



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



**ELABORACIÓN DE PANELES TERMOAISLANTES A PARTIR  
DE FIBRAS DE STIPA ICHU Y FIBRAS DE CELULOSA PARA  
MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO EN VIVIENDAS DE LA  
REGIÓN DE PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ABRAHAN HENRY TORRES BENAVIDES**

**Bach. JUAN ANTHONY HUMALLA QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**ARQUITECTO**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**ELABORACION DE PANELES TERMOAISLANTES A PARTIR DE FIBRAS DE STIPA I CHU Y FIBRAS DE CELULOSA PARA MEJ**

AUTOR

**juan anthony humalla quispe**

RECuento DE PALABRAS

**28711 Words**

RECuento DE CARACTERES

**145116 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**150 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 13, 2023 8:16 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 13, 2023 8:18 AM GMT-5**

### ● 20% de similitud general

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

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



  
Dr. Pura X. Cecilia Grima / DOS  
Subdirector de Investigación EPSU

Resumen



## DEDICATORIA

*A DIOS. A mis padres Edgar Humalla, Hermelinda Quispe, mis hermanos Jonathan, Gabriel y queridos primos, por el esfuerzo y apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mi vida.*

***Juan A. Humalla Quispe.***



## DEDICATORIA

*A mis hijos Randy y Daleska, quienes son mi principal fuente de inspiración y quienes llenan mi vida de alegría, a mi esposa Jaqueline por darme su apoyo y fortaleza, por creer siempre en mí y decirme a diario que si podía lograrlo. Y no puedo dejar de reconocer el sacrificio que mis padres Juan y Lili han hecho por mí.*

*Abrahan H. Torres Benavides.*



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por guiarme al camino del éxito y poder cumplir mis metas, y a mi hermosa familia por ser el soporte fundamental que me acompaña en el sendero de mi vida.*

***Juan A. Humalla Quispe.***

*Quiero expresar mi gratitud a Dios por guiarme en mi camino. A mis padres Juan y Lili por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida y agradezco sinceramente a mis hermanos Cristian y Carlos por su gran apoyo en esta fuerte etapa de mi vida.*

***Abrahan H. Torres Benavides.***

*Queremos expresar un agradecimiento especial a nuestra alma mater, al Director de nuestra tesis por su respaldo, al arquitecto Marco Antonio Espillico Blanco por su valioso aporte y a todos aquellos que nos brindaron su apoyo en este proyecto de investigación.*



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 16**

**ABSTRACT..... 17**

### **CAPITULO I18**

#### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 20**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 20**

1.2.1. Problema General ..... 20

1.2.2. Problemas específicos ..... 21

**1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 21**

**1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 24**

1.4.1. Objetivo General ..... 24

1.4.2. Objetivos Específicos ..... 24

**1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 24**

1.5.1. Hipótesis General ..... 24

1.5.2. Hipótesis Especificas..... 24

### **CAPITULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. MARCO TEORICO ..... 26**



2.1.1. Antecedentes de la investigación .....	26
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>30</b>
2.2.1. Yeso.....	30
2.2.2. Stipa Ichu (ICHU) .....	48
2.2.3. Fibra Celulosa .....	57
2.2.4. Aislamiento Térmico.....	58
2.2.5. Aislamiento Acústico .....	61
2.2.6. Confort .....	66
2.2.7. Temperatura .....	70
<b>2.3. DEFINICIONES .....</b>	<b>71</b>
2.3.1. Placa de yeso .....	71
2.3.2. Fibras de celulosa .....	71
2.3.3. Ichu.....	72
<b>CAPITULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1. UBICACIÓN DE LOS LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>73</b>
3.1.1. Ubicación geográfica.....	73
3.1.2. Ubicación política. ....	73
<b>3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>74</b>
<b>3.3. UBICACIÓN DE LOS LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>75</b>
<b>3.4. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>75</b>
<b>3.5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>75</b>
3.5.1. Enfoque de la Investigación .....	75
3.5.2. Tipo de investigación .....	76
3.5.3. Nivel de investigación.....	77



3.5.4. Diseño de investigación .....	77
3.5.5. Operacionalización de Variables.....	78
3.5.6. Población y muestra .....	79
<b>3.6. MATERIALES Y METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>80</b>
3.6.1. Proceso de fabricación de los paneles .....	80
3.6.2. Diseño de Experimento con mezclas .....	81
3.6.3. Materiales y equipos.....	82
3.6.4. Cosecha y recojo de la Stipa Ichu .....	82
3.6.5. Trillado de la Stipa Ichu .....	83
3.6.6. Proceso de obtención de la Celulosa de papel.....	84
3.6.7. Producción de la Mezcla .....	85
<b>3.7. MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>	<b>85</b>
3.7.1. Elaboración de los paneles .....	87
3.7.2. Ensayos de Laboratorio .....	90
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS A LOS PANELES ENSAYOS DE LA MEZCLA OPTIMA .....</b>	<b>109</b>
<b>4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CARACTERIZACION FISICA .....</b>	<b>114</b>
4.2.1. Ensayo a la compresión.....	114
4.2.2. Resultados del ensayo determinación de materia orgánica por ignición (horno mufla) y resistencia a la compresión. ....	116
4.2.3. Resultados del ensayo resistencia a la flexion .....	119
<b>4.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE AGENTES EXTERNOS .....</b>	<b>120</b>
4.3.1. Ensayo de resistencia al fuego. ....	120



4.3.2. Ensayo de durabilidad a los hongos .....	133
<b>4.4. RESULTADOS DE EVALUACION DE LA VARIACION TERMICA DE UNA VIVIENDA RURAL REVESTIDA CON EL PANEL TERMOAISLANTE Y UNA VIVIENDA RURAL TIPICA .....</b>	<b>136</b>
4.4.1. Data y comparación de evaluación de viviendas .....	136
<b>4.5. DETERMINACIÓN DE COSTOS .....</b>	<b>140</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>142</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>144</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>149</b>

**ÁREA:** Medio ambiente

**TEMA:** Arquitectura y Ecología

**LÍNEA DE INVESTIGACION:** Arquitectura, confort ambiental y eficiencia energética

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 21 de septiembre del 2023



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Piedra de Yeso.....	31
<b>Figura 2.</b> Proceso productivo del yeso.....	37
<b>Figura 3.</b> Stipa Ichu.....	49
<b>Figura 4.</b> Resultados de análisis bromatológico del Ichu. ....	54
<b>Figura 5.</b> Modelo matemático para la estimación de carbono en Stipa ichu. ....	56
<b>Figura 6.</b> Conductividad térmica de materiales de construcción. ....	64
<b>Figura 7.</b> Ubicación geográfica del ámbito de estudio .....	74
<b>Figura 8.</b> Diagrama del proceso de fabricación de los paneles.....	80
<b>Figura 9.</b> Procedimiento del trillado de la Stipa Ichu .....	84
<b>Figura 10.</b> Mineralización de la Stipa Ichu.....	84
<b>Figura 11.</b> Materiales para la Producción de los paneles con fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa.....	86
<b>Figura 12.</b> Elaboración y desmoldado del panel.....	88
<b>Figura 13.</b> Secado de los paneles .....	89
<b>Figura 14.</b> Procedimiento de Ensayo a compresión de bloques de Dosificación .....	93
<b>Figura 15.</b> Procedimiento de Ensayo a compresión de bloques de Dosificación .....	95
<b>Figura 16.</b> Procedimiento Ensayo a flexión.....	97
<b>Figura 17.</b> Medición del ensayo de resistencia al fuego a los paneles.....	99
<b>Figura 18.</b> Esquema del sistema de medición para la atenuación del ruido. ....	100
<b>Figura 19.</b> Sistema de medición instalado para la toma de datos .....	102
<b>Figura 20.</b> Hongos cultivados Rhizopus stolonifer.....	106
<b>Figura 21.</b> Hongos cultivados Rhizopus stolonifer.....	107
<b>Figura 22.</b> Observación en estereoscopio de la Stipa Ichu y del hongo. ....	108
<b>Figura 23.</b> Observación de las muestras con semanas de exposición con los hongos. ....	108



<b>Figura 24.</b> Resistencia característica a la compresión de los bloques por cada tipo de mezcla .....	115
<b>Figura 25.</b> Porcentaje de pérdida de peso de muestras por ignición.....	117
<b>Figura 26.</b> Resultados de resistencia a la compresión a muestras. ....	118
<b>Figura 27.</b> Tiempo de duración de las caras del panel 12 mm de espesor - Muestra 01 .....	122
<b>Figura 28.</b> Tiempo de duración de las caras del panel 12 mm de espesor - Muestra 02 .....	123
<b>Figura 29.</b> Tiempo de duración de las caras del panel 12 mm de espesor - Muestra 03 .....	125
<b>Figura 30.</b> Tiempo de duración de las caras del panel 9 mm de espesor - Muestra 01	126
<b>Figura 31.</b> Tiempo de duración de las caras del panel 9 mm de espesor - Muestra 02	128
<b>Figura 32.</b> Tiempo de duración de las caras del panel 9 mm de espesor - Muestra 03	129
<b>Figura 33. Hongo usado: “Aspergillus Flavus”</b> .....	134
<b>Figura 34.</b> Comparación de temperaturas del día más caluroso (19 de junio 2023)....	138
<b>Figura 35.</b> Comparación de temperaturas del día más frío (24 Hrs) (24 DE JUNIO).	139



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clases de piedra de yeso, de acuerdo con su proporción en Sulfato Cálcico .	32
<b>Tabla 2.</b> Tipos de aljez, de acuerdo con su tamaño. ....	33
<b>Tabla 3.</b> Aislamiento acústico a ruido aéreo de tabiques dobles de placas de yeso. ....	41
<b>Tabla 4.</b> Valores de coeficiente medio de absorción acústica para diversos materiales de construcción. ....	42
<b>Tabla 5.</b> Valores del coeficiente de conductividad térmica del yeso en función de sus densidades. ....	45
<b>Tabla 6.</b> Valores del coeficiente de penetración térmica para diferentes materiales. ...	46
<b>Tabla 7.</b> Valores del coeficiente de absorción acústica para diversos materiales.....	47
<b>Tabla 8.</b> Operacionalización de variables .....	78
<b>Tabla 9.</b> Cantidad de unidades de muestras y paneles a base de Stipa Ichu requeridas para la investigación. ....	79
<b>Tabla 10.</b> Tabla de identificación del producto- Gyplac.....	81
<b>Tabla 11.</b> Tabla de dosificaciones para mezclas.....	82
<b>Tabla 12.</b> Porcentaje de las diferentes proporciones para cada tipo de mezcla .....	91
<b>Tabla 13.</b> Cantidad de muestras de la mezcla óptima. ....	91
<b>Tabla 14.</b> Resultados de la medición de diseño de mezcla para la elaboración de paneles. ....	109
<b>Tabla 15.</b> Proporciones de la mezcla óptima. ....	112
<b>Tabla 16.</b> Dosificación de la mezcla óptima para un panel .....	112
<b>Tabla 17.</b> Dosificación de la mezcla óptima para 1m3.....	113
<b>Tabla 18.</b> Resultados Ensayo de resistencia a la compresión .....	113
<b>Tabla 19.</b> Resultado ensayo de resistencia a la flexión.....	113
<b>Tabla 20.</b> Resumen de los resultados del ensayo a la compresión.....	114



<b>Tabla 21.</b> Medición de las muestras sometidas a ignición a 500°C° .....	116
<b>Tabla 22</b> Resultados de resistencia a la compresión a muestras.....	118
<b>Tabla 23.</b> Datos de las muestras ensayadas en el equipo de Resistencia a la Flexión.	119
<b>Tabla 24.</b> Resultados de las muestras sometidas al ensayo. ....	120
<b>Tabla 25.</b> Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 12 mm de espesor - Muestra 01 .....	121
<b>Tabla 26.</b> Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 12 mm de espesor - Muestra 02 .....	122
<b>Tabla 27.</b> Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 12 mm de espesor - Muestra 03 .....	124
<b>Tabla 28.</b> Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 9 mm de espesor - Muestra 01 .....	125
<b>Tabla 29.</b> Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 9 mm de espesor - Muestra 02 .....	127
<b>Tabla 30.</b> Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 9 mm de espesor - Muestra 03 .....	128
<b>Tabla 31.</b> Se presenta el promedio de los datos obtenidos durante la medición utilizando un sonómetro.....	130
<b>Tabla 32</b> Se muestran los resultados del procesamiento de datos, específicamente la pérdida de transmisión de sonido en decibelios (dB-A) del panel.....	131
<b>Tabla 33.</b> Resultados del procesamiento de datos - Coeficiente de Reducción de Sonido (A) del panel .....	132
<b>Tabla 34.</b> Resumen de Coeficientes de Aislamiento acústico Reducción de Sonido (NRC) Paneles de 12 mm y 9 mm .....	132
<b>Tabla 35.</b> Datos de las muestras del ensayo de durabilidad a los hongos del panel ....	134



<b>Tabla 36.</b> Resultados del ensayo de durabilidad del panel termoaislante de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa a los hongos.....	135
<b>Tabla 37.</b> Tabla de determinación de la durabilidad a los hongos, según la metodología utilizada.....	135
<b>Tabla 38.</b> Se presenta el resultado de la evaluación de la durabilidad del panel en relación a la presencia de hongos. ....	136
<b>Tabla 39</b> Comparación de temperaturas mínimas y máximas de vivienda rural típica del (26 de mayo al 25 de junio 2023).....	137
<b>Tabla 40.</b> Panel termoaislante de fibra stipa ichu y celolsa 0.61*x1.22 m.....	140
<b>Tabla 41.</b> Costo por panel 1.2m X 2.40 m.....	141



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**NTP:** Norma Técnica Peruana.

**MPP:** Municipalidad Provincial de Puno

**MINSA:** Ministerio de Salud.

**CONAM:** Consejo Nacional del Ambiente.

**MINAM:** Ministerio del Ambiente.

**OEFA:** Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

**ANDIMA:** Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes.

**IDEA:** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

**ASTM:** American Society for Testing Materials.



## RESUMEN

El yeso es un material ideal para la construcción y en los últimos años se ha demostrado que algunas de sus propiedades pueden mejorarse con suplementos de fibra dietética sintéticos, como los plásticos, cuyo volumen ha seguido aumentando en las últimas décadas, o natural, ya que el ichu se encuentra abundantemente en las tierras altas del Perú. sobre eso De esta manera, las fibras plásticas y las fibras de ichu se utilizan junto con el yeso para crear nuevos materiales ecológicos, conocer su capacidad de absorción de agua e insonorización materiales, promover el reciclaje y reducir la contaminación, y reevaluar aportes locales. La presente investigación surge de la necesidad de brindar mejores condiciones de habitabilidad a los pobladores de la región de Puno, a partir de recursos naturales como el stipa ichu y fibras de celulosa o desechos de papel, esto como material reciclado; por ello se formula como objetivo general de este proyecto: proponer un panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa, para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno. Para ello se realizará el estudio teórico-practico de las propiedades físicas y mecánicas de las materias primas para así encontrar la dosificación ideal para la elaboración del panel termoaislante. Posteriormente se evaluará el desempeño del panel termoaislante al emplearlo en revestimiento interior de una vivienda típica de la región de Puno. Por otra parte, se menciona el tipo de investigación que es Cuantitativo, siendo el nivel de investigación Relacional y el diseño de investigación es Experimental.

**Palabras Clave:** Aislamiento térmico, confort, fibra de celulosa, yeso, Stipa Ichu, temperatura.



## ABSTRACT

Plaster is an ideal material for construction and in recent years it has been shown that some of its properties can be improved with synthetic dietary fiber supplements, such as plastics, the volume of which has continued to increase in recent decades, or natural, since ichu is found abundantly in the highlands of Peru. In this way, plastic fibers and ichu fibers are used together with gypsum to create new ecological materials, learn about their water absorption capacity and soundproofing materials, promote recycling and reduce pollution, and reassess local contributions. The present investigation arises from the need to provide better habitability conditions to the inhabitants of the Puno region, from natural resources such as the stipa ichu and cellulose fibers or paper waste, this as recycled material; For this reason, the general objective of this project is formulated: to propose a thermal insulating panel made from Stipa ichu fiber and cellulose fiber, to improve thermal comfort in homes in the Puno region. For this, the theoretical-practical study of the physical and mechanical properties of the raw materials will be carried out in order to find the ideal dosage for the preparation of the thermal insulating panel. Subsequently, the performance of the insulating panel will be evaluated when used in the interior lining of a typical house in the Puno region. On the other hand, the type of research that is Quantitative is mentioned, the level of research being Relational and the research design is Experimental.

**Keywords:** Thermal insulation, comfort, cellulose fiber, plaster, Stipa Ichu, temperature



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

En el territorio del Perú en el altiplano andino, existe un problema muy común de hielo, este fenómeno climático es provocado por un cambio repentino de temperatura al punto de congelación del agua, debido a la altitud a la que se encuentran las viviendas para acoger a las personas; El INEI señala que las poblaciones de estas localidades se encuentran en situación de vulnerabilidad por sus condiciones socioeconómicas y su ubicación territorial ocasionando daños a la salud de las personas, afectando Al 31.3%, un tercio de la población, incluyendo personas vulnerables, niños menores de 12 años y adultos mayores de 65 años, causan enfermedades emocionales. La Comunidad Cueva, está ubicado en Paucarcolla en una altitud de unos 3912 metros sobre el nivel del mar, las condiciones de temperatura son muy bajas, lo que significa que hay radiación solar durante el día, clima fuerte y noches extremadamente frías.

La ciudad de Puno, ubicada a orillas del lago Titicaca, posee un clima agradable frío, es decir, por la mañana vemos una temperatura cálida de 21°C gradualmente y por la noche la temperatura del aire baja a -4°C según SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) teniendo una temperatura media anual entre 14.4°C y 2.7°C. Si bien la población es consciente de este problema, por otro lado, también existen problemas de ruido, tal como lo confirma el informe de evaluación de ruido ambiental realizado en la ciudad de Puno. (Informe N° 744-2013-OEFA-DE-SDCA), realizado por la OEFA 16 (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental), donde se determinó que existe contaminación acústica en la ciudad de Puno, debido a que el nivel equivalente y continuo de presión sonora con ponderación A, encontrado en treinta y dos (32) puntos de la ciudad de Puno, el cual se encuentra dentro de 65.0 hasta 80,6 decibelios, que está



por encima del nivel sonoro permitido. De lo anterior, podemos ver claramente los problemas que ocasionan los cambios bruscos de temperatura y los altos niveles de ruido que tienen las personas, por lo que es necesario brindar alguna solución que garantice tranquilidad, para disfrutar del tiempo libre y relajarse, juntos. disfrutar de un ambiente tranquilo y perfecto para el desarrollo de nuestra vida, en amparo a lo establecido en el inciso 22, artículo 2 de la Constitución Política del Perú.

Las exigencias de la crisis climática en sus diversas manifestaciones y el ritmo de la rápida urbanización a nivel mundial actúan como llamados de atención para que las disciplinas del diseño respondan de manera creativa en la búsqueda de soluciones sostenibles. Ante la escasez de recursos y el cambio climático, los planificadores y diseñadores deben repensar sus prácticas en la transición hacia modelos de intervención más sostenibles. Un enfoque prometedor para tales fines en el amplio campo de los estudios de sostenibilidad es el desarrollo de estrategias basadas en la evidencia para aumentar la resiliencia local, a saber, la "adaptación".(Galmarini et al., 2022).

El proyecto de tesis se desarrolla en los siguientes capítulos, en el Capítulo I se presenta el problema y explicación del trabajo, luego se identifican los objetivos e hipótesis de la investigación, en el Capítulo II se desarrollan las bases teóricas desarrolladas como premisas nacionales e internacionales como la actual investigación validación de datos y normatividad de formalización, en el capítulo III se identifican los materiales de investigación y métodos a desarrollar adecuadamente, el capítulo IV presenta los resultados y discute los ensayos realizados en el fondo levantado, el capítulo V presenta las conclusiones sobre los objetivos propuestos a alcanzar luego de la realización de los estudio, el capítulo VI presenta las recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas con las fibras de ichu y sus componentes básicos y



finalmente el capítulo VII se muestran todas las referencias bibliográficas utilizadas para llevar a cabo la presente investigación.

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la región de Puno, ubicada en el altiplano peruano, las viviendas enfrentan grandes desafíos en términos de confort térmico. Las condiciones climáticas extremas, con temperaturas bajas durante gran parte del año, generan una demanda constante de calefacción y aislamiento adecuado para mantener un ambiente interior confortable. Sin embargo, muchas viviendas en esta región no cuentan con el equipo adecuado de calefacción y ventilación, lo que resulta en una pérdida significativa de energía y un bajo nivel de confort térmico para los residentes.

El uso de fibras naturales locales y baratas como aislamiento térmico es una excelente alternativa, especialmente para actualizar/rehabilitar construcciones rudimentarias. En áreas por encima de los 3000 m sobre el nivel del mar, las fibras naturales son abundantes y baratas (~0.15 USD/kg), especialmente las fibras denominadas “Ichu”.(Noel & Charca, 2015)

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cómo será la propuesta panel termoaislante a partir de fibra de *Stipa ichu* y fibra de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno?



### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Como será la dosificación de la materia prima del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno?
- ¿Cuáles serán las propiedades físicas y mecánicas del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno?
- ¿Cómo será la variación térmica en una vivienda rural revestida con el panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra?

### 1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la región de Puno se registran las temperaturas más bajas de nuestro país, que están por debajo de los 0 grados celsius, esto informa regularmente el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi).

Las viviendas de las comunidades en el altiplano Puneño son postergadas por la falta de mejores condiciones de confort térmico. Con el fin de mitigar este problema en las viviendas de la región de Puno, es que mediante el presente proyecto se propone la elaboración de un panel termoaislante a base de fibras Stipa Ichu y fibras de celulosa mezclado con sulfato de calcio dihidratado (yeso) esto como aglutinante para conservar la temperatura en las viviendas y así mejorar la calidad de vida de los habitantes de nuestra región.

Por ello, teniendo en cuenta la demanda actual de nuevos métodos de reciclaje para el aprovechamiento de materiales, sean estos biodegradables o no, se proyecta desarrollar el panel termoaislante con componentes reciclados que a su vez favorecerán



al cuidado del medio ambiente, siendo estas las fibras de celulosa que se producen a partir de papel de desecho, de esta manera obteniéndose los copos o escamas directamente de la molienda del mismo.

Por otro lado, el stipa ichu es un recurso natural abundante en la región Puno que tiene múltiples usos como materia prima, en el presente proyecto será utilizado como componente principal para la elaboración del panel termoaislante.

Por lo tanto, el presente proyecto mediante la utilización del panel termoaislante, pretende reducir el impacto de las bajas temperaturas en las viviendas y así brindar mejores condiciones de habitabilidad a bajo costo.

El aislamiento acústico a base de Stipa Ichu será una alternativa para reducir el ruido y los cambios bruscos de temperatura en viviendas construidas de albañilería confinada y concreto armado, en zonas de expansión urbana de la ciudad de Puno, gran parte de las cuales se encuentran en construcción (sin revestimiento). Además, es posible reevaluar e innovar la técnica de utilizar Stipa Ichu como material de construcción ancestral.

### **Justificación Técnica.**

- **Justificación de Impacto en Ciencia y Tecnología:** Esta propuesta de panel termoaislante sería un gran avance tecnológico en sistemas de construcción de nuestra región, pudiendo competir con otros sistemas y materiales de aislamiento industriales, por ende, brindar nuevas alternativas de solución a las necesidades de confort térmico en las viviendas de los habitantes de la región de Puno. ¿Cómo será la variación térmica en una vivienda rural revestida con el panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra?



- **Justificación de Impacto Económico:** El aprovechamiento de la paja o Stipa Ichu como un panel termoaislante, resulta ser más económico y accesible, ya que es una materia prima oriundo de la zona altiplánica siendo este de menor costo de extracción, preparación e instalación.  
Del mismo modo la fibra celulosa de desechos de papel no genera costo, puesto que es un material reciclado.
- **Justificación de Impacto social:** Con la utilización del Stipa Ichu se estaría aportando en generar una conciencia y cultura ambiental en la población, ya que es una forma de promover el aprovechamiento de materias primas, siendo este accesible.  
Así mismo la fibra de celulosa al ser un material reciclado genera conciencia del cuidado ambiental en la sociedad.
- **Justificación de Impactos Ambientales:** Los materiales termoaislantes en el mercado son elaborados a base de materiales sintéticos, cuya producción resulta ser muy costosa y genera a su vez impactos ambientales negativos.  
Con la elaboración de los paneles termoaislantes a base de fibras de Stipa Ichu como materia prima y principal componente, aportará en la disminución de la contaminación ambiental por residuos sólidos, ya que el Stipa Ichu es un material ecológico y biodegradable,  
A su vez, las fibras de celulosa de papel de desecho como segundo componente, permitirá atenuar la contaminación del medio ambiente al ser este material reciclado.



## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo General**

Proponer un panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa, para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Precisar la dosificación de la materia prima del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno.
- Demostrar la variación térmica en una vivienda rural revestida con el panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa frente a una vivienda típica.

## **1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Hipótesis General**

El panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa mejora el confort térmico en viviendas de la región de Puno.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- La dosificación de la materia prima del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa es adecuada para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno.



- Las propiedades físicas y mecánicas del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa cumplen las condiciones para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno.
- La variación térmica en una vivienda rural revestida con el panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa presenta temperaturas confortables frente a una vivienda típica.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO TEORICO

##### 2.1.1. Antecedentes de la investigación

Respecto al bosquejo realizado, entre los antecedentes de trabajo relacionado con la presente investigación, nos ha permitido tomar como referencia tesis que señalamos a continuación:

Poma y Ccopa (2022), en su proyecto de investigación sobre diseño, evaluación y propuesta técnica de una vivienda rural térmica construida con bloques de cemento adicionado con fibras de stipa ichu, llegaron a la siguiente conclusión, “Los bloques de cemento y Stipa Ichu muestran propiedades físicas y mecánicas aptos para ser empleados como material de construcción debido a que superan los requerimientos mínimos que se establecen en la norma E.070”.

Malca (2020), En su informe de investigación concluye que “en las cantidades de 1%, 1.5% y 2% de fibra de stipa ichu influye progresivamente en la conductividad térmica de tapiales, obteniendo resultados de 0.03 k(w/m<sup>o</sup>c), 0.012 k(w/m<sup>o</sup> c). 0.0.22. k(w/m<sup>o</sup>c). con respecto al tapial patrón. Demostrando que, a mayor cantidad de fibra stipa ichu, mayor será la conductividad térmica de los tapiales”.

Mamani y Pinazo (2020), en su trabajo de investigación sobre la eficiencia de una vivienda construida con tabiquería bioclimática a base del stipa ichu, llegan a la conclusión de que “La vivienda propuesta con tabiquería bioclimática a base



del stipa ichu y festuca dolichophylla presl para mejorar el confort térmico, es eficiente en 5.86°C respecto a la vivienda tradicional de la zona de estudio”.

Huacho y Ronceros (2021). Realizaron el estudio sobre Diseño de mezcla de concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, adicionando cenizas de stipa ichu para estructuras de edificación a compresión, llegando a la conclusión que, ”se ha realizado el diseño de mezcla de concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, adicionando cenizas de Stipa Ichu para estructuras de edificación a compresión (método ACI), en el distrito de Lircay provincia de Angaraes-Huancavelica así obteniendo los 4 resultados que influyen positivamente al adicionar cenizas de Stipa Ichu alcanzando ser superior”.

El confort térmico adecuado se lograr construyendo edificaciones con sistemas pasivos, que son aquellas que se calientan utilizando medios sencillos para captar, almacenar, controlar y distribuir el calor solar en una edificación. (Roque & Cruz, 2018).

Según Amador Gomez (Gomez Amador et al., 2016) autor de libro “MECANISMOS DE CONTROL BIOCLIMÁTICOS HABILITADOS POR LOS INDIVIDUOS EN VIVIENDAS DE CLIMAS CÁLIDOS” menciona que: El sujeto siempre está ligado al contexto, interactúan, a medida que pasa el tiempo el hombre modifíco con sus acciones al clima en diversas escalas, fue involuntaria, y conscientemente a escalas pequeñas.

Por otro lado según Silvia Haydeé Moreno (Olmos, 2008) afirma que la habitabilidad es creada por uno mismo, y eso implica que se deba cumplir estándares con condiciones acústicas, térmicas y de salubridad, sonido, temperatura y sanidad, para que exista calidad de vida en los espacios ocupados



por uno mismo. Teniendo en claro estas afirmaciones ambos autores coinciden que cada habitante tiene una relación directa con el contexto, que se tiene que tener conciencia del uso espacial que se nos brinda, porque de eso depende e influye mucho en nuestra calidad de vida.

De acuerdo con Moisés Roberto Guerra (Menjívar, s. f.) “Se deben de tomar en consideración y condiciones bioclimáticas, como una técnica elemental que sirve a la arquitectura sobre todo en el aspecto de sostenibilidad, de manera que contribuye no solo en el confort de los usuarios, sino que minimiza el impacto energético”

Según García (García et al., s. f.) menciona que; en las altas tierras del Noroeste murciano a pervivido con la disponibilidad de materia prima, principalmente la tierra, y de equipamiento industrial a pesar de ello sus habitantes han tenido que migrar buscando posibilidades de desarrollo, fue una manera de desintegrar la zona, sin tener que hacer un equipamiento que integre, utilizando como material predominante la materia prima, por otro lado Rodolfo Rotondaro (Rotondaro, 2007) afirma que; la materia prima “tierra” es aceptado y conocido por todo tipo de manifestación en el hábitat construido, “único material que se adapta en adelante”, concepto que se debatió por el Proyecto Proterra, para que se deba incluir en todas las manifestaciones constructivas, arquitectónicas y urbanísticas que fueron construidas con la tierra como material predominante y no contaminante, donde se marcó un inicio en construcción portante”, Ambos autores coinciden en la utilización de la materia prima que es la tierra, porque esta no es contaminante, muy aparte que económicamente se adapta, y la falta de un equipamiento que necesariamente integre la zona, haciéndola una ciudad abastecedora.



UTEC & MIT, (2015) Nos da a conocer El “Stipa Ichu” cuenta con una buena conductividad térmica, lo que permite retener el calor en un ambiente y actuar como aislante térmico.

Mathur, (2005) Nos dice que: La paja ha sido utilizada desde la antigüedad en la construcción, en cubiertas, como material fibroso refuerzo en el adobe, en muros continuos de tierra para alivianarlos, etc. Hoy día se puede llegar a nuevas formas de uso de estas fibras, de manera estandarizada, de fácil puesta en obra, que gracias a una nueva homogeneización pueda posicionarse en el exigente sector de la edificación, sin ignorar los estándares de 6 durabilidad y confort de la vivienda construida, donde el uso de residuos agro-industriales puede tener una contribución vital.

Mendoza, (2015) La paja es una planta andina que pertenece a la familia de las ciperáceas-juncos, existen varios tipos de pajas entre ellos están el “hiro” o comúnmente llamado “paja brava”, este tipo de paja es usado como alimento para el ganado y también como cobertura final de la punta del techo de las “chuccllas”. También está el “stipa ichu” este tipo de paja es usado para las coberturas de las viviendas andinas, también es muy usado como alimento del ganado. La paja es un material que por sus propiedades térmicas es muy adecuado para su uso como aislamiento térmico. Debido a sus propiedades naturales: es transpirable y regulador de humedad.

Tanpichai, Witayakran, Srimarut, Woraprayote, y Malila (2019), nos da a conocer que “Existen varios métodos para obtener celulosa y elaborar papel, siendo la hidrólisis térmica o explosión de vapor un proceso amigable con el ambiente”.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1. Yeso

El yeso es un material de construcción derivado de una roca sedimentaria precipitada químicamente llamada aljez o yeso. La palabra yeso se utiliza tanto para la piedra natural como para el producto en polvo obtenido al calentar y triturar esta piedra. La composición química de la roca natural es sulfato de calcio con dos moléculas de agua ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), conocido como sulfato de calcio dihidratado, su origen geológico se debe a la desecación por evaporación de los lagos salados o del mar interior, el terreno es poco profundo creando sedimentos. roca. es parte de los volátiles.(Herrero del Cura, 2016)

El yeso es un material de construcción cuya materia prima es una roca sedimentaria precipitada químicamente conocida como aljez o piedra de yeso. (Fig 1). Un material de construcción muy utilizado para la producción de elementos prefabricados en la edificación debido a su alta capacidad de regulación higrotérmica, sus buenas prestaciones mecánicas y su carácter ignífugo, entre otros factores. Su uso histórico ha estado ligado a elementos ornamentales, aunque las investigaciones más recientes se orientan hacia la industrialización de los composites de yeso y el diseño de piezas prefabricadas para falsos techos y tabiques interiores. (Álvarez et al., 2023)

En la actualidad, dentro del ámbito de la construcción, se ha producido el crecimiento de la demanda de un producto llamado pladur, durlock o drywall que está conformado por placas de yeso laminado. Se utiliza tanto crear tabiques o falsos techos como para proceder a aislar, térmica y acústicamente, una estancia, o incluso para hacer muebles y estanterías.

El yeso, como producto industrial y material de construcción, es sulfato de calcio hemihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ), también conocido como yeso cocido o yeso de París. Se comercializa molido, en forma de polvo, que una vez amasado con agua, puede ser utilizado directamente. Se le puede añadir otras sustancias químicas para modificar sus características de fraguado, resistencia, adherencia, retención de agua y densidad. La forma de yeso industrial más pura y de grano más fino se denomina escayola. El sulfato de calcio hemihidratado existe también en forma natural: un raro e inestable mineral denominado bassanita.



**Figura 1.** Piedra de Yeso

Se puede encontrar en la naturaleza en varios estados de cristalización: selenita, monocristales hexagonales transparentes; punta de flecha o rosas del desierto, emparejadas; alabastro, policristalino, muy puro, numeroso y compacto; Mástil de satén, hilo, etc.

Otras formas de sulfato cálcico que también se dan de forma natural son:



- El sulfato cálcico anhidro con el nombre de anhidrita natural o karstenita. Es compacta, sacaroidea, parecida al alabastro y de color blanco o ligeros tonos grises, rojos o azules.
- El sulfato cálcico semihidrato con el nombre de basanita. Muy raro por ser muy inestable.

Entre sus propiedades están su baja dureza superficial ( $H=2$ , en la escala Mohs), su bajo peso específico,  $2,32 \text{ g/cm}^3$  y su exfoliabilidad. Mecánicamente es algo flexible, aunque tiene un periodo elástico pequeño. Es soluble en ácido clorhídrico y en agua caliente ( $2,05 \text{ g/l}$  a  $20^\circ\text{C}$ ). Funde con facilidad y se hace opaco por la pérdida del agua interlaminar. Tiene una microestructura cristalina monoclinica laminar en la que se alternan capas de sulfato cálcico y capas de agua. (Mottana, Crespi y Liborio, 1991)

Denominamos al producto en polvo obtenido al calentar y moler aljez yeso de construcción (que puede solidificarse en el aire cuando se mezcla con agua en determinadas proporciones). La temperatura requerida para producirlo está entre  $200^\circ\text{C}$  para semihidrato y de  $400$  a  $700^\circ\text{C}$  para anhídrido. El proceso de fabricación no utiliza tanta energía como otros materiales, por lo que es más económico.

**Tabla 1.**

*Clases de piedra de yeso, de acuerdo con su proporción en Sulfato Cálcico (UNE 102-001-86)*

CLASE	Contenido mínimo de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
I Extra	95
I	90
II	80
III	70
IV	60

*Fuente:* (Villanueva, L. (1975))

**Tabla 2.**

*Tipos de aljez, de acuerdo con su tamaño. (UNE 102001-86)*

CLASE	Tamaño de piedra comprendida entre: (mm)
1	0 y 20
2	20 y 50
3	50 y 150
4	0 y 150
5	00 y 300

*Fuente: (Villanueva, L. (1975))*

El bajo costo de su fabricación, unido a que el aljez es un material muy abundante y de gran calidad (encontradas en canteras por encima del 90% de pureza) hace que sea un material muy utilizado.

Aunque se utiliza principalmente en la construcción de diversas formas, los usos son variados: en agricultura, para la enmienda del suelo; en la industria del papel y pinturas (blanco mineral); en procedimientos dentales y quirúrgicos; reproducir formas con moldes, etc.

La norma se refiere a piedra natural, UNE 102-001-86" Aljez o piedra de yeso: Clasificación característica", distinguiendo cinco tipos de roca de yeso según el contenido de sulfato de calcio (Tabla 1.1) y cinco tipos según el tamaño de grano (Tabla 1.2).

### **2.2.1.1. Transformación del Yeso**

Según Herrero del Cura (2016), El yeso se deshidrata para convertirse en un producto de construcción. Por un lado, este proceso está influenciado por factores internos que se pueden dividir en factores estructurales, estructurales y de composición, por otro lado, factores



ambientales como la temperatura, la presión, la presión de vapor del agua y la velocidad de calentamiento.

Muchos factores afectan la deshidratación del yeso. Por un lado, existe un conjunto de variables que caracterizan la naturaleza del material (los elementos internos), que se pueden dividir en tres bloques: factores estructurales, texturales (tamaño, distribución granulométrica, morfología, defectos superficiales del cristal y existencia de maclas) y de composición (impurezas), por otro lado factores ambientales (externos) escolares, principalmente: temperatura, presión, presión de vapor y velocidad de calentamiento.

#### **2.2.1.2. Características del yeso**

La característica más importante es su excelente trabajabilidad tanto en la instalación como en la fabricación de productos prefabricados. Esta propiedad va acompañada de fraguado rápido, adaptabilidad al molde, adherencia, rápida ganancia de resistencia inicial, ligereza, bajo costo de adquisición, entre otras cosas.

El yeso fragua rápidamente, pasando por tres etapas consecutivas. El tiempo de inicio del fraguado corresponde al tiempo en que la masa cambia del estado líquido al estado plástico, y el tiempo de finalización del fraguado corresponde al momento en que la masa cambia del estado plástico al estado sólido. Durante este proceso, se produce un aumento de la temperatura.

El yeso es un mineral que se utiliza en la construcción desde la época neolítica hasta la actualidad. Es un producto industrial y material de



construcción que consiste en sulfato de calcio hemihidrato. Tiene propiedades como la regulación del sonido y de la humedad, resistencia al fuego y es estético y ligero. Además, se puede utilizar como aislante térmico y acústico. El proceso de deshidratación produce diferentes tipos de yesos con distintas características de fraguado, resistencia y densidad. El yeso también tiene aplicaciones en la medicina, agricultura, cerámica, industria química, farmacéutica y alimentaria. Es reciclable, no tóxico y permite trabajar en estrategias de reducción del cambio climático. En la construcción, se puede encontrar en forma de polvo, placas laminadas y prefabricados de escayola.

### **2.2.1.3. Fabricación del yeso**

El yeso o aljez se extrae de canteras a cielo abierto o subterráneas. Esta materia prima extraída, antes de la cocción, es triturada por máquinas adecuadas, tales como: molino de rodillos, trituradora de mandíbula, etc. El tamaño del grano después de la molienda está determinado principalmente por el método o sistema de cocción a utilizar.

antiguamente, el yeso se elaboraba en los llamados hornos morunos, denominándose a los productos resultantes yeso tradicional o artesanal. Así se fabrican el yeso blanco de grano fino y el yeso negro de grano grueso.

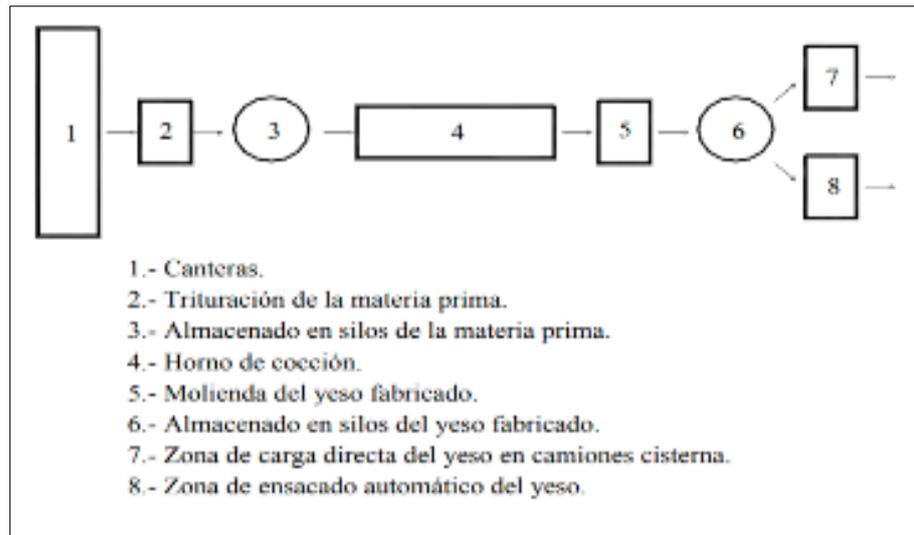
A partir de las décadas de 1950 y 1960, este método de producción se modificó, pasando a utilizar sistemas industrializados, utilizando hornos mecánicos en instalaciones fijas. Los recubrimientos obtenidos de este proceso se conocen como recubrimientos industriales o de segunda



generación y tienen propiedades más uniformes. Este grado tiene la distinción entre yesos de construcción (bifásicos), que pueden ser gruesos o delgados, y yesos (monofásicos).

A finales de los años 60 y 70 comenzaron a producirse los llamados yesos de tercera generación, caracterizados por su granulometría y el uso de áridos y aditivos para mejorar sus propiedades como dureza, agarre, rigidez y peso. Entonces, además de las piezas de trabajo manuales, comenzaron a usarse proyección mecánica y piezas de trabajo prefabricadas. Entre ellos podemos encontrar: yeso controlado de construcción (fino y grueso), yesos finos especiales, yesos controlados aligerados, yesos de alta dureza superficial, yesos de proyección mecánica (aligerados o no), yesos-cola y adhesivos.

La piedra de yeso con un grado de pureza superior al 75% se utiliza para la producción de yeso de construcción. En España se produce en hornos de dos y tres tubos. Después del tanque estacionario, se muelen para lograr el tamaño de partícula deseado. Antes del envasado se pueden añadir sustancias auxiliares (coagulantes, retención de agua, etc.) y aditivos (perlita, etc.).



**Figura 2.** Proceso productivo del yeso

Fuente: (Villanueva, L. (1975))

El yeso o aljez se extrae de canteras a cielo abierto o subterráneas. Esta materia prima extraída, antes de la cocción, es triturada por máquinas adecuadas, tales como: molino de rodillos, trituradora de mandíbula, etc. Los diferentes sistemas de calentamiento de yeso se dividen en dos grandes grupos, dependiendo de si el gas está en contacto con la materia prima. Entre ellos destacamos: horno rotatorio, horno hirviendo (tibio) y vapor. La elección del tipo de horno depende principalmente de la función del producto final obtenido y de su rentabilidad. Tras la cocción, la materia prima se tritura finamente para obtener la granulometría adecuada y se almacena en silos hasta su posterior entrega, ya sea en sacos o a granel.

#### **2.2.1.4. Propiedades del yeso**

En su estado dúctil tiene la capacidad de adaptarse a cualquier molde y lo hace ideal para diversos elementos prefabricados como paneles



para dividir miembros, molduras decorativas y más. (Porrás-Amores et al., 2021)

#### **a. Propiedades físicas y mecánicas**

A medida que el yeso fragua, forma cristales que aumentan su resistencia mecánica, hasta alcanzar su valor máximo en unos quince días en condiciones de laboratorio (20°C y 65° de humedad relativa), cuando alcanza la humedad de equilibrio.

Dos características afectan la resistencia mecánica del yeso: porosidad y humedad. En cuanto a la porosidad, debido a la poca cantidad de agua de amasado, el exceso se elimina durante el proceso de curado y secado, creando una microestructura porosa en el interior del producto con poros de diferentes tamaños. Cuanta más agua se utilice en la mezcla (proporción de agua a yeso), mayor será la porosidad, menor la densidad y menor la resistencia. Sin embargo, cuanto mayor sea la porosidad, mayor será el aislamiento (porque los poros impiden la transferencia de calor) y mayor la resistencia al fuego.

En cuanto a la humedad, el yeso actúa como un regulador de la humedad que absorbe, acumula y libera vapor de agua en función de la humedad del ambiente. La cantidad de vapor de agua almacenada en la red capilar del recubrimiento se denomina contenido de humedad y normalmente se expresa como % en peso por peso seco. En cuanto al efecto de la humedad sobre la pérdida de resistencia, esto puede explicarse por el hecho de que el vapor de agua contenido en los poros actúa como un lubricante en la estructura de cristal, permitiendo movimientos relativos



entre ellos y reduciendo así resistencia. Se concluye que la resistencia se reduce a la mitad a medida que la humedad aumenta de 0 a 1%.

Las variaciones de tamaño que experimentan los factores de construcción se deben a la humedad y la temperatura. Porque el yeso aumenta de volumen cuando está húmedo y disminuye cuando está seco.

#### **b. Comportamiento térmico del yeso**

La capacidad aislante del yeso, al igual que otros materiales, tiene en cuenta su conductividad térmica y por tanto su capacidad para evitar la transferencia de calor por conducción, pero el papel de las superficies en contacto con el aire y las capas límite también son importantes en los fenómenos de radiación y las convenciones de lo que sucede. El coeficiente de conductividad térmica se define como la cantidad de calor transferido en un tiempo dado por unidad de área de la muestra.

Este coeficiente está condicionado por su densidad y el estado de humedad en que se encuentre. La densidad está relacionada con la porosidad y el tamaño de poros ya que a menor densidad el número de poros de aire será mayor y por lo tanto su conductividad será menor. A mayor humedad, mayor será la conductividad térmica. (Herrero del Cura, 2016)

#### **c. Comportamiento frente al agua y el vapor de agua del yeso**

La capacidad de un material para absorber agua líquida está determinada por el peso de agua que absorberá una muestra de material sumergido en agua en un tiempo específico y a una temperatura específica.



Esta propiedad está relacionada con la conductividad térmica y la densidad, ya que, a menor densidad, mayor capacidad de absorción de agua.

Otro punto importante es que la resistencia del yeso se reduce a la mitad cuando la humedad es de hasta el 1%, por lo que no es recomendable dejar que el yeso entre en contacto con el agua, aunque cuando el tiempo de contacto es corto y seco recuperarán su solidez. contar. Pero lo que no es práctico es la exposición prolongada al agua.

El yeso actúa como regulador higrotérmico ya que es capaz de almacenar moléculas de vapor de agua en el interior de su masa cuando en el ambiente hay un exceso y de cederlas cuando se revierte la situación, volviendo a su humedad de equilibrio. (Herrero del Cura, 2016)

#### **d. Comportamiento acústico del yeso**

En el aislamiento acústico aéreo se considera la transmisión directa (a través de poros, grietas, etc.) y la transmisión por vibración de los elementos separadores que actúan como membranas. En el caso del yeso se considera la transmisión de vibraciones, que depende de la masa y rigidez del muro.

El aislamiento del sonido de impacto se determina mediante pruebas, y generalmente se encuentra que los materiales que funcionan bien para el sonido en el aire son peores para el sonido de impacto. En la tabla 2 podemos ver el aislamiento acústico frente al ruido aéreo. Para mejorar el comportamiento del yeso al ruido de impacto es necesario recubrirlo con otros materiales como corcho, caucho, entre otros. Sin

embargo, el yeso es una buena solución para evitar puentes sonoros debido a la dilatación que sufre al fraguar.

**Tabla 3.**

*Aislamiento acústico a ruido aéreo de tabiques dobles de placas de yeso.*

TABIQUE DOBLES DE PLACAS DE YESO		AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO			
		En dB, para distintas frecuencias			
Espesor de cada capa en cm	Espesor de cámara de aire en cm	Bajas	Medias	Altas	Valor medio
6	5	35.7	42.5	53.8	41.9
7	5	36.1	41.5	51.1	41.2
7 y 9	5	36.9	44.6	51.3	42.6

*Fuente: (Villanueva, L. (1975))*

El tiempo de reverberación también afecta a la acústica de la placa de yeso porque depende del coeficiente de absorción (energía absorbida por unidad de superficie) del material que conforma la superficie de la sala. Este factor depende de la frecuencia del sonido. Sin embargo, gracias a su moldeabilidad que permite obtener diferentes texturas y la inclusión de agujeros y revestimientos con materiales absorbentes, ofrece un buen valor en coeficiente de absorción. La Tabla 3 presenta los valores de los coeficientes de absorción promedio de algunos materiales de uso común en la construcción.

**Tabla 4.**

*Valores de coeficiente medio de absorción acústica para diversos materiales de construcción.*

Material	Coefficiente medio de absorción acústica
Acero	0.10
Mármol	0.010
Hormigón	0.015
Cemento	0.020
Yeso	0.020
Revocos	0.025 – 0.043
Madera	0.030 – 0.100
Cristal	0.027 – 0.033
Ladrillo	0.032
Corcho	0.160
Alfombras	0.20 - 0.29

*Fuente: (Herrero del Cura, 2016)*

#### **e. Comportamiento frente al fuego**

El yeso es un material no combustible y es un buen retardante del fuego debido a su baja conductividad térmica (que evita la transferencia de calor en un incendio), porque contiene agua libre y porque absorbe calor para convertir el dihidrato en anhidro.

