.14	28.70	32.95	27.18
7	21.84	23.51	28.34	32.10	26.76
8	21.37	24.48	28.91	33.80	27.78
9	21.88	24.91	29.25	32.27	27.87
10	21.01	25.24	29.44	32.17	27.07
11	20.83	24.42	29.11	31.39	27.42
12	20.96	24.81	27.94	32.97	27.57
13	22.33	24.44	29.71	31.02	28.28
14	21.20	25.27	29.65	32.71	29.00
15	20.72	26.18	29.44	30.64	28.56
16	21.42	25.33	28.56	33.36	28.30
17	21.07	24.83	29.29	31.77	28.36
18	20.75	25.31	29.49	33.05	27.98
<b>Prom</b>	<b>21.24</b>	<b>24.97</b>	<b>29.07</b>	<b>32.41</b>	<b>27.66</b>
<b>Des.Est.</b>	<b>0.52</b>	<b>0.66</b>	<b>0.53</b>	<b>0.83</b>	<b>0.72</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>2.43</b>	<b>2.65</b>	<b>1.81</b>	<b>2.56</b>	<b>2.59</b>

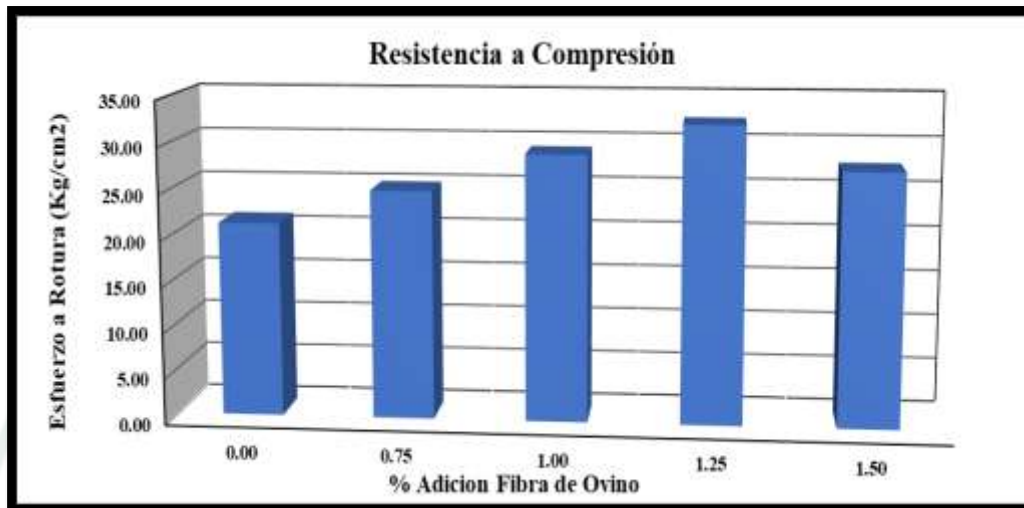
*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 12, se muestra el resumen del ensayo de resistencia a compresión de adobe convencional, y adobe con adición de fibra de ovino al 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50%, con promedio en cada grupo de 21.24, 24.97, 29.07, 32.41 y 27.66 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, los resultados indican que a medida que incrementan el % de fibra de ovino en el adobe se

incrementan el esfuerzo a la rotura, llegan a un máximo con 1.25% de fibra de ovino, pasando este % a disminuir el refuerzo a la rotura.

**Figura 25**

*Grafica de resistencia a compresión.*



*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 25 y tabla 12, evidencia que a medida que se incrementa el % de fibra de avino a la unidad de adobe, presenta incremento al esfuerzo de rotura de la unidad de adobe (kg/cm<sup>2</sup>), llegando a un punto máximo en esfuerzo de rotura de 32.41(kg/cm<sup>2</sup>), con una adición del 1.25% en peso de fibra de avino en la unidad de adobe (incremento de 52.58%) incrementando la fibra de ovino a este % de fibra de ovino disminuye el esfuerzo a rotura de la unidad de adobe. los ensayos realizados cumplen a la resistencia minina exigida de 10,2 kg/cm<sup>2</sup> que exige la norma E.080, de tal manera todo el ensayo con y sin adición de fibra de ovino en la unidad de adobe cumple la exigencia de la normativa.

Este incremento se debe a que la fibra de ovino actúa como un refuerzo interno, incrementando la cohesión del material mejorando la estructura interna de la unidad de adobe favoreciendo en el comportamiento de carga y esfuerzo.

### 1.6.2. Resistencia a la Flexión

Se realiza cinco grupos de ensayos de resistencia a la flexión, cada uno compuesto por 18 unidades, los grupos se dividieron en: adobe convencional y adobe con adición de fibra de ovino en los % de ovino en peso de 0.75 %, 1.00 %, 1.25 % y 1.50 %, estos ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de la UCSM, siguiendo la norma NTP 399.613. Los resultados de estos ensayos se presentan en la tabla 13 (Anexo C.9).

**Tabla 13**

*Resumen de ensayos de resistencia a la flexión*

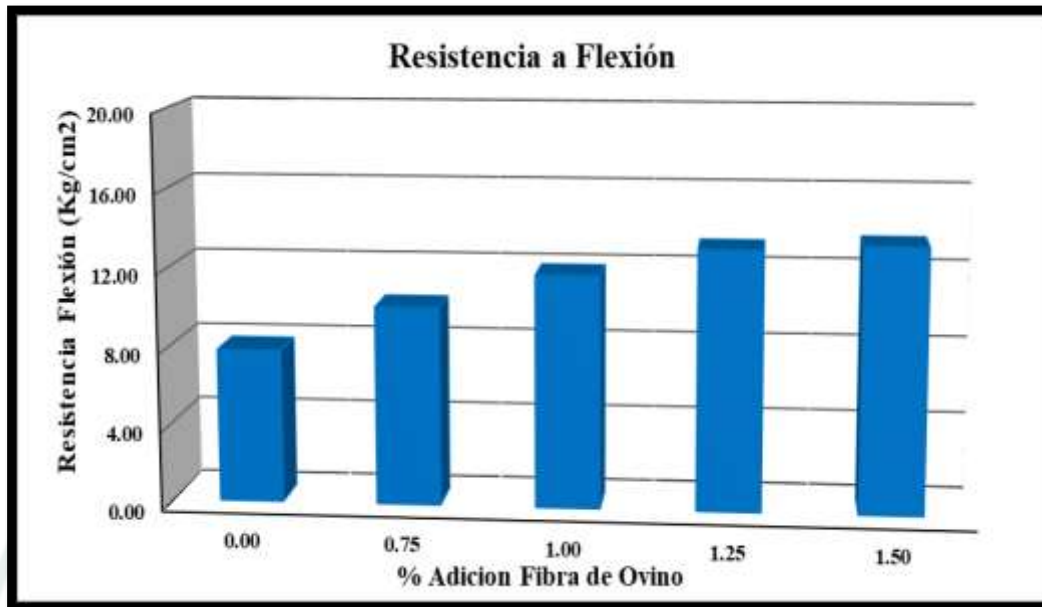
Esp.	Adobe Convencional	RESUMEN DE ENSAYOS A RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )			
		Adobe con adición de Fibra de Ovino (% Peso)			
		0.75%	1.00%	1.25%	1.50%
1	7.41	10.02	11.84	12.90	13.21
2	7.96	10.00	12.37	13.28	13.05
3	8.51	10.26	12.46	13.79	13.73
4	7.99	10.19	11.55	13.42	12.69
5	7.65	10.33	11.13	13.24	13.97
6	7.82	10.03	12.01	12.81	13.11
7	7.69	9.41	11.52	13.31	13.50
8	7.58	9.90	11.50	14.04	13.63
9	8.01	10.84	11.54	13.23	13.17
10	8.00	10.19	11.67	13.30	13.98
11	7.96	10.47	12.73	12.86	14.45
12	7.57	9.67	11.84	13.41	14.08
13	7.90	9.73	11.70	13.28	13.31
14	7.22	9.87	12.31	12.60	13.65
15	8.10	10.36	12.09	13.12	13.34
16	7.56	10.34	12.17	13.44	13.75
17	7.85	10.36	11.58	13.45	13.49
18	7.82	10.20	11.61	13.24	13.48
<b>Prom</b>	<b>7.81</b>	<b>10.12</b>	<b>11.87</b>	<b>13.26</b>	<b>13.53</b>
<b>Des.Est.</b>	<b>0.29</b>	<b>0.33</b>	<b>0.42</b>	<b>0.34</b>	<b>0.43</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>3.76</b>	<b>3.29</b>	<b>3.50</b>	<b>2.56</b>	<b>3.15</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 13, muestra el resumen del ensayo de resistencia a la flexión de adobe convencional, adobe con adición de fibra de ovino en peso de 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50%, con promedio en cada grupo de 7.81, 10.12, 11.87, 13.26 y 13.53 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, el comportamiento de la resistencia a la flexión en las unidades de adobe con incremento de fibra de ovino es directamente proporcional a la resistencia de flexión, este comportamiento indica que aumenta la ductilidad del adobe y evita una falla frágil en la unidad de adobe.

**Figura 26**

*Gráfico de Resistencia a flexión*



*Nota.* Elaboración propia.

De la tabla 13, se puede apreciar que los resultados al adicionar % de fibra de ovino incrementa la resistencia a la flexión alcanzando un máximo de 13.53 % con un 1.25% de fibra de ovino. La resistencia a la flexión nos indica la rigidez y la resistencia del material, esta característica en nuestros ensayos determina la calidad del adobe en el asentamiento de la unidad de adobe, disminuyendo la presencia de fisuras a la unidad de adobe y favoreciendo en el asentado.

El incremento de la resistencia a la flexión se debe a que la fibra de ovino actúa como un refuerzo de cohesión al material, atribuyéndole más plasticidad a la unidad y esta característica beneficia en el momento de asentamiento de las unidades de adobe.

## 1.7. Propiedades térmicas

### 1.7.1. Conductividad térmica

Se realiza cinco grupos de ensayos de conductividad térmica cada grupo presenta 4 unidades, los grupos se dividen en adobe convencional, adobe con adición de fibra de ovino al 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50%, se realizó según la norma ASTM D5334-14C y IEEE 442-1981. El ensayo se llevó a cabo en condiciones de temperatura y contenido de humedad presentadas en la tabla 4 y en el Anexo C.10 respectivamente. (American Society for Testing and Materials, 2022; Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 1981)

**Tabla 14**

*Resumen de ensayos de Conductividad térmica*

RESUMEN DE ENSAYOS A CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/m·K)					
Esp.	Adobe Convencional	Adobe con adición de Fibra de Ovino (% Peso)			
		0.75%	1.00%	1.25%	1.50%
M1	0.9011	0.7174	0.6710	0.5385	0.5165
	0.9603	0.7881	0.6246	0.6087	0.4301
	0.9419	0.7463	0.7549	0.5537	0.5371
M2	0.9701	0.6928	0.6352	0.6250	0.4886
	0.9153	0.6754	0.6164	0.5693	0.5255
	0.9144	0.7266	0.6336	0.5017	0.5351
M3	0.9255	0.6285	0.6597	0.5817	0.5705
	0.8747	0.7449	0.6138	0.5757	0.4820
	0.9245	0.6816	0.5539	0.6670	0.5105
M4	0.9003	0.7574	0.6545	0.5733	0.4931
	0.8531	0.7259	0.6953	0.5739	0.4732
	0.9093	0.6964	0.6923	0.6083	0.5018
<b>Prom</b>	<b>0.9159</b>	<b>0.7151</b>	<b>0.6504</b>	<b>0.5814</b>	<b>0.5053</b>
<b>Des.Est.</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.04</b>	<b>0.04</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>3.59</b>	<b>6.00</b>	<b>7.79</b>	<b>7.33</b>	<b>7.15</b>

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 14, muestra el resumen del ensayo de conductividad térmica, donde se aprecia el efecto de la fibra de ovino en la unidad de adobe, la conductividad térmica disminuye a medida que se incrementa el % de fibra de ovino en la unidad de adobe, esta disminución es inversamente proporcional al incremento de la fibra de ovino a la unidad de adobe. el valor mínimo de la conductividad térmica de 0.5053 W/m·K, se evidencia en la unidad de adobe con 1.5% de fibra de ovino incorporado, este valor comparado con el adobe convencional que presenta una conductividad térmica de 0.9159 W/m·K, la diferencia es notablemente significativo (81%).

**Figura 27**

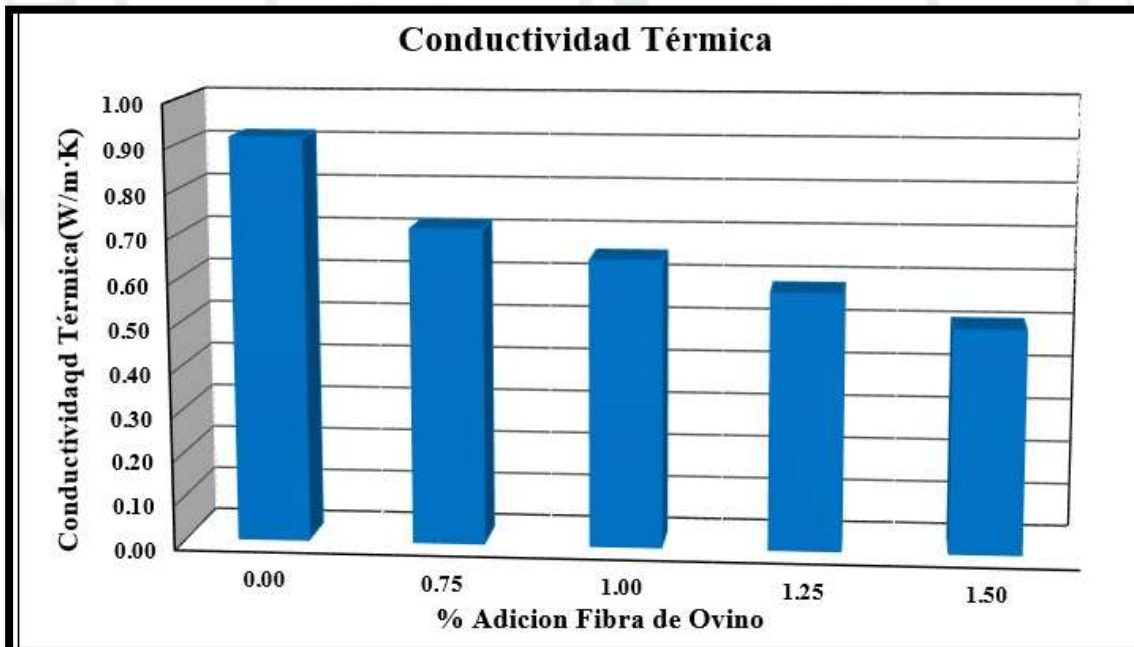
Rangos de valores de densidad, conductividad, transmitancia térmica de materiales

Material	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica W/mK	Transmitancia térmica W/m <sup>2</sup> K
Adobe	1200-1700	0,46-0,95	1,43-2,89
BTC	1625-2200	0,79-0,93	1,53-2,84
Barro macizo	1200-2000	0,50-1,60	-
Quincha	400-2000	0,17-1,20	0,45-2,64
Ladrillo cocido común	1305-1800	0,87-2,32	1,93-2,70
Hormigón en masa	2400	1,40-1,63	-

Nota. (Cuitiño et al, 2020).

**Figura 28**

Gráfico de conductividad térmica



Nota. Elaboración propia.

La fibra de ovino tiene como propiedad una conductividad térmica que oscila entre 0.035 W/m·K - 0.042 W/m·K, Esta propiedad influye al incorporarla en el adobe, permitiendo aprovechar su capacidad para controlar el flujo de calor en las paredes de adobe, a medida que aumenta la cantidad de fibra de ovino en el adobe, la conductividad térmica disminuye y la resistividad térmica aumenta, siendo una propiedad inversa de la conductividad, de tal manera mejora la resistencia al paso del calor y esta propiedad del adobe es aprovechables para las zonas altoandinas con temperaturas menores de 0°C.

### 1.8. Costos unitario

Se realiza el análisis de Costo Unitario en función de materiales, mano de obra y herramientas en cada grupo de diseño de adobe con fibra de ovino, el costo de mano de obra se base de acuerdo con la escalara remunerativa de las entidades públicas del sistema nacional de proyectos de inversión 2024-2025, los resultados de estos ensayos se presentan en la tabla 20 (Anexo C.12).

**Tabla 15**

*Resumen de costos de unidad adobe con adición de fibra de ovino*

RESUMEN DE COSTO DE ADOBE CON ADICION DE FIBRA DE OVINO														
RENDIMIENTO (Und/dia)					220	200	180	160	150					
COSTO UNITARIO (Soles)					1,321	2,228	2,633	3,123	3,443					
ADICION DE FIBRA DE OVINO (%)					0%	0,75%	1,00%	1,25%	1,50%					
VARIACION DE COSTO (%)					0	68,70	99,36	136,44	160,70					
Item	Recursos	Und.	Cuad	Precio Unitario (S/.)	Cant	Precio Parcial (S/.)	Cant	Precio Parcial (S/.)	Cant	Precio Parcial (S/.)	Cant	Precio Parcial (S/.)	Cant	Precio Parcial (S/.)
10,00	Mano de Obra													
10,10	Oficial (*)	hh	1,00	16,93	0,04	0,62		0,04	0,68				0,04	
10,20	Peon 1 (*)	hh	1,00	14,81	0,04	0,54		0,04	0,59				0,04	
10,30	Peon 2 (**)	hh	(***)	14,81	0,00	0,00		0,04	0,59				0,05	
20,00	Material													
20,10	Agua	m3		1,74	0,00	0,01		0,00	0,01				0,00	
20,20	Tierra arcillosa	Kg		0,02	7,00	0,11		7,00	0,11				7,00	
20,30	Fibra de Ovino	Kg		3,80	0,00	0,00		0,05	0,20				0,07	
20,40	Paja	Kg		0,80	0,03	0,02		0,03	0,02				0,03	
30,00	Equipos													
30,10	Herramientas	3% M.O		3% M.O				0,03	0,04				0,03	0,04

(\*) Personal exclusivo para elaboracion de adobe

(\*\*) Personal exclusivo para cardador de fibra de ovino

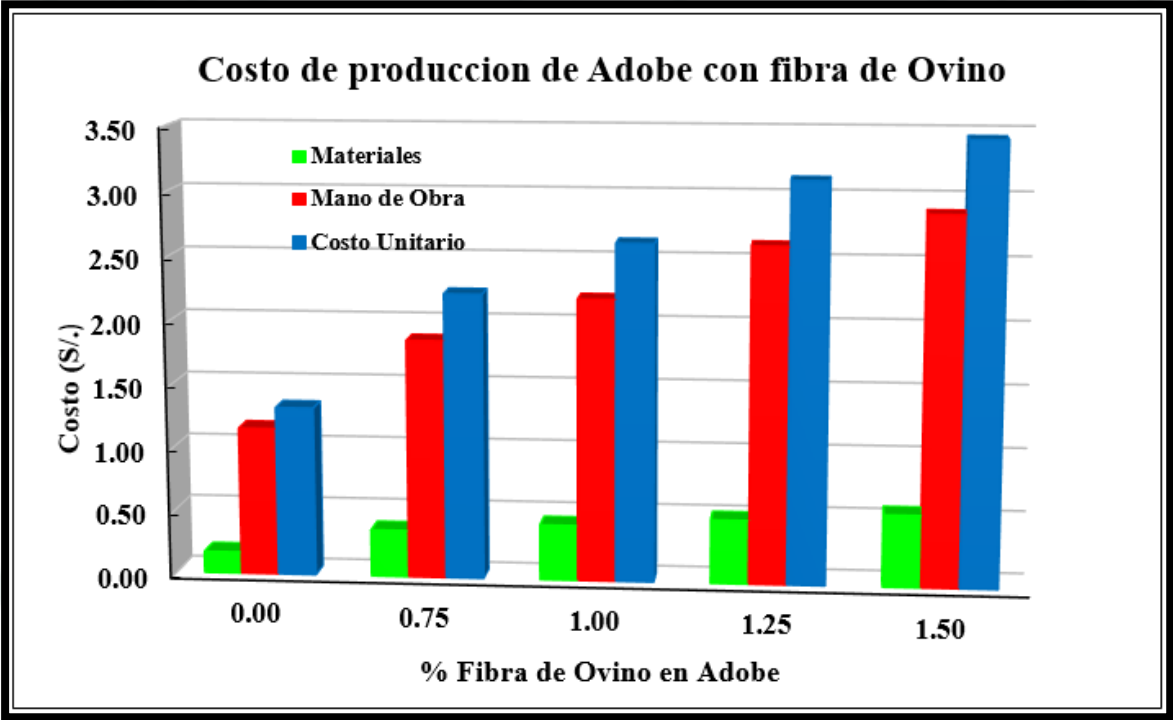
(\*\*\*) Varía según la adición de fibra de ovino

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 15, se toma como base para nuestro análisis de variación de costo el adobe convencional al incremento de fibra de ovino en la unidad de adobe, se aumenta el costo unitario debido al incremento en mano de obra, como en calado de fibra de ovino y un menor rendimiento de producción de unidad de adobe, este rendimiento disminuye debido a esa dificultad al operario al momento de combinar, la fibra con la tierra y su posterior maniobra de moldeo, el costo del adobe convencional hacienda a S/ 1.344 soles y del adobe con 1.5% de fibra de ovino hacienda a S/ 3.443 soles, con una diferencia de 156% con respecto al adobe convencional.

**Figura 29**

*Costo unitario de producción de adobe con variación de % fibra de ovino*

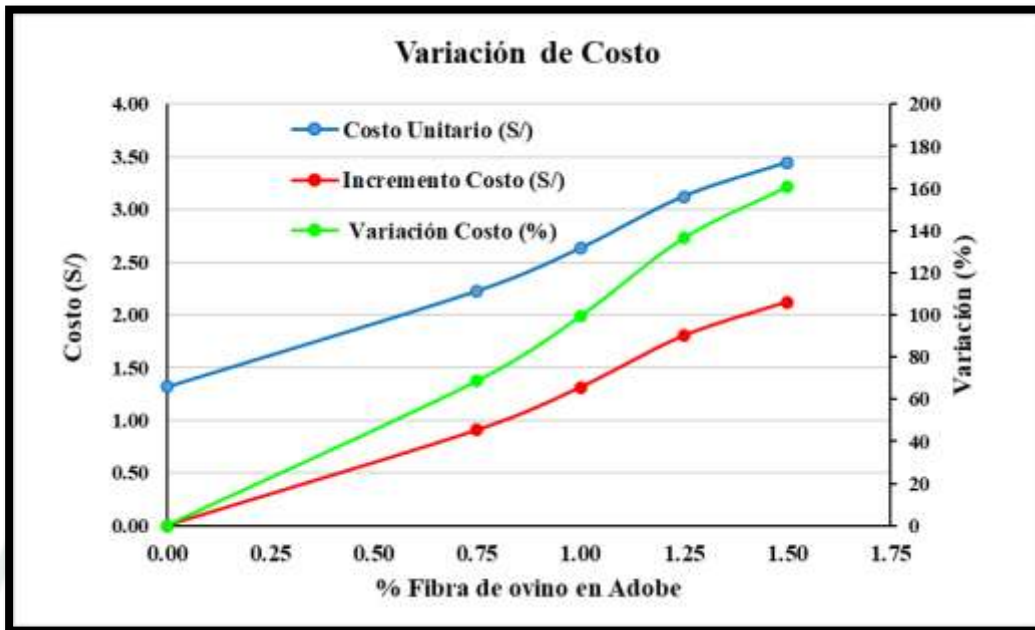


Nota. Elaboración propia.

En la figura 29, se aprecia la variación de costo por punto de control, el costo de materiales es poco significativo en comparación del costo de mano de obra y este determina el costo unitario de unidad de adobe, en ambos casos los costos se incrementan proporcionalmente con el incremento del % de fibra de ovino en la unidad de adobe.

**Figura 30**

*Evaluación del análisis de costo con respecto al % de fibra de ovino en el adobe.*



*Nota.* Elaboración propia.

De la figura 30, se resume que a la incorporación de 1,5% de fibra de ovino, incrementa el costo unitario en 2.122 soles (160.7%) con respecto al adobe convencional, el % de variación de costo se evidencia con mayor incidencia entre 0.75% y 1.25% de fibra incorporado a la unidad de adobe con una pendiente mayor en la curva de variación de costo (%),

## 1.9. Evaluación en módulo de prototipos de viviendas

Se realiza en el centro poblado de Jasana Grande, distrito de Saman, provincia de Azángaro, departamento de Puno, con vía de acceso por carretera asfaltada, a 28 kilómetros al Sur de la ciudad de Juliaca, con una altitud de 3830 m.s.n.m, en la meseta de Collao.

**Figura 31**

*Ubicación módulos en estudio*



*Nota.* Elaboración propia.

Se realiza dos módulos de casa en estudio, la primera como casa patrón, utilizando el adobe convencional y el adobe convencional y la segunda con adobe incorporado con 1.25 % de fibra de ovino, este último se toma como criterio del mayor valor de resistencia a la compresión de los adobes con diferentes % de fibra de ovino incorporado y estudiados a nivel de laboratorio. La dimensión del módulo fue de 1m x 1m x 1m, con juntas del mismo material y dosificación de fibra de ovino, el cielo raso y puertas son de materia de triplay, esto con la finalidad de evitar pérdida de calor al interior del módulo.

**Figura 32**

*Mezcla de tierra, paja y lana de ovino*



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 33**

*Construcción de módulos de estudio*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 34**

*Medición de temperatura nocturna*



*Nota.* Elaboración propia.

Se lectura las temperaturas, ambientales externas e internas de cada módulo en intervalos de media hora y un periodo de 24 horas

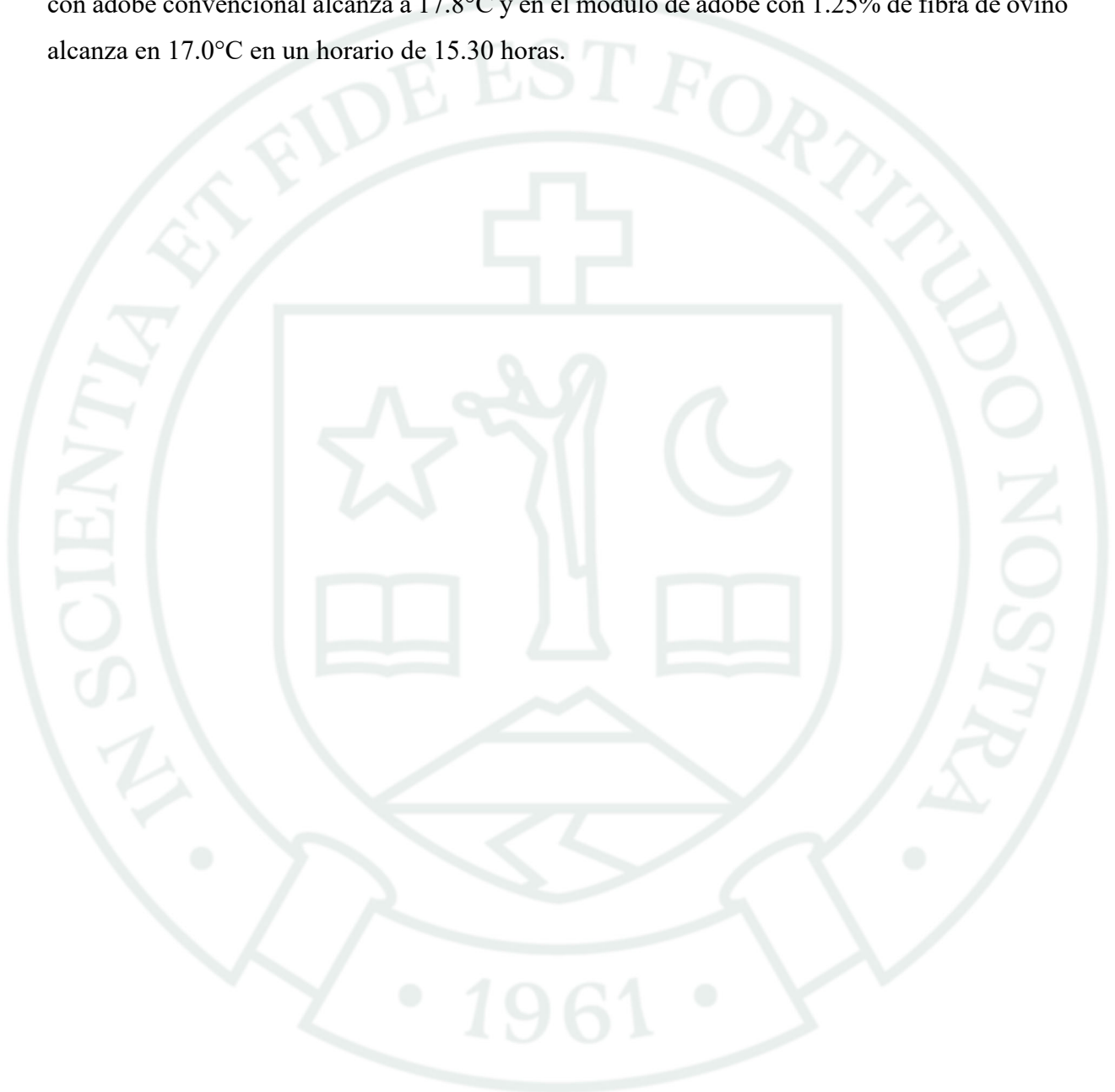
**Figura 35**

*Lectura de temperatura con termómetro*



*Nota.* Elaboración propia

Las temperaturas externas ambientales registradas con valores menores a 0°C se dieron en el intervalo de 4:00 h. a 6:30 h. con un valor mínimo de -2.5°C a 5.30 h, y las temperaturas internas del módulo con adobe convencional se mantuvieron en un rango de 3.8°C a 5.0°C y en el módulo de adobe con 1.25% de fibra de ovino en un rango de 5.8°C y 6.4°C, la temperatura más cálida ambiental externas del módulo alcanzo a 21.5°C a 11:00 h, en el interior del módulo con adobe convencional alcanza a 17.8°C y en el módulo de adobe con 1.25% de fibra de ovino alcanza en 17.0°C en un horario de 15.30 horas.