Incluso después de la deshidratación, el yeso continúa actuando como una barrera contra el fuego para el elemento que cubre debido a su baja conductividad térmica y porque no produce gases o vapores tóxicos, corrosivos o sofocantes, sin humo. Se añade vermiculita para mejorar su comportamiento al fuego.



### **2.2.1.5. Propiedades del yeso como revestimiento**

Entre las buenas propiedades del yeso como material para revestimiento, destacan la fácil manipulación en obra, las buenas prestaciones desde el punto de vista de la habitabilidad, durabilidad y la protección ante el fuego.

#### **a. Fácil manipulación**

Es un material en toda regla, por lo tanto, moldeable, lo que le permite adaptarse a diferentes paredes, formando molduras y yeso, se puede suministrar el tratamiento superficial varía en función del acabado posterior.

Su consistencia se puede ajustar a voluntad, afectando el uso de agua/yeso durante la producción o durante la ejecución. La consistencia afecta tanto la resistencia final como el rendimiento del material, es decir, la cantidad de material necesaria para obtener una determinada cantidad de producto acabado o dihidrato. Porque Para que el revestimiento de yeso alcance las propiedades especificadas por el fabricante, se debe utilizar la relación A/Y recomendada por el fabricante.

Su fraguado es regulable, lo que permite la producción de cinta con un mango controlado, desde morteros de fraguado rápido hasta morteros de fraguado lento, como los morteros especiales para mateado. Además, los aditivos que utiliza el fabricante para controlar el fraguado, la temperatura del agua, la velocidad de mezclado, etc., también pueden afectar el fraguado del recubrimiento.



La expansión de fraguado del yeso, siempre que esté dentro de unos límites, tiene ventajas en los tendidos, al evitar las fisuras de retracción.

Tiene una excelente adherencia a cualquier medio, debido a la naturaleza del proceso de curado se adhiere a otros materiales aún en estado líquido, al introducirse por los poros ya través de sus plumas, cristalizará formando un todo estrechamente unido.

#### **b. Habitabilidad.**

Los revestimientos de yeso se pueden considerar como elementos constructivos colaborativos eficaces en la regulación del calor, la humedad, el sonido y la luz de los edificios.

#### **c. Aislamiento térmico**

En cuanto al coeficiente de conductividad térmica del revestimiento (una medida indirecta de la resistencia al calor de un material, es decir, cuanto menor sea el coeficiente, mayor será la capacidad de aislamiento), tenga en cuenta que varía según la densidad y la humedad del revestimiento. Por tanto, en productos de yeso celular ligero, los valores obtenidos representan un aislamiento térmico extraordinario, mientras que en yesos más densos los valores obtenidos lo sitúan en una buena posición frente a otros tipos de yeso con otros materiales.

**Tabla 5.**

*Valores del coeficiente de conductividad térmica del yeso en función de sus densidades.*

<i>TIPO DE YESO</i>	<i>DENSIDAD (KG/M3)</i>	<i>COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/W°C)</i>
<i>Enlucido de yeso</i>	<i>800</i>	<i>0.300</i>
<i>Enlucido de yeso y perlita</i>	<i>570</i>	<i>0.180</i>
<i>Enlucido de yeso y vermiculita</i>	<i>600</i>	<i>0.163</i>

*Fuente: (Herrero del Cura, 2016)*

Por otro lado, cuanto más fina es la superficie del recubrimiento, menos sería mejor coeficiente de fricción y aislamiento. Así, yeso liso, tiene un buen coeficiente de fricción, solo superado por el vidrio.

Además, debido a que la superficie del recubrimiento es más blanca y brillante, menos coeficiente de absorción, por lo que podemos considerar que va del 20% al 10% energía recibida. Por ello, si utilizamos yeso en interiores, la absorción del calor por radiación proveniente de aparatos calefactores, también será bajo, evitando fugas de calor.

Por otro lado, podemos decir que el yeso es un material que garantiza un buen confort superficial, es decir, al tacto su superficie es muy confortable debido a que tiene un bajo coeficiente de penetración del calor, como se observa en la Tabla 3 en comparación con otros materiales, previniendo además las condensaciones de agua.

**Tabla 6.**

*Valores del coeficiente de penetración térmica para diferentes materiales.*

<i>MATERIAL</i>	<i>COEFICIENTE DE PENETRACIÓN TÉRMICA (KCAL/H1/2.M2.°C)</i>
<i>Corcho</i>	<i>2.66 – 4.10</i>
<i>Madera</i>	<i>8.20 – 12.09</i>
<i>Hormigón celular</i>	<i>10.25 – 26.64</i>
<i>Yeso (200kg/m3)</i>	<i>2.25</i>
<i>Yeso (1000kg/m3)</i>	<i>9.82</i>

*Fuente: (Herrero del Cura, 2016)*

#### **d. Regulación higrotérmica**

En el caso de paredes revocadas, se puede realizar la evaporación a través de ellos porque la difusión relativa a través del yeso es unas quince veces menos a través del aire, afirmando así que, a través del yeso, los edificios transpiran.

#### **e. Acondicionamiento acústico**

La influencia de los revestimientos de yeso, en cuanto al aislamiento ante el ruido aéreo, no es apreciable.

En cuanto al coeficiente de absorción acústica del yeso, comentar que es muy bajo, pero se puede mejorar actuando sobre la superficie del revestimiento con tratamientos como microfisurando la superficie del material, para captar la energía acústica que se atenúa cuando las ondas atraviesan el yeso (ver tabla 5).

**Tabla 7.**

*Valores del coeficiente de absorción acústica para diversos materiales.*

<b>MATERIAL</b>	<b>COEFICIENTE MEDIO DE ABSORCION ACUSTICA</b>
<i>Hormigón</i>	<i>0.015</i>
<i>Cemento</i>	<i>0.020</i>
<b>Yeso</b>	<b>0.020</b>
<i>Madera</i>	<i>0.030 – 0.100</i>
<i>Ladrillo</i>	<i>0.032</i>
<i>Corcho</i>	<i>0.160</i>

*Fuente: (Herrero del Cura, 2016)*

**f. Reflexión luminosa.**

Esta propiedad depende fundamentalmente de la capa de terminación de las paredes: así es que el yeso únicamente cuando se deja visto tiene una influencia en ella.

**g. Durabilidad**

Las acciones a las que están sometidas los revestimientos interiores, las podemos clasificar en mecánicas y debidas al agua.

En cuanto a las acciones mecánicas, las resultantes de un impacto o choque destacado. Por tanto, la propiedad más interesante de conocer es su dureza superficial que, por regla general y en condiciones normales de uso, es suficiente, como se muestra en la tabla 6. En todos los casos, esta propiedad está asociada directamente en relación con la densidad del recubrimiento. y de ahí la relación A/Y con la que se mezcla.

- **Variaciones dimensionales:** Una vez seco el yeso, como los demás productos minerales, tiende a aumentar su volumen por



humectación y a reducirlo por secado, de modo que puede haber oscilaciones máximas de 1.5 a 2 mm/m. Además, el coeficiente de dilatación térmica de los yesos empleados ordinariamente en la construcción es de  $20 \times 10^{-6} \times KG^{-1}$ .

- **Alteraciones debidas al agua:** la solubilidad del yeso en agua no es muy elevada, pero el deterioro que ésta produce en los elementos de yeso es debido a la enorme pérdida de resistencia que experimentan en presencia de humedad y que puede explicarse considerando que el agua libre absorbida por el yeso actúa a modo de lubricante entre su estructura cristalina, deshaciendo la trabazón formada por la disposición de los cristales. El grado de absorción de agua depende de la porosidad de yeso y por tanto, de su densidad y de su agua de amasado.

Puede decirse que los yesos a medida que se aproximan a su peso específico, que está alrededor de 2,5, absorben menos agua y se comportan mejor frente a ella.

## 2.2.2. Stipa Ichu (ICHU)

### 2.2.2.1. Generalidades

Stipa ichu, también conocida como ichu o paja brava, es una especie de pasto perenne que se encuentra principalmente en los Andes de América del Sur. Es un componente importante de los ecosistemas de páramos y pastizales de alta montaña en regiones como Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia.

La ichu también desempeña un papel importante en la biodiversidad de los páramos. Proporciona hábitat y alimento para una variedad de especies, incluyendo aves, roedores y camélidos sudamericanos como las llamas y alpacas. Además, su sistema radicular ayuda a fijar nutrientes en el suelo, promoviendo el crecimiento de otras especies vegetales y contribuyendo a la resiliencia del ecosistema.



**Figura 3.**Stipa Ichu

Un material de construcción milenario que ha sido utilizado en muchas culturas es el adobe. En las regiones andinas peruanas durante el invierno, la temperatura desciende drásticamente (+5 a -15°C), afectando la salud de las personas en edad vulnerable, la agricultura y la ganadería bovina. Se deben considerar técnicas bioclimáticas para proporcionar un ambiente térmico confortable en el interior de la vivienda. Además, conocer la conductividad térmica de los elementos que componen las viviendas nos permite realizar simulaciones de intercambio térmico antes de desarrollar la construcción. (Piñas et al., 2020)



#### **2.2.1.2. Etimología**

El nombre genérico "stipa" se origina en el griego "stupe" (estopa) o "stuppeion" (fibra), haciendo referencia a las aristas plumosas de las especies euroasiáticas o, más probablemente, a la fibra obtenida de pastos de esparto. Ichu: Paja en quechua

#### **2.2.1.3. Nombre Científico**

El nombre científico de Stipa ichu es Stipa ichu. "Stipa" es el género al que pertenece la especie, mientras que "ichu" es el epíteto específico que se utiliza para distinguir esta especie en particular dentro del género Stipa. (Ruiz & Pav.) Kunth 1829

#### **2.2.1.4. Características**

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Subclase: Commelinidae
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Subfamilia: Stipoideae
- Tribu: Stipeae
- Género: Stipa
- Especie: Stipa ichu

#### **2.2.1.5. Habitat**

El hábitat natural del *Stipa ichu* está asociado a áreas de alta altitud, generalmente por encima de los 3,500 metros sobre el nivel del mar. Estos pastizales suelen encontrarse en las laderas de las montañas, en áreas expuestas al sol y con suelos bien drenados. El clima en estas regiones es frío y seco, con una marcada estacionalidad y fuertes variaciones de temperatura.

El ichu forma densos macizos de pasto alto, alcanzando alturas de hasta 1 metro. Sus hojas son estrechas y rígidas, adaptadas para resistir las condiciones climáticas adversas de la alta montaña. Estas características le permiten al *Stipa ichu* tolerar las bajas temperaturas, la radiación solar intensa y la escasez de agua.

#### **2.2.1.6. Palatabilidad**

El *Stipa ichu* es considerado como un pasto de baja palatabilidad para el ganado, especialmente cuando se encuentra en etapas avanzadas de crecimiento y desarrollo. Esto se debe a que a medida que las hojas y tallos del ichu maduran, se vuelven más fibrosos y duros, lo que dificulta su digestión y reduce su atractivo para los animales. El *Stipa* se utiliza en diferentes contextos, principalmente en la jardinería y en la restauración de ecosistemas. En jardinería, se valora su aspecto ornamental y su capacidad para formar masas de césped o setos bajos. Sus tallos y espiguillas plumosas brindan una textura delicada y atractiva al paisaje. Además, algunas especies de *Stipa* son tolerantes a la sequía, lo que las hace adecuadas para jardines con condiciones de riego limitadas.



El Stipa es un género de plantas herbáceas perennes, conocidas comúnmente como espiguillas o plumas de hierba. Son nativas de diversas regiones del mundo, incluyendo América del Norte, Europa, Asia y África. Estas plantas se caracterizan por tener tallos delgados y rígidos, con inflorescencias en forma de espiguillas o panículas, que producen semillas cubiertas de pelos finos y plumosos.

#### 2.2.1.7. Valor Nutricional

- **Proteína cruda** : Elongación 5.1 %
- **Fibra cruda** : Elongación 35.4 %
- **Proteína digestible** : (ovinos) 2.25 % (Elongación)

#### 2.2.1.8. Beneficios y Usos del Stipa Ichu

- **Forraje para el ganado:** El Stipa ichu es utilizado como alimento para el ganado en las zonas de pastoreo de los Andes. Es especialmente apreciado por su capacidad de crecimiento en terrenos de alta altitud y su resistencia a las condiciones climáticas adversas. Las llamas, alpacas y ovejas se alimentan de esta planta, aprovechando su contenido de fibra y nutrientes para obtener energía.
- **Materiales de construcción:** Las hojas secas del Stipa ichu son utilizadas como material de construcción en algunas comunidades andinas. Se usan para hacer techos, paredes y esteras para cubrir estructuras, proporcionando aislamiento térmico y protección contra la lluvia.



- **Protección del suelo:** El Ichu ayuda a mantener la humedad del suelo al actuar como una cobertura protectora, lo que es beneficioso en áreas propensas a la sequía. Además, al descomponerse, aporta materia orgánica al suelo, mejorando su estructura y fertilidad.
- **Protección del suelo:** El Ichu ayuda a mantener la humedad del suelo al actuar como una cobertura protectora, lo que es beneficioso en áreas propensas a la sequía. Además, al descomponerse, aporta materia orgánica al suelo, mejorando su estructura y fertilidad.
- **Artesanía y tejidos:** Las fibras del Stipa ichu se utilizan en la producción de tejidos y artesanías tradicionales. En algunas comunidades, las hojas se hilan y se tejen para crear bolsas, cestas, alfombras y otros objetos utilitarios y decorativos.
- **Control de la erosión:** Debido a su sistema de raíces fibrosas y densas, el Stipa ichu es utilizado en proyectos de restauración y control de la erosión. Su capacidad para agarrarse al suelo y resistir la erosión ayuda a mantener la estabilidad del suelo en áreas propensas a deslizamientos y pérdida de suelo.
- **Combustible y material de cama:** En algunas comunidades, el Stipa ichu se utiliza como combustible para cocinar y calentar. Sus tallos secos y hojas se utilizan como material de cama en establos y corrales de animales.

### 2.2.1.9. Análisis bromatológico del Ichu y otros forrajes

N. Científico	MS %	MO %	PC %	EE %	FC %	ELN %	CENIZA %
<i>Medicago sativa</i>	100	90	23.8	3.9	22.8	40.1	10.0
<i>Festuca dolichophylla</i>	100	-	7.9	1.5	34.0	55.9	6.0
<i>Calamagrostis sp.</i>	100	94.5	8.4	2.6	33.0	52.0	5.5
<i>Stipa ichu</i>	100	91.9	7.7	1.9	32.5	51.0	8.1

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal, Universidad Mayor de San Simón (Cochabamba) 2007

Donde:

- MS = Materia seca
- MO = Materia orgánica
- PC = Proteína cruda
- EE = Extracto etéreo
- FC = Fibra cruda
- ELN = Extracto libre de nitrógeno

Figura 4. Resultados de análisis bromatológico del Ichu.

Fuente: (Calle Choque, s. f.2008)

### 2.2.1.10. Composición del Stipa Ichu

En el proyecto de investigación “(Obtención de Bioetanol Anhidro a Partir de Paja (Stipa Ichu))”, En el presente proyecto tiene como finalidad obtener bioetanol de concentración igual al 99.6 % v/v a partir de paja Stipa ichu. Se caracterizó la materia prima obteniéndose como resultado la siguiente composición en base seca: 45.9 % celulosa, 18.2 % lignina, 5.5 % pentosanos y 5.6 % cenizas. La humedad en base seca es igual a 57.7 % y el contenido de ceras, resinas y grasas igual a 6.7 %. Para obtener un sustrato rico en azúcares, la materia prima se sometió a hidrólisis ácida, como resultado de estos ensayos se determinaron las mejores condiciones de la hidrólisis: concentración de ácido sulfúrico de 8 % w/w y tiempo de reacción de 6 horas. Estos parámetros permitieron alcanzar un rendimiento de 0.41 gramos de azúcares reductores por cada gramo de paja hidrolizada, empleando una relación sólido/líquido de 50g de paja por cada litro de

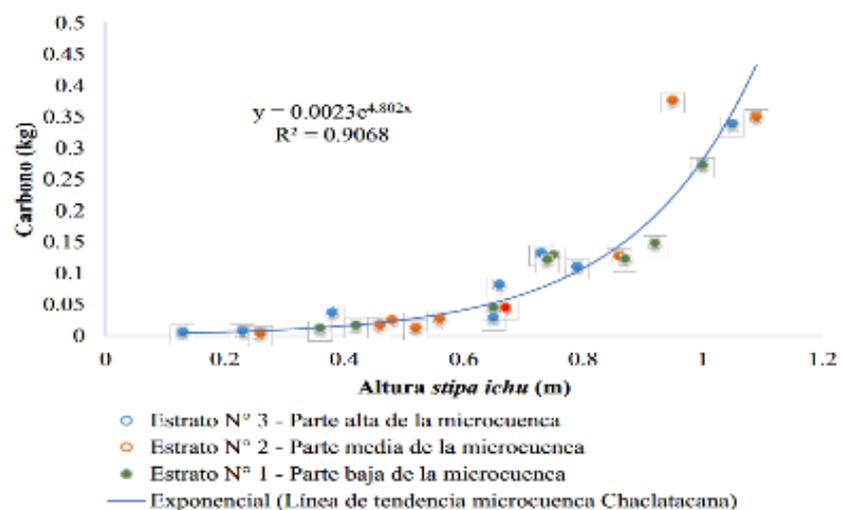


solución ácida. El producto de la hidrólisis se sometió a fermentación alcohólica, se obtuvo en rendimiento de 0.46g etanol/g azúcares reductores. El fermentado se destiló y rectificó hasta alcanzar una concentración cercana al 85 % de etanol w/w; luego fue sometido a destilación extractiva empleando glicerina como agente de separación. Se logró obtener bioetanol anhidro en los ensayos de destilación extractiva empleando una relación molar glicerina:etanol igual a 3:1.(Albarracín et al., 2015).

#### **2.2.1.11. Almacenamiento del carbono del Stipa Ichu**

En el artículo titulado “evaluación del potencial almacenamiento de carbono en stipa ichu (ruiz & pav.) kunth 1829 (ichu) en la microcuenca chaclatacana, huancavelica, Perú”. Se tuvo como objetivo a) determinar la variación de la densidad de la especie *S. ichu* en relación a la altitud de la microcuenca, b) estimar la producción de biomasa aérea y radicular, c) generar una ecuación alométrica para determinar el contenido de carbono y d) determinar el contenido de carbono aéreo y radicular a nivel de la microcuenca. Para determinar la densidad de las matas de *S. ichu*, se estratificó la microcuenca en parte baja (estrato 1), media (estrato 2) y alta (estrato 3). En cada estrato se contabilizó, se midió la altura, 22 el área basal y el área cubierta de cada mata en parcelas de 4m , y en parcelas de 1 m se aplicó el método “destrutivo”, separando en sus componentes (raíz, hojas, tallos y flores) para su pesaje con la finalidad de obtener la producción de biomasa verde. Las muestras se llevaron al laboratorio para estimar la biomasa seca por el método “gravimétrico” y parte de las muestras para determinar el contenido de carbono en cada componente

mediante el método de “Walkley y Black” y para la generación del modelo alométrico, se aplicó el método de regresión estadística. Los resultados de la determinación de la densidad del S. ichu en -1 -1 el estrato 1 es de 53750 matas·ha , el estrato 2 es de 82 500 matas·ha y en el estrato 3 es de 52 857 -1 -1 -1 matas·/ha . La producción promedio de biomasa verde es 26.560 tn·ha y 15.433 tn·ha de biomasa seca, y la producción de biomasa total a nivel del área de estudio es de 3 635,82 tn de biomasa verde y 2 106,51 tn biomasa seca. El modelo matemático de mejor ajuste para estimar de manera indirecta el contenido de  $4,802 \times \text{Altura del Stipa ichu (m)}$  carbono es de tipo exponencial de la forma:  $\text{Carbono(kg)} = 0.0023e^{4.802x\text{AlturadelStipaichu(m)}}$ . El almacenamiento -1 de carbono promedio es de 8,670 tnC·ha y en todo el área de estudio es de 3 549,07 tnC. Los componentes de S. ichu de mayor almacenamiento de carbono están en las hojas con un 56,56 %, seguida por el tallo con un 55,72%, la raíz con un 54,03% y por último la flor con un 53,06%. (Rivera-Ticllacondor & Zamora-Talaverano, 2019)



**Figura 5.** Modelo matemático para la estimación de carbono en Stipa ichu.  
*Fuente: (Rivera-Ticllacondor & Zamora-Talaverano, 2019)*



## 2.2.3. Fibra Celulosa

### 2.2.3.1. Ventajas de la fibra celulosa

- **Alta eficiencia energética:** Las fibras de celulosa tienen excelentes propiedades de aislamiento térmico, lo que ayuda a mantener una temperatura interior estable, lo que reduce la necesidad de calefacción y refrigeración, lo que se traduce en un menor uso de energía y costos de energía.
- **Aislamiento acústico:** La capacidad de reducir la transferencia de calor, las fibras de celulosa también tienen aislamiento acústico, lo que ayuda a reducir el ruido externo.
- **Resistencia al fuego:** Las fibras de celulosa tratadas con retardantes de llama pueden proporcionar una mayor resistencia al fuego, lo que mejora la seguridad contra incendios.
- **Sostenibilidad:** Las fibras de celulosa están hechas de materiales renovables y renovables, lo que las convierte en una opción ecológica. Además, requiere menos energía para funcionar que otros dispositivos de protección tradicionales.

### 2.2.3.2. Proceso de Fibra

La celulosa procedente de maderas finas o telas de algodón debe someterse a un tratamiento químico hasta su disolución en un líquido, el cual, tras pasar por un rodillo, se separa y disuelve, convirtiéndose en fibra de celulosa. Este tipo de producto tiene un problema importante, que es que su costo



para el medio ambiente es muy alto, los métodos que se utilizan para producirlo contaminan el medio ambiente y consumen mucha agua.

### **2.2.3.3 Tipos de fibra**

- Aislamiento exterior protegido de la intemperie, por debajo de cubierta
- Aislamiento entre las vigas
- Aislamiento interno suspendido por debajo de piso, vigas o estructura portante
- Entramado de madera y madera-panel
- Aislamiento interno para la pared
- Aislamiento de las paredes de separación

### **2.2.4. Aislamiento Térmico**

El aislamiento térmico es la aplicación de materiales que mantienen la temperatura interna regulada e independiente de la temperatura externa. Esto se logra evitando la transmisión de calor de un lugar a otro. Por la ley de termodinámica sabemos que el calor se desplaza hacia donde hay menor temperatura, así que esta barrera aislante lo que hace es disminuir el paso del calor, sea para retenerlo o para evitarlo. A veces se suele decir que "el frío se mete", pero esto es equivocado, puesto que el calor es el que se desplaza.

Como parte de la preocupación por el medio ambiente, los aislamientos térmicos naturales se están convirtiendo en una alternativa, cada vez más atractiva, para cualquier país. (J. M. TOBÍO, 2011)



#### 2.2.4.1. Los aislamientos naturales

A medida que la popularidad de los edificios ecológicos y sostenibles sigue creciendo, cada vez hay más aislamiento fabricado con materiales naturales en el mercado. Estos materiales provienen principalmente de los reinos animal y vegetal, así como materiales reciclados.

- **Reino Animal:** En relación con los materiales aislantes de origen animal, es importante asegurarse de que se obtienen de fuentes éticas y con respeto por el bienestar animal. Además, a la hora de elegir el material de aislamiento adecuado para cada aplicación, también se deben tener en cuenta otros aspectos como la durabilidad, la resistencia al fuego y la compatibilidad con el medio ambiente, como por ejemplo la lana de oveja y las plumas.
- **Reino Vegetal:** El aislamiento de materia prima vegetal implica el uso de materiales de aislamiento térmico obtenidos de fuentes vegetales. Estos materiales son ampliamente empleados debido a su fácil acceso, propiedades aislantes y bajo impacto ambiental. Es crucial tener en cuenta los requisitos particulares del proyecto y cumplir con las regulaciones y estándares locales correspondientes, por ejemplo, la fibra celulosa, lana de madera, corcho y fibra de coco.



- **Material Reciclable:** El aislamiento reciclable (aislamiento reciclable) se refiere al uso de materiales de aislamiento hechos de materiales reciclados o reciclados. Estos materiales se encuentran en los desechos cuando los productos llegan al final de su vida útil y se reciclan en nuevos productos para su protección. El uso de estos materiales ayuda a reducir el desperdicio y el uso de materiales existentes, evitando la eliminación de nuevos materiales.