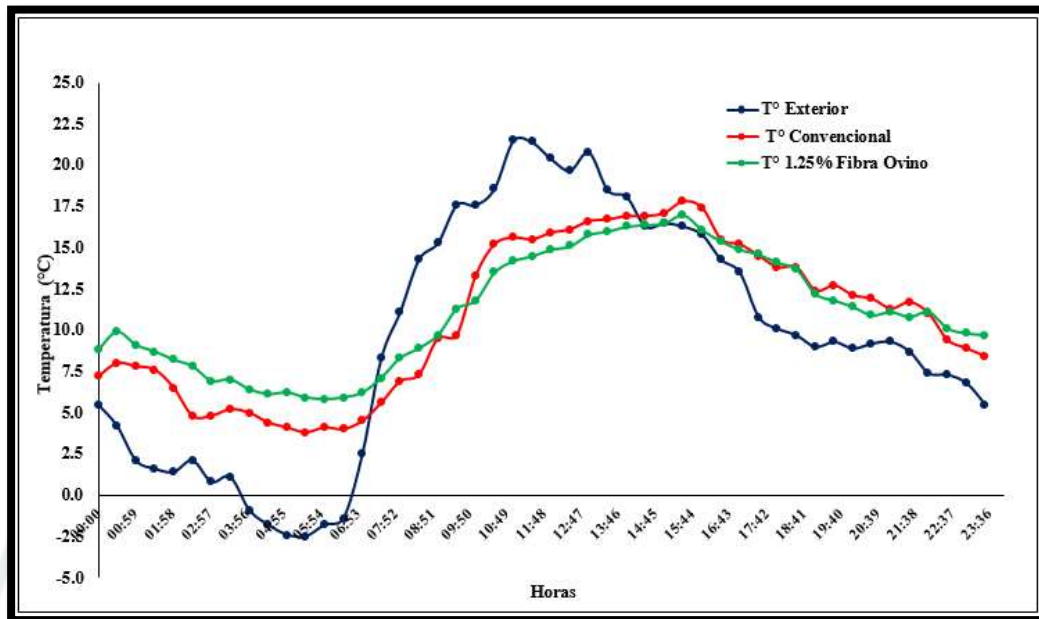
**Tabla 16**  
*Lectura de temperaturas*

Fecha	Hora	Humedad Relativa (%)	Temperatura Ambiental Exterior (°C)	Modulo en estudio	
				Adobe	
				Convencional	1.25% fibra Ovino
				T° Interior (°C)	T° Interior (°C)
22/07/2025	12:30	15	19,7	16,1	15,1
	13:00	15	20,8	16,6	15,8
	13:30	15	18,5	16,7	16,0
	14:00	13	18,1	16,9	16,3
	14:30	25	16,3	16,9	16,4
	15:00	25	16,5	17,1	16,5
	15:30	25	16,3	17,8	17,0
	16:00	18	15,8	17,4	16,1
	16:30	26	14,3	15,5	15,4
	17:00	26	13,5	15,2	14,9
	17:30	29	10,8	14,5	14,6
	18:00	31	10,1	13,8	14,1
	18:30	31	9,7	13,8	13,7
	19:00	33	9,0	12,4	12,2
	19:30	31	9,3	12,7	11,8
	20:00	36	8,9	12,1	11,4
	20:30	35	9,2	11,9	10,9
	21:00	33	9,3	11,3	11,1
	21:30	39	8,7	11,7	10,8
	22:00	37	7,4	11,0	11,1
	22:30	42	7,3	9,4	10,1
	23:00	49	6,8	8,9	9,8
	23:30	42	5,5	8,4	9,7
23/07/2025	0:00	49	5,5	7,2	8,8
	0:30	44	4,2	8,0	9,9
	1:00	44	2,1	7,8	9,1
	1:30	54	1,6	7,6	8,7
	2:00	49	1,4	6,5	8,2
	2:30	47	2,1	4,8	7,8
	3:00	59	0,8	4,8	6,9
	3:30	47	1,1	5,2	7,0
	4:00	54	-0,9	5,0	6,4
	4:30	47	-1,8	4,4	6,1
	5:00	52	-2,4	4,1	6,2
	5:30	47	-2,5	3,8	5,9
	6:00	53	-1,8	4,1	5,8
	6:30	49	-1,4	4,0	5,9
	7:00	59	2,5	4,5	6,2
	7:30	46	8,3	5,6	7,1
	8:00	38	11,1	6,9	8,3
	8:30	25	14,3	7,3	8,9
	9:00	25	15,3	9,5	9,7
	9:30	29	17,6	9,7	11,3
	10:00	20	17,6	13,3	11,8
	10:30	22	18,6	15,2	13,5
	11:00	22	21,5	15,6	14,2
11:30	25	21,4	15,5	14,5	
12:00	18	20,4	15,9	14,9	

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 36**

*Evaluación de temperaturas internas en módulos en estudio.*



*Nota.* Elaboración propia.

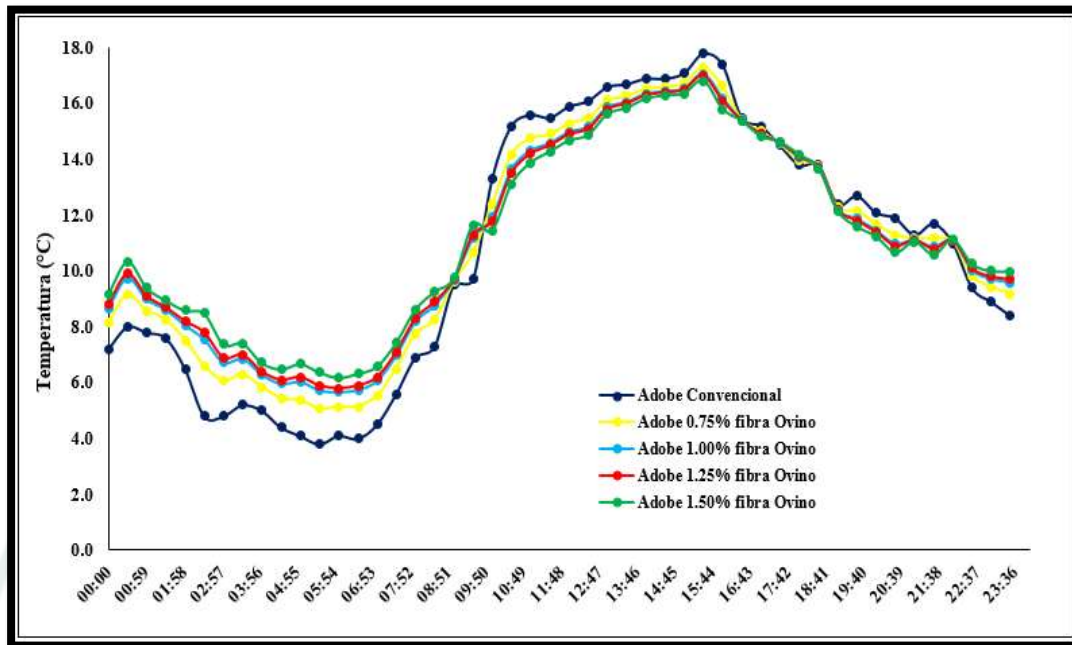
En la figura 36, se puede observar el comportamiento de la temperatura interna de los módulos de estudio, el primero con el adobe convencional y la segunda adicionado 1.25% de fibra de ovino en el adobe de temperaturas internas de los módulos, la la diferencia de temperaturas en ambos módulos se debe a la propiedad independiente de conductividad térmica del adobe utilizado en los módulos, en ambos módulos se debe a las propiedades de conductividad térmica del adobe que contienen distintas % de fibra de ovino, la fibra de ovino incorporado en el adobe ayuda mejor a mantener la temperatura interna del módulo, en cambio el módulo con adobe convencional registra en sus extremos con temperaturas más frío y calientes en comparación del módulo con adobe con 1.25% fibra de ovino.

### **1.9.1. Simulación en modulo con distintas % fibra de ovino en adobe**

Se realiza la simulación para determinar la temperatura interior para los módulos con adobe incorporado 0.75%, 1.0% y 1.5% de fibra de ovino en el adobe, teniendo como datos su conductividad térmica y los datos experimentales de 0% y 1.25% de fibra de Ovino (ver anexo C.11).

**Figura 37**

*Trayectoria simuladas de los módulos en estudio*

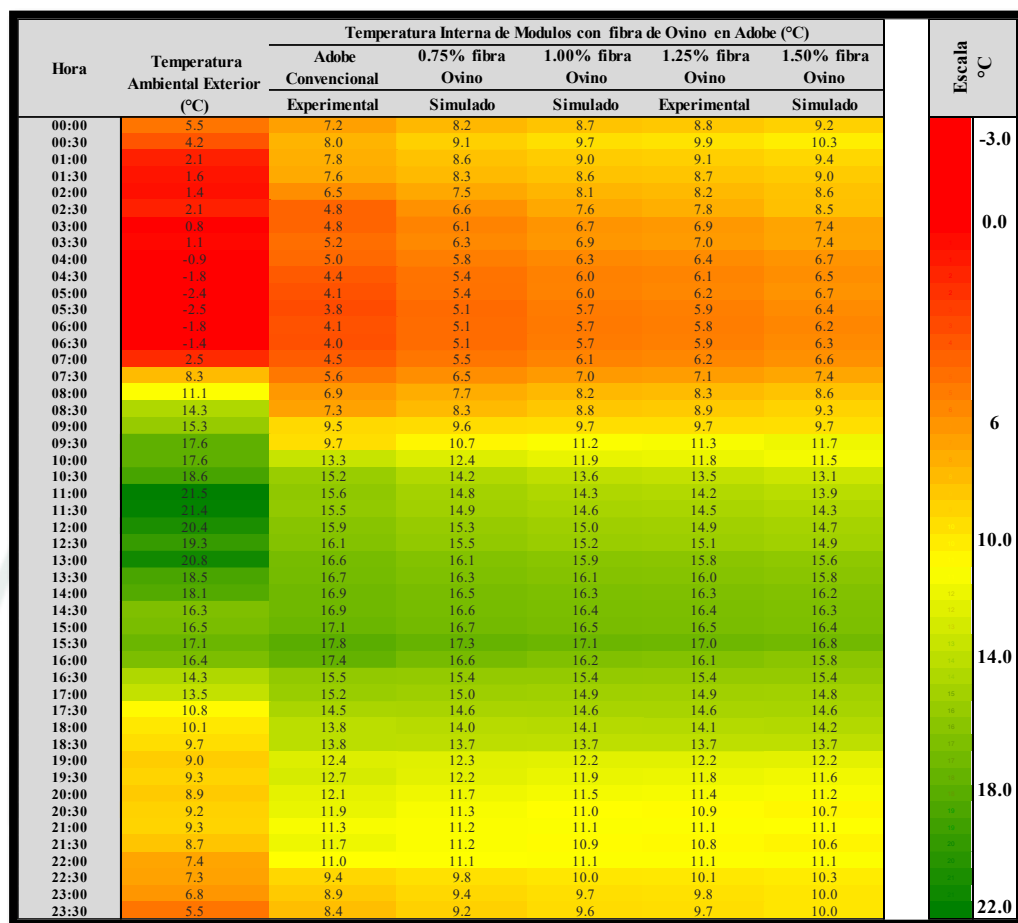


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 37, se observa el comportamiento de las temperaturas interiores de los tres módulos simulados y dos módulos experimentales (0% y 1.25 de fibra de ovino en el adobe), en el rango de tiempo de 16:0 horas a 19:0 horas las temperaturas tiene un acercamiento entre ellos, este fenómeno se debe a un equilibrio de temperaturas donde de un rango de temperatura caliente pasan a unas temperaturas más frías, este trayecto de equilibrio de temperaturas es por efecto de paso de un rango caliente a frio, sin embargo el cambio de temperatura de frio a caliente se realiza en un periodo corto de 9.30 h a 10.30 h , este cambio casi repentino se debe a que la temperatura externa aumenta a calentarse en periodo más corto (pendiente de la curva mayor).

**Figura 38**

*Espectro de temperaturas de módulos en estudio simulados y experimental*



*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 38, se observa el espectro de rango de temperatura, donde se evidencia que los valores extremos se encuentran en temperatura ambiental externo del módulo de  $-2.5^{\circ}\text{C}$  a  $21.5^{\circ}\text{C}$ , el espectro de temperatura interna en modulo convencional se tiene en rango de  $3.8^{\circ}\text{C}$  a  $17.8^{\circ}\text{C}$ , en módulo de 0.75% de fibra de ovino en rango de  $5.1^{\circ}\text{C}$  a  $17.3^{\circ}\text{C}$ , el módulo de 1.00% de fibra de ovino en  $5.7^{\circ}\text{C}$  a  $17.1^{\circ}\text{C}$ , el módulo de 1.25% de fibra de ovino en rango de  $5.8^{\circ}\text{C}$  a  $17.0^{\circ}\text{C}$ , el módulo de 1.50% de fibra de ovino en rango de  $6.2^{\circ}\text{C}$  a  $16.8^{\circ}\text{C}$ , se deduce según el espectro que a mayor % de fibra de ovino en el adobe la temperatura interna del módulo se mantiene, su rango de temperatura es menor en comparación de del módulo de adobe convencional.

### 1.9.2. Evaluación en módulo de viviendas “casitas calientes”

Con los datos obtenidos en el presente trabajo a nivel de laboratorio y prototipos se realiza una simulación de balance de térmico en módulos de viviendas “casitas calientes” otorgados por el estado Peruano en zonas afectadas por el friaje, considerando que estos módulos fueron realizadas sin fibra de ovino o material aislante térmico y teniendo como objetivo mantener una temperatura igual o mayores de 14°C en el interior de la viviendas, se compara con los datos simulados de nuestra investigación (anexo c.11), para ver la variación de requerimiento de calor para alcanzar dicha temperatura.

Para la simulación de balance de térmico se considera una altura de 3850.m.s.n.m, con una presión atmosférica de 62.50 KPa, calor específico del aire a presión constante  $C_p = 1.006$  KJ/Kg °K y un volumen de vivienda de 52.5 m<sup>3</sup>

**Tabla 17**

*Energía requerida para alcanzar 14°C*

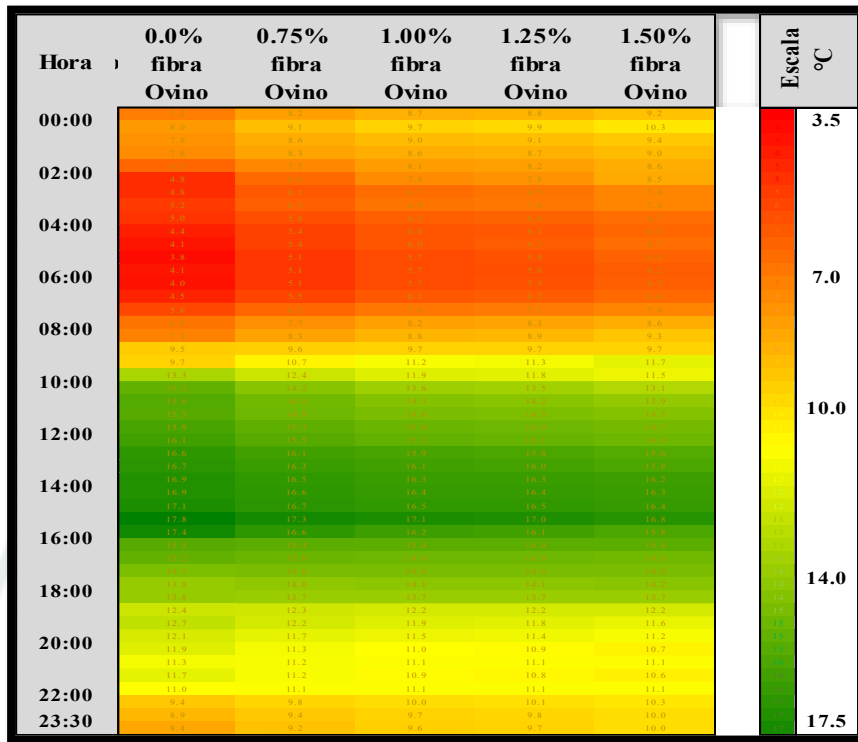
<b>Energía requerida en módulo de casitas calientes para alcanzar 14 °C (kJ)</b>					
<b>Hora</b>	<b>Adobe Convencional</b>	<b>0.75 % fibra Ovino</b>	<b>1.00 % fibra Ovino</b>	<b>1.25 % fibra Ovino</b>	<b>1.50 % fibra Ovino</b>
<b>Total (kJ)</b>	3927	3538	3342	3297	3156
<b>Total (kWh)</b>	1.091	0.983	0.928	0.916	0.877
<b>Diferencia (%)</b>	0.00	-9.92	-14.91	-16.06	-19.63
<b>Tiempo (h)</b>	16.00	15.50	16.00	16.00	16.50

*Nota.* Elaboración propia.

El rango de tiempo requerido de energía para llegar una temperatura de 14°C en el interior de la vivienda es de un promedio de 16 h, no se tiene mucha variación en los distintos módulos, en cambio en la energía requerida para llegar a esta temperatura de 14°C existe una variación. Poniendo como base de cálculo la vivienda con adobe convencional esta variación es de -9.92%, -14.91%, -16.06% y -19.63% en adobe de 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50% de fibra de ovino respectivamente, estos valores en % son considerables, en cambio económicamente no tiene una mayor significancia.

**Figura 39**

*Espectro de temperatura requerida para alcanzar 14 °C*

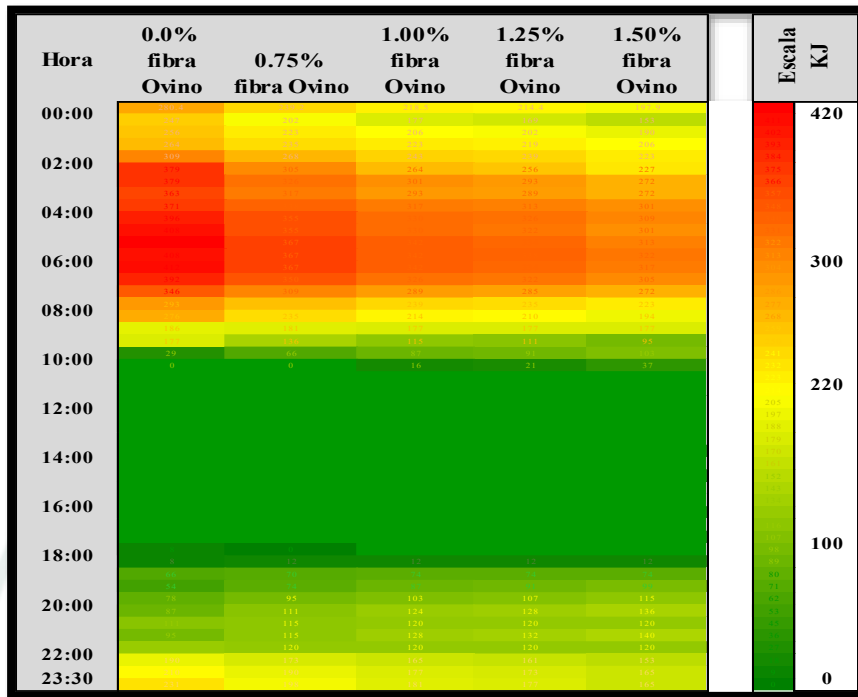


*Nota.* Elaboración propia.

La figura 39, se muestra un espectro de color roja a verde limón con temperaturas inferiores a 14°C en el interior de la vivienda, donde requieren calor adicional para llegar al objetivo, en este rango se evalúa el balance térmico y se determina la energía requerida.

**Figura 40**

*Espectro de Energía requerida para alcanzar la temperatura*



*Nota.* Elaboración propia

La figura 40, el espectro de color verde es el área donde no se requiere energía para alcanzar la temperatura de 14°C, en cambio en las otras áreas requieren una energía de rango de 4 KJ a 421 KJ bajo estas condiciones evaluadas.

Según CENEPRED, Centro Nacional de estimación, prevención y reducción de riesgos de desastres, considera los meses de junio y Julio como de mayor friaje y heladas, también considera a las poblaciones ubicadas a mayores de 3600 m.s.n.m. como zonas vulnerables de estos fenómenos naturales. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2025)

Con los resultados obtenidos de la simulación en módulo de “Casitas Calientes” pese a que requieren menor consumo de calor en módulo de adobe con 1.5% de fibra de ovino (-19.63%) para mantener una temperatura razonable de 14°C en el interior, no justifica razonablemente comparados con el costo de producción de adobe, pero al incrementa la cantidad de personas en el ambiente aumentara la generación de calor por personas y este calor se aprovecharía para mantener una temperatura más cálida, este fenómeno se daría por su

propiedad de menor conductividad térmica de los adobes con fibra de ovino, con las cuales se construiría estas módulos de viviendas.

## **1.10. Análisis estadístico**

### **1.10.1. Concepto**

**1.10.1.1. Distribución normal.** La prueba de normalidad hace referencia a una distribución de probabilidad de variable continua, los resultados de la prueba indica si el investigador debe o no rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) según los datos brindados, se tiene dos métodos para comprobar la normalidad de la muestra que son Kolmogorov – Smirnov y Shapiro – Wilk, y la distribución debe tener una curva en forma de campana de Gauss.

**1.10.1.2. Homogeneidad de varianzas.** La homogeneidad de varianzas o Homocedasticidad, es un supuesto que es importante en procedimientos estadísticos como el análisis de varianza (ANOVA), este procedimiento establece que la varianza de cada variable debe ser la misma.

**1.10.1.3. Análisis de varianza.** Análisis de varianza o ANOVA, tiene como objetivo localizar las variables independientes y determinar cómo estas afectan a la respuesta, los datos deben tener poblaciones normales.

**1.10.1.4. Hipótesis nula.** Es la hipótesis que plantea una igualdad de medias o semi igualdad de medias y se puede representar con la abreviatura  $H_0$ .

**1.10.1.5. Hipótesis alterna.** Es la hipótesis que plantea una desigualdad de medias y se puede representar con la abreviatura  $H_a$ .

**1.10.1.6. Nivel de significancia.** Se representa con la abreviatura de  $\alpha$ , es el valor del área crítica o de rechazo.

**1.10.1.7. Área de rechazo.** Si algún valor está por debajo de esta área ( $\alpha$ ), tendremos que rechazar  $H_0$  como verdadero.

**Figura 41**

*Área de rechazo y de aceptación.*



**Correlación de Pearson:** El coeficiente de correlación de Pearson está asociado para variables cuantitativas, mide la relación estadística entre dos variables continuas.

#### ***1.10.2. Correlación de Pearson de las variables en estudio***

se realiza una correlación de Pearson a todas las variables en estudio con la finalidad de buscar una correlación entre las variables de estudio, se muestra el resultado en el mapa de correlación en la siguiente figura.

**Figura 42**

*Mapa de correlación de variables*

	Fibra de Ovino	Resiste. Compresión	Resist. Flexión	Conductiv. Térmica	Densidad	Succión	Absorción	Alabeo	Coficiente	Correlación Pearson
Fibra de Ovino	1.00	0.82	0.98	-1.00	-0.98	-0.97	-0.99	-0.96	-1.00	Correlación negativa perfecta
Resiste. Compresión	0.82	1.00	0.89	-0.81	-0.88	-0.88	-0.84	-0.87	-0.90	Correlación negativa muy fuerte
Resist. Flexión	0.98	0.89	1.00	-0.98	-0.96	-0.96	-0.99	-0.94	-0.75	Correlación negativa considerable
Conductiv. Térmica	-1.00	-0.81	-0.98	1.00	0.97	0.97	0.99	0.96	-0.50	Correlación negativa media
Densidad	-0.98	-0.88	-0.96	0.97	1.00	1.00	0.95	0.99	-0.25	Correlación negativa debil
Succión	-0.97	-0.88	-0.96	0.97	1.00	1.00	0.94	0.99	-0.10	Correlación negativa muy debil
Absorción	-0.99	-0.84	-0.99	0.99	0.95	0.94	1.00	0.93	0.00	No existe correlación alguna
Alabeo	-0.96	-0.87	-0.94	0.96	0.99	0.99	0.93	1.00	0.10	Correlación positiva muy debil
									0.25	Correlación positiva debil
									0.50	Correlación positiva media
									0.75	Correlación positiva considerable
									0.90	Correlación positiva muy fuerte
									1.00	Correlación positiva perfecta

*Nota.* Elaboración propia.

De la figura 41, se realiza una correlación de Pearson con rangos según Hernández Sampieri y Mendosa (2018) “Metodología de Investigación” Pag.346, donde se aprecia que las áreas de color verde limón corresponde a una correlación positiva muy fuerte y las áreas de color Magenta a una correlación negativa donde se evidencia zonas visiblemente notorias; la primera zona conformada por las variable de % de fibra de ovino en el adobe, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión tiene una correlación positiva muy fuerte , la segunda zona que tiene una correlación positiva muy fuerte está conformada por las variable de conductividad térmica, densidad de adobe, succión, absorción y alabeo, la tercera zona que presenta una correlación negativo muy fuerte conformada entre las variable de, % de fibra de ovino en el adobe, conductividad térmica ,densidad de adobe, succión, absorción, alabeo resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

### 1.10.3. Prueba de hipótesis

#### 1.10.3.1. Resistencia a la compresión

1.10.3.1.1. *Distribución normal y homogeneidad de varianzas.* Se realiza para determinar su distribución normal la prueba de Shapiro-Wilk, por presentar tamaño de muestra menores a 30.

**Tabla 18**

*Resultados de la Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

Pruebas de normalidad						
Adición de Fibra de Ovino (%Peso)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Adobe Convencional	0,113	18	,200*	0,972	18	0,834
Adobe 0.75% Fibra Ovino	0,102	18	,200*	0,983	18	0,975
<b>Resistencia a</b>						
<b>Compresión</b>						
Adobe 1.00% Fibra Ovino	0,089	18	,200*	0,986	18	0,991
(kg/cm2)						
Adobe 1.25% Fibra Ovino	0,133	18	,200*	0,968	18	0,758
Adobe 1.50% Fibra Ovino	0,114	18	,200*	0,986	18	0,992

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 19***Resultados de prueba de homogeneidad de varianza*

<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>					
		<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
<b>Resistencia a Compresión (kg/cm2)</b>	<b>Se basa en la media</b>	1,427	4	85	0,232
	<b>Se basa en la mediana</b>	1,437	4	85	0,229
	<b>Se basa en la mediana y con gl ajustado</b>	1,437	4	75,556	0,230
	<b>Se basa en la media recortada</b>	1,434	4	85	0,230

Nota. Elaboración propia.

### **Hipótesis de distribución normal y homogeneidad de variable**

**H<sub>0</sub>:** La resistencia a la compresión de los adobes con fibra de ovino tiene una distribución normal y son homogéneos

**H<sub>1</sub>:** La resistencia a la compresión de los adobes con fibra de ovino no tiene una distribución normal y no son homogéneos

### **Regla de decisión:**

Si,  $p\text{-valor} > \alpha$ , Se acepta la **H<sub>0</sub>** y se rechaza la **H<sub>1</sub>**

**Conclusión:** Los valores de **p** en la tabla 18 y 19, presentan valores superiores a 0.05 con lo cual nos indica que son datos paramétricos con una distribución normal y una homogeneidad de variable, aceptamos la hipótesis **H<sub>0</sub>** y rechazamos al **H<sub>1</sub>**

**1.10.3.1.2. Prueba de Análisis de Varianza ANOVA.** Los datos para procesar presentan una distribución normal, por consiguiente, se emplea la prueba paramétrica de análisis de varianza para determinar su hipótesis planteada.

### **Hipótesis de análisis de varianza**

**H<sub>0</sub>:** La fibra de ovino en la elaboración de adobe no influye en el mejoramiento de la resistencia a la compresión para las viviendas altoandinos

**Ha:** La fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de la resistencia a la compresión para las viviendas altoandinos.

**Nivel de Significancia ( $\alpha$ ):** 0.05 (5%)

p-valor: Error real que se comete al afirmar que existe una correlación entre las variables en estudio.

**Regla de decisión:**

Si, p-valor >  $\alpha$ , Se acepta la **Ho**

Si, p-valor <  $\alpha$ , Se rechaza la **Ho** y se acepta la **Ha**

**Tabla 20**

*Prueba de análisis de varianza*

ANOVA						
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
<b>Entre grupos</b>	1.284.442	4	321.111	736.118	0.000	
<b>Dentro de grupos</b>	37.079	85	0.436			
<b>Total</b>	<b>1.321.521</b>	<b>89</b>				

*Nota.* Elaboración propia.

Se tiene el valor de **p** = 0.00, es menor a 0.05 (ver tabla 20), se acepta la **Ha** y se rechaza la **Ho**, por consecuente se puede decir que la fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de la resistencia a la compresión para las viviendas altoandinos, con una significancia estadística de confianza del 95%}

**1.10.3.1.3. Método de Tukey y intervalo de confianza de 95%.**

**Tabla 21**

*Comparaciones en parejas de Tukey resistencia a la compresión kg/cm<sup>2</sup>*

TUKEY						
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )						
% Fibra de Ovino	N	1	2	3	4	5
Adobe Convencional	18	21.23667	—	—	—	—
Adobe 0.75 % Fibra Ovino	18	—	24.96728	—	—	—
Adobe 1.50 % Fibra Ovino	18	—	—	27.65567	—	—
Adobe 1.00 % Fibra Ovino	18	—	—	—	29.07406	—
Adobe 1.25 % Fibra Ovino	18	—	—	—	—	32.41317
Sig.	—	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 21, nos indica que cada grupo de adobe con diferentes % de fibra de ovino presentan un comportamiento diferente a la resistencia a la compresión que fueron sometidos durante el ensayo.

**Tabla 22***Comparaciones múltiples Tukey resistencia a la compresión kg/cm<sup>2</sup>*

% FIBRA		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
<b>Adobe Convencional</b>	Adobe 0.75% Fibra Ovino	-3,730611*	0,220157	0,000	-4,34423	-3,11699
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	-7,837389*	0,220157	0,000	-8,45101	-7,22377
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	-11,176500*	0,220157	0,000	-11,79012	-10,56288
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	-6,419000*	0,220157	0,000	-7,03262	-5,80538
<b>Adobe 0.75% Fibra Ovino</b>	Adobe Convencional	3,730611*	0,220157	0,000	3,11699	4,34423
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	-4,106778*	0,220157	0,000	-4,72040	-3,49316
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	-7,445889*	0,220157	0,000	-8,05951	-6,83227
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	-2,688389*	0,220157	0,000	-3,30201	-2,07477
<b>Adobe 1.00% Fibra Ovino</b>	Adobe Convencional	7,837389*	0,220157	0,000	7,22377	8,45101
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	4,106778*	0,220157	0,000	3,49316	4,72040
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	-3,339111*	0,220157	0,000	-3,95273	-2,72549
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	1,418389*	0,220157	0,000	0,80477	2,03201
<b>Adobe 1.25% Fibra Ovino</b>	Adobe Convencional	11,176500*	0,220157	0,000	10,56288	11,79012
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	7,445889*	0,220157	0,000	6,83227	8,05951
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	3,339111*	0,220157	0,000	2,72549	3,95273
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	4,757500*	0,220157	0,000	4,14388	5,37112
<b>Adobe 1.50% Fibra Ovino</b>	Adobe Convencional	6,419000*	0,220157	0,000	5,80538	7,03262
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	2,688389*	0,220157	0,000	2,07477	3,30201
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	-1,418389*	0,220157	0,000	-2,03201	-0,80477
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	-4,757500*	0,220157	0,000	-5,37112	-4,14388

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 22, se aprecia que la comparación de los grupos, el valor de significancia ( $\alpha$ ) es menor a 0.05 lo cual nos indica que tienen diferencias comportamientos, se aprecia que la comparación de los grupos de adobe con diferentes % de fibra de ovino son diferentes en su comportamiento a la resistencia a compresión, con una significancia de 0.05%.

### 1.10.3.2. Resistencia a la flexión

1.10.3.2.1. *Distribución Normal y Homogeneidad de variable.* Se realiza para determinar su distribución normal la prueba de Shapiro-Wilk, por presentar tamaño de muestra menores a 30.

**Tabla 23**

*Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

Pruebas de normalidad							
Adición de Fibra de Ovino (%Peso)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Resistencia a Flexión (kg/cm2)	Adobe Convencional	0,137	18	,200*	0,965	18	0,708
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	0,140	18	,200*	0,976	18	0,898
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	0,160	18	,200*	0,952	18	0,464
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	0,189	18	0,088	0,945	18	0,354
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	0,089	18	,200*	0,989	18	0,998

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 24**

*Resultados de Prueba de homogeneidad de varianzas*

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a Flexión (kg/cm2)	Se basa en la media	1,107	4	85	0,359
	Se basa en la mediana	0,939	4	85	0,446
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,939	4	80,903	0,446
	Se basa en la media recortada	1,064	4	85	0,380

*Nota.* Elaboración propia.

### **Hipótesis de distribución normal y homogeneidad de variable**

**H<sub>0</sub>:** La resistencia a la flexión de los adobes con fibra de ovino tiene una distribución normal y son homogéneos

**H<sub>1</sub>:** La resistencia a la flexión de los adobes con fibra de ovino no tiene una distribución normal y no son homogéneos

#### **Regla de decisión:**

Si,  $p\text{-valor} > \alpha$ , Se acepta la **H<sub>0</sub>** y se rechaza la **H<sub>1</sub>**

**Conclusión:** Los valores de  $p$  en la tabla 23 y 24 son mayores a 0.05 con lo cual nos indica que son datos paramétricos con una distribución normal y una homogeneidad de variable, aceptamos la hipótesis **H<sub>0</sub>** y rechazamos al **H<sub>1</sub>**

**1.10.3.2.2. Prueba de análisis de varianza ANOVA.** Los datos a procesar presentan una distribución normal, por consiguiente, se emplea la prueba paramétrica de análisis de varianza para determinar su hipótesis planteada.

#### **Hipótesis de análisis de varianza**

**H<sub>0</sub>:** La fibra de ovino en la elaboración de adobe no influye en el mejoramiento de la resistencia a la flexión para las viviendas altoandinos

**H<sub>a</sub>:** La fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de la resistencia a la flexión para las viviendas altoandinos.

#### **Nivel de Significancia ( $\alpha$ ): 0.05 (5%)**

$p$ -valor: Error real que se comete al afirmar que existe una correlación entre las variables en estudio.

#### **Regla de decisión:**

Si,  $p\text{-valor} > \alpha$ , Se acepta la **H<sub>0</sub>**

Si,  $p\text{-valor} < \alpha$ , Se rechaza la **H<sub>0</sub>** y se acepta la **H<sub>a</sub>**

**Tabla 25***Prueba de análisis de varianza*

ANOVA					
RESISTENCIA A FLEXIÓN (Kg/cm2)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	408,828	4	102,207	765,638	0,000
Dentro de grupos	11,347	85	0,133		
<b>Total</b>	<b>420,175</b>	<b>89</b>			

*Nota.* Elaboración propia.

Se tiene el valor de  $p = 0.00$ , es menor a  $0.05$  (ver Tabla 25), se acepta la  $H_a$  y se rechaza la  $H_0$ , por consiguiente, se puede decir que la fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de la resistencia a la flexión para las viviendas altoandinos, con una significancia estadística de confianza del 95%.

#### **1.10.3.2.3. Método de Tukey y intervalo de confianza de 95%.**

**Tabla 26***Comparaciones en parejas de Tukey resistencia a flexión kg/cm<sup>2</sup>*

TUKEY					
RESISTENCIA A FLEXIÓN (Kg/cm2)					
% Fibra de Ovino	N	1	2	3	4
Adobe Convencional	18	7,81150			
Adobe 0.75% Fibra Ovino	18		10,12122		
Adobe 1.00% Fibra Ovino	18			11,86739	
Adobe 1.25% Fibra Ovino	18				13,26222
Adobe 1.50% Fibra Ovino	18				13,53228
Sig.		1,000	1,000	1,000	0,183

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 26, nos indica que los grupos de adobe con 0%, 0.75% y 1% de fibra de ovino son diferentes en su comportamiento a la resistencia a la flexión, en cambio los grupos de adobe con 1.25 y 1.5 % de fibra de ovino tiene una similitud en su comportamiento a la resistencia a la flexión.

**Tabla 27**

*Comparaciones múltiples Tukey resistencia a la flexión kg/cm<sup>2</sup>*

<b>RESISTENCIA A FLEXIÓN (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
% Fibra de Ovino		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
<b>Adobe Convencional</b>	Adobe 0.75% Fibra Ovino	-2,309722*	0.121789	0.000	-2.64917	-1.97027
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	-4,055889*	0.121789	0.000	-4.39534	-3.71644
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	-5,450722*	0.121789	0.000	-5.79017	-5.11127
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	-5,720778*	0.121789	0.000	-6.06023	-5.38133
<b>Adobe 0.75% Fibra Ovino</b>	Adobe Convencional	2,309722*	0.121789	0.000	1.97027	2.64917
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	-1,746167*	0.121789	0.000	-2.08562	-1.40672
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	-3,141000*	0.121789	0.000	-3.48045	-2.80155
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	-3,411056*	0.121789	0.000	-3.75051	-3.07161
<b>Adobe 1.00% Fibra Ovino</b>	Adobe Convencional	4,055889*	0.121789	0.000	3.71644	4.39534
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	1,746167*	0.121789	0.000	1.40672	2.08562
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	-1,394833*	0.121789	0.000	-1.73428	-1.05538
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	-1,664889*	0.121789	0.000	-2.00434	-1.32544
<b>Adobe 1.25% Fibra Ovino</b>	Adobe Convencional	5,450722*	0.121789	0.000	5.11127	5.79017
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	3,141000*	0.121789	0.000	2.80155	3.48045
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	1,394833*	0.121789	0.000	1.05538	1.73428
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	-0.270056	0.121789	0.183	-0.60951	0.06939
<b>Adobe 1.50% Fibra Ovino</b>	Adobe Convencional	5,720778*	0.121789	0.000	5.38133	6.06023
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	3,411056*	0.121789	0.000	3.07161	3.75051
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	1,664889*	0.121789	0.000	1.32544	2.00434
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	0.270056	0.121789	0.183	-0.06939	0.60951

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 28, se aprecia que la comparación de los grupos en la mayoría de los casos el valor de significación es menor a 0.05 lo cual nos indica que tienen diferencias significativas. se aprecia la comparación de cada grupo en estudio, donde la significancia es menor a 0.05 en los grupos de adobe con 0,0,75,1 % de fibra de ovino y en el caso de 1.25 y 1.5% tiene una similitud y sus valores de significancia es de 0.183, mayores a lo planteado en el estudio (0,05).

### 1.10.3.3. Conductividad térmica

**1.10.3.3.1. Distribución normal y homogeneidad de variable.** Se realiza para determinar su distribución normal la prueba de Shapiro-Willk, por presentar tamaño de muestra menores a 30.

**Tabla 28**

*Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

Pruebas de normalidad							
Adición de Fibra de Ovino (%Peso)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
<b>Adobe Convencional</b>	0,151	12	,200*	0,973	12	0,936	
<b>Adobe 0.75% Fibra Ovino</b>	0,105	12	,200*	0,982	12	0,991	
<b>Adobe 1.00% Fibra Ovino</b>	0,151	12	,200*	0,969	12	0,898	
<b>Adobe 1.25% Fibra Ovino</b>	0,164	12	,200*	0,971	12	0,918	
<b>Adobe 1.50% Fibra Ovino</b>	0,106	12	,200*	0,982	12	0,991	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 29***Resultados de prueba de homogeneidad de varianza*

<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>					
		<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
<b>Conductividad Térmica (W/m·K)</b>	<b>Se basa en la media</b>	0,500	4	55	0,735
	<b>Se basa en la mediana</b>	0,467	4	55	0,759
	<b>Se basa en la mediana y con gl ajustado</b>	0,467	4	50,027	0,759
	<b>Se basa en la media recortada</b>	0,491	4	55	0,742

*Nota.* Elaboración propia.

### **Hipótesis de distribución normal y homogeneidad de variable**

**Ho:** La conductividad térmica en los adobes con fibra de ovino tiene una distribución normal y son homogéneos

**H<sub>1</sub>:** La conductividad térmica en los adobes con fibra de ovino no tiene una distribución normal y no son homogéneos

### **Regla de decisión:**

Si,  $p\text{-valor} > \alpha$ , Se acepta la **Ho** y se rechaza la **H<sub>1</sub>**

**Conclusión:** Los valores de **p** en la figura 28 y 29 son mayores a 0.05 con lo cual nos indica que son datos paramétricos con una distribución normal y una homogeneidad de variable, aceptamos la hipótesis **Ho** y rechazamos al **H<sub>1</sub>**

**1.10.3.3.2. Prueba de Análisis de Varianza ANOVA.** Los datos para procesar presentan una distribución normal, por consiguiente, se emplea la prueba paramétrica de análisis de varianza para determinar su hipótesis planteada.

### **Hipótesis**

**Ho:** La fibra de ovino en la elaboración de adobe no influye en la conductividad térmica para las viviendas altoandinos.

**Ha:** La fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en la conductividad térmica para las viviendas altoandinos.

**Nivel de Significancia ( $\alpha$ ): 0.05 (5%)**

p-valor: Error real que se comete al afirmar que existe una correlación entre las variables en estudio.

**Regla de decisión:**

Si,  $p\text{-valor} > \alpha$ , Se acepta la **Ho**

Si,  $p\text{-valor} < \alpha$ , Se rechaza la **Ho** y se acepta la **Ha**

**Tabla 30**

*Prueba de análisis de varianza*

ANOVA					
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	1.173	4	0.293	170.310	0.000
<b>Dentro de grupos</b>	0.095	55	0.002		
<b>Total</b>	1.268	59			

*Nota.* Elaboración propia

Se tiene el valor de  $p = 0.00$ , es menor a 0.05 (ver tabla 30), se acepta la **Ha** y se rechaza la **Ho**, por consiguiente, se puede decir que la fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de la conductividad térmica para las viviendas altoandinos, con una significancia estadística de confianza del 95%.

**1.10.3.3.3. Método de Tukey e intervalo de confianza de 95%**

**Tabla 31**

*Comparaciones en parejas de Tukey conductividad térmica (W/m·K)*

<b>TUKEY</b>						
<b>CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/m·K)</b>						
% Fibra de Ovino	N	1	2	3	4	5
Adobe 1.50% Fibra Ovino	12	0,505333				
Adobe 1.25% Fibra Ovino	12		0,581400			
Adobe 1.00% Fibra Ovino	12			0,650433		
Adobe 0.75% Fibra Ovino	12				0,715108	
Adobe Convencional	12					0,915875
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 31, nos indica que cada grupo de adobe con diferentes % de fibra de ovino son diferentes, por consiguiente, su comportamiento frente a la conductividad térmica es diferentes en cada grupo de ensayo.

**Tabla 32***Comparaciones múltiples Tukey Conductividad térmica (W/m·K)*

<b>CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/m·K)</b>						
		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
% Fibra de Ovino	Adobe 0.75% Fibra Ovino	,2007667*	0,0169422	0,000	0,152984	0,248549
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	,2654417*	0,0169422	0,000	0,217659	0,313224
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	,3344750*	0,0169422	0,000	0,286692	0,382258
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	,4105417*	0,0169422	0,000	0,362759	0,458324
Adobe Convencional	Adobe Convencional	-,2007667*	0,0169422	0,000	-0,248549	-0,152984
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	,0646750*	0,0169422	0,003	0,016892	0,112458
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	,1337083*	0,0169422	0,000	0,085926	0,181491
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	,2097750*	0,0169422	0,000	0,161992	0,257558
Adobe 0.75% Fibra Ovino	Adobe Convencional	-,2654417*	0,0169422	0,000	-0,313224	-0,217659
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	-,0646750*	0,0169422	0,003	-0,112458	-0,016892
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	,0690333*	0,0169422	0,001	0,021251	0,116816
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	,1451000*	0,0169422	0,000	0,097317	0,192883
Adobe 1.00% Fibra Ovino	Adobe Convencional	-,3344750*	0,0169422	0,000	-0,382258	-0,286692
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	-,1337083*	0,0169422	0,000	-0,181491	-0,085926
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	-,0690333*	0,0169422	0,001	-0,116816	-0,021251
	Adobe 1.50% Fibra Ovino	,0760667*	0,0169422	0,000	0,028284	0,123849
Adobe 1.25% Fibra Ovino	Adobe Convencional	-,4105417*	0,0169422	0,000	-0,458324	-0,362759
	Adobe 0.75% Fibra Ovino	-,2097750*	0,0169422	0,000	-0,257558	-0,161992
	Adobe 1.00% Fibra Ovino	-,1451000*	0,0169422	0,000	-0,192883	-0,097317
	Adobe 1.25% Fibra Ovino	-,0760667*	0,0169422	0,000	-0,123849	-0,028284

*Nota.* Elaboración propia.

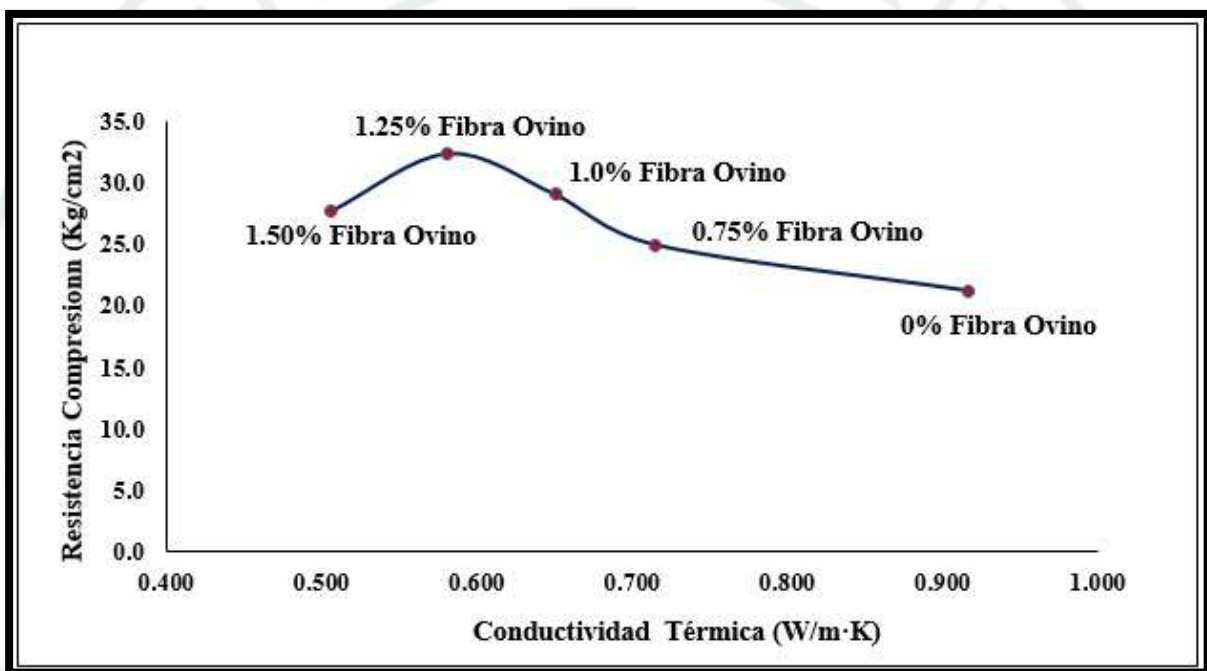
En la tabla 32, se aprecia que la comparación de los grupos de adobe con diferentes % de fibra de ovino son diferentes en su comportamiento a la conductividad térmica, con una significancia de 0.05%.

### 1.11. Discusiones

Se relaciona las principales variables en estudio, siendo la variable independiente el % en peso de fibra de ovino incorporado al adobe, como variable de respuesta se considera las más relevantes como el comportamiento a la resistencia a compresión, resistencia a flexión, conductividad térmica y costo unitario por unidad de adobe.

**Figura 43**

*Efecto del porcentaje de fibra de ovino en la resistencia a la compresión y conductividad térmica*



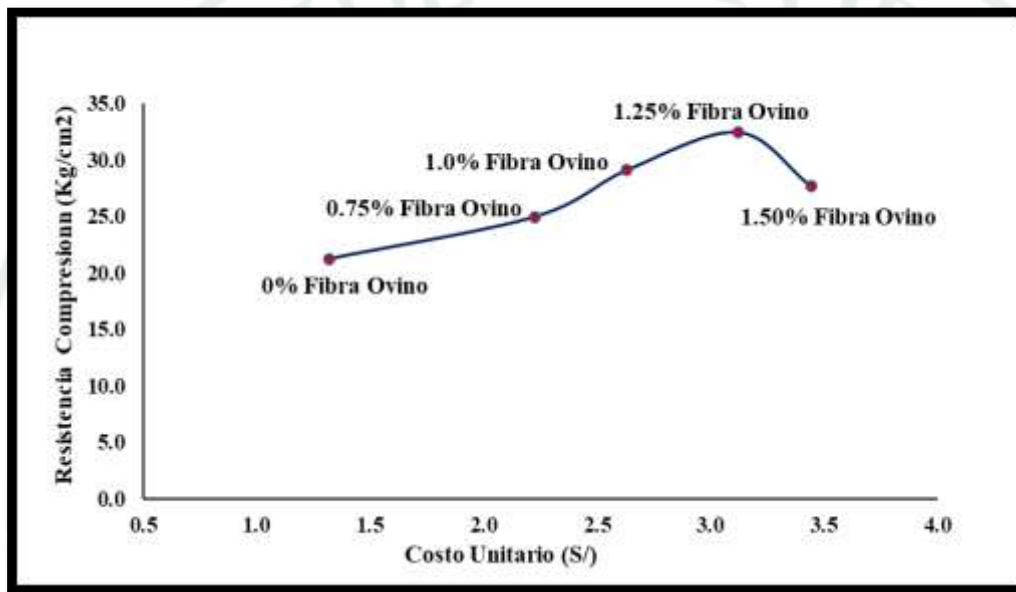
*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 43, se evidencia el comportamiento de la variable dependientes en función de las variables independientes, el comportamiento del adobe a la resistencia a la compresión frente al % de fibra de ovino en el adobe, presenta un comportamiento cuadrático, donde tiene un valor máximo a la resistencia a la compresión de 32.413 kg/cm<sup>2</sup>, en adobe con 1.25% en peso de fibra de ovino en el adobe, en cambio la propiedad de conductividad térmica disminuye conforme aumenta el % de fibra de ovino en el adobe, en este punto se logra optimizar la propiedad a la resistencia a la compresión y se mejora el aislamiento térmico, de tal manera el adobe mejora su desempeño en la estructura y su aislamiento al calor del adobe, cumpliendo la exigencia mínima (10.2 kg/cm<sup>2</sup>) a la resistencia a la compresión según la normativa E.080, según (Alagon & Neira, 2020), en su investigación con fibra de poliéster al 0.75 % incorporado

en el adobe alcanza una resistencia a la compresión de 20.4 kg/cm, en cambio (Portuguez & Calderón, 2020) alcanza una resistencia a la compresión con 1.00% de fibra de ovino a una resistencia de 22.64 kg/cm<sup>2</sup> en nuestra investigación con 0.75% de fibra de ovino se alcanza una resistencia a la compresión de 24.97 kg/cm<sup>2</sup> y con 1.00 % una resistencia de 29.07 kg/cm<sup>2</sup>, esta última diferencia se debe a los distintos tipos de suelo (CL-ML; ML).

#### Figura 44

*Efecto del porcentaje de fibra de ovino en la resistencia a la compresión y costo unitario*

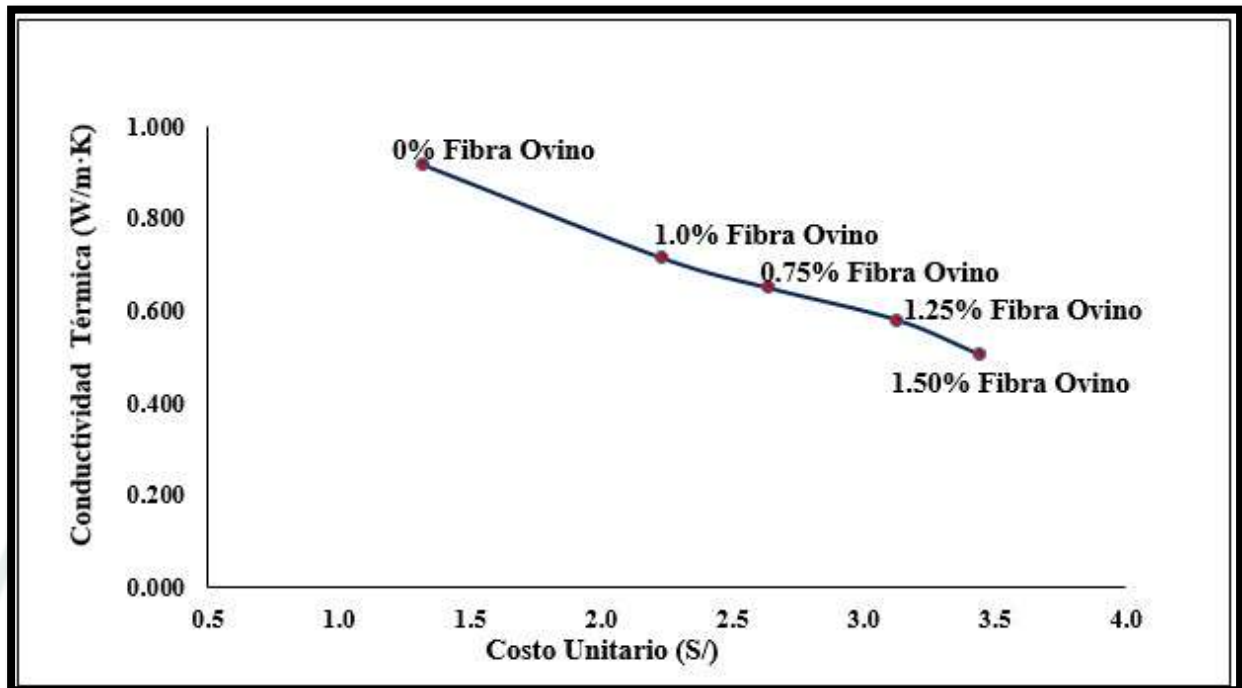


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 44, se aprecia el comportamiento del adobe con diferentes % de fibra de ovino, este comportamiento sigue una trayectoria cuadrática en su comportamiento a la resistencia a la compresión con un punto máximo en adobe de 1,25% de fibra de ovino, en cambio el costo unitario se incrementa proporcionalmente al contenido de fibra de ovino en el adobe, en su investigación (Ticona, 2024) su costo unitario con 1.5 % de fibra de polipropileno alcanza un valor de 3.72 soles, en nuestra investigación con 1.5% de fibra de ovino es 3.44 soles, la diferencia es básicamente por el costo mayor de la fibra de polipropileno.

**Figura 45**

*Efecto del porcentaje de fibra de ovino en la resistencia a la compresión y costo unitario*

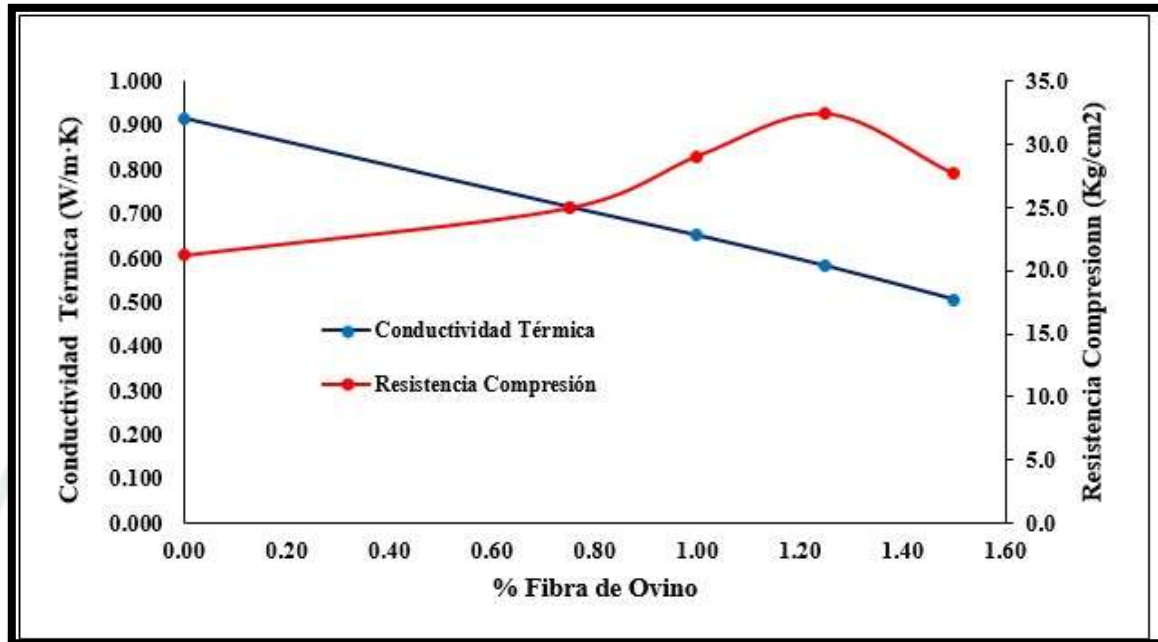


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 45, se observa una tendencia casi lineal con pendiente negativa en la relación entre el porcentaje de fibra de ovino, en el adobe, la conductividad térmica, el incremento de la fibra de ovino en el adobe tiene efecto en la disminución en su comportamiento de conductividad térmica del adobe, en cambio el costo unitario incrementa a medida que se incrementa el % de fibra de ovino en el adobe, esta propiedad del adobe bajo estas condiciones de baja conductividad térmica es favorable en las zonas altoandinas para contrarrestar el friaje existente, según (Taipe & Yaranga, 2023), en su investigación con fibra de ovino al 1.00 % incorporado en el adobe alcanza una conductividad térmica de 0.984 W/m·K, en nuestra investigación con 1.00 % de fibra de ovino se alcanzó una conductividad térmica de 0.6504 W/m·K, esta diferencia se debe al tipo de suelo utilizado (100% malla N°200 – 71 % malla N°200 )

**Figura 46**

*Comportamiento de la conductividad térmica y resistencia a la compresión frente al incremento de fibra de ovino*

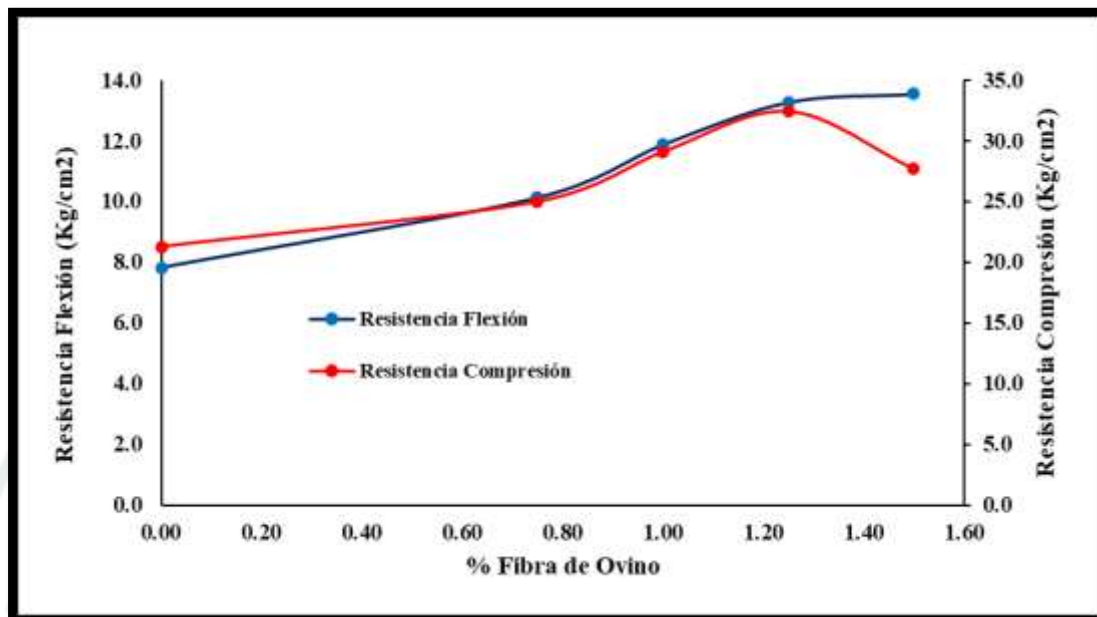


*Nota.* Elaboración propia

En la figura 46, se puede observar que el % de fibra de ovino en adobe tiene un comportamiento lineal con pendiente negativo con respecto a sus propiedades de conductividad térmica del adobe, lo que indica que es inversamente proporcional entre estas variables, en cambio su propiedad de resistencia a la compresión tiene un comportamiento cuadrático, lo que nos indica que tiene un punto óptimo, su tendencia general de comportamiento de la resistencia a la compresión es directamente proporcional entre estas variables de esta gráfica se deduce que los adobes incorporados con más de 0.755% de fibra de ovino, presenta una mejora en sus propiedades de resistencia a la compresión y su aislamiento térmico, mejorando en su calidad para aplicaciones de viviendas rurales con fines de contrarrestar el frío en las zonas altoandinas, así mismo los materiales utilizados como materia prima son sustentables y amigables al ecosistema.