#### 2.2.4.2. Materiales aislantes en la construcción

Los materiales aislantes en la construcción son aquellos utilizados para reducir la transferencia de calor, frío o sonido entre diferentes espacios o ambientes. Estos materiales desempeñan un papel fundamental en la mejora del rendimiento térmico y acústico de los edificios, contribuyendo a la eficiencia energética, la comodidad interior y la reducción del ruido.

- **Lana de vidrio:** Este material está hecho de vidrio reciclado y es muy utilizado en la construcción. Tiene excelentes propiedades de aislamiento y resistencia al fuego.
- **Lana de roca:** Similar a la lana de vidrio, la lana de roca está hecha de roca volcánica y minerales fundidos. Es resistente al fuego y proporciona un buen aislamiento térmico y acústico.
- **Poliestireno expandido (EPS):** También conocido como corcho blanco, el EPS es un material plástico poroso que se



utiliza en forma de lámina o cojín. Tiene alta resistencia al agua y buen aislamiento eléctrico.

- **Poliuretano (PUR):** El poliuretano se usa comúnmente en forma de espuma para aislamiento. Proporciona un excelente aislamiento y se utiliza en aplicaciones como paneles sándwich y espuma en aerosol.
- **Poliestireno extruido (XPS):** La ropa también afecta al confort térmico.
- **Celulosa:** La ropa también afecta al confort térmico.
- **Fibra de cáñamo:** Lana de vidrio: Este material está hecho de vidrio reciclado y es muy utilizado en la construcción. Tiene excelentes propiedades de aislamiento y resistencia al fuego.

### 2.2.5. Aislamiento Acústico

*Normativa: CTE, Protección Frente al Ruido. Artículo 14. Exigencias Básicas de protección frente al ruido (HR).*

El objetivo del requisito básico “Protección frente el ruido” consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y



vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos. El Documento Básico “DB HR Protección frente al ruido” especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido.

#### **2.2.5.1. Aislamiento y Acondicionamiento Acústico en la Edificación**

La insonorización y el acondicionamiento de edificios son técnicas y medidas que se utilizan para controlar el sonido en los espacios interiores de un edificio. Estas técnicas son importantes para garantizar el confort acústico de los ocupantes del vehículo y minimizar la transmisión de ruido no deseado entre diferentes áreas.

El aislamiento acústico se centra en prevenir o reducir la transmisión de ruido entre espacios. Materiales y técnicas utilizadas para reducir la transmisión del sonido a través de paredes, suelos, techos, puertas y ventanas. Algunos materiales comúnmente utilizados para la insonorización incluyen paneles de yeso aislantes, paneles de espuma que absorben el sonido, vidrio laminado y alfombras gruesas. Además, se deben tener en cuenta los detalles de construcción, como la instalación adecuada de los acoplamientos y el sellado de las aberturas, para minimizar las fugas de sonido.

El acondicionamiento sonoro tiene como objetivo mejorar la calidad del sonido en un espacio determinado. Esto implica controlar la reverberación, la reverberación y otros fenómenos acústicos no deseados



que pueden afectar la claridad y claridad del sonido. Para ello, en las superficies interiores se utilizan materiales fonoabsorbentes, como paneles insonorizantes, cortinas especiales, falsos techos y revestimientos de paredes con propiedades fonoabsorbentes. Estos materiales ayudan a reducir los reflejos del sonido y a controlar la distribución de la energía del sonido en el espacio.

#### **2.5.5.2. Aislamiento de ruidos transmitidos por el aire**

La mayor parte de los ruidos que entran en un recinto son transmitidos por el aire. Si se pretende mantener en dicho recinto un nivel acústico aceptable es menester aislar. Hay que colocar barreras aislantes para que no entre el sonido. Es evidente que también puede atenuarse el nivel de ruidos en una habitación colocando absorbentes adecuados.

Todo material sólido posee un cierto poder aislante para el sonido, un "coeficiente de pérdidas de transmisión" (ver capítulo 5). Igual que en el caso de las absorbentes, el poder aislante depende también de la frecuencia, tal como puede verse en la figura 6.

MATERIAL	Peso (kg/m <sup>3</sup> )	Pérdidas de transmisión (db)						Media
		25 (c/a)	50 (b/a)	100 (c/a)	150 (c/a)	200 (c/a)	400 (c/a)	
<b>LADILLO:</b>								
Tabique macizo, 1 pie, guarnecido de yeso por ambas caras .....	—	—	48	49	57	50	—	51
Tablón (hueso doble) .....	—	8	6	9	14	19	17	11
Idem id. guarnecido .....	—	31	31	38	47	50	58	38
<b>HORMIGÓN:</b>								
Muro de 10 cm, doble revoque .....	235	34	30	44	49	54	58	47
De 15 cm, idem id. ....	352	36	41	46	51	58	61	49
De 20 cm, idem id. ....	470	35	43	48	53	58	65	51
De 30 cm, idem id. ....	704	42	47	52	57	62	67	54
De concreto, 7,8 cm de espesor .....	88	17	18	22	30	40	—	23
Idem id., guarnecido .....	147	27	32	40	52	68	—	41
Calcular, bloques, guarnecido por una cara.	280	24	35	47	58	66	—	40
<b>YESO:</b>								
Plaster-board, 10 mm de espesor .....	8,3	15	20	27	34	31	—	27
Idem id., 5 capas de 10 mm .....	30	23	29	32	34	39	—	32
Idem id., de 19 mm, entucado .....	64	29	32	31	42	50	—	34
<b>PUERTAS:</b>								
Madera, normal, 44 mm espesor .....	—	12	15	20	22	18	—	20
Madera, especial, 60-65 mm espesor, jun- tas de goma, burlete, etc. ....	61	30	30	29	26	26	37	27
Doble puerta, 60 mm, separadas 11 mm ..	—	—	—	—	—	—	—	55
<b>VENTANAS:</b>								
Vidrios de 3-3,5 mm espesor .....	—	—	—	—	—	—	—	22
Idem id., 6-7 mm espesor .....	—	—	—	—	—	—	—	31
Dobles, vidrios 3-3,5 mm, espaciados 7 mm	—	—	—	—	—	—	—	31
Idem, id., 6-7 mm, espaciados 13 mm .....	—	—	—	—	—	—	—	35

**Figura 6.** Conductividad térmica de materiales de construcción.

*Fuente: (J. M. TOBÍO, 2011)*

En general, las superficies sólidas, bien alisadas, son buenos aislantes para el sonido. Los muros gruesos, compactos y de gran densidad son excelentes aislantes acústicos. En el caso de muros y tabiques, puede decirse que el aislamiento (pérdidas de transmisión en db) crece con el peso del material por metro cuadrado.

### 2.5.5.3. Absorbentes

La misión de los materiales absorbentes acústicos es evitar la reflexión del sonido que incide sobre ellos. Toda fuente de ruido en el interior de un local produce más ruido que en el exterior, debido a que el local impide la salida del ruido y actúa como amplificador. Fábricas,



teatros, restaurantes, auditorios, etc, deben tener la absorción suficiente para evitar problemas de ruido

#### **2.5.5.4. Aislantes**

La función de los materiales aislantes acústicos es reflejar la mayor parte de la energía que reciben. Deben ser materiales pesados, flexibles y continuos para obtener el máximo rendimiento de su peso. Se utilizan para atenuar el paso del ruido entre ambientes distintos en suelos, paredes y techos.

#### **2.5.5.5. Barreras Acústicas**

Las barreras acústicas están concebidas para adaptarse a cualquier necesidad ya que pueden ser de carácter modular, este tipo de barreras permiten una rápida instalación. Son la solución ideal para amortiguar el ruido de equipos de climatización o maquinaria en campo abierto, por su bajo coste y buena eficiencia.

#### **2.5.5.6. Cerramientos y cabinas acústicas**

Existen módulos de rápida instalación que permiten cubrir de forma efectiva una amplia gama de grados de insonorización.

#### **2.5.5.7. Puertas y visores**

- Dobles acristalamientos
- Cerramientos acústicos



#### **2.5.5.8. Silenciadores**

Los silenciadores acústicos son elementos que se intercalan en los conductos por donde fluye un gas. Su misión es reducir al máximo el ruido transmitido del aire que pasa a través de ellos. Un silenciador acústico debe escogerse utilizando los siguientes criterios de selección.

#### **2.2.6. Confort**

Tradicionalmente, el confort se ha estudiado desde la perspectiva del entorno físico y la fisiología de su ocupante, principalmente en términos de cuatro factores: confort higrotérmico, confort acústico, calidad del aire interior (IAQ) y confort visual. Estos factores se estudian a través de diferentes elementos interconectados que son difíciles de estimar, principalmente por la ausencia de protocolos establecidos para el registro de las mediciones (tanto objetivas como subjetivas) y la cantidad de variables a considerar. Así, el confort se entiende como un conjunto de condiciones ambientales aceptadas por los individuos para el desarrollo de sus actividades habituales. En consecuencia, el confort higrotérmico debe garantizar que un individuo no experimente demasiado frío o calor. Por lo tanto, la temperatura, la humedad y el flujo de aire deben mantenerse dentro del rango aceptable. El confort visual debe garantizar luz suficiente para las personas y sus actividades a través de la calidad y el equilibrio adecuados. Además, debe proporcionar buenas vistas al exterior. El confort acústico implica tener un nivel y una calidad de ruido adecuados para utilizar el espacio de la forma prevista. Finalmente, la IAQ es necesaria para mejorar la percepción sensorial. A su vez, propicia un ambiente limpio en cuanto a emisiones contaminantes como



dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), material particulado (PM), u otros contaminantes.  
(Valderrama-Ulloa et al., 2020)

El confort térmico puede definirse como la manifestación subjetiva de conformidad y satisfacción con el ambiente térmico existente. Este confort térmico está directamente relacionado con el balance térmico del cuerpo humano.

El concepto de confort térmico, hace referencia a las condiciones de diseño y especificación de los espacios y ambientes con las cuales se asegura que las variables climáticas no interfieren en las actividades que en ellos se desarrollan.

Según (CORRALES PICARDO, 2012) indica, el cuerpo humano tiene internamente una temperatura que varía entre 36.5 °C y 37 °C. El equilibrio térmico del cuerpo consiste en mantener la temperatura dentro de esos rangos: 35 Si la temperatura aumenta o disminuye puede provocar las lesiones graves, de tal modo que entre 30 y 35 °C se producen complicaciones de circulación y por encima de 41 a 42 °C puede llegar al estado de coma o colapso total. (p. 65).

#### **2.2.6.1. Determinantes del Confort Térmico.**

- **Temperatura exterior:** La temperatura ambiente es uno de los factores más evidentes que afectan al confort térmico. La mayoría de las personas se sienten cómodas dentro de un cierto rango de temperatura, generalmente entre 20°C y 25°C. Tanto el calor extremo como el frío extremo pueden causar problemas.
- **Humedad relativa:** La humedad también juega un papel importante a la hora de proporcionar confort térmico. Los niveles excesivos de humedad pueden hacer que el ambiente se



seque y se vuelva pegajoso, mientras que muy poca humedad puede causar sequedad en la piel y las vías respiratorias.

- **Velocidad del aire:** La velocidad del aire, o la sensación de corriente, puede afectar el confort térmico. Una brisa ligera puede ser refrescante en un día caluroso, pero un viento más fuerte puede hacerlo más fresco de lo que sugieren las temperaturas reales.
- **Radiación solar:** La exposición directa o indirecta a la radiación solar puede afectar al confort térmico. La luz solar directa puede generar calor adicional, mientras que la radiación solar indirecta puede proporcionar una sensación de calidez incluso a temperaturas más bajas.
- **Actividad física:** Los niveles de actividad física también afectan al confort térmico. Durante la actividad física vigorosa, se puede preferir una temperatura más baja para evitar el sobrecalentamiento, mientras que se puede preferir una temperatura ligeramente más alta durante la inactividad o el descanso.
- **Clase de vestido:** La ropa también afecta al confort térmico. El tipo de tela, el grosor y la cobertura del cuerpo pueden ayudar a regular la temperatura y adaptarse a diferentes condiciones.



### 2.2.6.2. Importancia del Confort Térmico

- **Salud y bienestar:** Un adecuado confort térmico es fundamental para mantener la salud y el bienestar. Cuando estamos bajo un calor extremo, ya sea frío o calor, podemos tener varios problemas de salud como deshidratación, golpe de calor, hipotermia o frío. Mantener una temperatura moderada nos ayuda a evitar estos problemas y mantenernos saludables.
- **Productividad y rendimiento:** El confort térmico tiene un impacto significativo en nuestra capacidad para concentrarnos, ser productivos y realizar las tareas diarias. Cuando tenemos demasiado calor o demasiado frío, nuestros pensamientos y energía se ven afectados. Brindar un ambiente cálido y confortable en oficinas, aulas y otros lugares de trabajo puede mejorar la productividad y la productividad de las personas.
- **Calidad del sueño:** La temperatura ambiente juega un papel en la calidad del sueño. Cuando hace demasiado calor o demasiado frío, es difícil conciliar el sueño y mantener un sueño profundo y reparador. Una temperatura adecuada en la habitación favorece el buen descanso y ayuda a prevenir problemas como el insomnio y los frecuentes despertares nocturnos.
- **Eficiencia energética:** Proporcionar confort térmico no solo significa mantener una buena temperatura, sino también un uso eficiente de la energía. Un sistema eficiente de calefacción o



refrigeración no solo reduce los costos de energía, sino que también ayuda a reducir el impacto ambiental al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

- **Satisfacción y bienestar emocional:** Una sensación de comodidad en el entorno en el que nos encontramos contribuye a nuestro bienestar emocional y satisfacción general. Un ambiente cálido nos da la oportunidad de relajarnos, disfrutar de nuestro trabajo y comunicarnos efectivamente con los demás.

### 2.2.7. Temperatura

- **Eficiencia energética:** La temperatura afecta el consumo de energía de un edificio. Mantener una temperatura constante y adecuada puede reducir la necesidad de calefacción o refrigeración, lo que se traduce en una reducción del consumo de energía y los costos operativos.
- **Conservación de materiales:** Las variaciones extremas de temperatura pueden afectar negativamente a los materiales de construcción. Por ejemplo, las temperaturas demasiado altas pueden hacer que el material se hinche, mientras que las temperaturas demasiado bajas pueden hacer que el material se encoja. Estos cambios pueden afectar la integridad estructural a largo plazo del edificio.
- **Salud y calidad del aire interior:** La temperatura tiene un efecto sobre la calidad del aire interior. Las temperaturas demasiado altas pueden promover el crecimiento de organismos causantes de enfermedades y el crecimiento de moho, mientras que las temperaturas demasiado bajas pueden dificultar la ventilación



adecuada. Mantener la temperatura correcta ayuda a garantizar un ambiente saludable.

Funcionamiento de sistemas de climatización: Los sistemas HVAC, como el aire acondicionado, la calefacción y la ventilación, dependen de la temperatura para funcionar correctamente. La temperatura interior afecta el desempeño y la eficiencia de estos sistemas, así como la distribución adecuada del aire en todo el edificio.

## **2.3. DEFINICIONES**

### **2.3.1. Placa de yeso**

Según (San Antonio González, 2017) son placas que toman como base al yeso y se sustituye parte de esta por un residuo muy abundante (plástico o ichu), con el objetivo de reducir el consumo de recursos, reducir el impacto ambiental y suministrar más valor con el producto.

### **2.3.2. Fibras de celulosa**

El aislamiento de fibra de celulosa es un material de aislamiento térmico ecológico fabricado a partir de fibras de papel recicladas. Ofrece buenas propiedades térmicas y tiene una baja energía incorporada. (Lopez Hurtado et al., 2016). El sector de la edificación está constantemente innovando en el uso de materiales con respecto a la sostenibilidad. Existe la necesidad de utilizar materiales y tecnologías rentables y respetuosas con el medio ambiente que disminuyan el impacto de una construcción en términos de uso de recursos no renovables y consumo de energía.



### 2.3.3. Ichu

Ichu (*Stipa ichu*) es una hierba andina, que crece a más de 3000 metros por encima del nivel del mar. Son fibras naturales que se utilizan comúnmente como materiales para techos (Charca et al., 2015). Su forma es tubular y tiene un diámetro promedio de 0.39 y 0.83 para ichu fino y grueso respectivamente (Atahuachi & Carcausto, 2018).



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DE LOS LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN

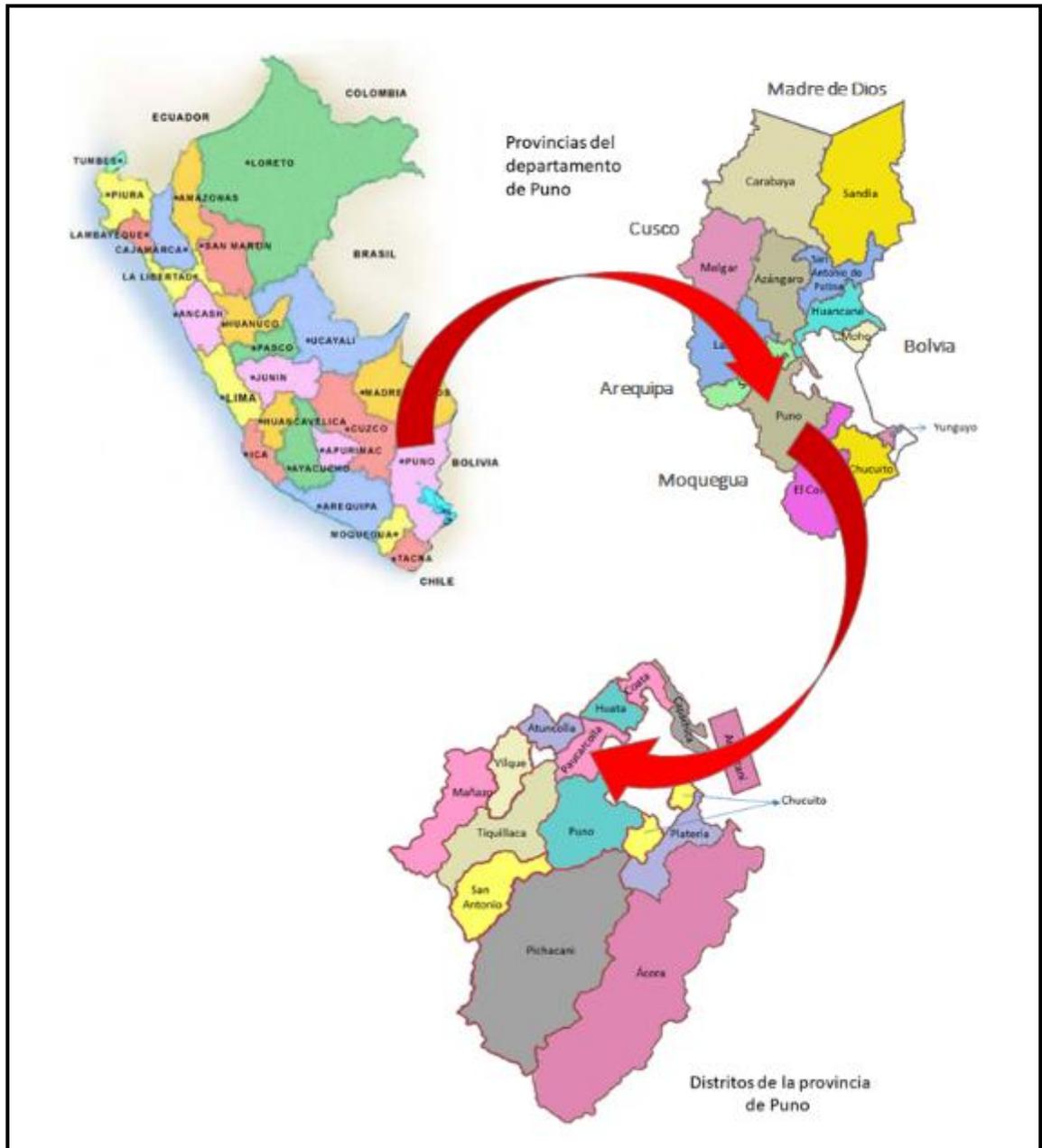
##### 3.1.1. Ubicación geográfica

La presente investigación de tesis se desarrolló en la Comunidad Campesina de Cueva que se ubica dentro del distrito de Paucarcolla en la provincia de Puno del departamento de Puno, a 6.9 km de Paucarcolla, a una altitud de 4095.3 msnm, en coordenadas de latitud  $15^{\circ}46'02''$  S, longitud  $70^{\circ}26'06''$ W.

La localidad de Paucarcolla se encuentra aproximadamente a 21 kilómetros al noreste de la ciudad de Puno, la capital de la región. Sus coordenadas geográficas son aproximadamente  $15^{\circ}59'$  de latitud sur y  $70^{\circ}05'$  de longitud oeste.

##### 3.1.2. Ubicación política.

- COMUNIDAD	CUEVA
- DISTRITO	PAUCARCOLLA
- PROVINCIA	PUNO
- REGIÓN	PUNO



**Figura 7.**Ubicación geográfica del ámbito de estudio

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

### 3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El periodo de duración del proyecto de investigación se dio inicio con la parte experimental en el mes de noviembre del 2022 a junio del 2023, se tuvo un retraso por la emergencia socio política que atravesaba nuestra región de Puno el cual limitó la



realización de los ensayos en laboratorio y salida al lugar de estudio, es por ello que se retoma al tranquilizarse las protestas de la Población.

### **3.3. UBICACIÓN DE LOS LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN**

La ejecución de los ensayos para la investigación, se desarrolló en el laboratorio de Mecánica de suelos y materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, también se desarrolló en el Laboratorio de Monitoreo y Evaluación ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas y finalmente en el Laboratorio de Ecología acuática de la Escuela Profesional de Ingeniería Biológica, estas mismas ubicadas en la Universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno, previa coordinación con nuestro asesor para cada proceso en cada Laboratorio.

### **3.4. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se delimita en analizar las propiedades físicas y mecánicas de los paneles termoaislantes usando Stipa ichu y celulosa. Esto se llevó a cabo mediante ensayos de laboratorio para determinar la dosificación, resistencia a la compresión, flexión, resistencia al fuego, resistencia a hongos y capacidad de aislamiento térmico de los paneles producidos. Y finalmente utilizar estos paneles para revestir una vivienda rural en la región de Puno, con el fin de evaluar y comparar las variaciones de temperatura con una vivienda rural típica.

### **3.5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.5.1. Enfoque de la Investigación**

Debido a que se pretende verificar la hipótesis previamente establecida y alcanzar los objetivos trazados, este trabajo se llevará a cabo siguiendo el enfoque



cuantitativo en términos metodológicos. Este enfoque se basa en el análisis de cantidades, siendo empírico, analítico, experimental y racional.

Según (Schwarz, 2017) indica, La metodología de investigación a utilizarse está basada en el desarrollo del método científico de manera tal que se seguirá las pautas metodológicas correspondientes al método científico para la elaboración del trabajo de investigación

Según (Hernández & Mendoza, 2018) indica: La metodología nos permitirá llevar a cabo investigaciones cuantitativas, cualitativas y mixtas que conforman posibles opciones para enfrentar problemas de investigación. Los métodos cualitativos hacen referencia a la naturaleza, carácter y propiedades de los fenómenos, mientras que los métodos cuantitativos limitan la información (medir con precisión las variables estudiadas, con un enfoque) y la tercera vía para realizar investigación entrelaza a las dos anteriores (cuantitativa y cualitativa).

### **3.5.2. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo cuantitativo puesto que representa un conjunto de procesos organizado de manera secuencial para la validación de la hipótesis, teniendo en cuenta parámetros numéricos y el análisis estadístico, siguiendo un orden donde no se puede saltar ningún paso, aunque desde luego, podemos redefinir.” (Hernández & Mendoza, 2018)

En la investigación se analiza los resultados obtenidos de los ensayos tanto de las propiedades físicas, mecánicas de los paneles termoaislantes de fibras Stipa ichu y celulosa, además se lleva a cabo un análisis estadístico para validar los resultados obtenidos.



### 3.5.3. Nivel de investigación

Según (Schwarz, 2017): “Si el problema es conocido entonces existe una escala en los niveles de una investigación y la escala incrementa el conocimiento en una escala cognitiva”

En la presente investigación, el nivel es relacional ya que se establece relaciones causa – efecto, al adicionar en diferentes porcentajes fibras de Stipa ichu, fibras de celulosa, nitrato de calcio en la experimentación con mezclas, para valorar el efecto que se tiene en las propiedades físicas, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia al ruido, resistencia al fuego, resistencia a los hongos.