**Figura 47**

*Comportamiento de la resistencia a flexión y resistencia a la compresión frente al incremento de fibra de ovino*



*Nota.* Elaboración propia.

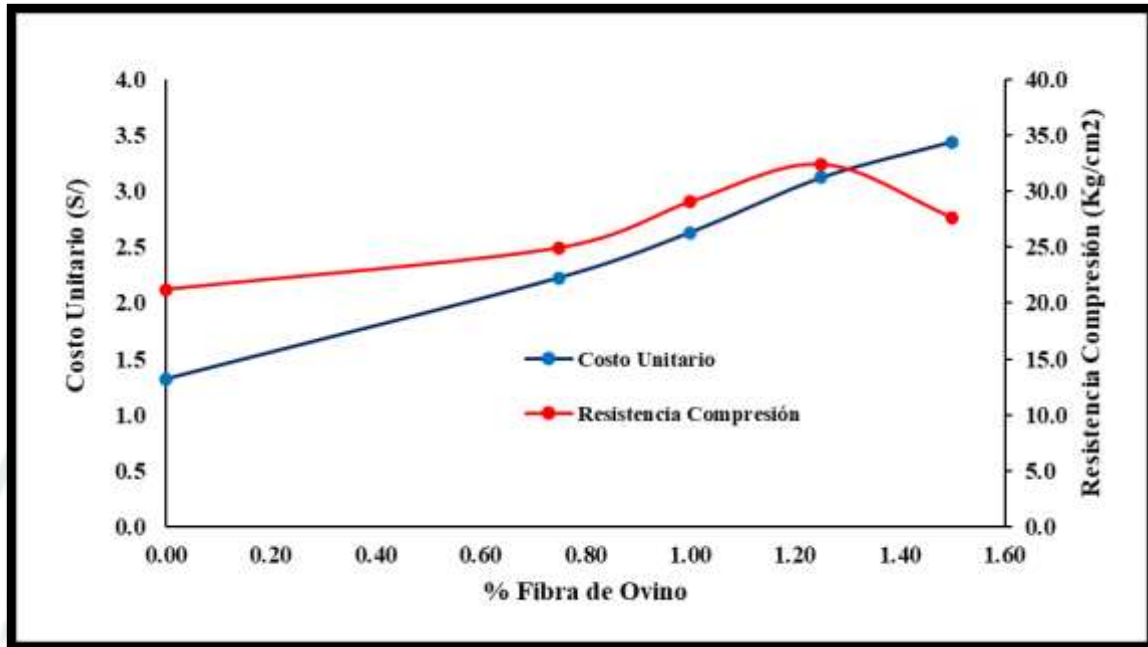
La figura 47, en esta grafica se observa que el % de fibra de ovino en el adobe tiene un efecto en la resistencia a la compresión y flexión casi similares con pendiente positiva a un punto donde la resistencia a la compresión desciende, este efecto tendrá como causal el volumen ocupado en la unidad de adobe, de todo este ensayo se concluye que todos los grupos con diferentes % de fibra de ovino

Se identifica un punto de inflexión en 1.25%, lo que sugiere que el porcentaje óptimo de fibra de ovino para maximizar las propiedades mecánicas del material es 1.25%, este punto óptimo es importante, porque implica que el material de construcción resultante en conjunto será resistente a cargas verticales, liviano y de mayor ductilidad.

Estas propiedades de resistencia a compresión y flexión hacen que la propuesta de material sea adecuada para aplicaciones estructurales, donde se requiere una combinación de resistencia, ligereza y flexibilidad, de esta forma se garantizamos eficiencia y seguridad en el diseño de construcciones sostenibles y con un bajo impacto ambiental, en su investigación (Ticona, 2024) alcanza una resistencia a flexión con 1.50% de fibra de ovino de 9.94 kg/cm<sup>2</sup> en nuestra investigación con 1.50% de fibra de ovino se alcanza una resistencia a flexión de 13.53 kg/cm<sup>2</sup>, esta diferencia se debe a la fibra de polipropileno.

**Figura 48**

*Comportamiento de la resistencia a la compresión y costo unitario frente al incremento de fibra de ovino*

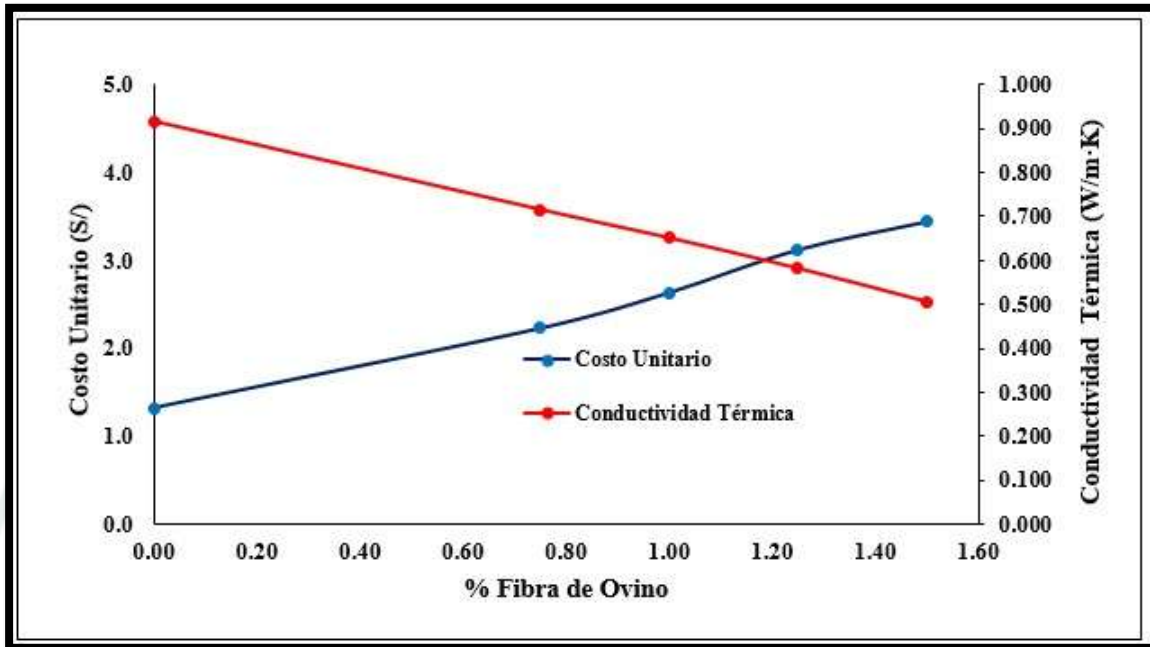


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 48, se observa un punto de equilibrio entre la variable costo y resistencia de la compresión, en función de % de fibra de ovino incorporado al adobe, el punto óptimo se da en los adobes con 1.25% de fibra de ovino incorporados, esta relación de equilibrio es primordial para determinar condiciones más eficientes y sostenibles en la incorporación de fibra de ovino en su formulación, con el objetivo de optimizar recursos y obtener resultados favorables con respecto a las propiedades mecánicas.

**Figura 49**

*Comportamiento de la conductividad térmica y costo unitario frente al incremento de fibra de ovino*

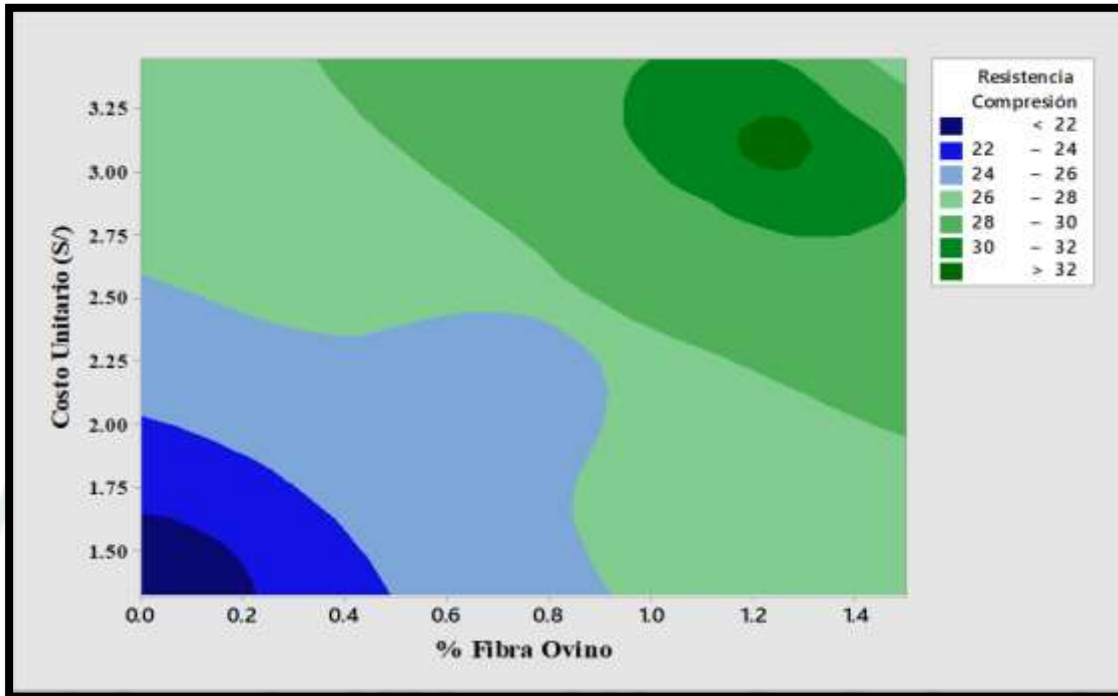


*Nota.* Elaboración propia.

De la figura 49, se aprecia que las variables de costo unitario y conductividad térmica tienen un comportamiento opuesto en función de % de fibra de ovino incorporado en el adobe, esto nos indica que la fibra de ovino incrementa el aislamiento térmico, pero con un incremento de costo unitario mejorando su propiedad de aislamiento térmico, esta propiedad es beneficiosa para las zonas de alto andinas que sufren este fenómeno de friaje.

**Figura 50**

*Superficie de respuesta de resistencia a la compresión y costo unitario en función del porcentaje de fibra ovino.*

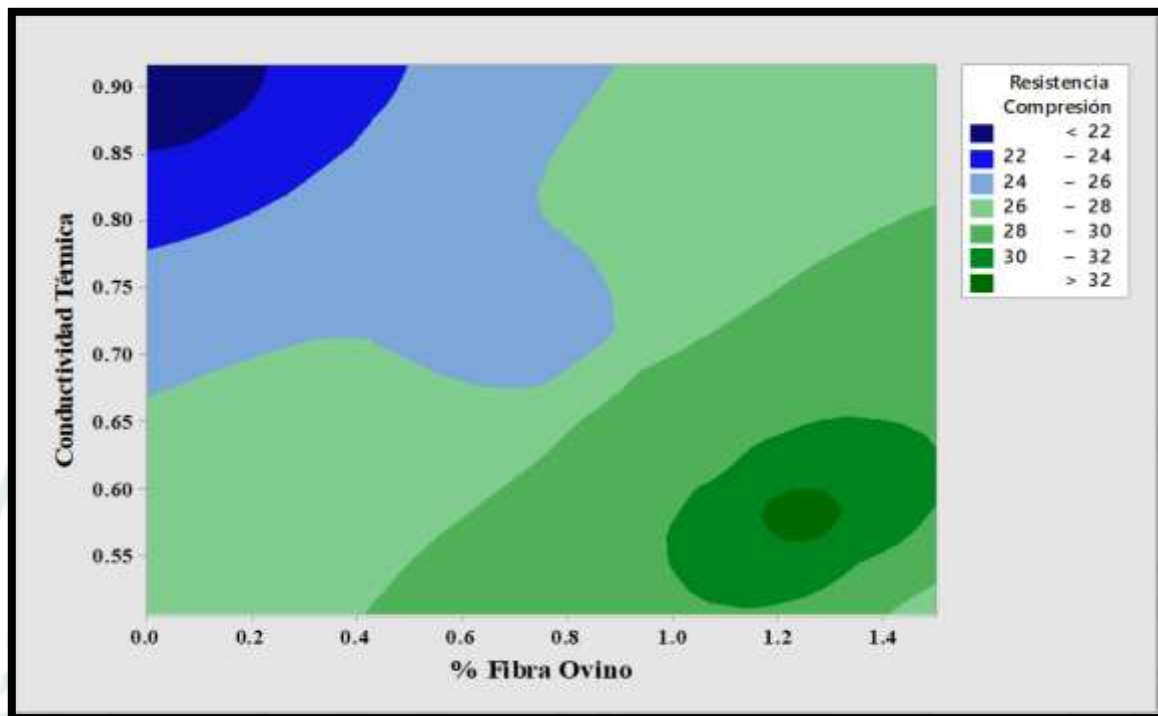


*Nota. Elaboración propia.*

En la figura 50, se aprecia la zona más óptima de resistencia a la compresión asociados a variables de % de fibra de ovino y costo unitario, la cual está representada con el área de color verde oscuro, donde en esta área se obtiene valores mayores a 32 kg/cm<sup>2</sup>, las áreas de color azul oscuro corresponden a las regiones con valores más bajos de resistencia a compresión. Esta diferenciación de colores permite identificar de manera visual las zonas de mayor y menor resistencia de las unidades analizadas con sus respectivos % de fibra de ovino, facilitando así la interpretación de los resultados.

**Figura 51**

*Superficie de respuesta de resistencia a la compresión y conductividad térmica en función del porcentaje de fibra de ovino.*

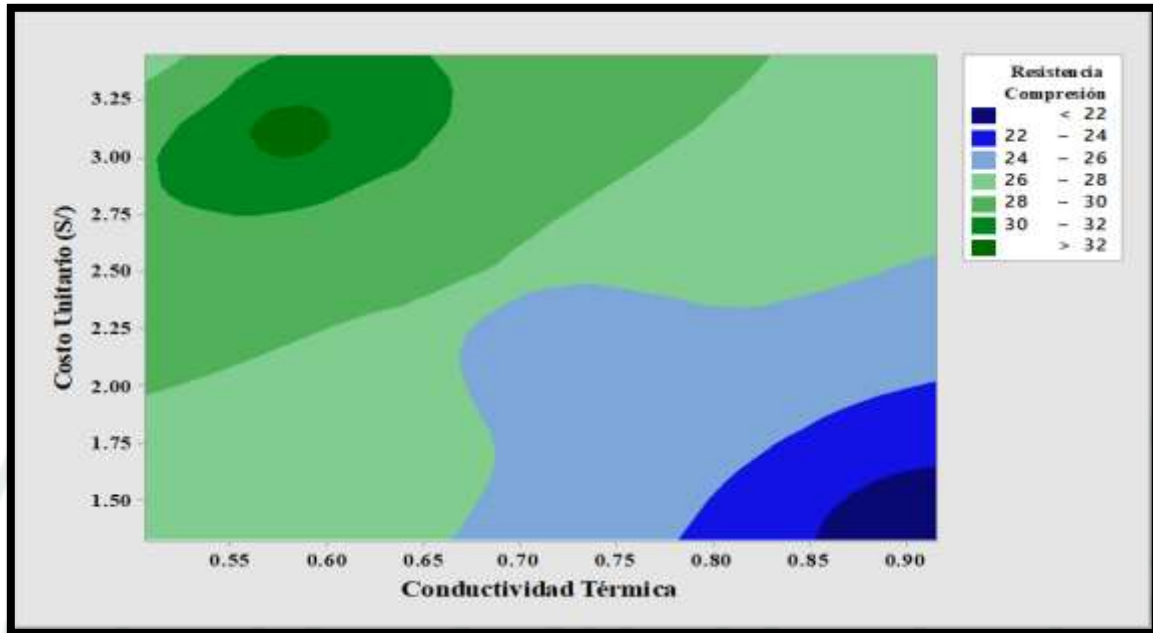


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 51, se evidencia el área más óptima de resistencia a la compresión el de color verde oscuro, donde se obtiene valores mayores a 32 kg/cm<sup>2</sup>, con una conductiva de baja y un aislamiento térmico elevado, esta propiedad del adobe bajo estas condiciones es favorable y beneficiosa para las construcciones de viviendas en zonas altoandina que son afectadas por el frío, el adobe en condiciones de área de color azul son las menos favorables para este estudio.

**Figura 52**

*Superficie de respuesta de resistencia a la compresión y costo unitario en función conductividad térmica*



*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 52, se evidencia el área más óptima a la resistencia a la compresión el área de color verde oscuro, los adobes elaborados bajo estas condiciones son favorables tanto económicamente y mejorando su capacidad de aislamiento térmico, en cambio los adobes elaborados bajo las condiciones del área de color azul son las menos requeridas para este estudio que se realizó.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se determina mediante la prueba de hipótesis que el % de fibra de ovino incorporado al adobe influye significativamente en las propiedades físico-mecánicas y térmicas con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  y 95 % de confiabilidad. La correlación de Pearson ( $r$ ) establece que las características de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión tienen una correlación positiva; en cambio, sus características como conductividad térmica, densidad, succión y absorción tienen correlación negativa.

**SEGUNDA:** Los resultados obtenidos indican que la conductividad térmica del adobe con adición de 1.5 % de fibra de ovino disminuye de 0.9159 W/m·K a 0.5053 W/m·K (-81.3 %), comparado a un adobe convencional, esta propiedad mejora debido a que la lana tiene una propiedad aislante térmica.

**TERCERA:** Las propiedades físicas del adobe disminuyen con el incremento de fibra de ovino: la succión de 39.727 % a 29.217 %; la absorción de 28.824 % a 14.491 % y la densidad de 1.598 g/cm<sup>3</sup> a 1.564 g/cm<sup>3</sup> en un adobe con diseño de 1.5 % de fibra de ovino evaluado con respecto al adobe convencional. Esto se debe a la composición de la fibra de ovino, que contiene queratina y ocupa un volumen en la estructura de la unidad del adobe.

**CUARTA:** La resistencia a la compresión presenta un comportamiento cuadrático, con un punto máximo de 32.41 kg/cm<sup>2</sup> en un adobe de 1.25 % de fibra de ovino, y la resistencia a flexión tiene un comportamiento proporcional al incremento del % de fibra de ovino. En ambos casos, la fibra de ovino en el adobe mejora las propiedades mecánicas en comparación con un adobe convencional; esto se debe a que la fibra de ovino actúa como un refuerzo interno, incrementando la cohesión y ductilidad de la estructura del adobe.

**QUINTA:** La fibra de ovino tiene un menor impacto en el costo unitario debido a que es abundante, sostenible y eco amigable con el medio ambiente, además de tener un menor costo. Sin embargo, el costo total de producción de un adobe incorporado con fibra de ovino presenta un incremento directamente proporcional al % de fibra de ovino. Esto se debe a la incidencia del costo de mano de obra en el calado de la fibra y al menor rendimiento de la producción de adobe por dificultades en la manipulación y moldeo.

**SEXTA:** Los resultados de ensayos a nivel de laboratorio ofrecen un diseño óptimo con 1.25 % de fibra de ovino incorporado al adobe, al evaluar este diseño en módulos de viviendas, la temperatura interna del módulo tiende a conservar una temperatura más uniforme en comparación con un módulo de adobe convencional. Esta variación es más notable en temperaturas bajas, que fueron de 5.8 °C en módulo de diseño y de 3.8 °C en módulo convencional, en condiciones de temperatura ambiental externa de -2.5 °C.

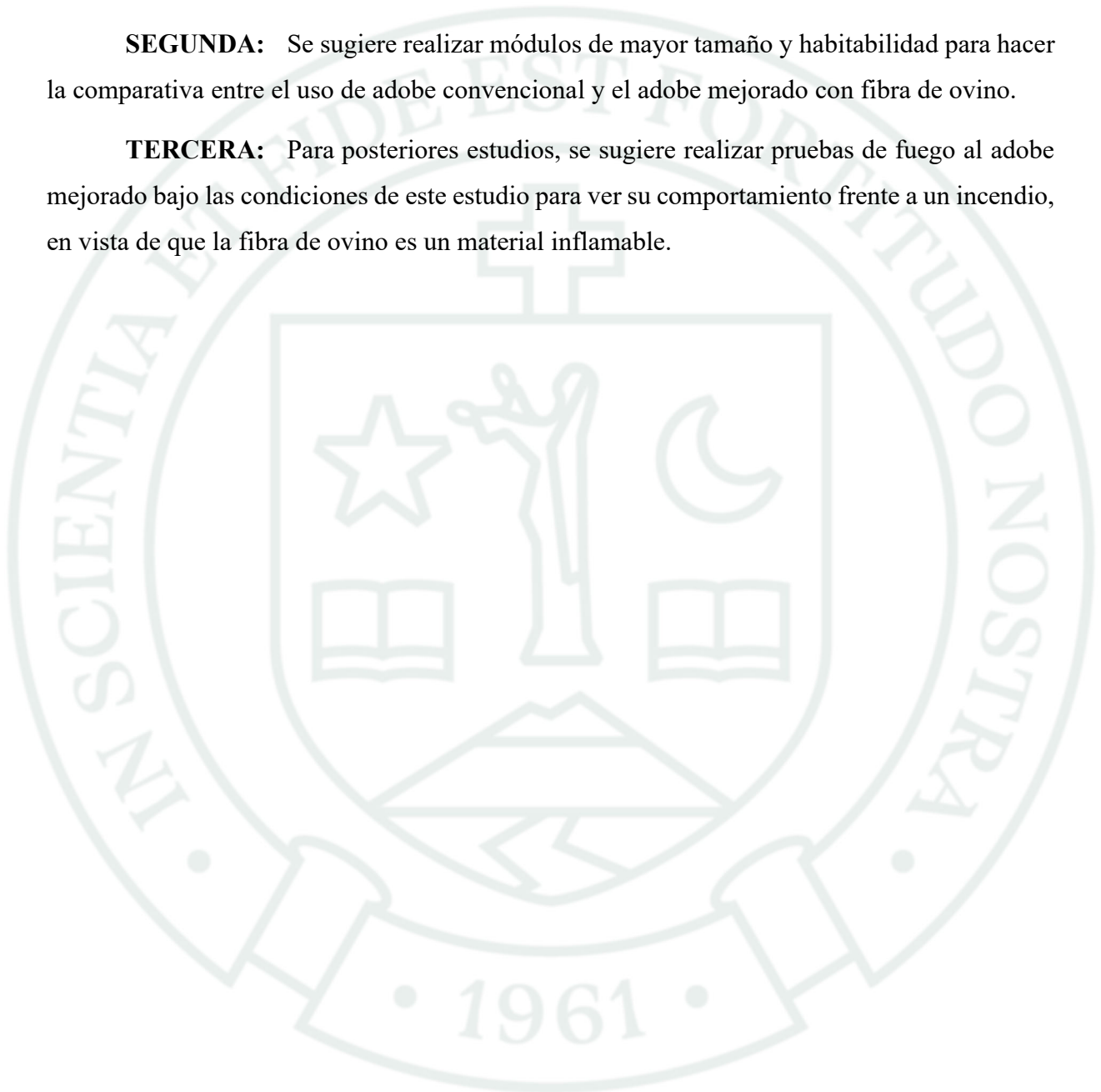


## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se recomienda el uso de un material accesible, renovable y eco amigable como la fibra de ovino en la elaboración de adobes, para mitigar el frío en proyectos sociales de infraestructura que el Estado peruano promociona, como las casitas calientes y otros proyectos sociales aplicados en zonas altoandinas con este fin.

**SEGUNDA:** Se sugiere realizar módulos de mayor tamaño y habitabilidad para hacer la comparativa entre el uso de adobe convencional y el adobe mejorado con fibra de ovino.

**TERCERA:** Para posteriores estudios, se sugiere realizar pruebas de fuego al adobe mejorado bajo las condiciones de este estudio para ver su comportamiento frente a un incendio, en vista de que la fibra de ovino es un material inflamable.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre et al . (2021). Structural Behavior of Mid-Rise Essential Facility using base isolators and SLB dissipators. *19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 9. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.466>
- Alagon, J., & Neira, R. (2020). *Estudio comparativo de la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de las unidades de adobe estabilizadas con fibra de poliéster frente al adobe tradicional, de las adoberas ubicadas en el distrito de San Sebastián-Cusco*. [Tesis de pregrado]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3830>
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM D4318-17e1 Métodos de prueba estándar para el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos*.
- American Society for Testing and Materials. (2019). *ASTM D2216 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*.
- American Society for Testing and Materials. (2022). *ASTM D5334-14 Standard Test Method for Determination of Thermal Conductivity of Soil and Soft Rock by Thermal Needle Probe Procedure*.
- Araya et al. (2021). Evaluacion experimental de mezcla de adobe reforzado con fibras de yute. *Construction and Building Materials*, 276(122127), 21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122127>
- Babbie, Earl. (2014). *Fundamentos de la investigación social*.
- Baena, G. (2014). *Metodología de la investigación*.
- Borselli, L. (2025). *Geotecnia I*. Obtenido de Universidad Autonoma de San Luis Potosi: [https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia\\_1\\_parte\\_II.pdf](https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia_1_parte_II.pdf)
- Brito et al. (2021). Elaboracion de adobe sostenible. *Daya. Diseño, arte y arquitectura*, 11(11), 59-79. <https://doi.org/https://doi.org/10.33324/daya.vi11.459>
- Carrasco, S. (2005). *Metodologia de la Investigacion Cientifica*. San Marcos. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/575484795/CARRASCO-DIAZ-S-Metodologia-de-La-Investigacion-Cientifica-OCR-Por-Ganz1912>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2025). *Escenario de riesgo trimestral por bajas temperaturas Junio - Agosto 2025*.

- Cotecno. (2020). *TLS-100 Medidor de Conductividad Térmica Portátil*. Recuperado el 21 de Junio de 2024, de Cotecno: <https://www.cotecno.cl/tls-100-medidor-de-conductividad-termica-portatil/?print-products=pdf>
- Cuitiño et al. (2015). Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha. *Informes de la Construcción*, 67(537), 11. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.082>
- Cuitiño et al. (2020). Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra. *Revista de Arquitectura*.
- Díaz, L., & Torrecillas, R. (2002). Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 41(5), 459-470. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/4676/1/arcillas.pdf>
- Duque, G., & Escobar, C. (2023). *Mecánica de los suelos*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3375>
- Hernández et al. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). McGraw-Hill. Obtenido de <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Holguino et al. (2018). Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 2313-2957. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.394>
- Huamani et al. (2021). *Análisis del confort térmico en las viviendas "Sumaq Wasi", Misquipata, distrito de San Juan de Jarpa, provincia Chupaca, región Junín*. [Tesis para optar el Título Profesional de Arquitecta]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11483>
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. (1981). *442-1981 - Guía IEEE para mediciones de resistividad térmica del suelo*.
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. (2020). *Manual de Aplicación de la Inercia Térmica*.
- Instituto Nacional de Calidad. (1999). *SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)(NTP 339.134:1999, revisión 2014)*. Lima. Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/369007897/SUELOS-NTP-339-134-1999-Clasificacion-de-Suelos-SUCS>

Instituto Nacional de Calidad. (2019). *NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.*

Instituto Nacional de Calidad. (2019). *SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos (NTP 339.129).* Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-capacitacion-para-la-industria-de-la-construccion/laboratorio-suelos-asfalto-y-concreto/ntp-3391291998-revisada-el-2019-limites-de-atterberg/34415129>

Instituto Nacional de Calidad. (s.f.). *339.613* .

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2023). *Compendio estadístico del INDECI 2023.* Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5591372/4965310-compendio-final-af-2023-indeci.pdf?v=1703284612>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Características de las viviendas particulares y los hogares* . Obtenido de INEI: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024). *Compendio Estadístico.* Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/6284790-peru-compendio-estadistico-2024>

Izco et al. (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, *14*(2), 237-246. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332007000300010](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000300010)

Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo.* Obtenido de <https://bfrrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/465a88d0-adc5-49e7-acd3-9f1e6839af55/content>

Marchante, G., & Gonzales, A. (2020). Evaluación del confort y desconfort térmico. *Revista de Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, *41*(3), 21-40. Obtenido de <https://rielac.cujae.edu.cu/index.php/riec/article/view/803>

- Mendoza et al. (2021). Conductividad térmica de compuestos tipo sándwich usados en la industria de la construcción. *Energía Solar y fotovoltaica*, 31(1), 42-50. <https://doi.org/https://doi.org/10.21754/tecnia.v21i1.1198>
- Meybodian et al. (2020). Sustainable lateral strengthening of traditional adobe walls using natural reinforcements. *Construction and Building Materials*, 260(119892), 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119892>
- Ministerio de Agricultura. (2013). *Crianza de Ovinos*. Obtenido de <http://repositorio.minagri.gob.pe/jspui/handle/MINAGRI/456>
- Ministerio de agricultura y riego. (2013). *Cadena productiva de ovinos*. Obtenido de [https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/266/1/agroeconomia\\_ovino.pdf](https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/266/1/agroeconomia_ovino.pdf)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). *Informe de mercado de lana de oveja*. Obtenido de <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/1660/1/An%C3%A1lisis%20del%20mercado%20de%20lana%20de%20Ovino.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). *Informe de mercado de lana de oveja*.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2024). *Producción ganadera y avícola*. Obtenido de <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/1975/1/Aanuario%20Produccion-Ganadera-y-Avicola-2024.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2024). *Producción ganadera y avícola 2024*.
- Ministerio de Salud. (Mayo de 2024). *Volentin Epidemiológico del Perú* (Vol. 33). Obtenido de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades: [https://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/btemp/2024/Reporte\\_bajas\\_temperaturas-SE-24-2024.html](https://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/btemp/2024/Reporte_bajas_temperaturas-SE-24-2024.html)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimientos Sección Suelos y Pavimentos*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2019). *Ntp 339.128 granulometría por tamizado y por sedimentación*.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *NTP 339.134 Clasificación de suelos con propósitos de ingeniería*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2023). *Ministerio de Vivienda construirá este año más de 15 mil casitas Sumaq Wasi a nivel nacional*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/754062-ministerio-de-vivienda-construira-este-ano-mas-de-15-mil-casitas-sumaq-wasi-a-nivel-nacional>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2024). *Evaluación de diseño de la intervención regular del Programa Nacional de Vivienda Rural*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7729506/4416940-if-nc-no-004-pae-2024.pdf?v=1741211110>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2024). *Impacto de la intervención del programa nacional de vivienda rural del año 2020 con los módulos habitacionales “sumaq wasi” en zonas afectadas por heladas en cusco y puno: evidencia a tres años de la intervención*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7025616/6049950-2024-impacto-del-pnvr-en-2020-con-modulos-habitacionales-sumaq-wasi.pdf>
- Molina, J. O. (2016). *Confort Térmico*. Obtenido de <https://alternativarenovable.blogspot.com/2016/12/confort-termico.html>
- Organización Internacional de Normalización. (2005). *ISO 7730 Ergonomía del entorno térmico*.
- Portuguez, M., & Calderón, B. (2020). *Influencia de la fibra de lana de oveja en las unidades de adobe para mejorar las propiedades mecánicas de la mampostería*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/654176>
- Quedraogo et al. (2019). Propiedades físicas, termicas y mecanicas de adobes estabilizados con paja de fonio (digitaria exilis). *Journal of Building Engineerign*, 23, 250-258.
- Rosas, A. (2016). *La lana de ovino como material aislante: natural, renovable y sostenible*. [Tesis de Maestría]. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/84043>
- SalusPlay. (2020). *Tema 2. El Método científico y la Metodología epidemiológica*.

- Sanchez et al . (2018). *Manual de terminos en investigacion cientifica, tecnologica y humanistica*. Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2020). *Mapa Climático del Perú*.
- Taipe, M., & Yaranga, N. (2023). Propuesta de elaboración de adobe incorporando ichu y lana de oveja para mejorar el confort térmico y las propiedades fisico-mecánicas ante las heladas en Acoria - Huancavelica. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/670328>
- Ticona, N. (2024). *Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe incorporando fibra de Polipropileno, Puno 2023*. PUNO, PERÚ: [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil].
- Tinoco, Ó. (2009). Cadena productiva de lana de oveja en el sector textil y de confecciones. *Industrial Data*, 12(2), 73-80. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81620150010>
- Villegas. (2008). *Estudio de verificación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida de lima metropolitana*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil]. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/376066990/Villegas-Mc>
- Villegas, C., & González, B. (2013). Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*(13), 31-45. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477947372003>
- Vivancos et al . (2009). A new model based on experimental results for the thermal characterization of bricks. *Building and Environment*, 44(5), 1047-1052. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.016>
- Wieser et al. (2020). Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano. *Tecnología, medioambiente y sostenibilidad - Universidad Católica de Colombia*, 22(1), 164-174. <https://doi.org/https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2633>
- Zapata, Rodrigo. (2018). *Tipos de suelos: Caracterización de suelos arcillosos y limos*. Obtenido de <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>



**ANEXOS**

Anexo 1

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
Influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico – mecánicas para las viviendas altoandinas.					
Título:	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
PROBLEMA	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Independiente		
Problema general					
¿En qué manera influye la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico – mecánicas para las viviendas altoandinas?	Determinar la influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico – mecánicas para las viviendas altoandinas.	Existe influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico – mecánicas para las viviendas altoandinas	Fibra de ovino.	% en peso de fibra de ovino adicionado	<b>Tipo de Investigacion:</b> Experimental - Explicativo
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	Variable Dependiente		
¿De qué manera influye la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico para las viviendas altoandinas?	Determinar la influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico para las viviendas altoandinas.	La fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de desempeño térmica para viviendas altoandinas.	Propiedades térmico del adobe.	Conductividad Térmica	<b>Nivel:</b> Explicativo
¿Cómo influye la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento de su propiedad físicas para las viviendas altoandinas?	Evaluar la influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento de su propiedad físicas para las viviendas altoandinas.	El uso de fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de las propiedades físicas para viviendas altoandinas.	Propiedades físicas del adobe.	Densidad del adobe Succión Absorción	<b>Diseño de Investigacion:</b> Experimental
¿Cómo influye la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento de su propiedad mecánica para las viviendas altoandinas?	Evaluar la influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento de su propiedad mecánica para las viviendas altoandinas	El uso de fibra de ovino en la elaboración de adobe influye en el mejoramiento de las propiedades mecánicas para viviendas altoandinas.	Propiedades mecánicas del adobe.	Resistencia a la compresion Resistencia a la flexion	<b>Poblacion:</b> Zonas Altoandinas afectadas por el friaje
¿De que manera influye la fibra de ovino en el costo unitario de la elaboracion de adobe?	Determinar el costo unitario de producción de las unidades de adobe incorporando fibra de ovino.	El costo unitario de producción de las unidades de adobe con incorporación de fibra de ovino es mayor que la tradicional debido a la utilización de materia prima y mayor requerimiento de mano de obra.	Costo Unitario.	Costo por unidad	<b>Muestra:</b> Distrito de Saman, Azangaro, Puno

b

Anexo 2

Matriz de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES				
<b>Título:</b>	<b>Influencia de la fibra de ovino en la elaboración de adobe para el mejoramiento del desempeño térmico y propiedades físico – mecánicas para las viviendas altoandinas.</b>			
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES	UNIDAD
<b>Variable Independiente (X)</b>				
Fibra de Ovino.	La fibra de ovino según MIDAGRI, es un compuesto que tiene entre un 20-25% de queratina. El diametro de la firba oscilan entre 10 a 120 micras de espesor y su longitud varia entre 20 a 350 mm.	Porcentaje de fibra de ovino	0.75% en peso de lana de ovino	Peso (kg)
			1.00 % en peso de lana de ovino	Peso (kg)
			1.25 % en peso de lana de ovino	Peso (kg)
			1.50 % en peso de lana de ovino	Peso (kg)
<b>Variable Dependiente (Y)</b>				
Propiedad térmico	La conductividad termica es la capacidad de un material de transferir o conducir calor y se cuantifica en (W/m*K), la fibra de ovino tiene una conductividad que oscilan entre 0.035 - 0.042 W/m*K(RM-NITA, 2014).	Propiedades térmico	Conductividad Térmica	W/m·K
Propiedades físicas-mecánico	Las propiedades físicas son aquellas que pueden ser visualizadas sin modificar la composicion del material y las propiedades mecanicas de los materiales determinan el comportamiento sometidos bajo la aplicación de una fuerza.	Propiedades físico	Densidad de adobe	kg/cm <sup>3</sup>
			Succión	g/min/200 cm <sup>2</sup>
			Absorción	%
			Resistencia a la compresion	kg/cm <sup>2</sup>
Costo unitario	El costo unitario representa el total del gasto asociado a la produccion de una unidad.	Analisis de precio Unitario	Resistencia a la flexion	kg/cm <sup>2</sup>
			Costo unitario	S/.

### Anexo 3

*Certificados de laboratorio (Ensayo de humedad natural)*

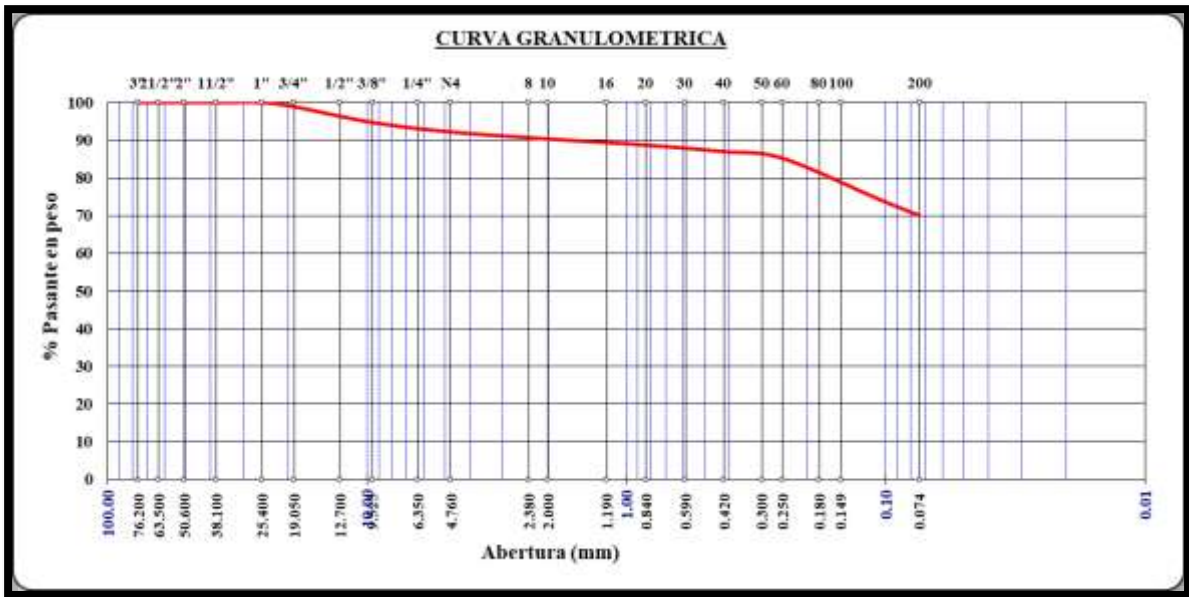
INFORME DE ENSAYO			
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA			
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE			
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS AL TOANDINAS	FECHA:	21/01/2025
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN	LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	HUMEDAD NATURAL - NTP 339.127 - ASTM D2216		
ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL			
N° de Ensayo	MHN-01	MHN-02	MHN-03
N° de Tara (g)	T-11	T-12	T-13
Peso de tara (g)	114.34	118.50	115.23
Peso de tara y muestra húmeda (g)	1031.50	1048.20	1039.10
Peso de tara y muestra seca (g)	969.56	987.67	977.45
Peso del agua (g)	61.94	60.53	61.65
Peso de muestra seca (g)	855.22	869.17	862.22
Contenido de humedad (%)	7.24	6.96	7.15
Contenido de humedad Promedio (%)		7.12	

Anexo 4

Certificados de laboratorio (Ensayo análisis granulométrico)

INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	09/04/2025
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - MGM-01 - NTP 339.128 - ASTM D-422				
Ensayo Granulometrico		MGM-01	Peso Inicial	4228 g	
Tamices	Abertura	Peso	%Retenido	%Retenido	% Que
ASTM	mm	Retenido(g)	Parcial	Acumulado	Pasa
3"	76.200				100.00
2"	50.600				100.00
1 1/2"	38.100				100.00
1"	25.400				100.00
3/4"	19.050	44.93	1.06	1.06	98.94
1/2"	12.700				
3/8"	9.525	176.68	4.18	5.24	94.76
No 4	4.760	106.57	2.52	7.76	92.24
No8	2.380				
No 10	2.000	78.65	1.86	9.62	90.38
No 16	1.190				
No 20	0.840	69.57	1.65	11.27	88.73
No30	0.590				
No 40	0.420	72.56	1.72	12.98	87.02
No 50	0.300				
No60	0.250	73.58	1.74	14.72	85.28
No80	0.180				
No 140	0.106	460.79	10.90	25.62	74.38
No 200	0.074	183.03	4.33	29.95	70.05
<No 200	<b>FONDO</b>	<b>2961.64</b>	<b>70.05</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>

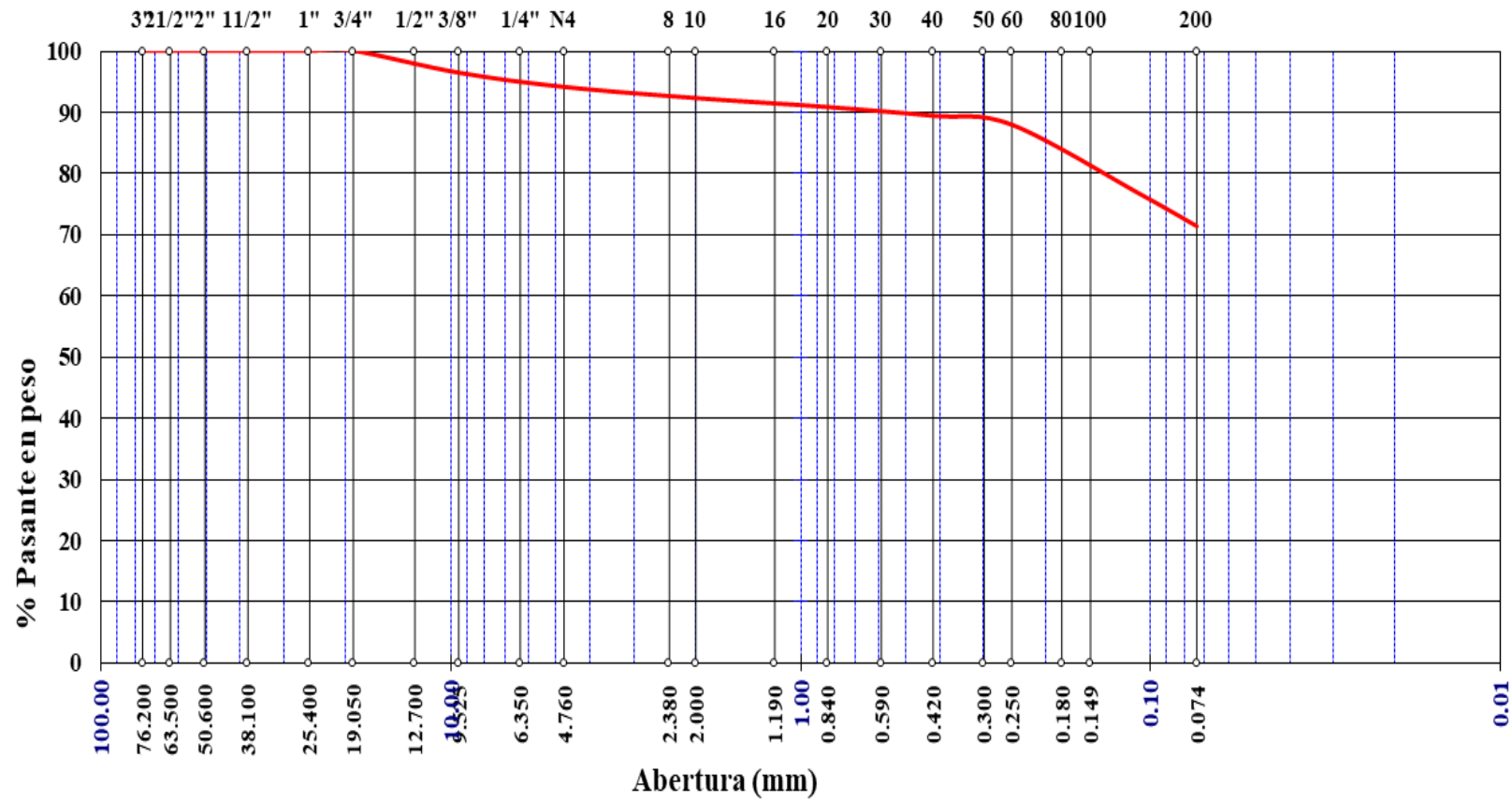
COMPOSICION FISICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULA	
Grava (Nro 4 < $\Phi$ < 3")	7.76 %
Arena (Nro 200 < $\Phi$ < Nro 4)	22.19 %
Fina ( $\Phi$ <Nro 200)	70.05 %
Tamaño Maxima (pul)	3/4"



INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	10/04/2025
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - MGM-01 - NTP.339.128 - ASTM D-422				
<b>Ensayo Granulométrico</b>	<b>MGM-02</b>	<b>Peso Inicial</b>	<b>3674 g</b>		
Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(g)	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	76.200				100.00
2"	50.600				100.00
1 1/2"	38.100				100.00
1"	25.400				100.00
3/4"	19.050				100.00
1/2"	12.700				100.00
3/8"	9.525	131.20	3.57	3.57	96.43
No 4	4.760	84.70	2.31	5.88	94.12
No8	2.380				
No 10	2.000	66.48	1.81	7.69	92.31
No 16	1.190				
No 20	0.840	53.49	1.46	9.14	90.86
No30	0.590				
No 40	0.420	52.49	1.43	10.57	89.43
No 50	0.300				
No60	0.250	53.32	1.45	12.02	87.98
No80	0.180				
No 140	0.106	420.78	11.45	23.47	76.53
No 200	0.074	184.70	5.03	28.50	71.50
< No 200	<b>FONDO</b>	<b>2626.84</b>	71.50	100.00	<b>0.00</b>

COMPOSICION FISICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULA	
Grava (Nro 4 < $\Phi$ < 3")	5.88 %
Arena (Nro 200 < $\Phi$ < Nro 4)	22.63 %
Fina ( $\Phi$ < Nro 200)	71.50 %
Tamaño Maxima (pul)	3/8"

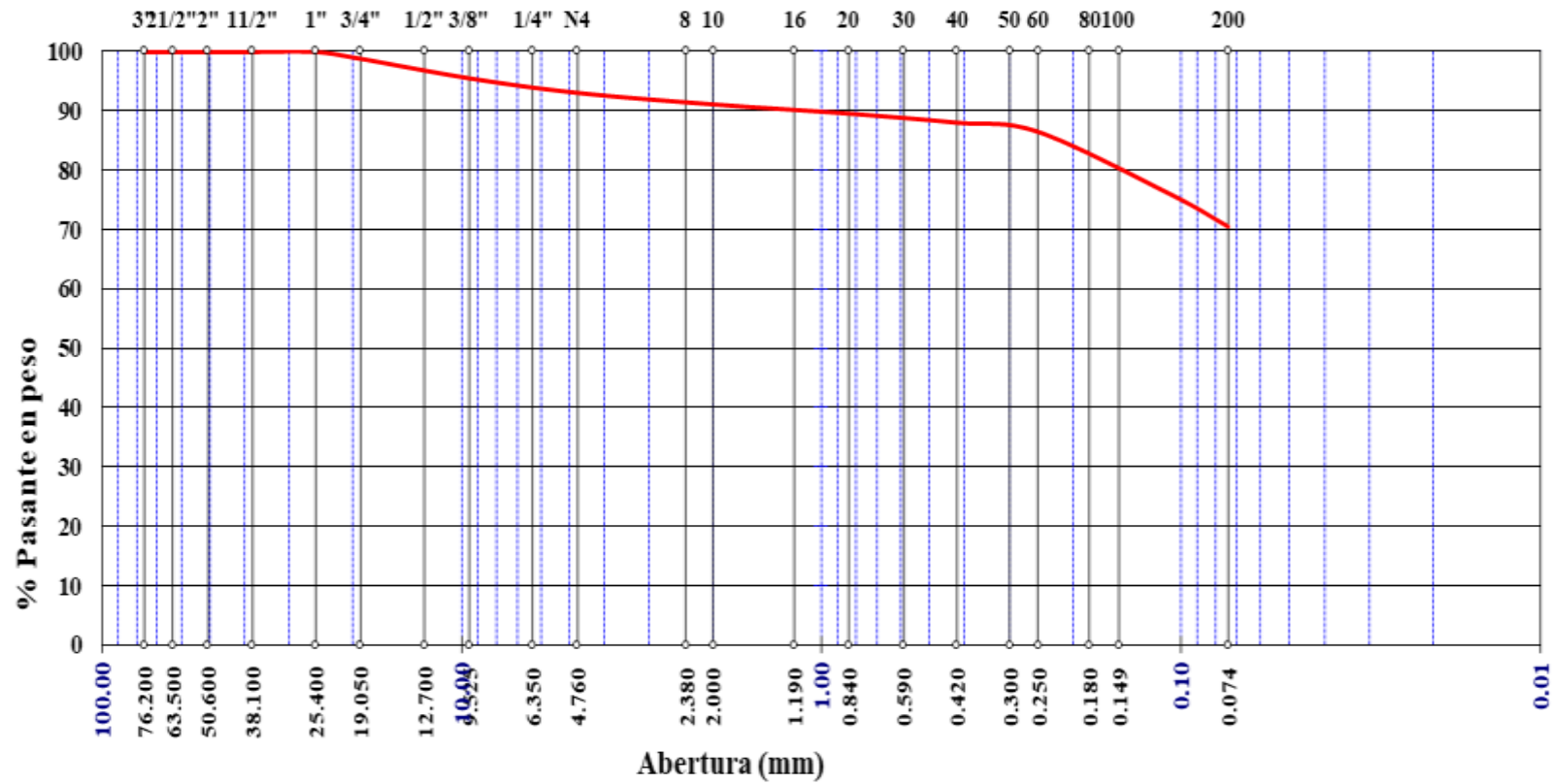
### CURVA GRANULOMETRICA



INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	11/04/2025
TESISTAS:	CHE CYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - MGM-01 - NTP 339.128 - ASTM D-422				
<b>Ensayo Granulometrico</b>		<b>MGM-03</b>	<b>Peso Inicial</b>	<b>3982 g</b>	
<b>Tamices</b>	<b>Abertura</b>	<b>Peso</b>	<b>%Retenido</b>	<b>%Retenido</b>	<b>% Que</b>
<b>ASTM</b>	<b>mm</b>	<b>Retenido(g)</b>	<b>Parcial</b>	<b>Acumulado</b>	<b>Pasa</b>
3"	76.200				100.00
2"	50.600				100.00
1 1/2"	38.100				100.00
1"	25.400				100.00
3/4"	19.050	42.48	1.16	1.16	98.84
1/2"	12.700				
3/8"	9.525	121.05	3.29	4.45	95.55
No 4	4.760	91.06	2.48	6.93	93.07
No8	2.380				
No 10	2.000	71.47	1.95	8.87	91.13
No 16	1.190				
No 20	0.840	57.50	1.57	10.44	89.56
No30	0.590				
No 40	0.420	56.43	1.54	11.98	88.02
No 50	0.300				
No60	0.250	57.32	1.56	13.54	86.46
No80	0.180				
No 140	0.106	393.63	10.71	24.25	75.75
No 200	0.074	196.57	5.35	29.60	70.40
< No 200	<b>FONDO</b>	<b>2894.49</b>	70.40	100.00	<b>0.00</b>

<b>COMPOSICION FISICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULA</b>	
Grava (Nro 4 < Φ < 3")	6.93 %
Arena (Nro 200 < Φ < Nro 4)	22.67 %
Fina ( Φ <Nro 200)	70.40 %
Tamaño Maxima (pul)	3/4"

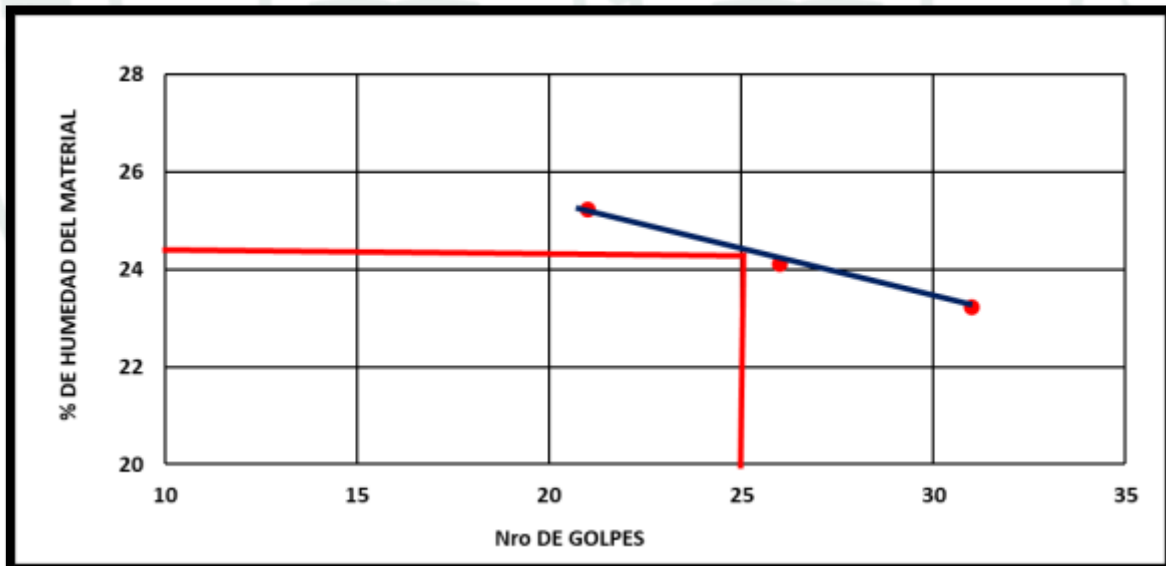
### CURVA GRANULOMETRICA

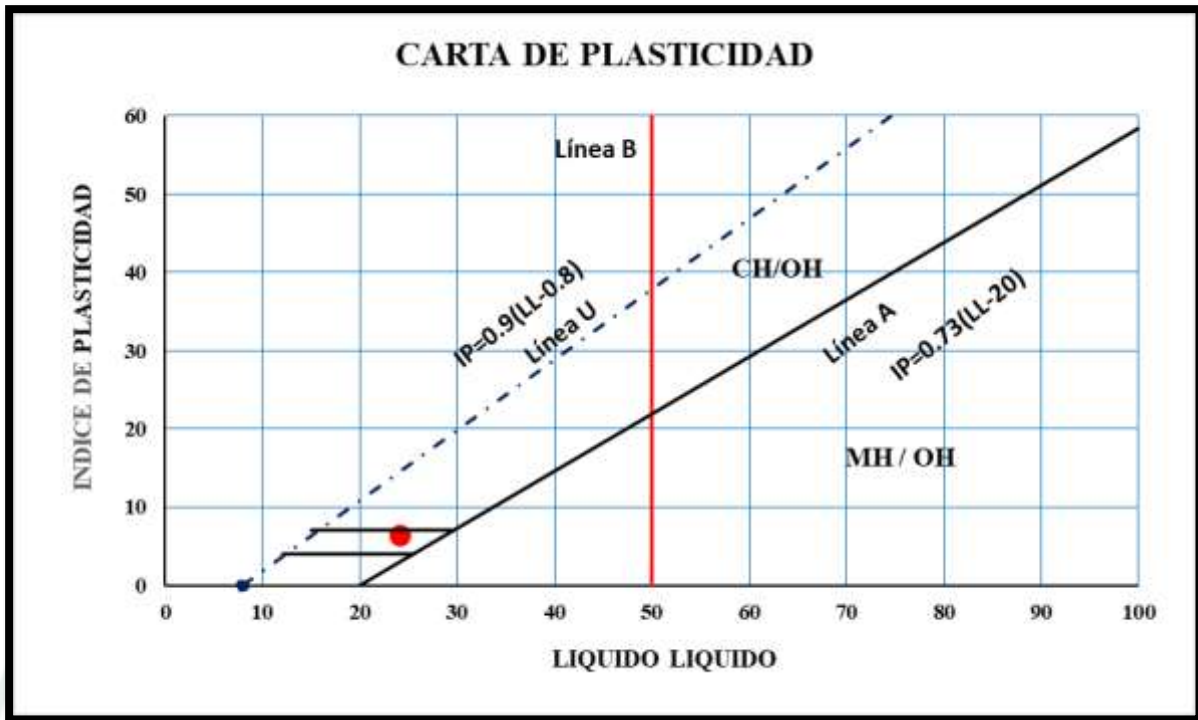


Anexo 5

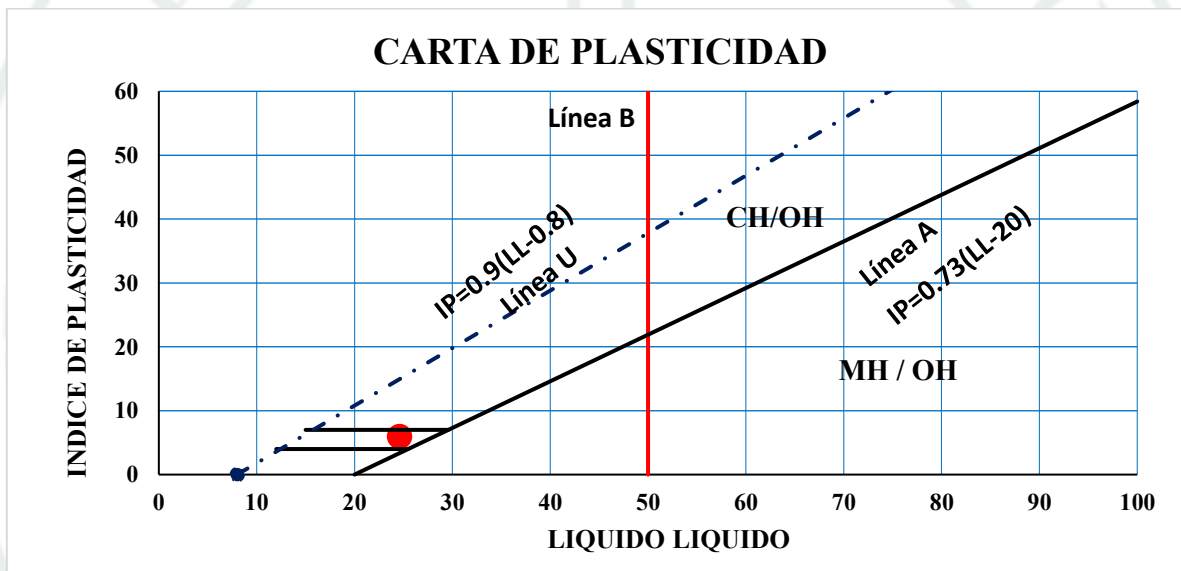
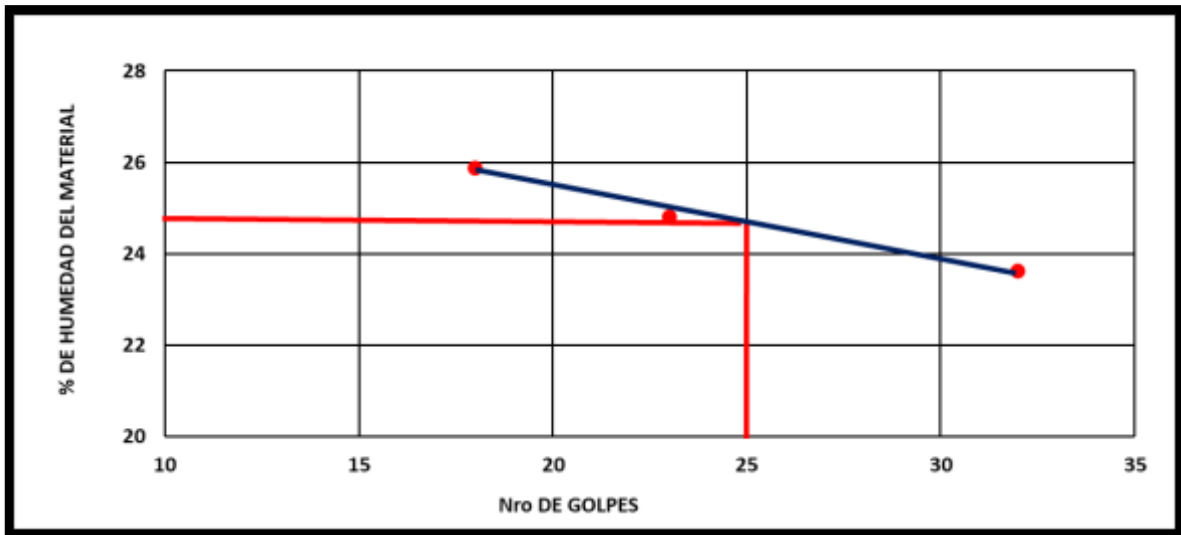
Certificados de laboratorio (Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos)

INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	14/04/2025
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS - MLC-01 - NTP 339.129 - ASTM - 4318				
			<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>LIMITE PLASTICO</b>
Nro Capsula	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05
Masa Tara + Suelo humedo (g)	58.05	63.33	62.38	11.72	11.99
Masa Tara + Suelo seco (g)	55.12	60.09	59.15	11.11	11.28
Masa de Tara	42.51	46.65	46.35	7.56	7.50
Masa de agua (g)	2.93	3.24	3.23	0.61	0.71
Masa de Suelo seco (g)	12.61	13.44	12.8	3.55	3.78
Humedad (%)	23.24	24.11	25.23	17.18	18.78
Nro Golpes	31	26	21		
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>LIMITE PLASTICO</b>		<b>INDICE PLASTICO</b>	
24.26		17.98		6.28	

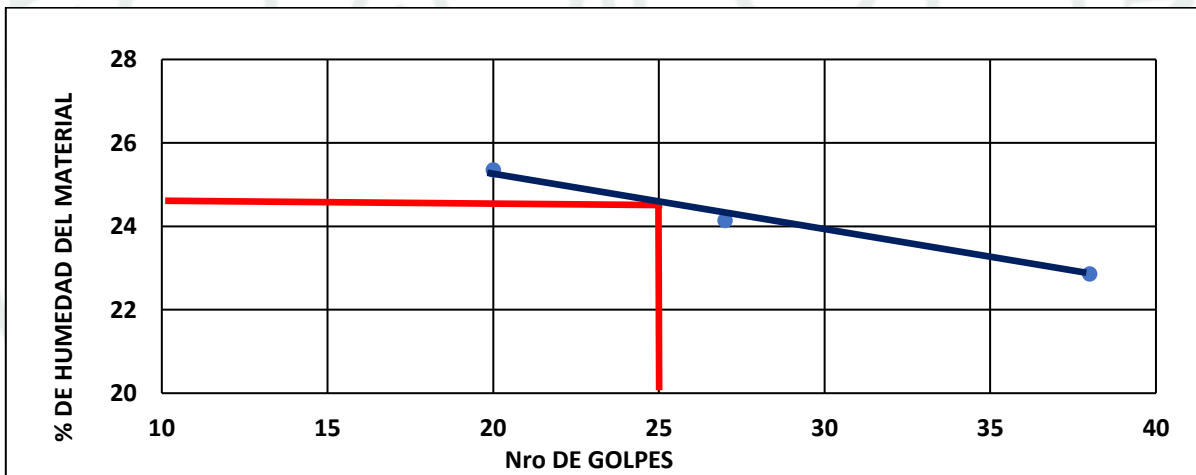


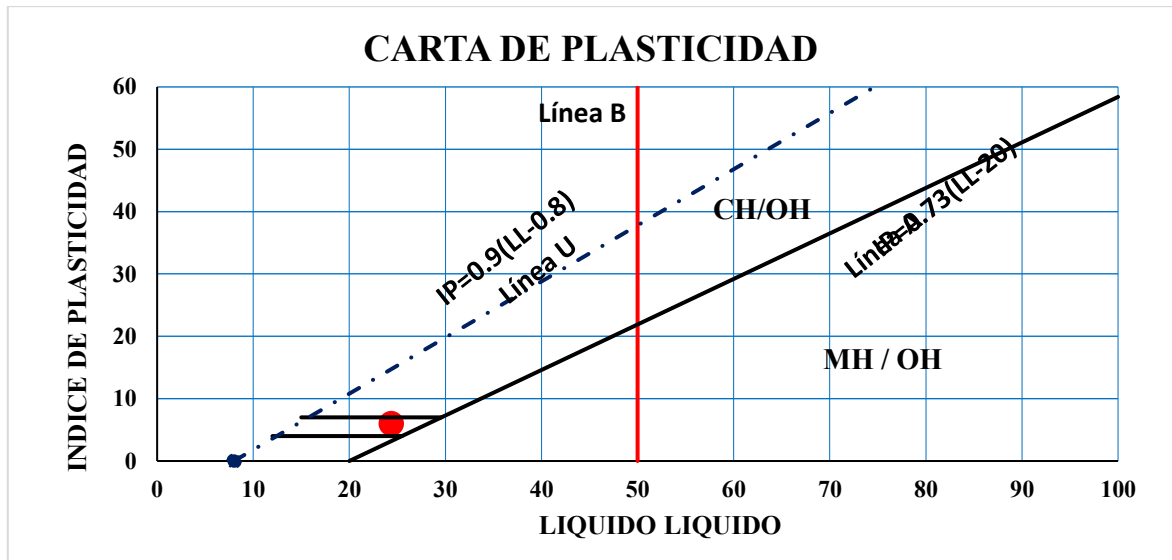


<b>INFORME DE ENSAYO</b>					
<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>					
<b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b>					
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS	<b>FECHA:</b>	14/04/2025		
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN	<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM		
<b>ENSAYO:</b>	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS - MLC-02 - NTP 339.129 - ASTM - 4318				
	<b>LIMITE LIQUIDO</b>			<b>LIMITE PLASTICO</b>	
Nº Capsula	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-06</b>	<b>T-04</b>	<b>T-05</b>
Masa Tara + Suelo humedo (g)	33.98	30.84	29.5	21.43	23.2
Masa Tara + Suelo seco (g)	29.95	27.5	26.57	20.25	21.79
Masa de Tara	14.37	14.03	14.17	13.98	14.1
Masa de agua (g)	4.03	3.34	2.93	1.18	1.41
Masa de Suelo seco (g)	15.58	13.47	12.4	6.27	7.69
Humedad (%)	25.87	24.80	23.63	18.82	18.34
Nº Golpes	18	23	32		
	<b>LIMITE LIQUIDO</b>			<b>LIMITE PLASTICO</b>	
	<b>24.58</b>			<b>6.01</b>	




INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – ME CÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTO ANDINAS			FECHA:	15/04/2025
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS - MLC-03 - NTP 339.129 - ASTM - 4318				
	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLASTICO	
Nro Capsula	T-01	T-02	T-06	T-04	T-05
Masa Tara + Suelo humedo (g)	33.85	30.69	35.11	21.47	23.31
Masa Tara + Suelo seco (g)	29.91	27.45	31.23	20.33	21.85
Masa de Tara	14.37	14.03	14.26	13.98	14.1
Masa de agua (g)	3.94	3.24	3.88	1.14	1.46
Masa de Suelo seco (g)	15.54	13.42	16.97	6.35	7.75
Humedad (%)	25.35	24.14	22.86	17.95	18.84
Nro Golpes	20	27	38		
	LÍMITE LIQUIDO		LÍMITE PLASTICO		INDICE PLASTICO
	24.37		18.40		5.97








Anexo 6

Certificados de laboratorio (Densidad)

INFORME DE ENSAYO						
 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b>						
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			<b>FECHA:</b>	26/05/2025	
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM	
<b>ENSAYO:</b>	DENSIDAD - ADOBE CONVENCIONAL					
ADOBE CONVENCIONAL						
Muestra	Peso (g)	Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
F0-01	5548	147.82	79.00	29.88	3489.368	1.590
F0-02	5523	146.16	78.14	29.41	3358.701	1.644
F0-03	5533	149.05	78.23	29.53	3443.136	1.607
F0-04	5638	148.33	79.34	29.81	3508.058	1.607
F0-05	5659	150.16	79.28	29.53	3515.472	1.610
F0-06	5673	148.69	81.21	29.57	3570.747	1.589
F0-07	5658	148.37	80.72	29.86	3575.988	1.582
F0-08	5573	149.27	80.75	29.76	3586.915	1.554
F0-09	5623	147.42	80.44	29.67	3518.407	1.598
F0-10	5573	149.31	79.67	29.53	3512.749	1.587
F0-11	5528	146.21	80.22	29.34	3441.279	1.606
F0-12	5663	149.37	79.29	29.73	3521.087	1.608
F0-13	5708	147.55	79.99	29.87	3525.414	1.619
F0-14	5598	148.88	80.07	29.74	3545.252	1.579
F0-15	5631	147.31	80.32	29.82	3528.284	1.596
F0-16	5566	148.99	79.94	29.54	3518.291	1.582
F0-17	5664	147.83	80.68	29.81	3555.416	1.593
F0-18	5693	149.11	80.17	29.68	3547.991	1.605
<b>Prom</b>	5614			<b>Prom</b>	3514.586	1.598
<b>Des.Est.</b>	59.84			<b>Des.Est.</b>	55.16	0.019
<b>C.V</b>	1.066			<b>C.V</b>	1.569	1.201

INFORME DE ENSAYO						
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA						
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE						
	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	26/05/2025	
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM	
ENSAYO:	DENSIDAD - ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO					
ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO						
Muestra	Peso (g)	Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
F0.75-01	5390	148.50	76.82	30.025	3425.014	1.574
F0.75-02	5465	147.47	78.32	30.175	3484.886	1.568
F0.75-03	5505	147.97	79.81	30.095	3554.005	1.549
F0.75-04	5465	148.43	77.83	29.845	3447.728	1.585
F0.75-05	5480	147.46	76.54	29.795	3362.725	1.630
F0.75-06	5355	147.97	77.17	30.055	3431.823	1.560
F0.75-07	5355	147.80	79.56	29.805	3504.481	1.528
F0.75-08	5393	147.55	79.21	29.635	3463.572	1.557
F0.75-09	5520	148.63	76.75	29.875	3407.947	1.620
F0.75-10	5365	147.74	77.24	30.085	3433.131	1.563
F0.75-11	5490	148.24	78.21	29.835	3459.025	1.587
F0.75-12	5390	148.49	77.50	29.845	3434.555	1.569
F0.75-13	5535	147.78	78.65	29.995	3486.288	1.588
F0.75-14	5410	147.87	77.54	29.955	3434.592	1.575
F0.75-15	5455	148.65	79.37	29.765	3511.779	1.553
F0.75-16	5476	148.62	77.22	29.845	3425.142	1.599
F0.75-17	5475	148.37	77.07	30.135	3445.900	1.589
F0.75-18	5398	148.51	77.03	29.865	3416.474	1.580
<b>Prom</b>	5440			<b>Prom</b>	3451.615	1.576
<b>Des.Est.</b>	58.26			<b>Des.Est.</b>	44.20	0.025
<b>C.V</b>	1.071			<b>C.V</b>	1.281	1.559

INFORME DE ENSAYO						
 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b>						
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS				<b>FECHA:</b>	27/04/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN				<b>LUGAR</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	DENSIDAD - ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO					
ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO						
Muestra	Peso (g)	Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
F1.25-01	5320	145.20	79.73	29.725	3441.084	1.546
F1.25-02	5328	145.86	78.51	29.365	3362.394	1.585
F1.25-03	5435	146.90	79.60	29.745	3478.213	1.563
F1.25-04	5417	146.86	78.60	29.745	3433.465	1.578
F1.25-05	5335	146.48	78.16	29.635	3392.824	1.572
F1.25-06	5385	147.80	80.22	29.605	3509.843	1.534
F1.25-07	5400	147.11	78.68	29.405	3403.515	1.587
F1.25-08	5350	145.74	78.64	29.955	3433.141	1.558
F1.25-09	5370	146.97	78.35	29.715	3421.712	1.569
F1.25-10	5315	146.39	79.68	29.395	3428.737	1.550
F1.25-11	5400	146.71	78.44	29.705	3418.431	1.580
F1.25-12	5300	145.39	79.72	29.575	3427.888	1.546
F1.25-13	5270	146.77	80.40	29.565	3488.761	1.511
F1.25-14	5530	146.34	79.97	29.325	3431.849	1.611
F1.25-15	5335	146.26	79.19	29.885	3461.379	1.541
F1.25-16	5385	147.10	79.82	29.275	3437.331	1.567
F1.25-17	5543	146.88	78.99	29.975	3477.715	1.594
F1.25-18	5380	146.03	78.30	29.585	3382.793	1.590
<b>Prom</b>	5378			<b>Prom</b>	3435.060	1.566
<b>Des.Est.</b>	72.07			<b>Des.Est.</b>	37.77	0.025
<b>C.V</b>	1.340			<b>C.V</b>	1.099	1.578

INFORME DE ENSAYO						
 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b>						
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS				<b>FECHA:</b>	28/04/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHE CYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN				<b>LUGAR</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	DENSIDAD - ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO					
ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO						
Muestra	Peso (g)	Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
F1.50-01	5355	145.96	78.60	29.845	3423.946	1.564
F1.50-02	5395	147.37	79.40	29.785	3484.917	1.548
F1.50-03	5365	148.75	76.09	29.855	3378.769	1.588
F1.50-04	5420	146.15	79.34	29.615	3433.862	1.578
F1.50-05	5440	148.44	78.95	29.385	3443.611	1.580
F1.50-06	5270	148.14	79.19	29.495	3460.112	1.523
F1.50-07	5280	147.64	78.37	29.335	3394.220	1.556
F1.50-08	5300	146.29	78.34	29.695	3403.153	1.557
F1.50-09	5391	147.41	77.82	29.865	3425.947	1.574
F1.50-10	5360	147.10	78.44	29.335	3384.826	1.584
F1.50-11	5335	146.11	77.79	29.925	3401.245	1.569
F1.50-12	5290	147.65	76.55	29.785	3366.482	1.571
F1.50-13	5370	146.65	78.40	29.865	3433.687	1.564
F1.50-14	5335	148.63	76.14	29.865	3379.729	1.579
F1.50-15	5350	146.74	79.16	29.335	3407.536	1.570
F1.50-16	5300	146.42	79.39	29.945	3480.892	1.523
F1.50-17	5370	148.29	78.22	29.255	3393.359	1.583
F1.50-18	5423	148.12	79.71	29.755	3513.067	1.544
<b>Prom</b>	5353			<b>Prom</b>	3422.742	1.564
<b>Des.Est.</b>	50.53			<b>Des.Est.</b>	41.04	0.019
<b>C.V</b>	0.944			<b>C.V</b>	1.199	1.234

Anexo 7

Certificados de laboratorio (Succión)

INFORME DE ENSAYO							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE							
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS					<b>FECHA:</b>	19/06/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN					<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	SUCCIÓN - ADOBE CONVENCIONAL - NTP 399.604 - NTP 399.613						
ADOBE CONVENCIONAL							
Muestra	Peso Seco (g)	Tiempo Succion (min)	Peso agua Succionada (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Succión (g/min/200cm <sup>2</sup> )
S0-01	5662	1.0	5752	303.43	152.07	461.426	39.010
S0-02	5469	1.0	5560	305.44	150.60	459.993	39.566
S0-03	5592	1.0	5685	305.63	150.67	460.493	40.392
S0-04	5476	1.0	5568	306.17	150.66	461.276	39.889
S0-05	5604	1.0	5696	303.07	151.95	460.515	39.955
S0-06	5591	1.0	5682	304.02	151.36	460.165	39.551
Promedio	5566	1.0	5657	304.63	151.22	460.644	39.727

INFORME DE ENSAYO							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE							
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS					<b>FECHA:</b>	19/06/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN					<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	SUCCIÓN - ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO - NTP 399.604 - NTP 399.613						
ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO							
Muestra	Peso Seco (g)	Tiempo Succion (min)	Peso agua Succionada (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Succión (g/min/200cm <sup>2</sup> )
S0.75-01	5280	1.0	5356	304.45	153.49	467.300	32.527
S0.75-02	5413	1.0	5488	303.15	149.9	454.422	33.009
S0.75-03	5383	1.0	5458	299.86	153.19	459.356	32.654
S0.75-04	5334	1.0	5410	296.32	154.17	456.837	33.272
S0.75-05	5410	1.0	5487	304.38	152.15	463.114	33.253
S0.75-06	5360	1.0	5438	304.89	152.2	464.043	33.618
Promedio	5363	1.0	5439.5	302.175	152.517	460.845	33.056

INFORME DE ENSAYO							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE							
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS	FECHA:	19/06/2025				
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN	LUGAR:	LABORATORIO UCSM				
ENSAYO:	SUCCIÓN - ADOBE CON 1.00% FIBRA DE OVINO - NTP 399.604 - NTP 399.613						
ADOBE CON 1.00% FIBRA DE OVINO							
Muestra	Peso Seco (g)	Tiempo Succion (min)	Peso agua Succionada (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Succión (g/min/200cm <sup>2</sup> )
S1.0-01	5420	1.0	5489	296.67	157.55	467.404	29.525
S1.0-02	5396	1.0	5466	293.87	148.03	435.016	32.183
S1.0-03	5406	1.0	5473	297.77	149.66	445.643	30.069
S1.0-04	5408	1.0	5478	299.91	153.58	460.602	30.395
S1.0-05	5412	1.0	5483	303.04	149.61	453.378	31.320
S1.0-06	5417	1.0	5483	295.82	156.76	463.727	28.465
Promedio	5410	1.0	5479	297.85	152.53	454.295	30.326

INFORME DE ENSAYO							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE							
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS	FECHA:	20/06/2025				
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN	LUGAR:	LABORATORIO UCSM				
ENSAYO:	SUCCIÓN - ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO - NTP 399.604 - NTP 399.613						
ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO							
Muestra	Peso Seco (g)	Tiempo Succion (min)	Peso agua Succionada (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Succión (g/min/200cm <sup>2</sup> )
S1.25-01	5475	1.0	5539	296.76	147.85	438.760	29.173
S1.25-02	5268	1.0	5338	301.65	147.46	444.813	31.474
S1.25-03	5340	1.0	5405	297.88	148.33	441.845	29.422
S1.25-04	5463	1.0	5528	302.58	148.63	449.725	28.907
S1.25-05	5309	1.0	5374	291.56	151.67	442.209	29.398
S1.25-06	5382	1.0	5449	294.01	150.99	443.926	30.185
Promedio	5372.8	1.0	5439	297.41	149.16	443.546	29.760

INFORME DE ENSAYO							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE							
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS					FECHA:	20/06/2025
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN					LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	SUCCIÓN - ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO - NTP 399.604 - NTP 399.613						
ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO							
Muestra	Peso Seco (g)	Tiempo Succion (min)	Peso agua Succionada (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm2)	Succión (g/min/200cm2)
S1.5-01	5269	1.0	5331	300.4	147.35	442.639	28.014
S1.5-02	5262	1.0	5328	305.26	151.32	461.919	28.576
S1.5-03	5297	1.0	5363	300.79	147.46	443.545	29.760
S1.5-04	5277	1.0	5344	304.25	147.87	449.894	29.785
S1.5-05	5318	1.0	5386	307.01	149.02	457.506	29.726
S1.5-06	5275	1.0	5341	297.92	150.49	448.340	29.442
Promedio	5283	1.0	5349	302.61	148.92	450.641	29.217

Anexo 8

Certificados de laboratorio (Absorción)

INFORME DE ENSAYO							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE							
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS					<b>FECHA:</b>	23/06/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN					<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	ABSORCIÓN - ADOBE CONVENCIONAL - ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO - NTP 399.604 - NTP 399.613						
ADOBE CONVENCIONAL				ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO			
Muestra	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción (%)	Muestra	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción (%)
A0-01	5651	6781	20.00	A0.75-01	5416	6356	17.36
A0-02	5529	6628	19.88	A0.75-02	5222	6206	18.84
A0-03	5526	6661	20.54	A0.75-03	5498	6494	18.12
A0-04	5634	6820	21.05	A0.75-04	5456	6433	17.91
A0-05	5539	6783	22.46	A0.75-05	5424	6431	18.57
A0-06	5447	6592	21.02	A0.75-06	5372	6402	19.17
Promedio	5554	6711	20.82	Promedio	5398	6387	18.33

INFORME DE ENSAYO											
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA											
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE											
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS								<b>FECHA:</b>	23/06/2025	
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN								<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM	
<b>ENSAYO:</b>	ABSORCIÓN - ADOBE CON 1.00%, 1.25% y 1.50% FIBRA DE OVINO - - NTP 399.604 - NTP 399.613										
ADOBE CON 1.00% FIBRA DE OVINO				ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO				ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO			
Muestra	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción (%)	Muestra	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción (%)	Muestra	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción (%)
A1.0-01	5396	6298	16.72	A1.25-01	5298	6160	16.27	A1.5-01	5261	6038	14.77
A1.0-02	5413	6367	17.62	A1.25-02	5472	6269	14.57	A1.5-02	5267	6043	14.73
A1.0-03	5375	6310	17.40	A1.25-03	5389	6232	15.64	A1.5-03	5335	6091	14.17
A1.0-04	5410	6329	16.99	A1.25-04	5468	6249	14.28	A1.5-04	5273	6005	13.88
A1.0-05	5413	6343	17.18	A1.25-05	5453	6262	14.84	A1.5-05	5310	6070	14.31
A1.0-06	5367	6238	16.23	A1.25-06	5364	6190	15.40	A1.5-06	5266	6060	15.08
Promedio	5396	6314	17.02	Promedio	5407	6227	15.17	Promedio	5285	6051	14.49

Anexo 9

Certificados de laboratorio (Alabeo)

INFORME DE ENSAYO				
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA				
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE				
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS		FECHA:	02/06/2025
TESISTAS:	CHE CYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARE CCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN		LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	ALABEO - ADOBE CONVENCIONAL - NTP 399.613			
ADOBE CONVENCIONAL				
Muestra	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)	
	Concavidad	Convexidad	Concavidad	Convexidad
F0-01	2.20	0.00	0.20	0.00
F0-02	3.80	0.00	0.50	0.00
F0-03	3.50	0.00	0.70	0.00
F0-04	3.00	0.00	0.40	0.00
F0-05	1.90	0.00	0.00	0.00
F0-06	3.20	0.00	0.80	0.00
F0-07	3.50	0.00	0.60	0.00
F0-08	0.70	0.00	0.20	0.00
F0-09	1.50	0.00	0.70	0.00
F0-10	3.40	0.00	0.70	0.00
F0-11	3.80	0.00	0.20	0.00
F0-12	3.60	0.00	0.40	0.00
F0-13	2.30	0.00	0.10	0.00
F0-14	3.70	0.00	0.30	0.00
F0-15	1.10	0.00	0.40	0.00
F0-16	3.30	0.00	0.50	0.00
F0-17	1.50	0.00	0.40	0.00
F0-18	2.40	0.00	0.20	0.00
Promedio	2.69		0.41	
Promedio Convexidad (mm)			1.55	
Promedio Concavidad (mm)			0.00	
Promedio Alabeo (mm)			1.55	

INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	02/06/2025
TESISTAS:	CHE CYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	ALABEO - ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO - NTP 399.613				
<b>ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO</b>					
Muestra	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		
	Concavidad	Convexidad	Concavidad	Convexidad	
F0.75-01	3.20	0.00	0.30	0.00	
F0.75-02	2.00	0.00	0.20	0.00	
F0.75-03	3.40	0.00	0.30	0.00	
F0.75-04	3.60	0.00	0.20	0.00	
F0.75-05	2.40	0.00	0.40	0.00	
F0.75-06	2.20	0.00	0.10	0.00	
F0.75-07	0.40	0.00	0.60	0.00	
F0.75-08	1.20	0.00	0.50	0.00	
F0.75-09	2.00	0.00	0.40	0.00	
F0.75-10	1.20	0.00	0.50	0.00	
F0.75-11	2.60	0.00	0.50	0.00	
F0.75-12	2.50	0.00	0.60	0.00	
F0.75-13	3.10	0.00	0.80	0.00	
F0.75-14	3.10	0.00	0.00	0.00	
F0.75-15	2.50	0.00	0.20	0.00	
F0.75-16	2.50	0.00	0.80	0.00	
F0.75-17	2.70	0.00	0.60	0.00	
F0.75-18	2.90	0.00	0.60	0.00	
Promedio	2.42		0.42		
Promedio Convexidad (mm)			1.42		
Promedio Concavidad (mm)			0.00		
Promedio Alabeo (mm)			1.42		


INFORME DE ENSAYO				
<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>				
<b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b>				
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS		<b>FECHA:</b>	02/06/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN		<b>LUGAR</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	ALABEO - ADOBE CON 1.00% FIBRA DE OVINO - NTP 399.613			
<b>ADOBE CON 1.0% FIBRA DE OVINO</b>				
Muestra	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)	
	Concavidad	Convexidad	Concavidad	Convexidad
F1.0-01	0.30	0.00	0.9	0.00
F1.0-02	3.50	0.00	0.5	0.00
F1.0-03	3.50	0.00	0.9	0.00
F1.0-04	2.40	0.00	0.1	0.00
F1.0-05	3.40	0.00	0.2	0.00
F1.0-06	0.80	0.00	0.4	0.00
F1.0-07	3.60	0.00	0.4	0.00
F1.0-08	3.50	0.00	0.1	0.00
F1.0-09	0.90	0.00	0.5	0.00
F1.0-10	1.10	0.00	0.6	0.00
F1.0-11	1.70	0.00	0.3	0.00
F1.0-12	3.90	0.00	0.1	0.00
F1.0-13	2.90	0.00	0.2	0.00
F1.0-14	1.80	0.00	0.9	0.00
F1.0-15	3.50	0.00	0.9	0.00
F1.0-16	0.90	0.00	0.4	0.00
F1.0-17	2.90	0.00	0.2	0.00
F1.0-18	1.90	0.00	0.4	0.00
Promedio	2.36		0.44	
Promedio Convexidad (mm)			1.40	
Promedio Concavidad (mm)			0.00	
Promedio Alabeo (mm)			1.40	

INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	03/06/2025
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	ALABEO - ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO - NTP 399.613				
ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO					
Muestra	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		
	Concavidad	Convexidad	Concavidad	Convexidad	
F1.25-01	3.30	0.00	0.50	0.00	
F1.25-02	0.70	0.00	0.30	0.00	
F1.25-03	1.90	0.00	0.50	0.00	
F1.25-04	0.90	0.00	0.60	0.00	
F1.25-05	3.10	0.00	0.30	0.00	
F1.25-06	2.60	0.00	0.20	0.00	
F1.25-07	3.50	0.00	0.40	0.00	
F1.25-08	3.80	0.00	0.30	0.00	
F1.25-09	3.40	0.00	0.30	0.00	
F1.25-10	3.20	0.00	0.30	0.00	
F1.25-11	2.40	0.00	0.20	0.00	
F1.25-12	0.30	0.00	0.80	0.00	
F1.25-13	3.20	0.00	0.30	0.00	
F1.25-14	2.40	0.00	0.20	0.00	
F1.25-15	0.60	0.00	0.70	0.00	
F1.25-16	2.10	0.00	0.40	0.00	
F1.25-17	3.40	0.00	0.70	0.00	
F1.25-18	1.10	0.00	0.60	0.00	
Promedio	2.33		0.42		
Promedio Convexidad (mm)			1.38		
Promedio Concavidad (mm)			0.00		
Promedio Alabeo (mm)			1.38		


INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	03/06/2025
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	ALABEO - ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO - NTP 399.613				
ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO					
Muestra	CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)		
	Concavidad	Convexidad	Concavidad	Convexidad	
F1.5-01	2.60	0.00	0.60	0.00	
F1.5-02	3.80	0.00	0.60	0.00	
F1.5-03	0.50	0.00	0.00	0.00	
F1.5-04	1.10	0.00	0.60	0.00	
F1.5-05	3.60	0.00	0.70	0.00	
F1.5-06	3.00	0.00	0.40	0.00	
F1.5-07	1.30	0.00	0.20	0.00	
F1.5-08	3.60	0.00	0.60	0.00	
F1.5-09	3.50	0.00	0.30	0.00	
F1.5-10	0.90	0.00	0.50	0.00	
F1.5-11	1.80	0.00	0.20	0.00	
F1.5-12	3.30	0.00	0.70	0.00	
F1.5-13	1.80	0.00	0.20	0.00	
F1.5-14	2.20	0.00	0.60	0.00	
F1.5-15	2.80	0.00	0.90	0.00	
F1.5-16	1.80	0.00	0.40	0.00	
F1.5-17	0.80	0.00	0.20	0.00	
F1.5-18	3.20	0.00	0.30	0.00	
Promedio	2.31		0.44		
Promedio Convexidad (mm)			1.38		
Promedio Concavidad (mm)			0.00		
Promedio Alabeo (mm)			1.38		

Anexo 10

Resistencia a la compresión

INFORME DE ENSAYO					
 <p><b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b></p> <p><b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b></p>					
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			<b>FECHA:</b>	09/06/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHE CYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CONVENCIONAL - E.080				
ADOBE CONVENCIONAL					
Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Esfuerzo Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
C0-01	100.58	99.19	99.763	2009.0	20.138
C0-02	100.44	98.98	99.413	2133.0	21.456
C0-03	99.83	97.92	97.754	2135.0	21.841
C0-04	99.62	98.59	98.215	2086.0	21.239
C0-05	101.07	98.05	99.099	2090.0	21.090
C0-06	99.50	99.11	98.614	2082.0	21.113
C0-07	98.89	99.03	97.931	2139.0	21.842
C0-08	100.25	98.61	98.857	2113.0	21.374
C0-09	100.15	98.18	98.327	2151.0	21.876
C0-10	100.95	98.10	99.032	2081.0	21.013
C0-11	101.46	98.10	99.532	2073.0	20.827
C0-12	101.37	98.05	99.393	2083.0	20.957
C0-13	98.95	97.17	96.150	2147.0	22.330
C0-14	99.47	98.96	98.436	2087.0	21.202
C0-15	100.98	98.04	99.001	2051.0	20.717
C0-16	99.04	99.27	98.317	2106.0	21.421
C0-17	98.99	99.09	98.089	2067.0	21.073
C0-18	100.66	97.95	98.596	2046.0	20.751
				Prom	21.237
				Des.Est.	0.515
				C.V	2.425

INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	10/06/2025
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO - E.080				
ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO					
Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Esfuerzo Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
C0.75-01	99.25	99.76	99.009	2470.0	24.947
C0.75-02	99.92	99.15	99.070	2521.0	25.447
C0.75-03	100.30	99.30	99.600	2565.0	25.753
C0.75-04	100.10	99.71	99.812	2584.0	25.889
C0.75-05	98.13	97.88	96.042	2354.0	24.510
C0.75-06	97.37	98.56	95.963	2317.0	24.145
C0.75-07	98.38	98.53	96.934	2279.0	23.511
C0.75-08	100.59	99.07	99.650	2439.0	24.476
C0.75-09	98.78	96.08	94.908	2364.0	24.908
C0.75-10	99.25	96.18	95.459	2409.0	25.236
C0.75-11	97.87	99.44	97.322	2377.0	24.424
C0.75-12	99.06	97.09	96.177	2386.0	24.808
C0.75-13	97.45	97.30	94.819	2317.0	24.436
C0.75-14	98.73	98.58	97.328	2459.0	25.265
C0.75-15	98.31	99.10	97.425	2551.0	26.184
C0.75-16	98.78	99.11	97.901	2480.0	25.332
C0.75-17	99.29	97.86	97.165	2413.0	24.834
C0.75-18	98.24	97.06	95.352	2413.0	25.306
				Prom	24.967
				Des.Est.	0.662
				C.V	2.653