### 3.5.4. Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo *experimental*, pues “está basada en la manipulación intencional de la variable independiente sobre la variable dependiente, está basada en un experimento”, (Schwarz, 2017)

La manipulación de las fibras del Stipa ichu, fibras de celulosa, yeso, nitrato de calcio en sus diferentes porcentajes determinara una relación causa-efecto en las propiedades físico mecánicas de los paneles termoaislantes.

### 3.5.5. Operacionalización de Variables

**Tabla 8.**

Operacionalización de variables

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOSTESIS GENERAL</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<b>Paneles termoaislantes a partir de fibras de stipa ichu y fibras de celulosa.</b>	¿Cómo será la propuesta panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno?	Proponer un panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa, para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno.	El panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa mejora el confort térmico en viviendas de la región de Puno.	Tipo de investigación n: Cuantitativo Nivel de investigación n: Relacional Diseño de investigación n: experimental
<b>CONFORT TERMICO EN VIVIENDAS.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Como será</li> <li>¿La dosificación de la materia prima del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno?</li> <li>- ¿Cuáles serán las propiedades físicas y mecánicas del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno?</li> <li>- ¿Cómo será variación térmica en una vivienda rural revestida con el panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar dosificación de la materia prima del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno.</li> <li>-Determinar las propiedades físicas y mecánicas del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno.</li> <li>-Demostrar la variación térmica en una vivienda rural revestida con el panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa frente a una vivienda típica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La dosificación de la materia prima del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa es adecuada para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno.</li> <li>- Las propiedades físicas y mecánicas del panel termoaislante de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa cumplen las condiciones para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno.</li> <li>-La variación térmica en una vivienda rural revestida con el panel termoaislante a partir de fibra de Stipa ichu y fibra de celulosa presenta temperaturas confortables frente a una</li> </ul>	

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

### 3.5.6. Población y muestra

Por ser de un diseño experimental el tipo de muestra será no probabilista a conveniencia o juicio de expertos, se ha considerado una población finita siguiendo el diseño del experimento de ensayos (Ver tabla 16), teniendo en cuenta lo indicado en las normativas vigentes “YESOS PARA CONSTRUCCION” GYPSUM FOR CONSTRUCCION. Standard Specification for gypsum (NTP-334.135)

**Tabla 9.**

*Cantidad de unidades de muestras y paneles a base de Stipa Ichu requeridas para la investigación.*

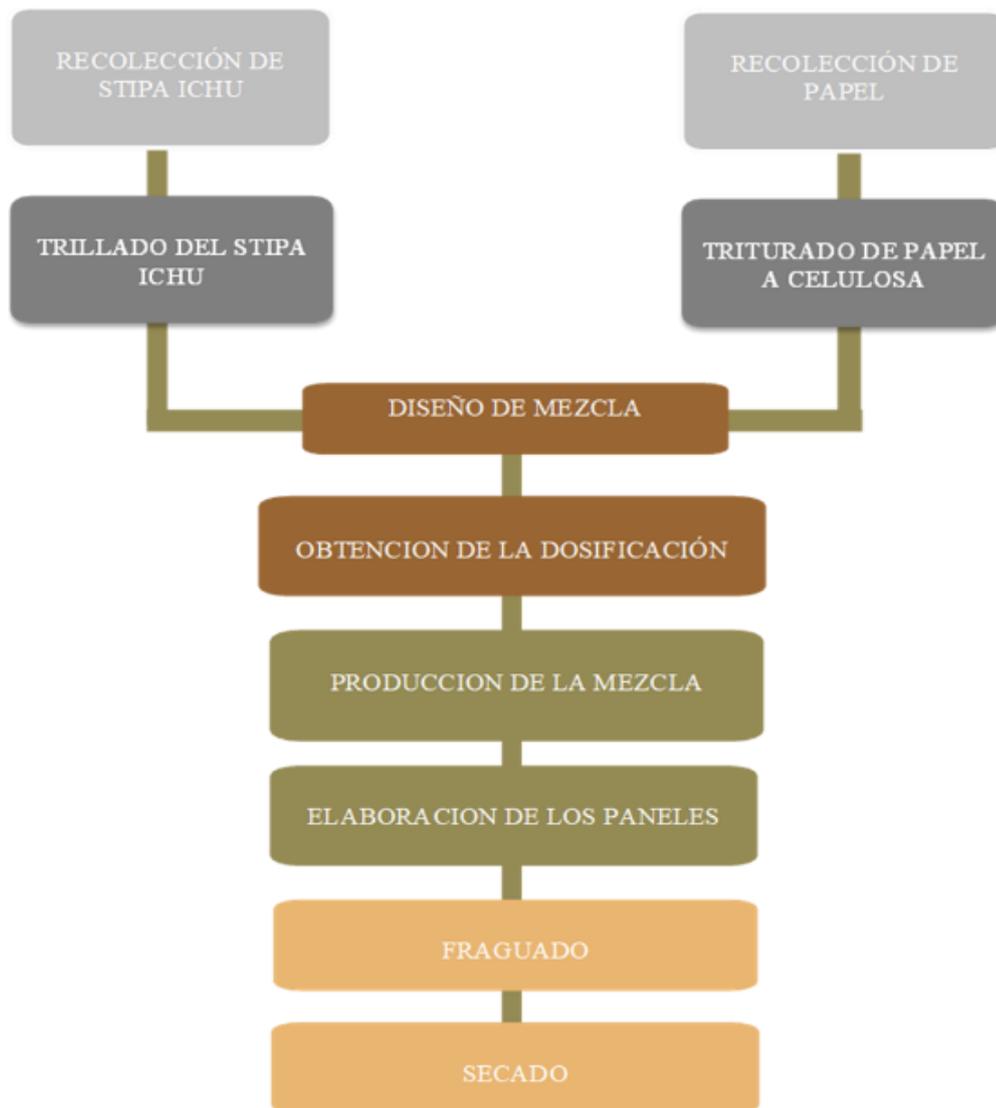
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9
Ensayo de dosificación, compresión.	03	03	03	03	03	03	03	03	03
Ensayo a flexión de paneles de Stipa Ichu	01	01	01						
Ensayo de resistencia al fuego	01	01	01	01	01	01			
Ensayo de determinación de materia orgánica por ignición	04								
Ensayo de resistencia a los hongos	01	01	01	01	01				
Ensayo de análisis de ruido	04	03							

<b>SUBTOTAL</b>	14	09	06	05	05	04	03	03	03
<b>TOTAL</b>	<b>58</b>								

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

### 3.6. MATERIALES Y METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

#### 3.6.1. Proceso de fabricación de los paneles



**Figura 8.** Diagrama del proceso de fabricación de los paneles

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*



### 3.6.2. Diseño de Experimento con mezclas

Para elaborar los paneles a base de fibras de stipa ichu y fibras de celulosa, teniendo en cuenta que los componentes o ingredientes empleados en la normativa “YESOS PARA CONSTRUCCION” GYPSUN FOR CONSTRUCCION. Standard Specification for gypsum (NTP-334.135).

Referencia: Paneles Gyplac placa ST-HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES

**Tabla 10.**  
*Tabla de identificación del producto- Gyplac.*

<b>NOMBRE GENÉRICO</b>	<b>Placas de yeso - cartón</b>
<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	Gyplac S.A.
<b>USOS Y APLICACIONES</b>	Placas de yeso para la construcción de cielo - rasos, paredes interiores y revestimiento de paredes.
<b>NOMBRE DEL FABRICANTE</b>	Gyplac S.A.
<b>COMPOSICION</b>	
<b>YESO (Sulfato de calcio dihidratado)</b>	CAS No 10101-41-4
<b>&gt; 85 %</b>	TLV TWA: 10 mg/m <sup>3</sup> (ACGIH - PNOC)
<b>CARTÓN ( Celulosa)</b>	CAS No 9004-34-6
<b>&lt; 10 %</b>	TLV TWA: 10 mg/m <sup>3</sup> (ACGIH)
<b>ALMIDÓN</b>	CAS No 9005-84-9
<b>&lt; 3 %</b>	TLV TWA: 10 mg/m <sup>3</sup> (ACGIH - PNOC)
<b>SULFATO DE POTASIO</b>	CAS No 7778-80-5
<b>&lt; 1 %</b>	TLV TWA: 10 mg/m <sup>3</sup> (ACGIH - PNOC)
<b>ÁCIDO BÓRICO</b>	CAS No 10043-35-3
<b>&lt; 1 %</b>	TLV TWA: 10 mg/m <sup>3</sup>
	3 (ACGIH - PNOC)

*Fuente: Manual técnico - Gyplac S.A.*



**Tabla 11.**  
*Tabla de dosificaciones para mezclas.*

<b>Mezclas</b>	<b>% Stipa Ichu</b>	<b>% Yeso</b>	<b>% Papel</b>	<b>% Nitrato de calcio</b>	<b>% Cemento</b>	<b>Numero de muestras</b>
<b>M-1</b>	30	60	9	1		3
<b>M-2</b>	25		9	1		3
<b>M-3</b>	25	65	9	1	5	3
<b>M-4</b>	25	60	14	1		3
<b>M-5</b>	30	60	9	1		3
<b>M-6</b>	34	60	5	1		3
<b>M-7</b>	30	60	9	1		3
<b>M-8</b>	30	55	14	1		3
<b>M-9</b>	25	65	9	1		3

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

### **3.6.3. Materiales y equipos**

- Stipa Ichu (Ichu)
- Yeso
- (celulosa) Papel
- Agua potable
- Bandejas metálicas
- Batidor mezclador eléctrico.
- Molde desmontable.
- Balanza analógica (20000 g)

### **3.6.4. Cosecha y recojo de la Stipa Ichu**

La recolección de la Stipa Ichu se llevó a cabo en la zona de San Luis de Alba en Puno. Se emplearon herramientas como segadoras y sacos de

polipropileno para transportarla. Posteriormente, fue llevada a una trilladora donde se cortó en secciones de menos de 2 cm de longitud. Finalmente, se realizaron las mezclas con los materiales diseñados.

### 3.6.5. Trillado de la Stipa Ichu

- Las fibras obtenidas de la recolección (Stipa Ichu) fueron sometidas a un proceso de secado al aire libre con el fin de preservarlas adecuadamente para su posterior almacenamiento.
- Se empleó una trilladora o maquina picadora de forraje de 10 HP.
- Se utilizo un tamiz de 2 mm para el corte de la Stipa ichu para obtener muestras de 2 cm aproximadamente.
- Posteriormente a ello se selecciona las vibras que aun tengan un tamaño irregular o mayo a 10 cm para que regrese al proceso de trillado.



(a) Proceso de trillado de Stipa Ichu



(b) Maquina Trilladora de Forraje de 10 HP.



(c) Producción de Fibras de Stipa Ichu



(d) Almacenamiento de Fibras.

**Figura 9.** Procedimiento del trillado de la Stipa Ichu

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación.*

**3.6.6. Proceso de obtención de la Celulosa de papel.**

Se empleó como principal material reciclado los maples de huevos para obtener la celulosa de papel, para tener una rápida disolución se procedió a cortarlo en retazos pequeños y remojarlos en agua por un periodo de 1 hora, para obtener uniformidad en tamaño se utilizó un batidor eléctrico durante unos minutos.



(a) Maples de huevo como material reciclado.



(b) Batido con mezclador eléctrico.

**Figura 10.** Mineralización de la Stipa Ichu

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*



### **3.6.7. Producción de la Mezcla**

Para la producción de la mezcla para los paneles con fibras de Stipa ichu y fibras de Celulosa se utilizaron los siguientes materiales, herramientas y equipos.

### **3.7. MATERIALES Y EQUIPOS**

- Stipa Ichu
- Yeso (Capachica)
- Maples
- Nitrato de Calcio
- Agua potable
- Batidor mezclador eléctrico
- Molde madera desarmable
- Llana de acabado
- Cuchara de albañil
- Regla niveladora
- Balanza analógica (20000 g)
- Aceite para desmoldar.



(a) Pesado de Stipa Ichu



(b) Pesado de Celulosa de Papel  
(mojado)



(c) Molde desarmable de 15cm x 15cm x 15cm.



(d) Vaseado de mezcla.

**Figura 11.** Materiales para la Producción de los paneles con fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa.

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

### 3.7.1. Elaboración de los paneles

La producción de los paneles termoaislantes de fibras de stipa ichu y fibras de celulosa se sigue los siguientes pasos, primero se introduce las fibras de ichu en el balde de preparación, seguido de las fibras de celulosa y el yeso para luego agregar el agua hasta que se forme la mezcla uniforme, seguidamente se coloca una base de tablero Fenólico de sección de 122x244 cm y se pasa al moldeado del panel en el molde metálico desarmable de tubo metálico de  $\frac{1}{2}$ " x  $\frac{1}{2}$ " x 1.2 mm, cuya sección es de 120x60x12.5cm largo, ancho y altura respectivamente, el molde cuenta con un sistema de desarmado a través de pernos de  $\frac{1}{2}$ " cuya función es la de delimitar a la medida exacta el panel para posteriormente ser desmoldado.



(a) *Pesado de los materiales.*



(b) *incorporación de los materiales en el balde para mezcla*



(c) *Uso de batidor*



(d) Vaceado de la mezcla hacia el molde



(e) Nivelado y regleado del vaceado



(f) Moldeo del panel termoaislante

**Figura 12.** Elaboración y desmoldado del panel  
*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

### 3.7.1.1. Curado y secado del panel

Para el tiempo de fraguado se esperó durante 20 minutos. El secado de los paneles es necesario tener una ventilación adecuada evitando los rayos solares directamente: las primeras horas son importantes asegurándonos de que no haya humedad. Para el tiempo de secado se pudo variar dependiendo del grosor de los paneles siendo aproximadamente 21 días bajo sombra y al aire libre y se precedió al pegado del papel en ambas caras del panel.



*(a) Secado al sol de los paneles con papel*



*(b) almacenamiento de paneles*

**Figura 13.** Secado de los paneles.

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*



### **3.7.2. Ensayos de Laboratorio**

#### **3.7.2.1. Ensayos de caracterización Física**

##### **a. Ensayo de Dosificación de Especímenes**

Las Dosificaciones realizadas en la tabla 17 tienen el objetivo de obtener la mezcla o combinación óptima a través y modelos establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Posteriormente de seleccionar la dosificación o combinación óptima que alcance valores satisfactorios en sus propiedades mecánicas, se procedió a fabricar los paneles termoaislantes adicionando las fibras de Stipa Ichu y celulosa en cantidad estimada para revestir el prototipo de vivienda rural, posteriormente a ello se realizó el control de la variación térmica de la vivienda rural típica y la vivienda revestida con los paneles termoaislantes a base de stipa ichu y celuloisa.

La cantidad de paneles a fabricar es de 46 unidades, de espesor de 12.5 mm o de ½ pulgada, de los cuales se tomaron muestras representativas para realizar los ensayos indicados en la NTP 331.604, NTP 331.613, ASTM C-78, ASTM E-119

**Tabla 12.**  
*Porcentaje de las diferentes proporciones para cada tipo de mezcla*

<b>Mezcla 1</b>	Stipalchu Entera	10%	+	Stipalchu fibra	20%	+	Yeso	60%	+	Papel	9%	+	Nitrato de Calcio	1%
<b>Mezcla 2</b>	Stipa Ichu Fibra	25%	+	Yeso	65%	+	Papel	9%	+	Nitrato de Calcio	1%			
<b>Mezcla 3</b>	Stipa Ichu Fibra	25%	+	Yeso	60%	+	Papel	9%	+	Cemento	5%	+	Nitrato de Calcio	1%
<b>Mezcla 4</b>	Stipa Ichu Entera	10%	+	Stipalchu fibra	15%	+	Yeso	60%	+	Papel	14%	+	Nitrato de Calcio	1%
<b>Mezcla 5</b>	Stipa Ichu Fibra	30%	+	Yeso	60%	+	Papel	9%	+	Nitrato de Calcio	1%			
<b>Mezcla 6</b>	Stipa Ichu Fibra	34%	+	Yeso	60%	+	Papel	5%	+	Nitrato de Calcio	1%			
<b>Mezcla 7</b>	Stipa Ichu Fibra	30%	+	Yeso	60%	+	Papel	9%	+	Nitrato de Calcio	1%			
<b>Mezcla 8</b>	Stipa Ichu Fibra	30%	+	Yeso	55%	+	Papel	14%	+	Nitrato de Calcio	1%			
<b>Mezcla 9</b>	Stipa Ichu Fibra	25%	+	Yeso	65%	+	Papel	9%	+	Nitrato de Calcio	1%			

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

**Tabla 13.**  
*Cantidad de muestras de la mezcla optima.*

<b>Ensayos</b>	<b>Mezcla Optima</b>
Ensayo de Dosificación y compresión.	06
Ensayo a flexión de paneles de Stipa Ichu y celulosa.	07
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación.*

### **b. Resistencia a la compresión**

Este ensayo se lleva a cabo siguiendo las pautas establecidas en la norma técnica peruana “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades dealbañilería de concreto” (NTP-331-604)

### Muestras:

- 27 unidades secas y enteras de cada mezcla

### Equipo:

- Prensa hidráulica
- Platos o placas de acero (Cuadrados)
- Vernier
- Balanza digital de (10000 g)

### Procedimiento:

Se colocó el bloque de 15cm x 15cm x 15cm entre dos planchas de acero en la prensa de compresión Hidráulica para someterla a una carga axial hasta el punto de falla, y finalmente registrar la carga, para cada dosificación de mezcla se ensayaron un total de 3 unidades, todo ello en el laboratorio “*Mecánica de Suelos y materiales*” de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.



(a) Muestras para ensayo a Compresión



(b) Etiquetado de muestras



*(c) Ensayo a compresión*



*(d) Muestra después de ser sometido a ensayo.*

**Figura 14.** Procedimiento de Ensayo a compresión de bloques de Dosificación  
*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*



### **c. Ensayo de determinación de materia orgánica por ignición (Horno Mufla)**

Este ensayo se basa en la calcinación a elevadas temperaturas de compuestos orgánicos, dentro de la composición volumétrica de un material, el contenido de materia orgánica dependerá de los factores formadores y será el producto de descomposición de restos vegetales y animales al incorporarse al suelo. (NTP-331.613).

#### **Muestras:**

- 04 unidades secas de la dosificación óptima 5cm x 5cm x 5cm.

#### **Equipo:**

- Balanza.
- Mufla, que pueda mantener una temperatura de 600°C,
- Crisoles o platos de evaporación,
- Guantes, pinzas y espátulas.
- Prensa CBR.

#### **Procedimiento:**

Las muestras se deben de pesar con exactitud, posteriormente se lleva a la (Mufla) que es un horno de alta temperatura a 500° C° por un tiempo de 4 horas. Después se retira las muestras, se enfría y se determina su peso, finalmente el contenido de materia orgánica será dado por porcentaje de la masa de la muestra original. Continuar con el ensayo de compresión a las muestras.



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación  
(a) Muestras en el Horno Mufia



(b) Equipo compresión CBR



(c) Ensayo de Compresión en ruptura

**Figura 15.** Procedimiento de Ensayo a compresión de bloques de Dosificación

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación



#### **d. Ensayo a flexión de los paneles.**

**Referencia:** Norma ASTM C – 78

**Muestras:**

- 3 unidades de la mezcla optima

**Equipo:**

- Prensa hidráulica CBR
- Placas metálica una con dos apoyos circulares de barra, ubicados en los tercios extremos de la base de la viga y la otra colocada en la superficie superior de la viga en la parte central.

**Procedimiento:**

- Determinar las medidas de la base y peralte de testigos a ensayar.
- Se coloca el panel entre las dos placas de acero y sus apoyos de barras de 25 mm de diámetro en la prensa hidráulica.
- Aplicar carga al espécimen uniformemente y sin sacudidas. La carga debe ser aplicada a una velocidad constante hasta el punto de falla.
- Se registra la carga, se ensayaron un total de 3 unidades.



(a) Planchas de acero y puntos de apoyo.



(b) Carga aplicada a velocidad constante.



(b) Ensayo a Flexión.

**Figura 16.** Procedimiento Ensayo a flexión

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*



### **3.7.2.2. Ensayos de Agentes Externos**

#### **a. Ensayo de resistencia al fuego**

Esta prueba tiene por finalidad medir y evaluar la resistencia de los paneles ante la exposición de las llamas y el calor, simulando un incendio real controlado.

#### **Normativa Utilizada**

ASTM E 119/ Norma DIN 4102 y

#### **Materiales y Equipos**

- Pirómetro.
- Soplete universal a gas.
- Balón de gas.
- Flexómetro.
- (Cronometro).

#### **Procedimientos de la prueba:**

- Preparar una zona adecuada para llevar a cabo una simulación de incendio controlado utilizando un soplete, preferiblemente en un entorno abierto para evitar la acumulación de gases tóxicos.
- Colocar el soplete universal en el balón de gas y ubicarlo a una distancia de 15 cm de los paneles para llevar a cabo la simulación de un incendio.

- Aplicar una llama continua a los paneles mediante el uso de un soplete con el propósito de evaluar su capacidad para resistir el fuego.
- Con el cronometro anotar la temperatura en cada una de las caras (expuestano expuesta) cada 10 minutos con el pirómetro.
- La prueba se concluye al detectar en la cara expuesta del panel la presencia de fisuras, grietas o daños causados por el tiempo de exposición al fuego.
- Por último, se lleva a cabo la medición del diámetro de la cara no expuesta del panel.



(a) Ensayo de la capacidad de resistencia al fuego del panel



(b) Medición de la Temperatura del panel.

**Figura 17.** Medición del ensayo de resistencia al fuego a los paneles  
*Fuente: Elaborado paor los tesistas de la investigación.*

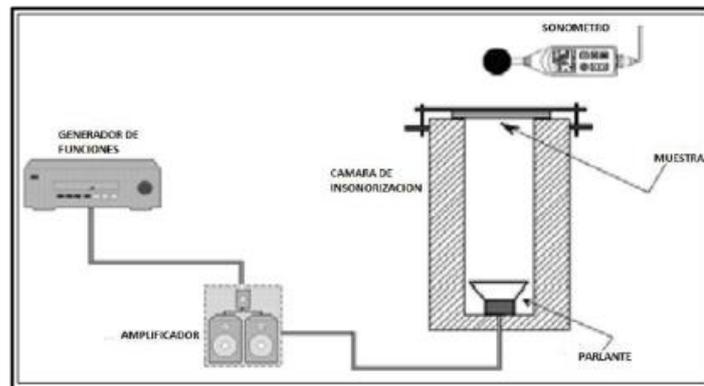
## b. Ensayo de Aislamiento Acústico.

En este ensayo se calcula la energía acústica cuando las ondas sonoras impactan con un obstáculo (panel de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa), lo cual permite determinar el nivel de presión sonora. Para esta prueba, se utilizó una cámara de insonorización y se tomó como referencia la lectura en el punto medio, a una distancia de 30 cm del panel.

Este ensayo se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de Minas

– Laboratorio de Monitoreo y Evaluación Ambiental.

**Referencia:** “Calculo del coeficiente de reducción de ruido (nrc), de materiales utilizando una camara de insonorizacion” de la Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda, Colombia; realizado por Salazar, E.; Cabrera, C.



**Figura 18.** Esquema del sistema de medición para la atenuación del ruido.  
*Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda, Colombia; realizado por Salazar, E.; Cabrera, C.*



## **Equipos y Materiales**

- Cámara de Insonorización 0.30 x 0.30 x 0.60 m
- Amplificador con parlantes
- Sonómetro CASELLA CEL-600 Series
- Portátil emisor de ondas

## **Procedimientos del ensayo:**

- Se acondicionó la cámara de insonorización para la instalación de los paneles, utilizando mecanismos de sujeción, de modo que los paneles quedaran asegurados de manera firme en la parte superior de la cámara insonorizada.
- Se implementó el sistema de medición que consistía en un amplificador, un parlante, una laptop utilizada como emisor de frecuencias, un sonómetro para realizar las lecturas y la cámara de insonorización.
- Generar ruido mediante el portátil, ondas sinusoidales con diferentes frecuencias de 250 Hz incrementando en su doble hasta llegar a 8000 Hz.
- Tomar lectura de los datos obtenidos de las ondas emitidas por el emisor de frecuencias en dB(A) con el sonómetro, el que está ubicado a 30cm del aislante (panel), • Además, se llevó a cabo el registro de datos tanto con el aislante (panel) como sin él.
- Se procedió a emitir el registro de 15 veces por cada tipo de frecuencia.
- Repetir el ensayo para las demás muestras.