INFORME DE ENSAYO					
 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b>					
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			<b>FECHA:</b>	11/06/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CON 1.00% FIBRA DE OVINO - E.080				
ADOBE CON 1.0 % FIBRA DE OVINO					
Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Esfuerzo Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
C1.00-01	98.51	98.56	97.089	2781.0	28.644
C1.00-02	97.99	97.29	95.332	2779.0	29.151
C1.00-03	98.36	97.50	95.896	2781.0	29.000
C1.00-04	97.24	98.53	95.813	2751.0	28.712
C1.00-05	99.32	99.38	98.704	2962.0	30.009
C1.00-06	99.30	97.39	96.711	2776.0	28.704
C1.00-07	97.02	97.61	94.704	2684.0	28.341
C1.00-08	97.35	97.47	94.887	2743.0	28.908
C1.00-09	98.41	98.57	96.993	2837.0	29.250
C1.00-10	99.66	98.03	97.697	2876.0	29.438
C1.00-11	98.10	100.82	98.900	2879.0	29.110
C1.00-12	97.89	98.73	96.647	2700.0	27.937
C1.00-13	96.93	98.80	95.767	2845.0	29.708
C1.00-14	99.30	98.92	98.228	2912.0	29.645
C1.00-15	99.67	98.01	97.687	2876.0	29.441
C1.00-16	98.87	97.74	96.636	2760.0	28.561
C1.00-17	98.73	98.19	96.943	2839.0	29.285
C1.00-18	97.99	98.18	96.207	2837.0	29.489
				Prom	29.074
				Des.Est.	0.526
				C.V	1.809


INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	12/06/2025
TESISTAS:	CHE CYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO - E.080				
ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO					
Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Esfuerzo Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
C1.25-01	99.80	99.07	98.872	3295.0	33.326
C1.25-02	98.63	98.64	97.291	3135.0	32.223
C1.25-03	100.57	98.69	99.248	3261.0	32.857
C1.25-04	101.03	98.67	99.691	3237.0	32.470
C1.25-05	99.80	100.26	100.054	3237.0	32.352
C1.25-06	98.81	99.92	98.733	3253.0	32.947
C1.25-07	99.51	99.89	99.393	3191.0	32.105
C1.25-08	99.18	100.71	99.884	3376.0	33.799
C1.25-09	97.78	99.76	97.548	3148.0	32.271
C1.25-10	98.51	98.55	97.082	3123.0	32.169
C1.25-11	99.20	97.91	97.122	3049.0	31.394
C1.25-12	97.44	97.88	95.379	3145.0	32.974
C1.25-13	97.90	99.74	97.643	3029.0	31.021
C1.25-14	98.94	99.03	97.980	3205.0	32.711
C1.25-15	100.10	97.37	97.467	2986.0	30.636
C1.25-16	97.68	100.85	98.510	3286.0	33.357
C1.25-17	97.79	99.06	96.871	3078.0	31.774
C1.25-18	98.50	98.14	96.668	3195.0	33.051
				Prom	32.413
				Des.Est.	0.830
				C.V	2.559


INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	13/06/2025
TESISTAS:	CHE CYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO UCSM
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO - E.080				
ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO					
Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Esfuerzo Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
C1.50-01	100.20	97.96	98.158	2757.0	28.087
C1.50-02	99.39	99.10	98.493	2680.0	27.210
C1.50-03	100.51	99.23	99.736	2684.0	26.911
C1.50-04	98.25	100.34	98.579	2684.0	27.227
C1.50-05	98.64	98.06	96.729	2537.0	26.228
C1.50-06	98.16	98.22	96.408	2620.0	27.176
C1.50-07	98.36	99.32	97.686	2614.0	26.759
C1.50-08	97.95	99.74	97.698	2714.0	27.780
C1.50-09	99.76	99.13	98.882	2756.0	27.872
C1.50-10	98.06	98.63	96.717	2618.0	27.069
C1.50-11	98.87	99.37	98.240	2694.0	27.423
C1.50-12	97.83	98.84	96.695	2666.0	27.571
C1.50-13	100.75	98.89	99.632	2818.0	28.284
C1.50-14	98.89	99.52	98.415	2854.0	29.000
C1.50-15	98.80	99.39	98.197	2805.0	28.565
C1.50-16	100.38	98.75	99.125	2805.0	28.298
C1.50-17	96.04	100.85	96.856	2747.0	28.362
C1.50-18	99.50	98.49	97.99755	2742.0	27.980
				Prom	27.656
				Des.Est.	0.716
				C.V	2.588


Anexo 11


Resistencia a la flexión

INFORME DE ENSAYO					
 <p><b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b></p> <p><b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b></p>					
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			<b>FECHA:</b>	16/06/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE CONVENCIONAL - NTP 399.613				
ADOBE CONVENCIONAL					
Muestra	Distancia entre apoyos (cm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Carga (Kg)	Resistencia a Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
F0-01	19.90	147.82	79.000	229.0	7.409
F0-02	19.90	146.16	78.137	238.0	7.961
F0-03	19.90	149.05	78.230	260.0	8.509
F0-04	19.90	148.33	79.337	250.0	7.993
F0-05	19.90	150.16	79.282	242.0	7.654
F0-06	19.90	148.69	81.212	257.0	7.823
F0-07	19.90	148.37	80.715	249.0	7.689
F0-08	19.90	149.27	80.745	247.0	7.576
F0-09	19.90	147.42	80.440	256.0	8.011
F0-10	19.90	149.31	79.670	254.0	8.000
F0-11	19.90	146.21	80.220	251.0	7.963
F0-12	19.90	149.37	79.290	238.0	7.565
F0-13	19.90	147.55	79.990	250.0	7.904
F0-14	19.90	148.88	80.070	231.0	7.224
F0-15	19.90	147.31	80.320	258.0	8.104
F0-16	19.90	148.99	79.940	241.0	7.556
F0-17	19.90	147.83	80.680	253.0	7.848
F0-18	19.90	149.11	80.170	251.0	7.818
				Prom	7.811
				Des.Est.	0.293
				C.V	3.756

INFORME DE ENSAYO					
 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b>					
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			<b>FECHA:</b>	16/06/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO - NTP 399.613				
ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO					
Muestra	Distancia entre apoyos (cm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Carga (Kg)	Resistencia a Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
F0.75-01	19.90	148.50	76.818	294.0	10.015
F0.75-02	19.90	147.47	78.315	303.0	10.000
F0.75-03	19.90	147.97	79.810	324.0	10.261
F0.75-04	19.90	148.43	77.830	307.0	10.192
F0.75-05	19.90	147.46	76.540	299.0	10.332
F0.75-06	19.90	147.97	77.168	296.0	10.028
F0.75-07	19.90	147.80	79.555	295.0	9.414
F0.75-08	19.90	147.55	79.210	307.0	9.899
F0.75-09	19.90	148.63	76.750	318.0	10.842
F0.75-10	19.90	147.74	77.240	301.0	10.194
F0.75-11	19.90	148.24	78.210	318.0	10.468
F0.75-12	19.90	148.49	77.500	289.0	9.673
F0.75-13	19.90	147.78	78.650	298.0	9.731
F0.75-14	19.90	147.87	77.540	294.0	9.871
F0.75-15	19.90	148.65	79.370	325.0	10.360
F0.75-16	19.90	148.62	77.220	307.0	10.341
F0.75-17	19.90	148.37	77.070	306.0	10.365
F0.75-18	19.90	148.51	77.030	301.0	10.196
				Prom	10.121
				Des.Est.	0.333
				C.V	3.290


INFORME DE ENSAYO					
 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b>					
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			<b>FECHA:</b>	17/06/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE CON 1.00% FIBRA DE OVINO - NTP 399.613				
ADOBE CON 1.0 % FIBRA DE OVINO					
Muestra	Distancia entre apoyos (cm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Carga (Kg)	Resistencia a Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
F1.00-01	19.90	145.96	77.980	352.0	11.838
F1.00-02	19.90	148.60	78.128	376.0	12.374
F1.00-03	19.90	146.22	78.068	372.0	12.461
F1.00-04	19.90	148.18	78.125	350.0	11.551
F1.00-05	19.90	146.64	80.023	350.0	11.126
F1.00-06	19.90	148.28	80.015	382.0	12.011
F1.00-07	19.90	146.36	79.850	360.0	11.515
F1.00-08	19.90	147.00	79.380	357.0	11.505
F1.00-09	19.90	147.31	78.840	354.0	11.540
F1.00-10	19.90	147.63	78.540	356.0	11.669
F1.00-11	19.90	146.65	78.150	382.0	12.731
F1.00-12	19.90	147.91	79.730	373.0	11.842
F1.00-13	19.90	146.33	78.130	350.0	11.696
F1.00-14	19.90	148.10	78.580	377.0	12.306
F1.00-15	19.90	147.35	79.270	375.0	12.089
F1.00-16	19.90	148.29	80.010	387.0	12.169
F1.00-17	19.90	146.19	79.800	361.0	11.575
F1.00-18	19.90	146.75	79.180	358.0	11.615
				Prom	11.867
				Des.Est.	0.416
				C.V	3.504

<b>INFORME DE ENSAYO</b>					
<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>					
<b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b>					
	<b>INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS</b>			<b>FECHA:</b>	17/06/2025
				<b>TESISTAS: CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN</b>	
<b>ENSAYO:</b>	<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO - NTP 399.613</b>				
<b>ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO</b>					
Muestra	Distancia entre apoyos (cm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Carga (Kg)	Resistencia a Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
F1.25-01	19.90	145.20	79.730	399.0	12.904
F1.25-02	19.90	145.86	78.505	400.0	13.283
F1.25-03	19.90	146.90	79.600	430.0	13.790
F1.25-04	19.90	146.86	78.600	408.0	13.423
F1.25-05	19.90	146.48	78.158	397.0	13.244
F1.25-06	19.90	147.80	80.215	408.0	12.806
F1.25-07	19.90	147.11	78.680	406.0	13.308
F1.25-08	19.90	145.74	78.640	424.0	14.042
F1.25-09	19.90	146.97	78.350	400.0	13.234
F1.25-10	19.90	146.39	79.680	414.0	13.296
F1.25-11	19.90	146.71	78.440	389.0	12.863
F1.25-12	19.90	145.39	79.720	415.0	13.407
F1.25-13	19.90	146.77	80.400	422.0	13.277
F1.25-14	19.90	146.34	79.970	395.0	12.599
F1.25-15	19.90	146.26	79.190	403.0	13.115
F1.25-16	19.90	147.10	79.820	422.0	13.441
F1.25-17	19.90	146.88	78.990	413.0	13.452
F1.25-18	19.90	146.03	78.300	397.0	13.236
				Prom	13.262
				Des.Est.	0.340
				C.V	2.563

INFORME DE ENSAYO					
 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> <b>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE</b>					
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			<b>FECHA:</b>	18/06/2025
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO UCSM
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN- ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO - NTP 399.613				
ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO					
Muestra	Distancia entre apoyos (cm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Carga (Kg)	Resistencia a Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
F1.50-01	19.90	145.96	78.603	399.0	13.208
F1.50-02	19.90	147.37	79.395	406.0	13.046
F1.50-03	19.90	148.75	76.085	396.0	13.728
F1.50-04	19.90	146.15	79.335	391.0	12.688
F1.50-05	19.90	148.44	78.950	433.0	13.970
F1.50-06	19.90	148.14	79.193	408.0	13.109
F1.50-07	19.90	147.64	78.370	410.0	13.497
F1.50-08	19.90	146.29	78.340	410.0	13.632
F1.50-09	19.90	147.41	77.820	394.0	13.174
F1.50-10	19.90	147.10	78.440	424.0	13.984
F1.50-11	19.90	146.11	77.790	428.0	14.450
F1.50-12	19.90	147.65	76.550	408.0	14.076
F1.50-13	19.90	146.65	78.400	402.0	13.312
F1.50-14	19.90	148.63	76.140	394.0	13.649
F1.50-15	19.90	146.74	79.160	411.0	13.342
F1.50-16	19.90	146.42	79.390	425.0	13.747
F1.50-17	19.90	148.29	78.220	410.0	13.489
F1.50-18	19.90	148.12	79.71	425.0	13.480
				Prom	13.532
				Des.Est.	0.427
				C.V	3.152

Anexo 12

Resistividad y conductividad térmica



**MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD - CONDUCTIVIDAD TÉRMICA**

REFERENCIA: - Norma ASTM D5334-14  
- Norma IEEE 442-1981

Muestra: PATRÓN 1  
anexo: 7.1

CLIENTE: Jonathan Pedro Cheyca Sapillato (DNI: 7585214)  
Richard Jherdan Huarecalleo Salinas (DNI: 79391022)


PROYECTO: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TERMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VMENDAS ALTOANDINAS.

UBICACIÓN: Arequipa  
FECHA: 25/06/2025  
MUESTRA: Patrón 1 (M1, M2, M3, M4)  
REFERENCIA:


**EQUIPO DE MEDICIÓN:**

CARACTERÍSTICAS DEL TLS-100 THERMTEST	
Conductividad Térmica	0.1 - 5 W/mK
Resistividad Térmica	0.2 - 10 m <sup>2</sup> /KW
Tiempo de medición	3 minutos
Reproducibilidad	2%
Precisión	5%
Temperatura de operación	-40 °C - 100 °C
Estándar	ASTM D5334-14 IEEE 442-1981




**PATRÓN 1: ADOBE TRADICIONAL**




**THERMTEST TLS-100**



Lecturas	Conductividad Térmica $k = \lambda = \text{W/m} \cdot \text{K}$		Resistividad Térmica $\rho = m \cdot \text{K/W}$		Temperatura T = °C	
	Medición	Medio	Medición	Medio	Medición	Medio
M-1	L-1	0.9011	1.1098	1.071	21.4	21.5
	L-2	0.9403	1.0413		21.5	
	L-3	0.9419	1.0617		21.5	
M-2	L-1	0.9701	1.0308	1.072	21.7	21.7
	L-2	0.9753	1.0925		21.8	
	L-3	0.9144	1.0936		21.7	
M-3	L-1	0.9255	1.0805	1.102	21.1	21.1
	L-2	0.8747	1.1432		21.2	
	L-3	0.9245	1.0817		21.0	
M-4	L-1	0.9003	1.1107	1.128	21.3	21.4
	L-2	0.8531	1.1222		21.4	
	L-3	0.9003	1.0897		21.4	

Nota: El presente informe se expide de acuerdo a las condiciones de la muestra entregada. Los resultados mostrados son referencia exclusiva de la muestra, momento y condiciones en que se realizaron las mediciones de resistividad y conductividad térmica.



**SERNAGEOMIN**  
SERVICIO NACIONAL  
REG. CP Nº 23328

REFERENCIA: - Norma ASTM D5334-14  
- Norma IEEE 442-1981

CLIENTE: Jonathan Pedro Cheya Sapillado (DNI: 7585214)  
Richard Jhordan Huareccallo Salinas (DNI: 70391622)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TERMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS.

UBICACIÓN: Arequipa  
FECHA: 25/06/2025  
MUESTRA: Patrón 1 (M1, M2, M3, M4)  
REFERENCIA:

PATRÓN 2: ADOBE TRADICIONAL CON 0.75 % DE FIBRA DE OVINO



EQUIPO DE MEDICIÓN:

CARACTERÍSTICAS DEL TLS-100 THERMTEST	
Conductividad Térmica	0.1 – 5 W/mK
Resistividad Térmica	0.2 – 10 m <sup>2</sup> /KW
Tiempo de medición	3 minutos
Reproducibilidad	2%
Precisión	5%
Temperatura de operación	-40 °C – 100 °C
Estándar	ASTM D5334-14 IEEE 442-1981

Lecturas	Conductividad Térmica $k = \lambda \text{ W/m}^2\text{K}$		Resistividad Térmica $\rho = m^2\text{/KW}$		Temperatura $T = ^\circ\text{C}$		
	Medición	Medio	Medición	Medio	Medición	Medio	
M-1	L-1	0.7174	0.731	1.3928	1.334	20.7	20.8
	L-2	0.7081		1.2680		20.9	
	L-3	0.7483		1.3389		20.9	
M-2	L-1	0.6928	0.690	1.4434	1.433	21.1	21.2
	L-2	0.6754		1.4606		21.2	
	L-3	0.7266		1.3763		21.3	
M-3	L-1	0.6285	0.680	1.5911	1.467	21.1	21.2
	L-2	0.7449		1.3425		21.1	
	L-3	0.6816		1.4671		21.3	
M-4	L-1	0.7074	0.727	1.3920	1.378	21.0	21.1
	L-2	0.7250		1.3776		21.1	
	L-3	0.6864		1.4360		21.2	



Nota: El presente informe se expide de acuerdo a las condiciones de la muestra entregada. Los resultados mostrados son referencia exclusiva de la muestra, momento y condiciones en que se realizaron las mediciones de resistividad y conductividad térmica.

REFERENCIA: - Norma ASTM D5334-14  
- Norma IEEE 442-1981

CLIENTE: Jonathan Pedro Cheya Sapillado (DNI: 7585214)  
Richard Jhordan Huacacallo Salinas (DNI: 70391622)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS.

UBICACIÓN: Arequipa  
FECHA: 25/06/2025  
MUESTRA: Patrón 1 (M1, M2, M3, M4)  
REFERENCIA: -

PATRÓN 3: ADOBE TRADICIONAL CON 1 % DE FIBRA DE OVINO



THE RMTEST TLS-100



EQUIPO DE MEDICIÓN:

CARACTERÍSTICAS DEL TLS-100 THERMTEST	
Conductividad Térmica	0.1 - 5 W/mK
Resistividad Térmica	0.2 - 10 m <sup>2</sup> /K/W
Tiempo de medición	3 minutos
Reproducibilidad	2%
Precisión	5%
Temperatura de operación	-40 ° C - 100 ° C
Estándar	ASTM D5334-14 IEEE 442-1981

Letras	Lectura	Conductividad Térmica $k = \lambda - \text{W/m} \cdot \text{K}$		Resistividad Térmica $\rho = m \cdot \text{K/W}$		Temperatura T = °C	
		Medición	Medio	Medición	Medio	Medición	Medio
M-1	L-1	0.6710	0.684	1.4903	1.472	21.3	21.3
	L-2	0.6246		1.6010		21.3	
	L-3	0.7549		1.3247		21.4	
M-2	L-1	0.6352	0.628	1.5743	1.582	21.4	21.4
	L-2	0.6164		1.6223		21.4	
	L-3	0.6336		1.5783		21.5	
M-3	L-1	0.6997	0.608	1.5198	1.650	21.4	21.5
	L-2	0.6138		1.6202		21.5	
	L-3	0.6039		1.6054		21.6	
M-4	L-1	0.6645	0.681	1.5279	1.470	21.3	21.4
	L-2	0.6953		1.4382		21.5	
	L-3	0.6923		1.4445		21.4	



Nota: El presente informe se expide de acuerdo a las condiciones de la muestra entregada. Los resultados mostrados son referencia exclusiva de la muestra, momento y condiciones en que se realizaron las mediciones de resistividad y conductividad térmica.

REFERENCIA: - Norma ASTM D5334-14  
- Norma IEEE 442-1981

CLIENTE: Jonathan Pedro Cheya Sepúlveda (DNI: 7585214)  
Richard Jhordan Huarcacillo Salinas (DNI: 70391622)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVENDAS ALTOANDINAS.

UBICACIÓN: Arequipa  
FECHA: 25/06/2025  
MUESTRA: Patrón 1 (M1, M2, M3, M4)  
REFERENCIA:

PATRÓN 4: ADOBE TRADICIONAL CON 1.25 % DE FIBRA DE OVINO



EQUIPO DE MEDICIÓN:

CARACTERÍSTICAS DEL TLS-100 THERMTEST	
Conductividad Térmica	0.1 – 5 W/m <sup>2</sup> K
Resistividad Térmica	0.2 – 10 m <sup>2</sup> /K/W
Tiempo de medición	3 minutos
Reproducibilidad	2%
Precisión	0%
Temperatura de operación	-40 ° C – 100 ° C
Estándar	ASTM D5334-14 IEEE 442-1981

Lectura	Conductividad Térmica $k = W/m \cdot K$		Resistividad Térmica $p = m \cdot K/W$		Temperatura T=°C	
	Medición	Medio	Medición	Medio	Medición	Medio
M-1	L-1	0.5385	1.8570	1.700	21.6	21.7
	L-2	0.5387	1.8428		21.7	
	L-3	0.5637	1.8080		21.7	
M-2	L-1	0.6250	1.6000	1.783	21.7	21.7
	L-2	0.5663	1.7565		21.8	
	L-3	0.5017	1.9932		21.7	
M-3	L-1	0.5617	1.7191	1.662	21.6	21.7
	L-2	0.5757	1.7370		21.7	
	L-3	0.6670	1.4993		21.7	
M-4	L-1	0.5733	1.7443	1.710	21.5	21.8
	L-2	0.5739	1.7426		21.6	
	L-3	0.6083	1.6430		21.6	



Nota: El presente informe se expide de acuerdo a las condiciones de la muestra entregada. Los resultados mostrados son referencia exclusiva de la muestra, momento y condiciones en que se realizaron las mediciones de resistividad y conductividad térmica.

REFERENCIA: - Norma ASTM D5334-14  
- Norma IEEE 442-1981

CLIENTE: Jonathan Pedro Cheya Sapillado (DNI: 7585214)  
Richard Jhordan Huareccallo Salinas (DNI: 70391022)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TERMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS.

UBICACIÓN: Arequipa  
FECHA: 26/06/2025  
MUESTRA: Patrón 1 (M1, M2, M3, M4)  
REFERENCIA: -

**PATRÓN 5: ADOBE TRADICIONAL CON 1.50 % DE FIBRA DE OVINO**



**EQUIPO DE MEDICIÓN:**

CARACTERÍSTICAS DEL TLS-100 THERMTEST	
Conductividad Térmica	0.1 – 5 W/m <sup>2</sup> K
Resistividad Térmica	0.2 – 10 m <sup>2</sup> /K/W
Tiempo de medición	3 minutos
Reproducibilidad	2%
Precisión	5%
Temperatura de operación	-40 °C – 100 °C
Estándar	ASTM D5334-14 IEEE 442-1981

Lectura		Conductividad Térmica $k = \lambda = \text{W/m}^2\cdot\text{K}$		Resistividad Térmica $\rho = \text{m}^2/\text{K}\cdot\text{W}$		Temperatura T = °C	
		Medición	Media	Medición	Media	Medición	Media
M-1	L-1	0.5165	0.405	1.0361	2.041	21.6	21.5
	L-2	0.4301		2.3250		21.5	
	L-3	0.5373		1.8019		21.5	
M-2	L-1	0.4856	0.516	2.0467	1.930	21.7	21.7
	L-2	0.5255		1.9029		21.7	
	L-3	0.5351		1.8688		21.7	
M-3	L-1	0.5705	0.521	1.7520	1.929	21.8	21.9
	L-2	0.4620		2.0747		21.8	
	L-3	0.5705		1.9589		22.0	
M-4	L-1	0.4931	0.489	2.0280	2.045	21.6	21.7
	L-2	0.4732		2.1133		21.7	
	L-3	0.5018		1.9928		21.8	



Nota: El presente informe se expide de acuerdo a las condiciones de la muestra entregada. Los resultados mostrados son referencia exclusiva de la muestra, momento y condiciones en que se realizaron las mediciones de resistividad y conductividad térmica.

INFORME DE ENSAYO							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE							
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	25/06/2025		
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO TERRASENSOR		
ENSAYO:	RESISTIVIDAD - CONDUCTIVIDAD TÉRMICA - ADOBE CONVENCIONAL - ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO - ASTM D5334-22 - IEEE 442-2017						
ADOBE CONVENCIONAL				ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO			
Muestra	Lectura	Conductividad Térmica k= W/m·K	Resistividad Térmica $\rho = m \cdot K/W$	Muestra	Lectura	Conductividad Térmica k= W/m·K	Resistividad Térmica $\rho = m \cdot K/W$
M1	L-1	0.9011	1.1098	M1	L-1	0.7174	1.3939
	L-2	0.9603	1.0413		L-2	0.7881	1.2689
	L-3	0.9419	1.0617		L-3	0.7463	1.3399
M2	L-1	0.9701	1.0308	M2	L-1	0.6928	1.4434
	L-2	0.9153	1.0925		L-2	0.6754	1.4806
	L-3	0.9144	1.0936		L-3	0.7266	1.3763
M3	L-1	0.9255	1.0805	M3	L-1	0.6285	1.5911
	L-2	0.8747	1.1432		L-2	0.7449	1.3425
	L-3	0.9245	1.0817		L-3	0.6816	1.4671
M4	L-1	0.9003	1.1107	M4	L-1	0.7574	1.3203
	L-2	0.8531	1.1722		L-2	0.7259	1.3776
	L-3	0.9093	1.0997		L-3	0.6964	1.4360
	Prom	0.9159	1.0932		Prom	0.7151	1.4031
	Des.Est.	0.0329	0.0396		Des.Est.	0.0429	0.0864
	C.V	3.5914	3.6214		C.V	6.0042	6.1588

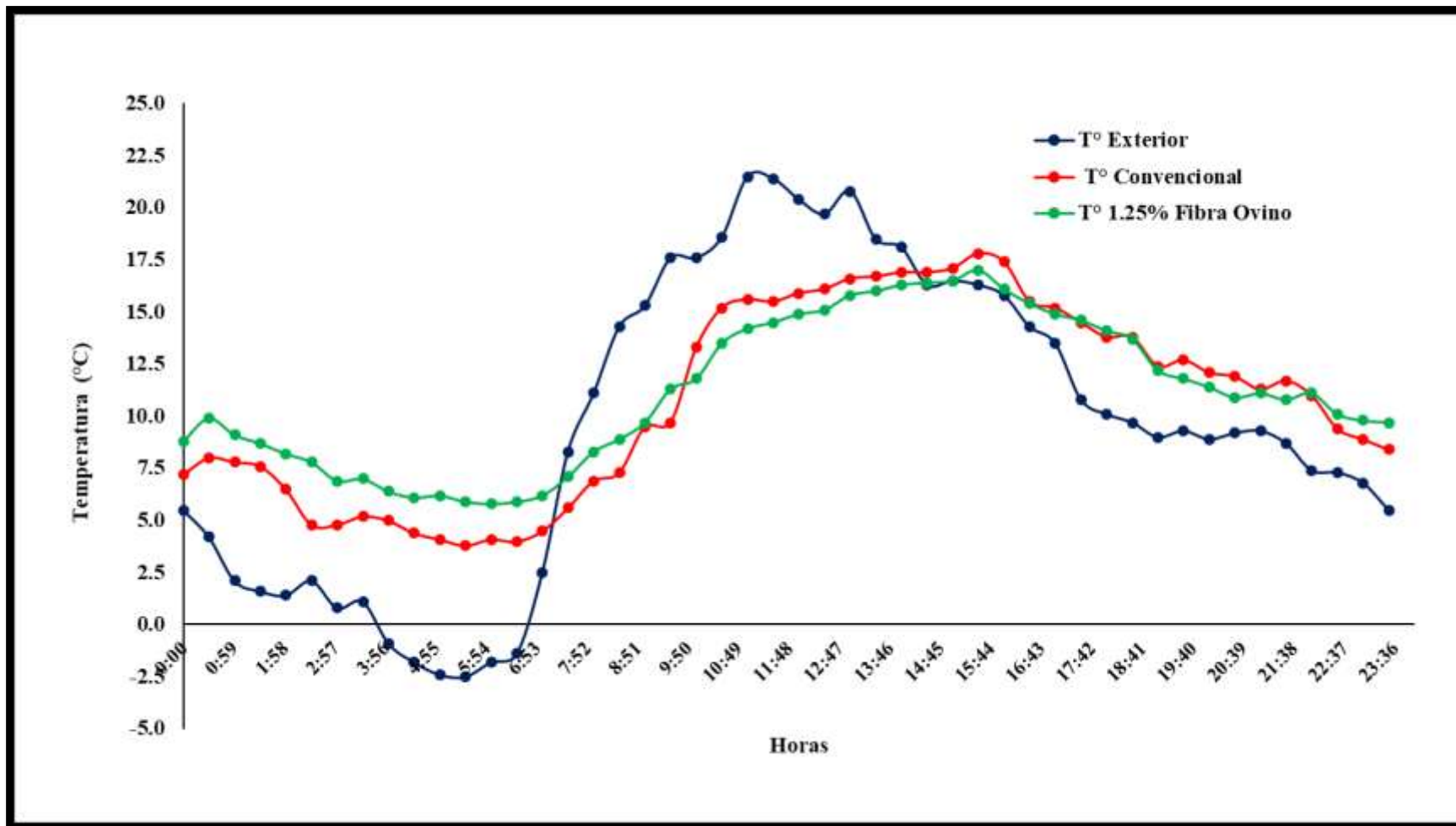
INFORME DE ENSAYO											
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA											
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE											
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	25/06/2025						
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	LABORATORIO TERRASENSOR						
ENSAYO:	RESISTIVIDAD - CONDUCTIVIDAD TÉRMICA - ADOBE CON 1.00%, 1.25% y 1.50 % FIBRA DE OVINO - ASTM D5334-22 - IEEE 442-2017										
ADOBE CON 1.0 % FIBRA DE OVINO				ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO				ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO			
Muestra	Lectura	Conductividad Térmica k= W/m·K	Resistividad Térmica $\rho = m \cdot K/W$	Muestra	Lectura	Conductividad Térmica k= W/m·K	Resistividad Térmica $\rho = m \cdot K/W$	Muestra	Lectura	Conductividad Térmica k= W/m·K	Resistividad Térmica $\rho = m \cdot K/W$
M1	L-1	0.6710	1.4903	M1	L-1	0.5385	1.8570	M1	L-1	0.5165	1.9361
	L-2	0.6246	1.6010		L-2	0.6087	1.6428		L-2	0.4101	2.3250
	L-3	0.7949	1.3247		L-3	0.5537	1.8060		L-3	0.5571	1.8619
M2	L-1	0.6352	1.5743	M2	L-1	0.6250	1.6000	M2	L-1	0.4886	2.0467
	L-2	0.6164	1.6223		L-2	0.5693	1.7565		L-2	0.5255	1.9029
	L-3	0.6336	1.5783		L-3	0.5017	1.9932		L-3	0.5151	1.8688
M3	L-1	0.6597	1.5158	M3	L-1	0.5817	1.7191	M3	L-1	0.5705	1.7528
	L-2	0.6138	1.6292		L-2	0.5757	1.7370		L-2	0.4820	2.0747
	L-3	0.5539	1.8054		L-3	0.6670	1.4993		L-3	0.5105	1.9589
M4	L-1	0.6545	1.5279	M4	L-1	0.5733	1.7443	M4	L-1	0.4931	2.0280
	L-2	0.6953	1.4382		L-2	0.5739	1.7425		L-2	0.4732	2.1133
	L-3	0.6923	1.4445		L-3	0.6083	1.6439		L-3	0.5018	1.9928
	Prom	0.6504	1.5460		Prom	0.5514	1.7285		Prom	0.5053	1.9885
	Des.Est.	0.0506	0.1207		Des.Est.	0.0426	0.1270		Des.Est.	0.0362	0.1471
	C.V	7.7853	7.8046		C.V	7.3263	7.3503		C.V	7.1547	7.3981