*Medida de los db (decibeles)*



*Lectura con el sonómetro a diferentes frecuencias*

**Figura 19.** Sistema de medición instalado para la toma de datos  
*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación.*



### **c. Ensayo de Durabilidad frente a los Hongos**

Debido a que el stipa ichu es un material orgánico, es susceptible de humedecerse cuando se expone a la humedad. Para evitarlo, es fundamental que el stipa ichu se mantenga seca, con un contenido de humedad inferior al 15%. Según Viitanen (1996), los hongos se generan con temperaturas de entre 20 y 28°C y por encima del 55%. (Minke & Mahlke, 2008)

Debido a ello se realizó el ensayo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas Escuela Profesional de Biología

- Laboratorio de Ecología Acuática.

### **Normativa Utilizada**

NTC 1127/ ASTM D 2017-63 UNE EN 350-1

### **Equipos y materiales:**

- Paneles de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa
- Frascos de vidrio
- Tierra negra.
- Autoclave
- Balanza de precisión de 0.001g
- Microscopio
- Medio de cultivo



- Placas Petri
- Incubadora

### Procedimiento del ensayo

Se realizó en dos etapas las que se menciona a continuación.

- **Obtención de muestras:** Tomando una muestra representativa de los paneles de fibras de stipa ichu y fibras de celulosa con espesor de 12. mm, o ½” de espesor.
- **Cultivo de Hongos:** Para los paneles de fibras de stipa ichu y fibras de celulosa se utilizó el hongo “*Rhizopus stolonifer*”. Hongo filamentoso que presenta esporangióforos sin ramificar (de hasta 2 mm x 20 µm), de color pardo oscuro que nacen de un nudo de rizoides bien desarrollados. Esporangios esféricos negros (de hasta 275 µm de diámetro) con columela. Esporangiosporas negras de 8 a 15 µm. Abundantes rizoides y zigosporas esféricas de pared gruesa, desnuda (de hasta 200 µm de diámetro). Clamidosporas ausentes. Colonias de crecimiento rápido de apariencia sólida, con viscoso micelio aéreo, algodonosas, en un inicio blancas, convirtiéndose en gris oscuro (miceliorojizo, grisáceo o marrón). Se identifica rápidamente por sus puntashialinos o parduzcos, sus rizoides numerosos y pardos y sus esporangios negros y lustrosos (brillantes).

*Rhizopus stolonifer* es uno de los mucorales más usuales y posee una repartición amplia en todo el globo. Su temperatura de aumento va desde los 10°C inclusive a los 33°C, con una temperatura óptima de 25 °C. Se ubica

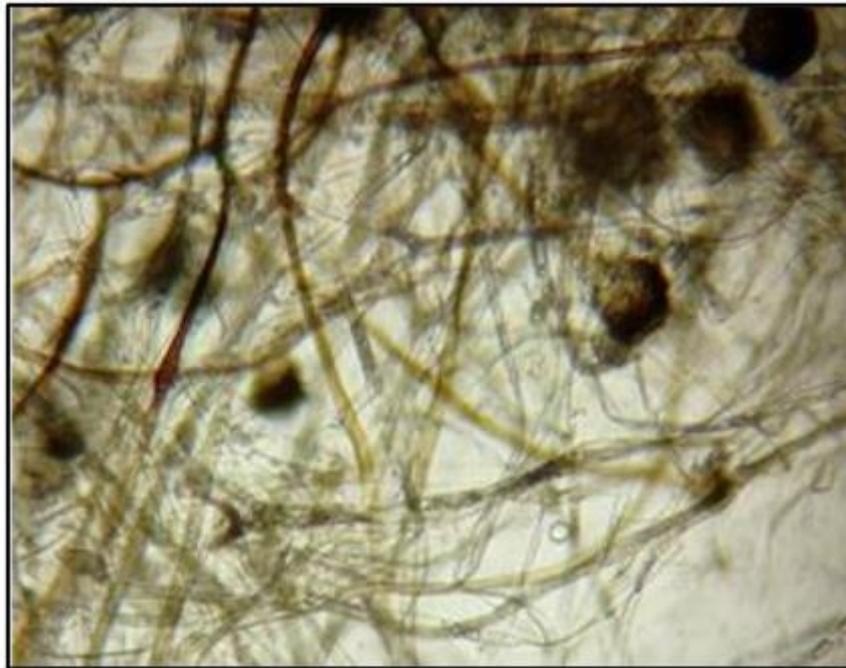


constantemente en suelos arenosos, en el compost, en el polvo de viviendas, en la pulpa de la madera, estiércol, panales de abejas, nidos, plumas de aves y en diferentes frutos y semillas. Las esporas de estos hongos no son abundantes en el aire libre, aunque su frecuencia aumenta en lugares donde hay humedad y se acumula vegetación muerta.

Para los medios de agar se prepararon con la fórmula que contiene la cantidad de 250 g/l de extracto de papa, 10 g/l de dextrosa, 20 g/l de Agar, el cual se mezcló con agua destilada Erlenmeyer de 500ml, se llevó a la cocinilla eléctrica para su ebullición por un tiempo de 10 minutos, posteriormente se estampó con un pliego de craft y aluminio, para realizar la esterilización; se realizó el autoclavado por 15 minutos a 121°C, luego se realizó el plaqueado (vaciar el medio de cultivo en las placas Petri esterilizadas), para continuar con la inoculación de hongos, se extrajo con un hisopo de colonias previamente aisladas, donde se colocaron sobre el agar en las placas Petri, finalmente se conservaron las placas Petri sembradas en una incubadora a 20°C  $\pm$  2°C durante un periodo de dos semanas.



a) Cultivo de Hongos *Rhizopus stolonifer*



b) Muestra con microscopio 40X aumentados

**Figura 20.** Hongos cultivados *Rhizopus stolonifer*  
*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación.*

**Preparación del Sustrato de Suelo.** - Se preparó tierra negra pasándolo por el tamiz N° 50, para luego depositar 180 g de tierra en cada frasco, los cuales se autoclavaron por un periodo de 90 minutos con el fin de esterilizar la tierra de microorganismos.

**Montaje de Probetas.** - Utilizando guantes y mascarillas se procedió a abrir un frasco con tierra para luego colocar sobre esta una lámina de agar con hongo cultivado, y sobre esta una muestra de Ichu, cerrar el frasco para posteriormente llevarlo a una incubadora a  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Se repitió este procedimiento con los demás frascos.



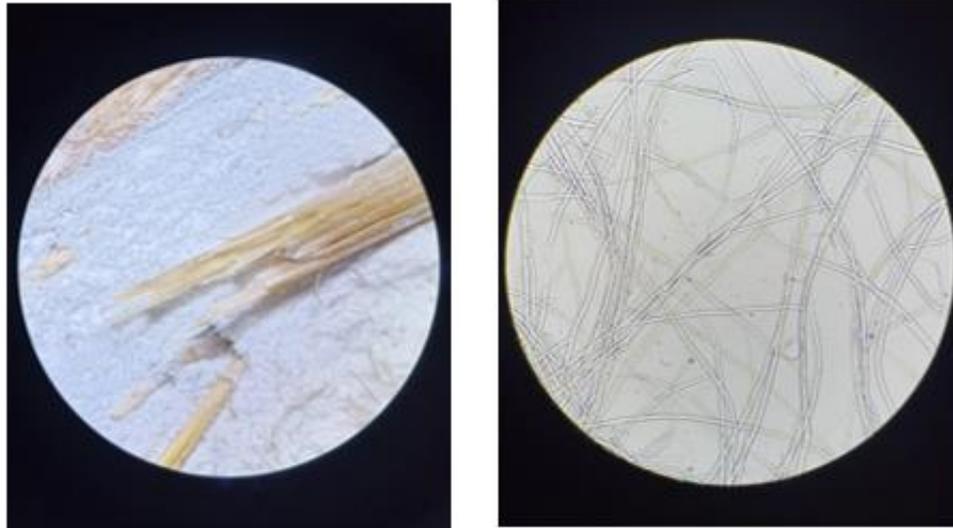
**Figura 21.** Hongos cultivados *Rhizopus stolonifer*  
*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación.*

### **Periodo de Exposición.**

El tiempo de exposición de los paneles fue de 2 semanas, donde cada 4 días se fueron pesando, para extraer un pedazo de los paneles para observar en un microscopio y verificar daño que ocasiona los hongos.

### **Muestras del panel de fibras de *Stipa ichu* y fibras de celulosa en el estereomicroscopio**

Se hizo la observación en estereomicroscopio del ataque de los hongos al panel, realizando un corte transversal en el punto de ataque del hongo.

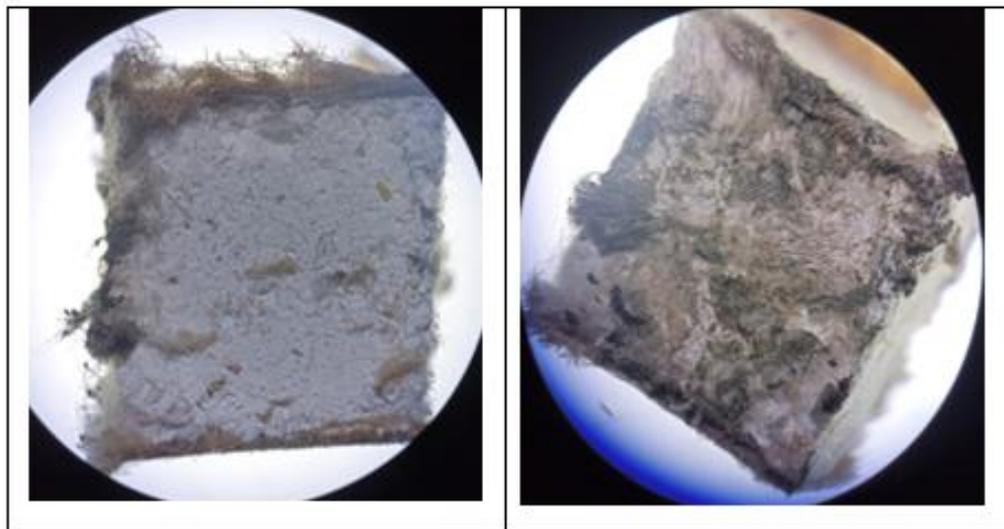


a) Observación Microscópica de la fibra del *Stipa ichu*

b) Observación Microscópica de la fibra del *Stipa ichu*, cortado longitudinalmente

**Figura 22.** Observación en estereoscopio de la *Stipa Ichu* y del hongo.

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación.*



**Figura 23.** Observación de las muestras con semanas de exposición con los hongos

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación.*



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS A LOS PANELES ENSAYOS DE LA MEZCLA OPTIMA

En la investigación realizada se buscó dar mayor énfasis en encontrar el mayor porcentaje de resistencia a la compresión en la dosificación para los paneles a base de fibras Stipa ichu y fibras de celulosa, es típico y útil considerar diversas características (variables o componentes) para lograr diseños de mejor calidad y propiedades. En la presente investigación los paneles a base de fibras de Stipa Ichu y fibras de celulosa se tuvo que analizar sus propiedades como: resistencia característica a la compresión, resistencia característica a la flexión, determinación de materia orgánica por ignición, todas estas son importantes para que el panel pueda ser aceptado con un material de construcción, según la norma RNE E.070. Si la optimización solo se hace para una característica del bloque de Stipa Ichu, las otras características podrían resultar con condiciones inadecuadas.

**Tabla 14.**

*Resultados de la medición de diseño de mezcla para la elaboración de paneles.*

MEZCLA 1	: Stipa Ichu Entera 10%+Stipa Ichu Triturada 20 % + Yeso 60% + Papel 9% + Nitrato de Calcio+ 1%			
ESPECIMEN	Largo (A)	Ancho (B)	Alto(C)	
M -01	151	151.0	151.0	
M -02	151	151.0	153.0	
M -03	149	151.0	151.0	



---

**MEZCLA 2 : Stipa Ichu Triturada 25 % + Yeso 65% + Papel 9% + Nitrato de Calcio+ 1%**

---

ESPECIMEN	Largo (A)	Ancho (B)	Alto(C)
M -04	149	151	151
M -05	150	151	152
M -06	150	151	151

---

---

**MEZCLA 3 : Stipa Ichu Triturada 25 % + Yeso 60% + Papel 9% + Nitrato de Calcio+ 1% + Cemento 5%**

---

ESPECIMEN	Largo (A)	Ancho (B)	Alto(C)
M -07	146	151	151
M -08	146	149	151
M -09	148	151	152

---

---

**MEZCLA 4 : Stipa Ichu Entera 10%+Stipa Ichu Triturada 15 % + Yeso 60% + Papel 14% + Nitrato de Calcio+ 1%**

---

ESPECIMEN	Largo (A)	Ancho (B)	Alto(C)
M -10	151	148	150
M -11	149	151	150
M -12	148	150	150

---

---

**MEZCLA 5 : Stipa Ichu Triturada 30 % + Yeso 60% + Papel 9% + Nitrato de Calcio+ 1%**

---

ESPECIMEN	Largo (A)	Ancho (B)	Alto(C)
M -13	150	151	150
M -14	151	150	151
M -15	149	152	150

---



---

**MEZCLA 6 : Stipa Ichu Triturada 34% + Yeso 60% + Papel 5% + Nitrato de Calcio+ 1%**

---

ESPECIMEN	Largo (A)	Ancho (B)	Alto(C)
M -16	151	149	146
M -17	146	150	151
M -18	152	147	152

---

---

**MEZCLA 7 : Stipa Ichu Triturada 30% + Yeso 60% + Papel 9% + Nitrato de Calcio+ 1%**

---

ESPECIME N	Largo (A)	Ancho (B)	Alto(C)
M -19	149	150	152
M -20	150	151	151
M -21	152	149	150

---

**MEZCLA 8 : Stipa Ichu Triturada 30% + Yeso 55% + Papel 14% + Nitrato de Calcio+ 1%**

ESPECIME N	Largo (A)	Ancho (B)	Alto(C)
M -22	150	150	152
M -23	150	150	152
M -24	152	149	152

---

---

**MEZCLA 9 : Stipa Ichu Triturada 25% + Yeso 65% + Papel 9% + Nitrato de Calcio+ 1%**

---

ESPECIMEN	Largo (A)	Ancho (B)	Alto(C)
M -25	148	151	150
M -26	149	148	152
M -27	152	149	148

---

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación.*

En resumen, la mezcla óptima se utiliza para la fabricación de los paneles y el revestimiento de la vivienda rural compuesta por 46 unidades. Después de

esta etapa, se procede a realizar mediciones de temperatura y evaluaciones térmicas para cumplir con los objetivos de la presente investigación.

**Tabla 15.**  
*Proporciones de la mezcla óptima.*

. Mezclas	% Stipa Ichu	% Celulosa	% Yeso	% Nitrato de Calcio
<b>Mezcla óptima calculada</b>	25	14	60	1

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

**Tabla 16.**  
*Dosificación de la mezcla óptima para un panel*

<b>Dosificación para un panel de dimensiones (120x61x1.27) cm, volumen (0.009296 m3)</b>		
	<b>% en Volumen</b>	<b>En peso (Kg)</b>
<b>Stipa ichu</b>	25	0.54
<b>Yeso</b>	60	4.20
<b>Celulosa</b>	14	0.38
<b>Nitrato de Calcio</b>	1	0.05

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

**Tabla 17.**  
*Dosificación de la mezcla óptima para 1m<sup>3</sup>.*

<b>Dosificación para un volumen de 1 m<sup>3</sup></b>		
	<b>% en volumen</b>	<b>En peso (Kg)</b>
<b>Stipa ichu</b>	25	61.47
<b>Yeso</b>	60	478.14
<b>Celulosa</b>	14	43.26
<b>Nitrato de Calcio</b>	1	5.69

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

**Tabla 18.**  
*Resultados Ensayo de resistencia a la compresión*

<b>Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 331.604)</b>		
		<b>Mezcla óptima</b>
<b>Valor promedio de la resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	fb	23.46
<b>Resistencia característica a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	f'b	23.38

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

**Tabla 19.**  
*Resultado ensayo de resistencia a la flexión*

<b>Ensayo de resistencia a la flexión (NTP 339.613)</b>		
		<b>Mezcla óptima</b>
<b>Valor promedio de la resistencia a Flexión (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	KN	0.19
<b>Resistencia característica a la Flexión (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	KN	0.18

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

**Nota:** Estas proporciones serán utilizadas en la producción de los paneles de fibra de Stipa ichu y fibras de celulosa, los cuales serán empleados para el revestimiento de la vivienda rural.

## 4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CARACTERIZACION FISICA

### 4.2.1. Ensayo a la compresión

Los bloques para la compresión de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa se ensayaron según el procedimiento detallado anteriormente, se presentan los siguientes resultados de las 9 mezclas y los datos completos se detallan en el anexo.

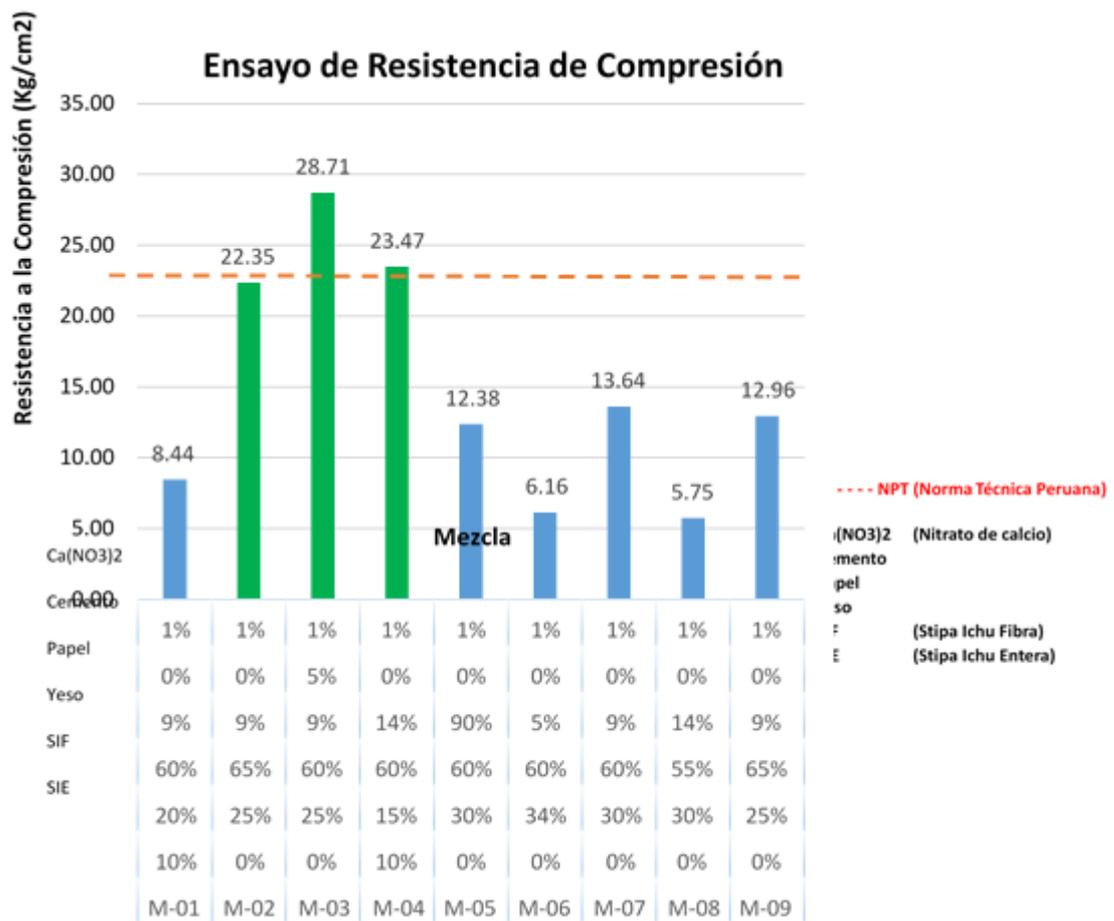
**Tabla 20.**

*Resumen de los resultados del ensayo a la compresión.*

Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 331.604)										
Mezcla		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9
Valor promedio de la resistencia ala compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Kg/cm <sup>2</sup>	8.44	22.35	28.70	23.46	12.37	6.16	13.63	5.7	12.95
Resistencia característica ala compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Kg/cm <sup>2</sup>	6.41	21.05	27.58	23.01	6.80	5.93	13.53	5.4	11.81
Promedio de carga ejercida	kg	1900	5030	6456	5280	3456	1420	3066	1209	2960

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

*Nota:* los resultados de resistencia característica a la compresión para las distintas mezclas se presentan en la tabla 27, se aprecia valores mínimos de 8.44kg/cm<sup>2</sup> (M-1), 6.16kg/cm<sup>2</sup> (M-6), 5.74kg/cm<sup>2</sup> (M-8), 12.37kg/cm<sup>2</sup> (M-5), 13.63kg/cm<sup>2</sup> (M-7), y 12.95kg/cm<sup>2</sup> (M-9) las cuales son valores inferiores al valor minino establecido para paneles GYPSUN FOR CONSTRUCCION”. Standard Specification for gypsum. (NTP 334.135), según el RNE mientras que las mezclas M-2, M-3 y M-4 superan los valores mínimos establecidos para la norma (1.9 Mpa o 20kg/cm<sup>2</sup>).



**Figura 24.** Resistencia característica a la compresión de los bloques por cada tipo de mezcla

*Fuente:* Elaborado por los tesis de la investigación

Los resultados para los ensayos realizados en laboratorio a los bloques de Dosificación de fibras de Stipa Ichu y fibras de celulosa para cada mezcla se realizó siguiendo los lineamientos establecidos por la norma técnica peruana NTP 334.135 “YESOS PARA CONSTRUCCION” GYPSUM FOR CONSTRUCCION”. Standard Specification for gypsum.

#### 4.2.2. Resultados del ensayo determinación de materia orgánica por ignición (horno mufla) y resistencia a la compresión.

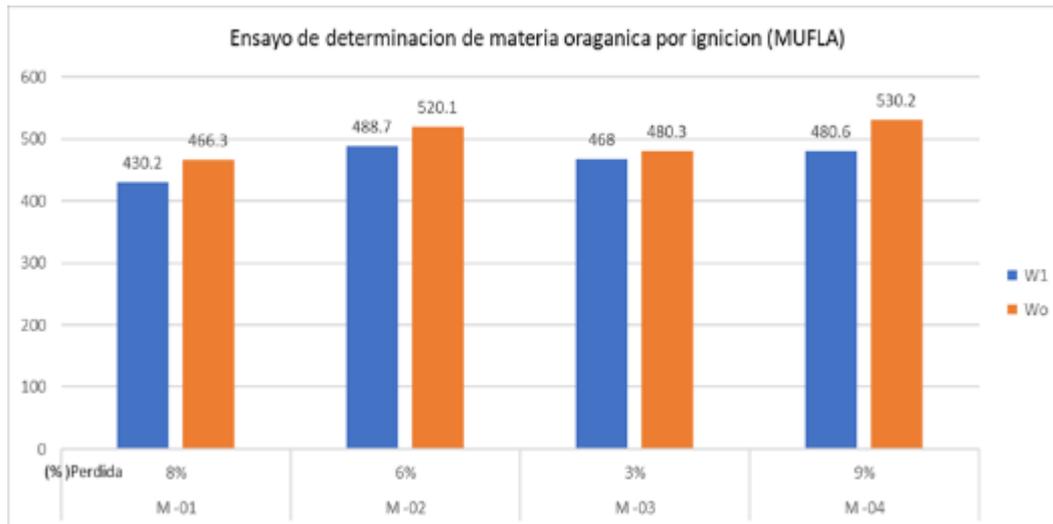
Los paneles de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa se ensayaron según el procedimiento detallado anteriormente, se presentan los siguientes resultados de las 04 muestras, los datos completos se detallan en el anexo 1.

**Tabla 21.**  
*Medición de las muestras sometidas a ignición a 500°C°*

ESPECIMEN	DIMENSIONES				
	Medidas (cm)			W1	Wo
	Largo mm	Ancho mm	Alto mm		
M -01	51.00	49.00	50.00	430.2	466.3
M -02	51.00	49.00	50.00	488.7	520.1
M -03	51.00	49.00	50.00	468.0	480.3
M -04	51.00	50.00	50.00	480.6	530.2

Nota. Wo: Peso inicial del espécimen en gr. W1: Peso final del espécimen después del ensayo.

*Fuente: Elaborado por los tesistas de la investigación*



**Figura 25.** Porcentaje de pérdida de peso de muestras por ignición.  
*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

*Nota: Nota: La tabla 33 muestra los resultados de las muestras (M-1), (M-2), (M-3) y (M-4) el porcentaje perdido del peso de cada una de las muestras después del ensayo de Determinación de Materia Orgánica por ignición, se aprecia valores mínimos (M-3) del 3% de pérdida y máximo de 9% de pérdida (M-4).*

### **Ensayo de resistencia de a la compresión después del ensayo de determinación de materia orgánica (mufla)**

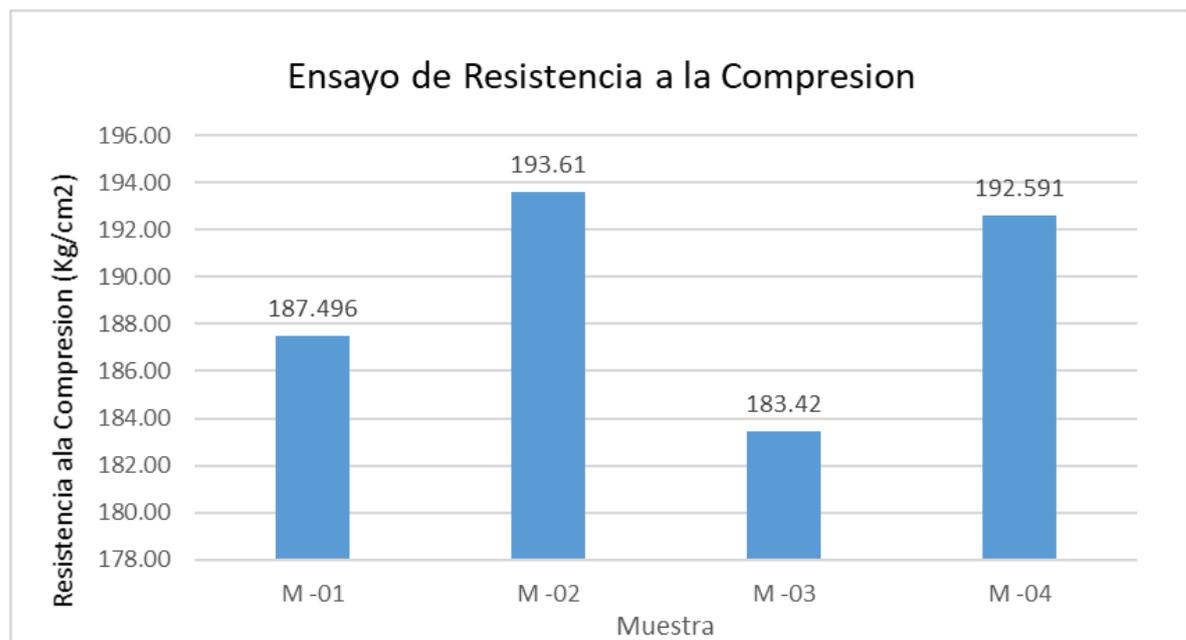
Para este procedimiento se elaboraron 04 muestras de la dosificación óptima obtenida anteriormente de medida de 5cm x 5cm x 5cm, Estas muestras de fibras de Stipa Ichu y fibras de celulosa se ensayaron según el procedimiento detallado anteriormente, se presentan los siguientes resultados de las 04 muestras, los datos completos se detallan en el anexo 1.

**Tabla 22**

*Resultados de resistencia a la compresión a muestras.*

ESPECIMEN N	DIMENSIONES			Área (cm <sup>2</sup> )	Peso g	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	
	Medidas (cm)					Carga Máxima a KN	Resist. Compre. (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo (A)	Ancho (B)	Alto (C)				
M -01	5.2	4.9	5.0	25.2	466.3	1.84	0.65
M -02	5.1	5.0	5.0	25.5	520.1	1.90	0.66
M -03	5.1	5.0	5.0	25.4	480.3	1.80	0.63
M -04	5.1	5.0	5.0	25.6	530.2	1.89	0.66

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*



**Figura 26.** Resultados de resistencia a la compresión a muestras.

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

**Nota:** La tabla 35 muestra los resultados en resistencia característica a la flexión para las diferentes muestras que se aplicaron después de la ignición del

horno Mufla, el cual resulto no ser apta por ya no contener elementos entrelazantes (Stipa ichu), volviéndose un bloque ineficiente de resistencia a la flexión.

#### 4.2.3. Resultados del ensayo resistencia a la flexion

##### Referencias y datos:

- NORMATIVA: ASTM C – 78

En el presente ensayo se realizaron ensayos en tres (03) muestras. donde el espesor de los paneles fue de 3.50 cm promedio de fibras de Stipa Ichu y fibras de celulosa, de lo que, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 23.**

*Datos de las muestras ensayadas en el equipo de Resistencia a la Flexión.*

UNIDA D	DIMENSIONES					
	PESO g	Medidas (cm)			LONG. ENTRE APOYOS	ÁREA
		Largo (cm)	Anch o (cm)	Altura (cm)	L	cm <sup>2</sup>
M -01	1865.3	51.1	15.1	3.50	41.0	771.61
M -02	2068.1	51.3	15.1	3.25	41.0	774.63
M -03	2114.1	51.1	15.0	3.85	41.0	196.73 5

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

Este ensayo se realizó en el equipo de compresión CBR que permite cuantificar la deformación que sufre cada muestra sometida al ensayo mediante el giro constante de una manivela.



**Tabla 24.**  
*Resultados de las muestras sometidas al ensayo.*

UNIDAD	LECTURA DEL DIAL		
	Carga Máxima	DEFORMACIÓN	Resistencia a la Flexión (kg-f/cm <sup>2</sup> )
	KN	mm	R
M -01	0.19	0.49	19.37
M -02	0.17	0.47	17.33
M -03	0.18	0.11	18.35

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

### 4.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE AGENTES EXTERNOS

#### 4.3.1. Ensayo de resistencia al fuego.

Las muestras ensayadas en el presente ensayo fueron tres (06), donde se manejó dos tipos de espesores de 12 mm y luego de 09 mm, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

**Normativa:** Norma Técnica DIN 4102 Y ASTM E 119.

**Tabla 25.**

*Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 12 mm de espesor -  
Muestra 01*

MUESTRA 01	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA (C°)	CARA NO EXPUESTA A (C°)
TIEMPO (Min)		
0	3.8	4.1
5	210.7	75.7
10	299.6	86.7
15	372.8	115.9
20	566.3	133.0
25	589.4	180.7
30	624.3	210.0
35	705.5	237.4
40	786.9	304.7
45	815.3	327.9
50	873.7	350.0
55	952.1	401.3
60	981.6	422.9
65	1037.1	488.9
<b>RADIO DE QUEMADURA (cm)</b>		<b>16</b>

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

En la tabla 38 el panel de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa de espesor 12 mm presenta una duración de más de una hora (momento donde se presenta fisuras en la cara no expuesta) con una temperatura de 488.9°C y 1037.1°C en la cara expuesta, con lo que cumple los requerimientos de normativa.



**Figura 27.** Tiempo de duración de las caras del panel 12 mm de espesor - Muestra 01

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

**Nota:** La diferencia entre la cara expuesta y la cara no expuesta es más notable debido a la resistencia al fuego que presenta este espesor de panel.

**Tabla 26.**

*Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 12 mm de espesor - Muestra 02*

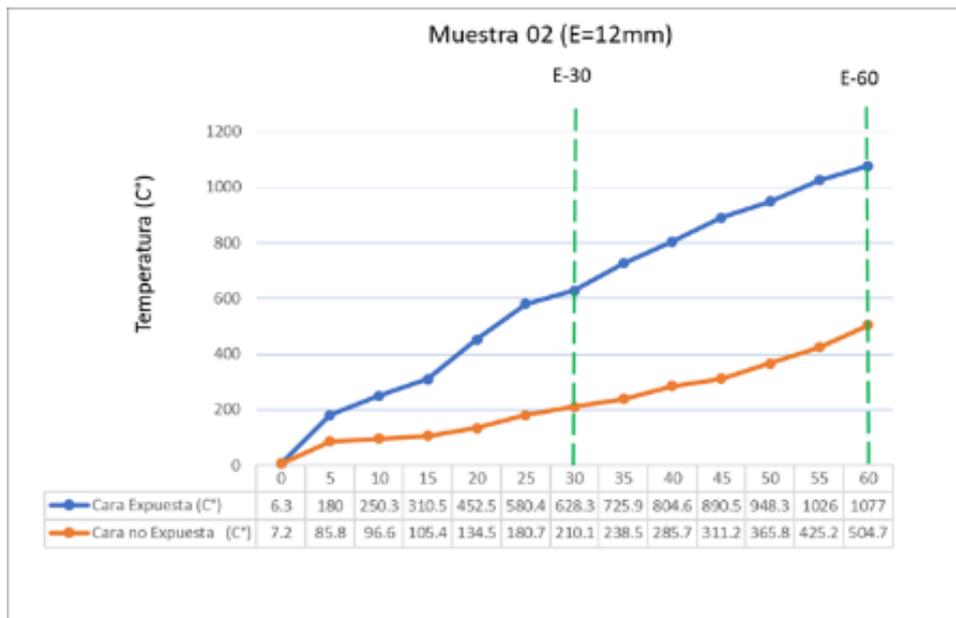
TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA (C°)	CARA NO EXPUESTA (C°)
0	6.3	7.2
5	180.0	85.8
10	250.3	96.6
15	310.5	105.4
20	452.5	134.5
25	580.4	180.7
30	628.3	210.1
35	725.9	238.5

40	804.6	285.7
45	890.5	311.2
50	948.3	365.8
55	1025.7	425.2
60	1077.1	504.7

**RADIO DE QUEMADURA (cm) 15**

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

En la tabla 40 el panel de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa de espesor 12 mm presenta una duración de una hora (momento donde se presenta fisuras en la cara no expuesta) con una temperatura de 504.7°C y 1077.1°C en la cara expuesta, con lo que cumple los requerimientos de normativa.



**Figura 28.** Tiempo de duración de las caras del panel 12 mm de espesor - Muestra 02  
*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

**Nota:** La diferencia entre la cara expuesta y la cara no expuesta es más notable debido a la resistencia al fuego que presenta este espesor de panel.

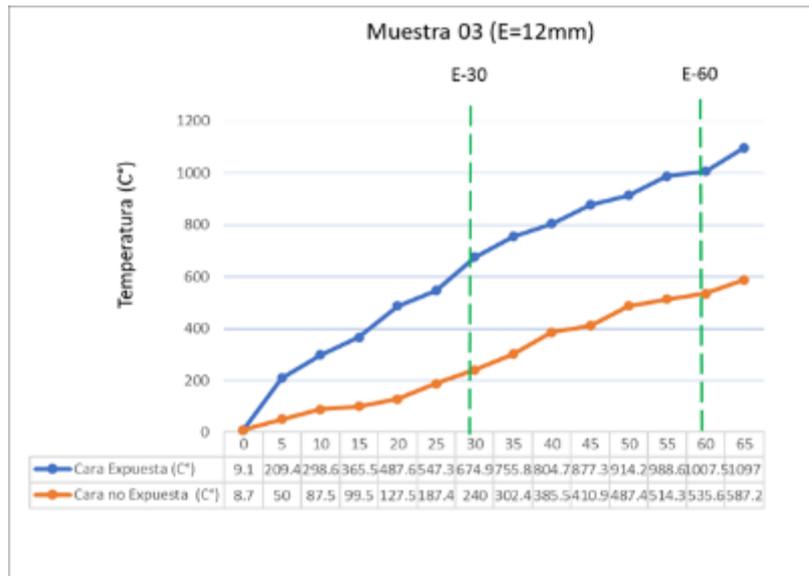
**Tabla 27.**

*Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 12 mm de espesor - Muestra 03*

MUESTRA 01	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA (C°)	CARA NO EXPUESTA (C°)
TIEMPO (Min)		
0	9.1	8.7
5	209.4	50.0
10	298.6	87.5
15	365.5	99.5
20	487.6	127.5
25	547.3	187.4
30	674.9	240.0
35	755.8	302.4
40	804.7	385.5
45	877.3	410.9
50	914.2	487.4
55	988.6	514.3
60	1007.5	535.6
65	1097.0	587.2
<b>RADIO DE QUEMADURA (cm)</b>		<b>17</b>

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

En la tabla 42 el panel de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa de espesor 12 mm presenta una duración de más de una hora (momento donde se presenta fisuras y desprendimiento en la cara no expuesta) con una temperatura de 587.2°C y 1097.0°C en la cara expuesta, con lo que cumple los requerimientos de normativa.



**Figura 29.** Tiempo de duración de las caras del panel 12 mm de espesor - Muestra 03  
*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

**Nota:** La diferencia entre la cara expuesta y la cara no expuesta es más notable debido a la resistencia al fuego que presenta este espesor de panel.

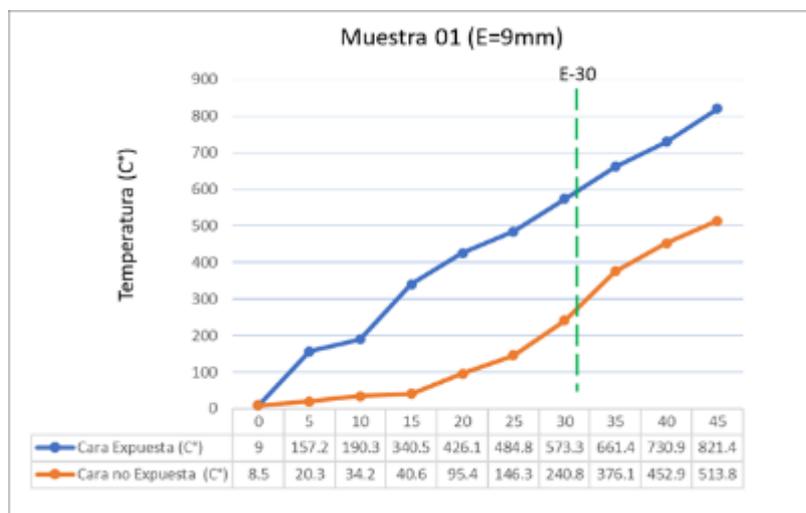
**Tabla 28.**  
*Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 9 mm de espesor - Muestra 01*

MUESTRA 01		
TIEMPO (Min)	CARA EXPUESTA (C°)	CARA NO EXPUESTA (C°)
0	9.0	8.5
5	157.2	20.3
10	190.3	34.2
15	340.5	40.6
20	426.1	95.4
25	484.8	146.3
30	573.3	240.8
35	661.4	376.1
40	730.9	452.9

45	821.4	513.8
<b>RADIO DE QUEMADURA (cm)</b>		<b>15</b>

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

En la tabla 44 el panel de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa de espesor 9 mm solo tiene una resistencia al fuego menor a 50 minutos, siendo este no apto según normativa Norma Técnica DIN 4102, que nos indica que deben de resistir al menos una hora.



**Figura 30.** Tiempo de duración de las caras del panel 9 mm de espesor - Muestra 01

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

**Nota:** Se aprecia que la cara expuesta no se distingue tanto de la cara no expuesta por la duración del tiempo expuesta al fuego.

**Tabla 29.**

*Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 9 mm de espesor - Muestra 02*

MUESTRA 01	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA (C°)	CARA NO EXPUESTA (C°)
TIEMPO (Min)		
0	13.4	12.9
5	140.7	29.9
10	221.4	43.1
15	305.1	104.7
20	397.5	199.1
25	447.7	283.8
30	538.8	310.6
35	617.9	394.5
40	741.7	441.9
45	813.9	493.7
<b>RADIO DE QUEMADURA (cm)</b>		<b>16</b>

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

En la tabla 46 el panel de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa de espesor 9 mm solo tiene una resistencia de 45 minutos, siendo este no apto según normativa Norma Técnica DIN 4102, que nos indica que deben de resistir al menos una hora.



**Figura 31.** Tiempo de duración de las caras del panel 9 mm de espesor - Muestra 02  
*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

**Nota:** Se aprecia que la cara expuesta no se distingue tanto de la cara no expuesta por la duración del tiempo expuesta al fuego.

**Tabla 30.**

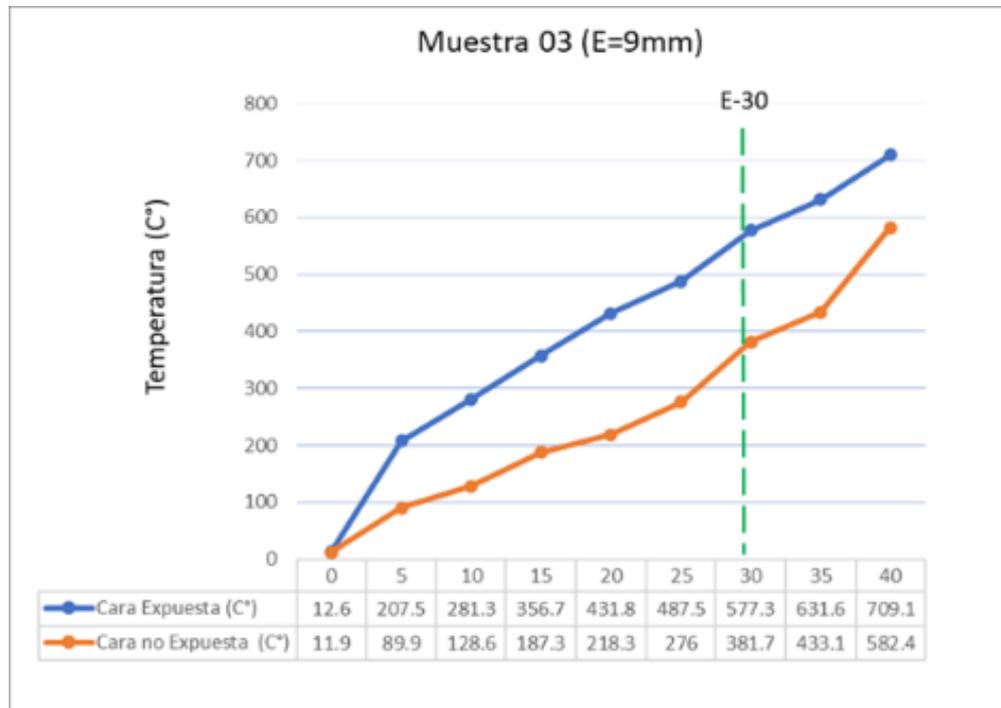
*Datos obtenidos del ensayo de resistencia al fuego panel de 9 mm de espesor - Muestra 03*

MUESTRA 01	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA (C°)	CARA NO EXPUESTA (C°)
TIEMPO (Min)		
0	12.6	11.9
5	207.5	89.9
10	281.3	128.6
15	356.7	187.3
20	431.8	218.3
25	487.5	276.0
30	577.3	381.7

35	631.6	433.1
40	709.1	582.4
<b>RADIO DE QUEMADURA (cm)</b>		<b>18</b>

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

En la tabla 48 el panel de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa de espesor 9 mm solo tiene una resistencia de 40 minutos, siendo este no apto según normativa Norma Técnica DIN 4102, que nos indica que deben de resistir al menos una hora.



**Figura 32.** Tiempo de duración de las caras del panel 9 mm de espesor - Muestra 03  
*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

**Nota:** Se aprecia que la cara expuesta presenta más fisuras que la cara no expuesta por la duración del tiempo expuesta al fuego.



Finalmente se tiene que los paneles de 12mm de espesor a base de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa son apropiados para la resistencia al fuego debido a que presentan una duración de un poco más de 1 ante el fuego.

**Tabla 31.**

*Se presenta el promedio de los datos obtenidos durante la medición utilizando un sonómetro.*

ESPESO R	MUESTRA	FRECUENCIA (Hz)						PROMEDI O
		250	500	1000	2000	4000	8000	
<b>12 mm</b>	M-1	64.9	75.0	65.7	66.5	60.1	48.7	
	M-2	55.1	68.6	75.3	82.3	47.1	58.1	
	M-3	47.1	65.8	72.0	81.4	58.6	58.6	
	M-4	47.1	65.5	71.1	85.6	66.0	57.1	
	<b>PROMEDI O</b>	<b>53.5 5</b>	<b>68.73</b>	<b>71.03</b>	<b>78.95</b>	<b>57.95</b>	<b>55.63</b>	64.30
<b>9 mm</b>	M -5	47.8	68.3	73.0	85.7	64.4	54.4	
	M -6	51.3	70.5	72.7	72.8	63.5	50.0	
	M -7	48.4	67.0	72.6	81.0	65.4	60.7	
	<b>PROMEDI O</b>	<b>49.1 7</b>	<b>68.60</b>	<b>72.77</b>	<b>79.83</b>	<b>64.43</b>	<b>55.03</b>	64.97
<b>SIN PANEL</b>		<b>71.1 0</b>	<b>87.70</b>	<b>96.60</b>	<b>102.4 0</b>	<b>100.40</b>	<b>96.00</b>	

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

En la tabla 50 se tiene el promedio de los datos obtenidos en las diferentes frecuencias, mostrando que la lectura de db (decibeles) en la frecuencia de 8000 Hz disminuye luego del pico de la frecuencia de 2000Hz.

## Cálculos y resultados

Posteriormente del procesamiento de datos, se determinó el Coeficiente de Transmisión de Sonido (STC) en Db (A), asimismo como la Pérdida de Transmisión de Sonido (STL).

### Tabla 32

*Se muestran los resultados del procesamiento de datos, específicamente la pérdida de transmisión de sonido en decibelios (dB-A) del panel.*

COEFICIENTE DE TRANSMISION DE SONIDO (STC) EN Db (A)		
PERDIDA DE TRANSMISION DE SONIDO (STL)		
FRECUENCIA (Hz)	ESPESOR DE PANELES	
	12 MM	9 MM
250	17.55	21.93
500	18.98	19.10
1000	25.58	23.83
2000	23.45	22.57
4000	42.45	35.97
8000	40.38	40.97
STC	28.06	27.39

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

Los resultados muestran un incremento de la pérdida de transmisión del sonido, por el incremento del espesor de las muestras.

**Tabla 33.**

*Resultados del procesamiento de datos - Coeficiente de Reducción de Sonido (A) del panel*

<b>COEFICIENTE DE TRANSMISION DE SONIDO (STC) EN db (A)</b>		
<b>PERDIDA DE TRANSMISION DE SONIDO (STL)</b>		
<b>ESPESOR DE PANELES</b>		
	<b>12 MM</b>	<b>9 MM</b>
<b>250</b>	0.25	0.31
<b>500</b>	0.22	0.22
<b>1000</b>	0.26	0.25
<b>2000</b>	0.23	0.22
<b>4000</b>	0.42	0.36
<b>8000</b>	0.42	0.43
<b>NRC</b>	<b>0.300</b>	<b>0.296</b>

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

**Tabla 34.**

*Resumen de Coeficientes de Aislamiento acústico Reducción de Sonido (NRC) Paneles de 12 mm y 9 mm*

<b>MATERIAL</b>	<b>STC</b>	<b>NRC</b>
<b>12MM</b>	28.06	0.30
<b>9MM</b>	27.39	0.296

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

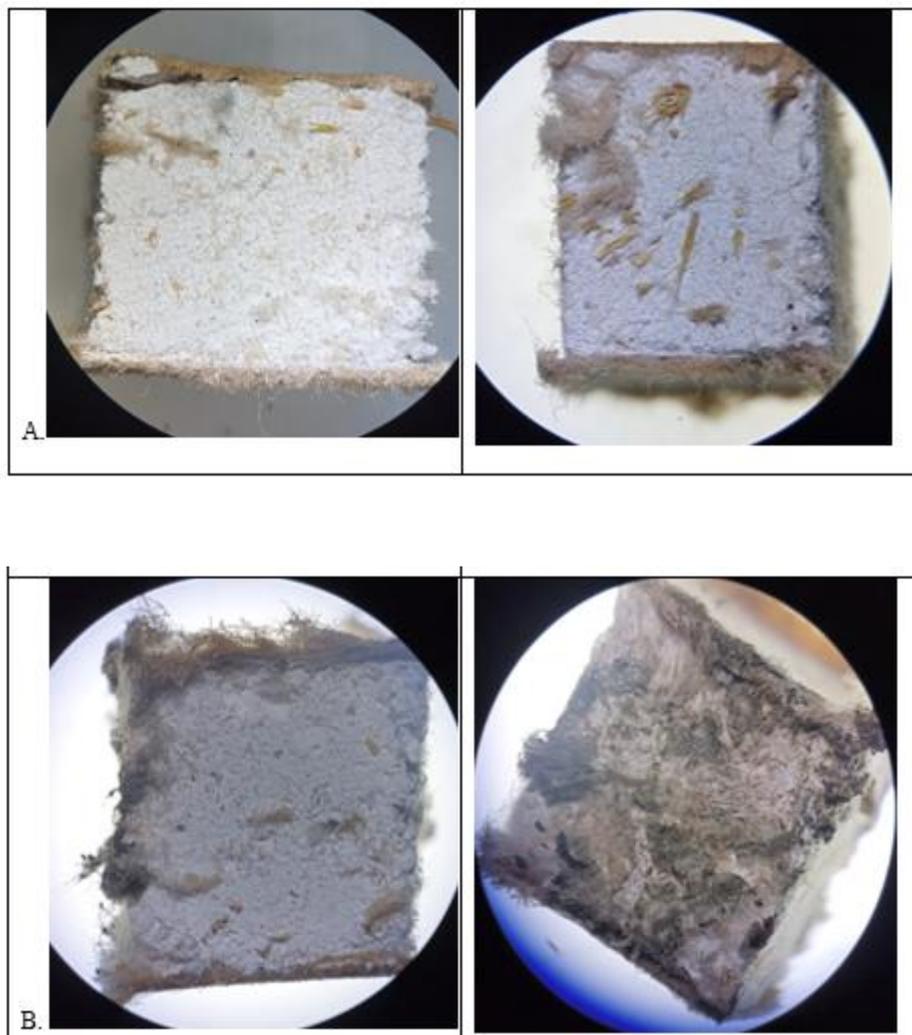
De lo cual, se determina que el panel de fibras de Stipa Ichu y fibras de celulosa, de espesor de 12mm alcanza a atenuar el ruido en 28.06 db, y el panel de 9 mm de fibras de Stipa Ichu y fibras de celulosa alcanza a atenuar en 27.39 db. el panel con un espesor de 12 mm tiene un coeficiente de reducción de ruido

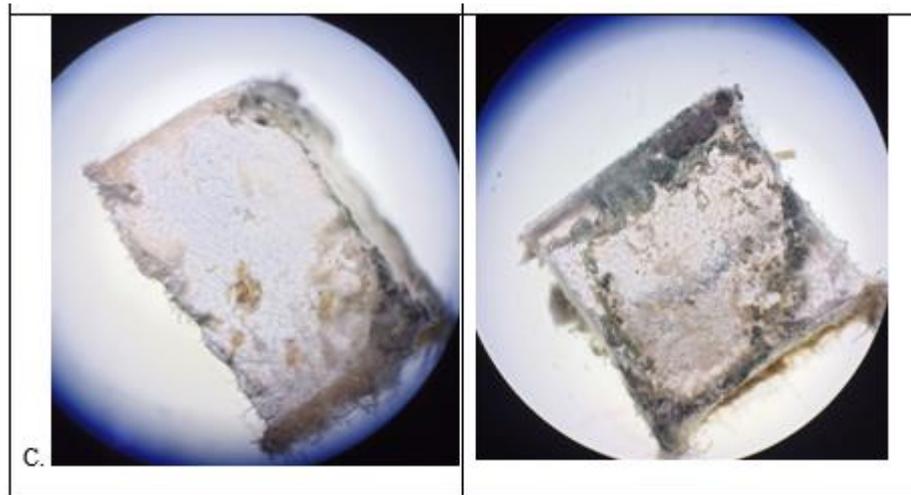
(NRC) de 0.30, que es el más alto entre los paneles evaluados. Esto indica que absorbe el 30% del ruido y refleja el 70%, lo que lo convierte en un buen aislante acústico, aunque no tan efectivo como absorbente acústico.