Anexo 13

Registros y espectro de temperatura

INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	22/07/2025
	TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN		LUGAR:	SAMÁN - AZANGARO - PUNO
ENSAYO:	REGISTRO DE TEMPERATURAS				
Fecha	Hora	Humedad Relativa (%)	Temperatura Ambiental Exterior (°C)	Modulo en estudio	
				Adobe Convencional	1.25% fibra Ovino
				T° Interior (°C)	T° Interior (°C)
22/07/2025	12:30	15	19.7	16.1	15.1
	13:00	15	20.8	16.6	15.8
	13:30	15	18.5	16.7	16.0
	14:00	13	18.1	16.9	16.3
	14:30	25	16.3	16.9	16.4
	15:00	25	16.5	17.1	16.5
	15:30	25	16.3	17.8	17.0
	16:00	18	15.8	17.4	16.1
	16:30	26	14.3	15.5	15.4
	17:00	26	13.5	15.2	14.9
	17:30	29	10.8	14.5	14.6
	18:00	31	10.1	13.8	14.1
	18:30	31	9.7	13.8	13.7
	19:00	33	9.0	12.4	12.2
	19:30	31	9.3	12.7	11.8
	20:00	36	8.9	12.1	11.4
	20:30	35	9.2	11.9	10.9
	21:00	33	9.3	11.3	11.1
	21:30	39	8.7	11.7	10.8
	22:00	37	7.4	11.0	11.1
22:30	42	7.3	9.4	10.1	
23:00	49	6.8	8.9	9.8	
23:30	42	5.5	8.4	9.7	

INFORME DE ENSAYO					
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE					
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	23/07/2023
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR:	SAMÁN - AZANGARO - PUNO
ENSAYO:	REGISTRO DE TEMPERATURAS				
Fecha	Hora	Humedad Relativa (%)	Temperatura Ambiental Exterior (°C)	Modulo en estudio	
				Adobe Convencional T° Interior (°C)	1.25% fibra Ovino T° Interior (°C)
23/07/2025	0:00	49	5.5	7.2	8.8
	0:30	44	4.2	8.0	9.9
	1:00	44	2.1	7.8	9.1
	1:30	54	1.6	7.6	8.7
	2:00	49	1.4	6.5	8.2
	2:30	47	2.1	4.8	7.8
	3:00	59	0.8	4.8	6.9
	3:30	47	1.1	5.2	7.0
	4:00	54	-0.9	5.0	6.4
	4:30	47	-1.8	4.4	6.1
	5:00	52	-2.4	4.1	6.2
	5:30	47	-2.5	3.8	5.9
	6:00	53	-1.8	4.1	5.8
	6:30	49	-1.4	4.0	5.9
	7:00	59	2.5	4.5	6.2
	7:30	46	8.3	5.6	7.1
	8:00	38	11.1	6.9	8.3
	8:30	25	14.3	7.3	8.9
	9:00	25	15.3	9.5	9.7
	9:30	29	17.6	9.7	11.3
	10:00	20	17.6	13.3	11.8
	10:30	22	18.6	15.2	13.5
	11:00	22	21.5	15.6	14.2
	11:30	25	21.4	15.5	14.5
12:00	18	20.4	15.9	14.9	





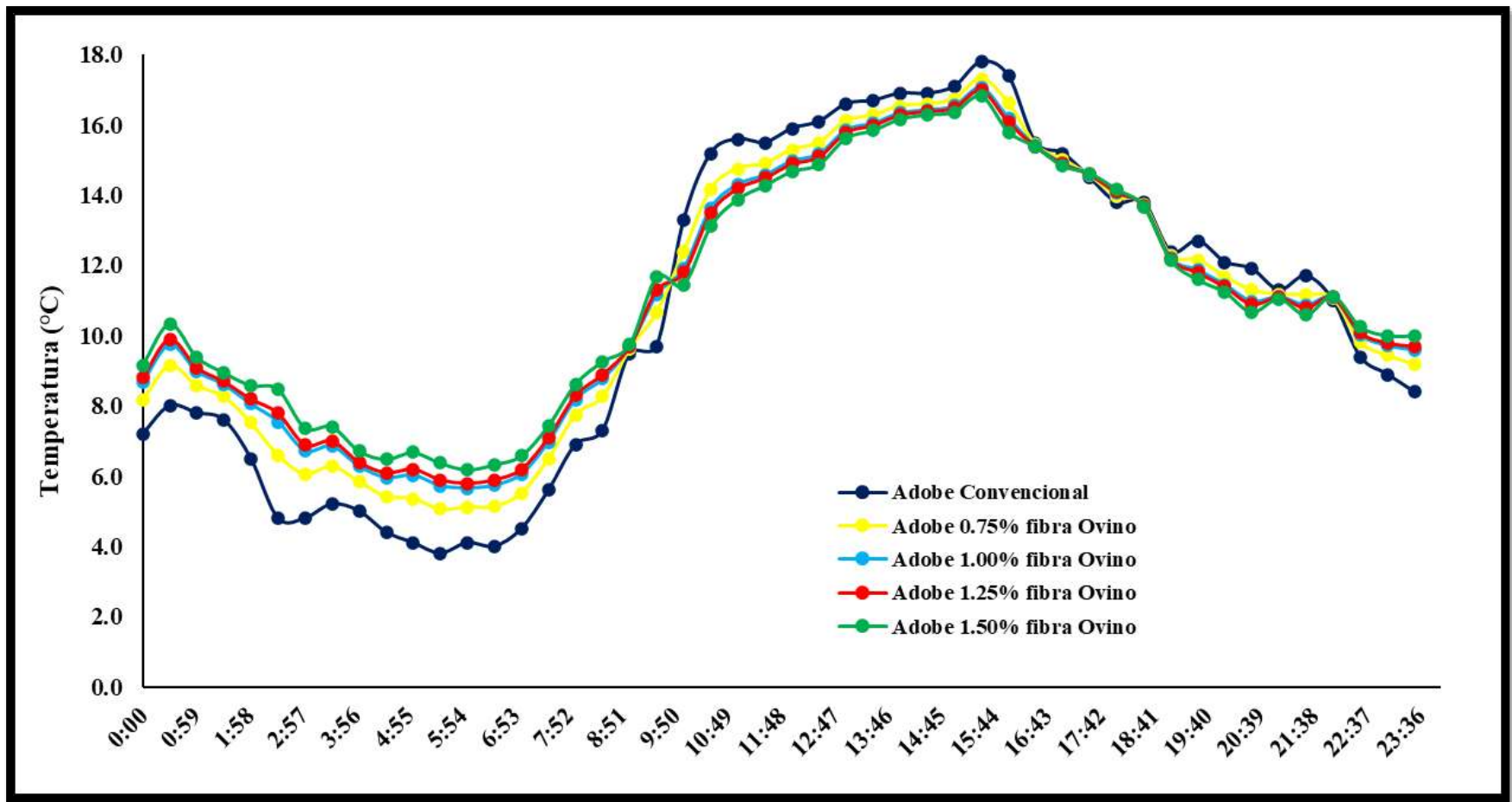
**INFORME DE ENSAYO**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

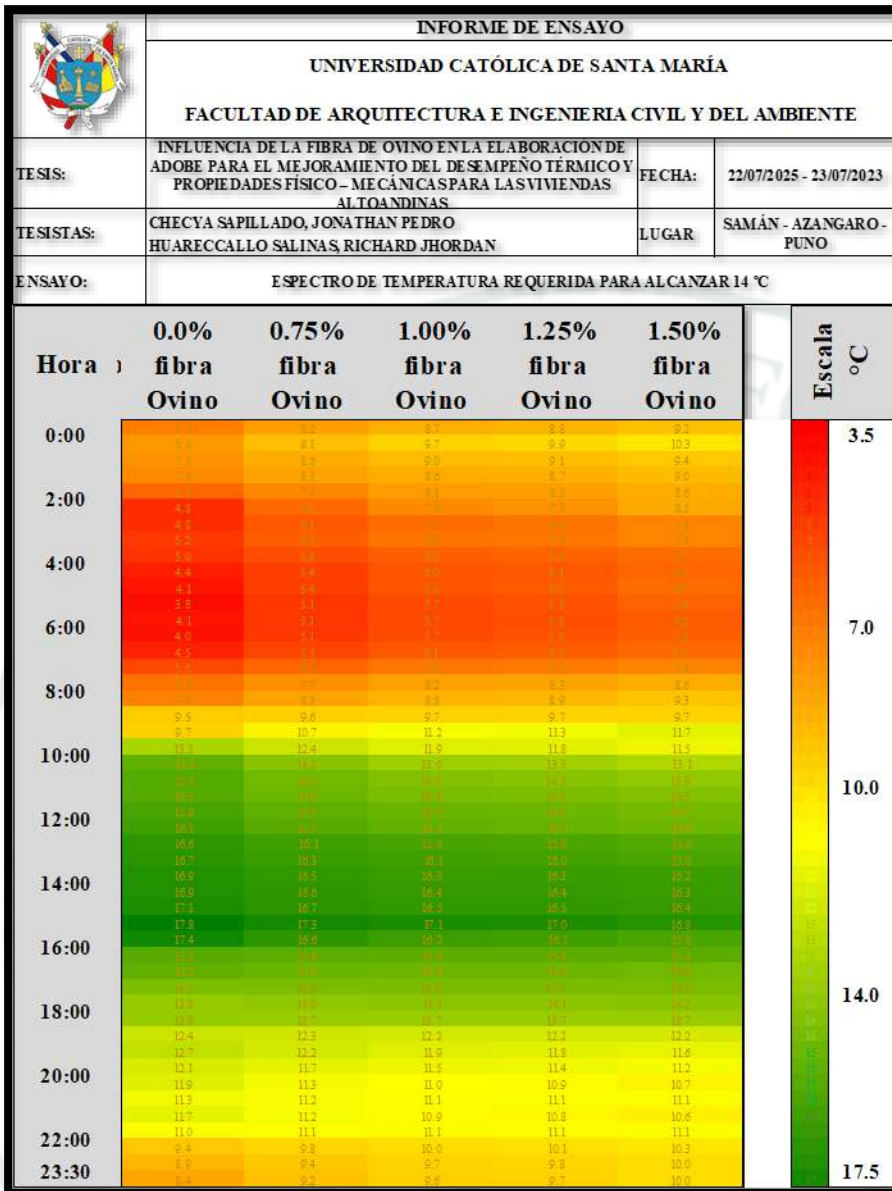
**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE**

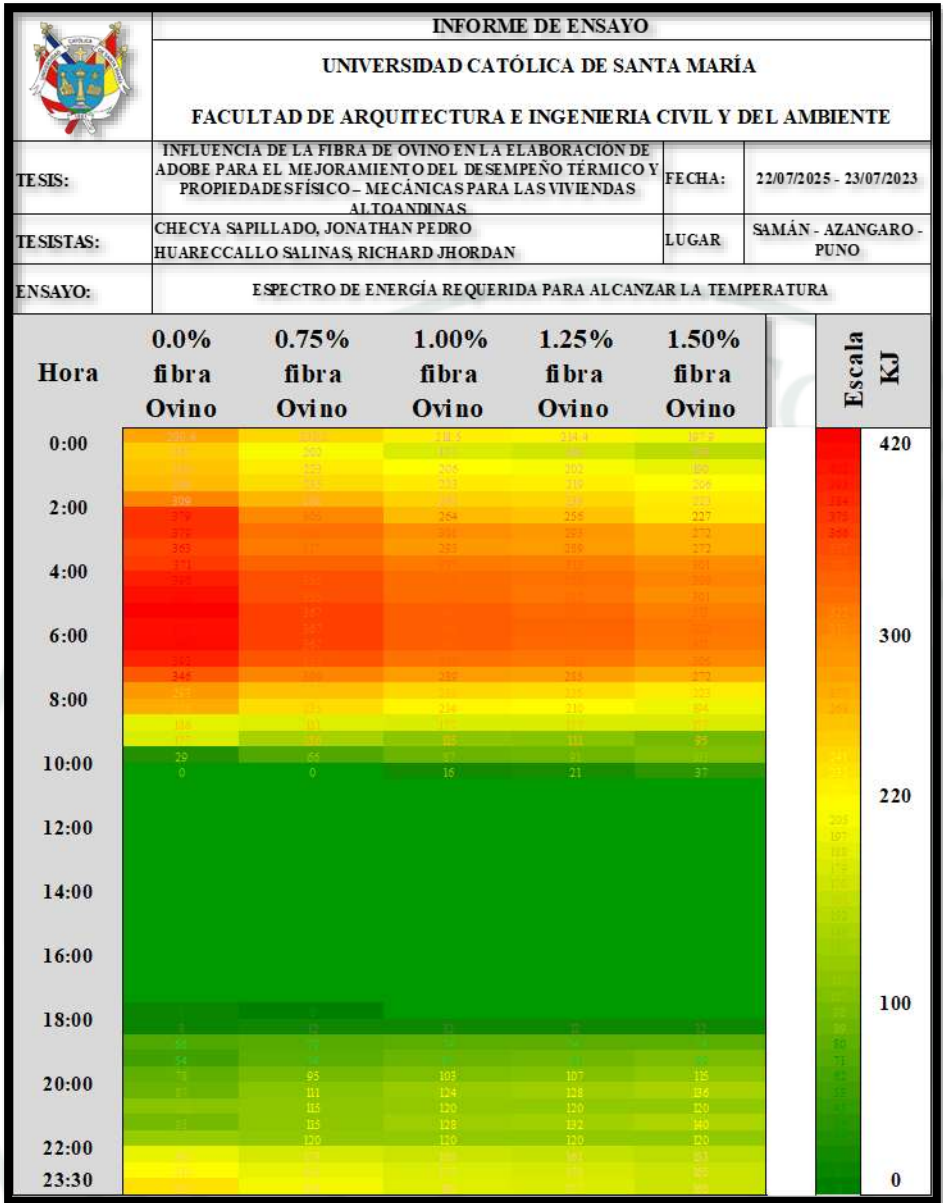
<b>TESIS:</b>	<b>INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS</b>	<b>FECHA:</b>	<b>22/07/2025 - 23/07/2023</b>
<b>TESISTAS:</b>	<b>CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN</b>	<b>LUGAR:</b>	<b>SAMÁN - AZANGARO - PUNO</b>
<b>ENSAYO:</b>	<b>TEMPERATURA INTERNA DE MÓDULOS CON FIBRA DE OVINO EN ADOBE (°C)</b>		

Hora	Humedad Relativa (%)	Temperatura Ambiental Exterior (°C)	Temperatura Interna de Módulos con fibra de Ovino en Adobe (°C)				
			Adobe Convencional	0.75% fibra Ovino	1.00% fibra Ovino	1.25% fibra Ovino	1.50% fibra Ovino
			Experimental	Simulado	Simulado	Experimental	Simulado
0:00	49	5.5	7.2	8.2	8.7	8.8	9.2
0:30	44	4.2	8.0	9.1	9.7	9.9	10.3
1:00	44	2.1	7.8	8.6	9.0	9.1	9.4
1:30	54	1.6	7.6	8.3	8.6	8.7	9.0
2:00	49	1.4	6.5	7.5	8.1	8.2	8.6
2:30	47	2.1	4.8	6.6	7.6	7.8	8.5
3:00	59	0.8	4.8	6.1	6.7	6.9	7.4
3:30	47	1.1	5.2	6.3	6.9	7.0	7.4
4:00	54	-0.9	5.0	5.8	6.3	6.4	6.7
4:30	47	-1.8	4.4	5.4	6.0	6.1	6.5
5:00	52	-2.4	4.1	5.4	6.0	6.2	6.7
5:30	47	-2.5	3.8	5.1	5.7	5.9	6.4
6:00	53	-1.8	4.1	5.1	5.7	5.8	6.2
6:30	49	-1.4	4.0	5.1	5.7	5.9	6.3
7:00	59	2.5	4.5	5.5	6.1	6.2	6.6
7:30	46	8.3	5.6	6.5	7.0	7.1	7.4
8:00	38	11.1	6.9	7.7	8.2	8.3	8.6
8:30	25	14.3	7.3	8.3	8.8	8.9	9.3
9:00	25	15.3	9.5	9.6	9.7	9.7	9.7
9:30	29	17.6	9.7	10.7	11.2	11.3	11.7
10:00	20	17.6	13.3	12.4	11.9	11.8	11.5
10:30	22	18.6	15.2	14.2	13.6	13.5	13.1
11:00	22	21.5	15.6	14.8	14.3	14.2	13.9
11:30	25	21.4	15.5	14.9	14.6	14.5	14.3
12:00	18	20.4	15.9	15.3	15.0	14.9	14.7
12:30	15	19.3	16.1	15.5	15.2	15.1	14.9
13:00	15	20.8	16.6	16.1	15.9	15.8	15.6
13:30	15	18.5	16.7	16.3	16.1	16.0	15.8
14:00	13	18.1	16.9	16.5	16.3	16.3	16.2
14:30	25	16.3	16.9	16.6	16.4	16.4	16.3
15:00	25	16.5	17.1	16.7	16.5	16.5	16.4
15:30	25	17.1	17.8	17.3	17.1	17.0	16.8
16:00	18	16.4	17.4	16.6	16.2	16.1	15.8
16:30	26	14.3	15.5	15.4	15.4	15.4	15.4
17:00	26	13.5	15.2	15.0	14.9	14.9	14.8
17:30	29	10.8	14.5	14.6	14.6	14.6	14.6
18:00	31	10.1	13.8	14.0	14.1	14.1	14.2
18:30	31	9.7	13.8	13.7	13.7	13.7	13.7
19:00	33	9.0	12.4	12.3	12.2	12.2	12.2
19:30	31	9.3	12.7	12.2	11.9	11.8	11.6
20:00	36	8.9	12.1	11.7	11.5	11.4	11.2
20:30	35	9.2	11.9	11.3	11.0	10.9	10.7
21:00	33	9.3	11.3	11.2	11.1	11.1	11.1
21:30	39	8.7	11.7	11.2	10.9	10.8	10.6
22:00	37	7.4	11.0	11.1	11.1	11.1	11.1
22:30	42	7.3	9.4	9.8	10.0	10.1	10.3
23:00	49	6.8	8.9	9.4	9.7	9.8	10.0
23:30	42	5.5	8.4	9.2	9.6	9.7	10.0
Max		21.5	17.8	17.3	17.1	17.0	16.8
Min		-2.5	3.8	5.1	5.7	5.8	6.2



INFORME DE ENSAYO							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE							
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS			FECHA:	22/07/2025 - 23/07/2023		
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN			LUGAR	SAMÁN - AZANGARO - PUNO		
ENSAYO:	ESPECTRO DE TEMPERATURAS DE MÓDULOS EN ESTUDIO SIMULADOS Y EXPERIMENTAL						
Hora	Temperatura Ambiental Exterior (°C)	Temperatura Interna de Módulos con fibra de Ovino en Adobe (°C)					Escala °C
		Adobe Convencional	0.75% fibra Ovino	1.00% fibra Ovino	1.25% fibra Ovino	1.50% fibra Ovino	
		Experimental	Simulado	Simulado	Experimental	Simulado	
0:00	8.8	7.2	8.2	8.7	8.8	9.2	-3.0
0:30	4.2	8.0	9.1	9.7	9.9	10.3	-3.0
1:00	2.1	7.8	8.6	9.0	9.1	9.4	-3.0
1:30	1.8	7.6	8.3	8.8	8.7	9.0	-3.0
2:00	1.6	6.9	7.5	8.1	8.2	8.6	-3.0
2:30	2.1	4.8	6.6	7.6	7.8	8.5	-3.0
3:00	4.8	4.8	6.1	6.7	6.9	7.4	-3.0
3:30	1.1	5.2	6.3	6.9	7.0	7.4	-3.0
4:00	4.8	5.0	5.8	6.3	6.4	6.7	-3.0
4:30	4.9	4.4	5.4	6.0	6.1	6.5	-3.0
5:00	4.8	4.1	5.3	6.0	6.3	6.7	-3.0
5:30	2.5	3.8	5.1	5.7	5.8	6.4	-3.0
6:00	1.8	4.1	5.1	5.7	5.8	6.2	-3.0
6:30	1.8	4.8	5.1	5.7	5.8	6.3	-3.0
7:00	2.8	4.5	5.5	6.1	6.2	6.6	-3.0
7:30	8.3	5.6	6.5	7.0	7.1	7.4	-3.0
8:00	11.1	6.9	7.7	8.2	8.3	8.6	-3.0
8:30	14.3	7.3	8.3	8.8	8.9	9.3	-3.0
9:00	15.3	9.5	9.6	9.7	9.7	9.7	-3.0
9:30	17.6	9.7	10.7	11.2	11.3	11.7	-3.0
10:00	17.8	13.3	12.4	11.9	11.8	11.5	-3.0
10:30	18.9	15.2	14.2	13.6	13.5	13.1	-3.0
11:00	20.7	15.6	14.8	14.3	14.2	13.9	-3.0
11:30	21.8	15.3	14.9	14.6	14.5	14.3	-3.0
12:00	20.4	15.9	15.3	15.0	14.9	14.7	-3.0
12:30	19.3	16.1	15.5	15.2	15.1	14.9	-3.0
13:00	20.8	16.6	16.1	15.9	15.8	15.6	-3.0
13:30	18.5	16.7	16.3	16.1	16.0	15.8	-3.0
14:00	18.1	16.8	16.5	16.3	16.3	16.2	-3.0
14:30	16.2	16.9	16.6	16.4	16.4	16.3	-3.0
15:00	18.5	17.1	16.7	16.5	16.5	16.4	-3.0
15:30	17.1	17.8	17.3	17.1	17.0	16.8	-3.0
16:00	16.4	17.4	16.6	16.2	16.1	15.9	-3.0
16:30	14.3	15.5	15.4	15.4	15.4	15.4	-3.0
17:00	13.5	15.2	15.0	14.9	14.9	14.8	-3.0
17:30	10.8	14.5	14.6	14.6	14.6	14.6	-3.0
18:00	10.1	13.8	14.0	14.1	14.1	14.2	-3.0
18:30	9.7	13.8	13.7	13.7	13.7	13.7	-3.0
19:00	8.0	12.4	12.3	12.2	12.2	12.2	-3.0
19:30	9.3	12.7	12.2	11.9	11.8	11.6	-3.0
20:00	8.9	12.1	11.7	11.5	11.4	11.2	-3.0
20:30	9.2	11.9	11.3	11.0	10.9	10.7	-3.0
21:00	9.2	11.3	11.2	11.1	11.1	11.1	-3.0
21:30	6.7	11.7	11.2	10.9	10.8	10.6	-3.0
22:00	7.6	11.0	11.1	11.1	11.1	11.1	-3.0
22:30	7.3	9.4	9.8	10.0	10.1	10.3	-3.0
23:00	6.8	8.9	9.4	9.7	9.8	10.0	-3.0
23:30	8.8	8.4	9.2	9.6	9.7	10.0	-3.0





Anexo 14

Costos

INFORME DE ENSAYO						
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA						
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE						
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS				FECHA:	
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN				LUGAR:	
INFORME:	COSTOS - ADOBE CONVENCIONAL					
COSTO DE ADOBE CONVENCIONAL						
	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>220</b>	Und/día			
	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>1.321</b>	Soles			
Item	RECURSOS	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Parcial (S/.)
10.00	Mano de Obra					
10.10	Oficial (*)	hh	1.00	0.036	16.930	0.616
10.20	Peon 1 (*)	hh	1.00	0.036	14.810	0.539
10.30	Peon 2 (**)	hh	0.00	0.000	0.000	0.000
20.00	Material					
20.10	Agua	m3		0.004	1.735	0.007
20.20	Tierra arcillosa	Kg		7.000	0.015	0.105
20.30	Fibra de Ovino	Kg		0.000	0.000	0.000
20.40	Paja	Kg		0.025	0.800	0.020
30.00	Equipos					
30.10	Herramientas manuales	3% M.O		0.030	1.154	0.035

(\*) Personal exclusivo para elaboración de adobe  
 (\*\*) Personal exclusivo para cardador de fibra de ovino

INFORME DE ENSAYO						
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA						
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE						
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS				FECHA:	
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN				LUGAR:	
INFORME:	COSTO - ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO					
COSTO DE ADOBE CON 0.75% FIBRA DE OVINO						
	RENDIMIENTO	200	Und/día			
	COSTO UNITARIO	2.232	Soles			
Item	RECURSOS	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Parcial (S/.)
10.00	Mano de Obra					
10.10	Oficial (*)	hh	1.00	0.040	16.930	0.677
10.20	Peon 1 (*)	hh	1.00	0.040	14.810	0.592
10.30	Peon 2 (**)	hh	1.00	0.040	14.810	0.592
20.00	Material					
20.10	Agua	m3		0.004	1.735	0.007
20.20	Tierra arcillosa	Kg		7.000	0.015	0.105
20.30	Fibra de Ovino	Kg		0.053	3.800	0.200
20.40	Paja	Kg		0.025	0.800	0.020
30.00	Equipos					
30.10	Herramientas manuales	3% M.O		0.030	1.270	0.038
(*) Personal exclusivo para elaboracion de adobe						
(**) Personal exclusivo para cardador de fibra de ovino						

INFORME DE ENSAYO						
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA						
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE						
TESIS:	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS				FECHA:	
TESISTAS:	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN				LUGAR:	
INFORME:	COSTO - ADOBE CON 1.00% FIBRA DE OVINO					
COSTO DE ADOBE CON 1.00% FIBRA DE OVINO						
RENDIMIENTO	180	Und/día				
COSTO UNITARIO	2.641	Soles				
Item	RECURSOS	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S./)	Precio Parcial (S./)
10.00	Mano de Obra					
10.10	Oficial (*)	hh	1.00	0.044	16.930	0.752
10.20	Peon 1 (*)	hh	1.00	0.044	14.810	0.658
10.30	Peon 2 (**)	hh	1.20	0.053	14.810	0.790
20.00	Material					
20.10	Agua	m3		0.004	1.735	0.007
20.20	Tierra arcillosa	Kg		7.000	0.015	0.105
20.30	Fibra de Ovino	Kg		0.070	3.800	0.266
20.40	Paja	Kg		0.025	0.800	0.020
30.00	Equipos					
30.10	Herramientas manuales	3% M.O		0.030	1.411	0.042
(*) Personal exclusivo para elaboracion de adobe						
(**) Personal exclusivo para cardador de fibra de ovino						

INFORME DE ENSAYO						
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA						
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE						
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS				<b>FECHA:</b>	
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN				<b>LUGAR:</b>	
<b>INFORME:</b>	COSTO - ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO					
COSTO DE ADOBE CON 1.25% FIBRA DE OVINO						
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>160</b>	Und/dia				
<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>3.136</b>	Soles				
Item	RECURSOS	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Parcial (S/.)
10.00	Mano de Obra					
10.10	Oficial (*)	lh	1.00	0.050	16.930	0.847
10.20	Peon 1 (*)	lh	1.00	0.050	14.810	0.741
10.30	Peon 2 (**)	lh	1.40	0.070	14.810	1.037
20.00	Material					
20.10	Agua	m3		0.004	1.735	0.007
20.20	Tierra arcillosa	Kg		7.000	0.015	0.105
20.30	Fibra de Ovino	Kg		0.088	3.800	0.333
20.40	Paja	Kg		0.025	0.800	0.020
30.00	Equipos					
30.10	Herramientas manuales	3% M.O		0.030	1.587	0.0476
(*) Personal exclusivo para elaboración de adobe						
(**) Personal exclusivo para cardador de fibra de ovino						

INFORME DE ENSAYO						
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA						
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE						
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DE LA FIBRA DE OVINO EN LA ELABORACION DE ADOBE PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO TÉRMICO Y PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS				<b>FECHA:</b>	
<b>TESISTAS:</b>	CHECYA SAPILLADO, JONATHAN PEDRO HUARECCALLO SALINAS, RICHARD JHORDAN				<b>LUGAR:</b>	
<b>INFORME:</b>	COSTO - ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO					
<b>COSTO DE ADOBE CON 1.50% FIBRA DE OVINO</b>						
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>150</b>	Und/día				
<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>3.443</b>	Soles				
Item	RECURSOS	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Parcial (S/.)
10.00	Mano de Obra					
10.10	Oficial (*)	hh	1.00	0.053	16.930	0.903
10.20	Peon 1 (*)	hh	1.00	0.053	14.810	0.790
10.30	Peon 2 (**)	hh	1.50	0.080	14.810	1.185
20.00	Material					
20.10	Agua	m3		0.004	1.735	0.007
20.20	Tierra arcillosa	Kg		7.000	0.015	0.105
20.30	Fibra de Ovino	Kg		0.105	3.800	0.399
20.40	Paja	Kg		0.025	0.800	0.020
30.00	Equipos					
30.10	Herramientas manuales	3% M.O		0.030	1.154	0.035
(*) Personal exclusivo para elaboracion de adobe						
(**) Personal exclusivo para cardador de fibra de ovino						

**Anexo 15**

*Procedimientos de elaboración de ensayos (extracción de material)*



*Anexo 16*

*Prueba de resistencia de adobe*



Anexo 17

Cinta de barro



Anexo 18

*Resistencia seca*



Anexo 19

Contenido de humedad



Anexo 20

Descrudado de fibra de ovino



Anexo 21  
Granulometría



Anexo 22

Succión



Anexo 23  
Absorción



Anexo 24

Alabeo



Anexo 25

*Resistencia a la compresión*



Anexo 26

Resistencia a la flexión



Anexo 27

Prototipo de casa (Calado de fibra de ovino)



Anexo 28

Procesamiento de material



Anexo 29

Elaboración de unidades



Anexo 30

Elaboración de prototipo



Anexo 31

Medición de temperatura