#### 4.3.2. Ensayo de durabilidad a los hongos

##### DATOS:

Metodología: Método acelerado para evaluar la durabilidad natural de la madera a la pudrición. NTC 1127 de 1994.





**Figura 33. Hongo usado: “Aspergillus Flavus”**

*Desarrollo de los hongos en la M1 y M2 (A) con 10x aumentos; observación de M3 y M4 (B) con 10x aumentos después de 3 semanas, observación de M6 y M7 (C) con 10x aumentos después de 4 semanas.*

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

**Tabla 35.**

*Datos de las muestras del ensayo de durabilidad a los hongos del panel*

Numero de probeta	00 SEMANA	02 SEMANA	PERDIDA DE PESO EN PORCENTAJE	03 SEMANA	PERDIDA DE PESO EN PORCENTAJE	04 SEMANA	PERDIDA DE PESO EN PORCENTAJE
M1	2.2536 g	2.2390 g	0.648 %				
M2	2.7094 g	2.6920 g	0.642 %				
M3	2.2447 g			2.2402 g	1.261 %		
M4	2.3703 g			2.3567 g	1.325 %		
M5	1.6559 g					1.6593 g	1.002 %
M6	1.6633 g					1.6634 g	1.389 %
M7	1.6929 g					1.6986 g	1.193 %

*Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación*

El desarrollo del presente ensayo fue realizado en el laboratorio de Ecología Acuática de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, con la asistencia del Técnico Ingeniero de Laboratorio.

### Cálculos y resultados

Resultados del ensayo de durabilidad del panel termoaislante de fibras de *Stipa ichu* y fibras de celulosa a los hongos.

**Tabla 36.**

*Resultados del ensayo de durabilidad del panel termoaislante de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa a los hongos.*

<b>TIEMPO</b>	<b>Probeta de panel</b>	<b>Pérdida de peso en porcentaje</b>
<b>02 semana</b>	M1	1.353 %
	M2	1.211 %
<b>03 semana</b>	M3	1.261 %
	M4	1.325 %
<b>04 semana</b>	M5	1.002 %
	M6	1.389 %
	M7	1.193 %
<b>PROMEDIO</b>		1.248 %

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

De acuerdo a la metodología aplicada, se realiza la comparación del resultado con la siguiente tabla.

**Tabla 37.**

*Tabla de determinación de la durabilidad a los hongos, según la metodología utilizada.*

<b>PERDIDA PROMEDIO</b>	<b>MIRABILIDAD</b>
<b>D EMASA (%)</b>	<b>NATURAL</b>
<b>0 – 10</b>	<i>Altamente resistente</i>
<b>11 – 24</b>	<i>Resistente</i>
<b>25 – 44</b>	<i>Moderadamente Resistente</i>
<b>45 o mas</b>	<i>Poco Resistente</i>

*Fuente: Norma ICONTEC NTC 1127/94. (12)*

De lo cual, se tiene que el panel a base de fibras de *Stipa Ichu* y fibras de celulosa, presenta el siguiente comportamiento ante los hongos.

**Tabla 38.**

*Se presenta el resultado de la evaluación de la durabilidad del panel en relación a la presencia de hongos.*

<b>MATERIAL</b>	<b>INDICE DE DURABILIDAD NATURAL</b>
Probeta de panel termoaislante de fibras de <i>Stipa ichu</i> y fibras de celulosa.	ALTAMENTE RESISTENTE

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

#### **4.4. RESULTADOS DE EVALUACION DE LA VARIACION TERMICA DE UNA VIVIENDA RURAL REVESTIDA CON EL PANEL TERMOAISLANTE Y UNA VIVIENDA RURAL TIPICA**

##### **4.4.1. Data y comparación de evaluación de viviendas**

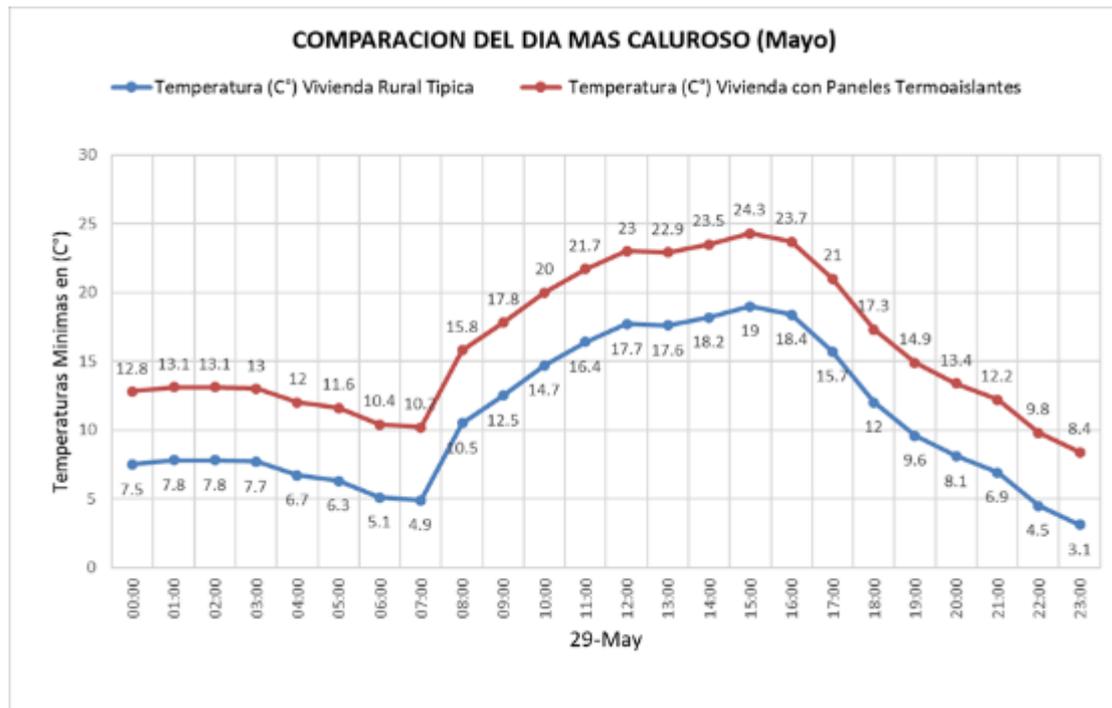
En los informes de la evaluación térmica de la vivienda rural, se presentan tablas y gráficos que muestran los resultados obtenidos durante el período de evaluación (del 26 de mayo al 25 de junio del 2023). Para llevar a cabo esta evaluación, se utilizaron dos termómetros Data Logger Ecowitt, modelo DS-102, los cuales tienen capacidad programable para medir rangos de temperatura desde -20°C hasta 70°C. Estos instrumentos se utilizaron tanto en la vivienda rural con paneles termoaislantes como en la vivienda rural típica de la zona de estudio.

**Tabla 39**  
*Comparación de temperaturas mínimas y máximas de vivienda rural típica del (26 de mayo al 25 de junio 2023).*

HORA	26-May	27-May	28-May	29-May	30-May	31-May	1-Jun	2-Jun	3-Jun	4-Jun	5-Jun	6-Jun	7-Jun	8-Jun	9-Jun	10-Jun	11-Jun	12-Jun	13-Jun	14-Jun	15-Jun	16-Jun	17-Jun	18-Jun	19-Jun	20-Jun	21-Jun	22-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun	
12 am	5.8	7.7	7.5	7.5	-0.3	-4.1	-4.2	-2.5	-0.5	-0.4	1.7	0.7	2.5	-0.7	-2.2	-2.4	-0.9	1.5	4.4	5.5	-2.5	-2.5	-2.4	1.1	2.4	0	-3.4	-1.9	-1.8	-6.4	-2.5	
01 am	4.2	7	7.8	7.8	-0.8	-6.3	-4.7	-3.4	-0.4	-0.4	-2	-1.3	-0.4	-0.5	-0.2	-3.2	-0.5	1.3	2.9	3.2	-0.9	-2.1	-4.5	0.6	-1.3	-2.1	-3.6	-3.9	-3.4	-7.4	-2.1	
02 am	2.7	7.4	7.8	7.8	-2.9	-6.3	-5.5	-4.1	-2.8	-2.2	-3.2	-3.9	-0.9	-3	-0.4	-3.7	-0.7	0.3	1.7	1	-1.7	-4.3	-4.9	-0.1	-2.3	-4.7	-5.3	-2.9	-3.3	-8.6	-4.3	
03 am	2.6	7.7	7.7	7.7	-5.1	-5.4	-6.1	-4.1	-2.7	-2	-4.7	-0.7	-4.5	-4.6	-4.6	-5.3	-1.1	-1.8	1.5	-0.7	-1.9	-7.1	-5.7	-1.9	-3.3	-4	-3.8	-3.9	-7.6	-10	-7.1	
04 am	2.1	4.4	6.7	7.6	-8	-6.3	-6	-4.4	-4.3	-1.7	-3.2	-3.8	-5.5	-5.9	-7.7	-1.4	-3.2	0.5	-1.2	-3.3	-6.2	-6.7	-2.1	-2.8	-7.2	-6.5	-3.9	-8.9	-11	-6.2		
05 am	2.8	2.4	6.3	-8.8	-8.9	-6.1	-6.4	-6.3	-5.1	-2.6	-4.5	-4.8	-5.6	-7	-5.6	-4.7	-4.2	-0.4	-2.9	-2	-6.2	-5.9	-3.3	-4.4	-5.2	-6.7	-6.9	-9.4	-9	-6.2		
06 am	2.6	0.9	5.1	-7	-9.9	-7.9	-8.5	-4	-5.3	-2.1	-6.5	-4.9	-6.3	-6.8	-7.5	-5.6	-6.3	-1.8	-2.5	-2	-8.7	-5.9	-3.4	-6.4	-6.3	-6.2	-7.5	-10	-12	-8.7		
07 am	3.6	3.5	4.9	-6.7	-6.3	-5.8	-7.1	-2.6	-3.9	-2.9	-4.7	-3.8	-4	-4.8	-7.7	-3.7	-4.1	-0.9	-1.7	-1.9	-7.1	-7.7	-2.8	-4.8	-4.7	-6.8	-6.3	-6.1	-11	-7.1		
08 am	7.7	8	7.7	10.5	1.4	1.9	2.9	3.1	4.4	4.5	4	3.8	4.6	3.7	3.1	2.2	2.7	4.5	5.5	3.4	1.5	1.7	3.6	3.1	3.9	2.1	1	1.3	-0.3	1.5		
09 am	11.6	11.2	11.6	12.5	7	7.3	8.7	8.9	8.9	9.2	9.4	8.7	8.9	7.8	8	7.2	8.2	9.5	9.2	8.8	7.9	7.7	7.2	7.9	7.9	8.5	8.5	7.1	6	5.7	7.7	
10 am	13.5	13.6	13.5	14.7	10	11.2	12.3	12.4	12.3	12.4	12	11.8	12.1	11.5	11.4	11.5	11.8	12.6	11.8	11.7	11	10.5	10.7	11	11.3	11.7	11.5	11	9.7	9.6	10.5	
11 am	14.3	15.8	14.3	16.4	12.3	13.7	14.6	15	14.2	14.5	14	13.6	13.5	14	14	14.6	14.4	14.7	13.8	13.7	13.3	12.8	12.2	12.8	12.2	12.8	13.5	13.9	13.4	12.2	12.4	12.8
12 pm	16.1	17.3	16.1	17.7	13.7	15.6	16	16.7	15.7	15.9	15.4	14.7	15	15.2	15.5	16.7	15.8	15.9	15.9	15.2	14.6	14.1	13.6	14.4	15.1	15.7	15.3	15.2	13.6	14.2	14.1	
01 pm	16.1	18.4	16.1	17.6	15	16.9	17.3	16.9	17	15.8	15.8	16	16.4	16.6	17.9	17.3	17.2	17.7	16.3	15.9	15.3	14.7	15.5	16.6	16.9	16.8	16.4	16.4	14.7	15.7		
02 pm	15.8	18.7	15.8	18.2	15.5	17.5	17.5	17.8	16.9	16.8	16.5	16	16.4	16.7	17.1	18	17.9	18.1	18.5	17.1	17	15.8	15.8	16.7	17.5	17.8	17.3	17.2	15.2	16.4		
03 pm	16	18.7	16	19	15.9	17.2	17.6	17.8	16.7	16.8	16.6	15.7	16.2	16.7	17	18	18.2	18.4	18.6	17.4	17.3	16	15.7	17	18.3	18.4	18	17.6	15	16.9		
04 pm	15.5	18.4	15.5	18.4	15.2	16.5	17.1	16.8	16.2	16.2	16.2	15.3	15.6	16.1	16.5	17.5	18.1	18.1	18	17.1	17.3	15.5	15.4	17	18.6	18.6	16.2	17.7	14.3	16.3		
05 pm	14.1	15.2	14.1	15.7	13.1	14.5	15.3	14.7	14.3	14.3	13.8	13.3	13.6	13.6	14.2	14.8	16.7	16.5	15.4	15.3	13.2	12.9	13.2	14.8	16.8	15.2	13.9	14.7	12.1	14		
06 pm	11.5	12.6	11.5	12	6.7	8.7	8.1	8.3	7.9	7.8	7.2	7.6	7.7	6.3	7.4	7.1	9.8	11.8	10.6	9	6.9	5.1	6.3	9.3	9.7	8.8	7.6	8	6.7	6.5		
07 pm	10.6	10	10.6	9.6	3.4	6.5	3.9	3.5	4.3	5.4	5	4.4	4.4	5	4.9	3.4	10.5	7.2	7.6	8.9	4.2	2.5	2.6	6.3	6.3	7.2	5.5	4.6	1.3	2.8		
08 pm	9.3	8.8	9.3	8.1	0.8	1.4	2	2.6	3.1	4.3	4.1	4.2	1.3	1.8	0.9	5.3	10.3	5	6.7	7	2.6	2.6	2.3	6.7	5.6	7.1	4.6	4.8	0.9	1.3		
09 pm	7.9	8.5	7.9	6.9	-0.7	-0.2	-0.8	1.7	0.4	3.9	3.9	4.7	-0.5	2.1	-1.4	3.1	5.2	7.2	6.1	2.8	1.3	3.7	2.6	4.9	1.8	5.1	4.5	2.4	-0.9	0.1		
10 pm	6.9	8.4	6.9	4.5	0.3	-1	-2	1.1	1	4.1	5	5.1	-2.1	0.3	-1.2	2.5	2.1	6.3	6.3	1.6	-1.8	1.4	1.3	3.4	-0.9	1.3	2.7	1.3	-2	-1.4		
11 pm	5.9	8.2	5.9	3.1	-1.1	-3.4	-2.5	0.5	0.1	4.8	2.8	5.1	-3.3	-2	-1	0.4	2.7	5.4	6.2	-0.2	-1.2	-0.7	1.9	2.9	-1.1	-2.5	-0.9	-1.7	-4.4	-4.5		
MINIMO	5.9	2.1	0.9	3.1	-8.8	-9.9	-7.9	-8.5	-6.3	-5.3	-3.2	-6.5	-4.9	-6.3	-7	-7.7	-5.6	-6.3	-1.8	-2.9	-3.3	-8.7	-7.7	-3.4	-6.4	-6.4	-7.2	-6.8	-7.5	-10	-8.7	
MAXIMO	16.1	18.7	16.1	19	15.9	17.5	17.6	17.8	16.9	17	16.6	16	16.4	16.7	17.1	18	18.2	18.4	18.6	17.4	17.3	16	15.8	17	18.6	18.6	18	17.7	15.2	16.9	14.1	
PROMEDIO	12.05	9.925	9.742	10.78	3.721	3.713	4.23	4.75	5.34	5.98	6.12	5.49	5.11	4.8	4.63	4.88	6.8	7.16	8.16	7	5.28	3.85	3.9	6.35	5.72	5.56	4.8	4.73	2.71	2.11	0.18	

Fuente: Elaborado por los testistas de la investigación.

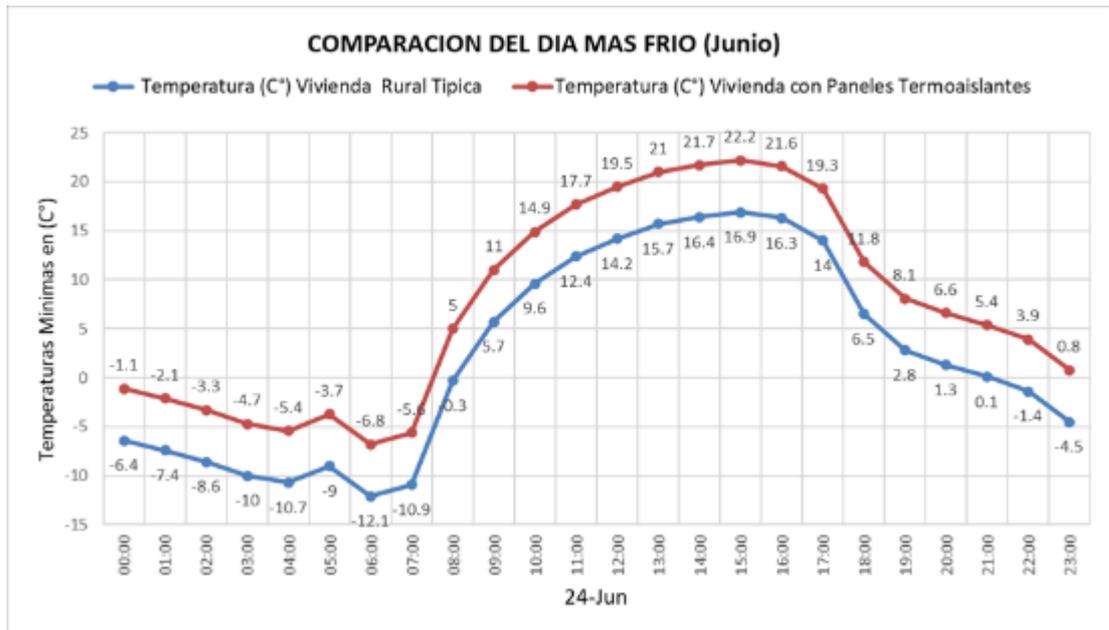
**Nota:** Según el reporte de registro de temperaturas se puede apreciar las temperaturas del periodo de evaluación (del 26 mayo al 25 de junio) durante el periodo de análisis la temperatura descendió considerablemente los últimos días de mayo, podemos apreciar la vivienda rural típica su temperatura mínima y máxima promedio de



**Figura 34.** Comparación de temperaturas del día más caluroso (19 de junio 2023)

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

**Nota:** En la figura se representa la variación de temperatura en el día más caluroso durante el periodo de evaluación entre la vivienda rural típica y la vivienda con los paneles termoaislantes, donde se observa que la temperatura máxima en la vivienda rural típica es de 24.3°C por otro lado la vivienda con paneles termoaislantes presenta una temperatura de 19°C.



**Figura 35.** Comparación de temperaturas del día más frío (24 Hrs) (24 DE JUNIO)

*Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación*

**Nota:** En la figura se representa la variación de temperatura en el día más frío durante el periodo de evaluación entre la vivienda rural típica y la vivienda con los paneles termoaislantes, donde se observa que la temperatura mínima en la vivienda rural típica es de  $-12.1^{\circ}\text{C}$  por otro lado la vivienda con paneles termoaislantes presenta una temperatura de  $-6.8^{\circ}\text{C}$ .



#### 4.5. DETERMINACIÓN DE COSTOS

La presente investigación determino el costo de la elaboración de un PANEL TERMOAISLANTE DE FIBRA STIPA ICHU Y CELOLSA DE 0.61\*x1.22m. (unidad), la estructura del panel termoaislante se desagrego para saber el costo por unidad.

**Tabla 40.**

*Panel termoaislante de fibra stipa ichu y celolsa 0.61\*x1.22 m*

PANEL TERMOAISLANTE DE FIBRA STIPA ICHU Y CELOLSA 0.61*x1.22 m							
						Costo por und	7.1595
Código	Descripción	Unid	Recursos	Cantida d	Precio	Parcial	
<b>MATERIALES</b>							
	YESO BOLSA 25 KG	BLS	-	0.334	14	4.676	
	FIBRA STIPA ICHU	KG		0.456	1.2	0.5472	
	FIBRA CELULOSA	KG		0.35	1.1	0.385	
	PAPEL KLUPAC	UND		1	1.2	1.2	
	COLA SINTETICA	UND		0.0101	13	0.1313	
	NITRATO DE CALCIO (SIKA)	UND		0.01	22	0.22	

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo*

**Tabla 41.**  
*Costo por panel 1.2m X 2.40 m*

<b>MATERIAL</b>		<b>COSTO POR PANEL 1.2m X 2.40 m</b>		
<b>PANELES DE CONSTRUCCIÓN LIVIANO EN SECO</b>	<b>COSTO PLANCHA</b>	<b>REVESTIMIENTO</b>		<b>TOTAL</b>
		Material	fibras	
<b>Gyplac</b>	S/. 35.00	<b>Yeso</b>	<b>vidrio</b>	S/. 35.00
<b>Fibrocemento Superboard</b>	S/. 45.00	<b>Cemento</b>	<b>Lana mineral</b>	S/. 45.00
<b>Fibrocemento reforzado</b>	S/. 58.00	<b>Cemento</b>	<b>vidrio</b>	S/. 38.00
<b>Sandwich</b>	S/. 110.00	<b>Poliestileno</b>	<b>Lana mineral</b>	S/. 38.00
<b>Fibra Stipa Ichu y celulosa</b>	S/. 28.63	<b>Yeso</b>	<b>Stipa Ichu y Celulosa</b>	S/. 28.63

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo*

De los resultados mostrados se desprende que, de todos los paneles mostrados, el panel fibra Stipa Ichu y celulosa tiene un costo más asequible para un sector con bajos recursos económicos en comparación de los paneles comerciables que actualmente existen en el mercado.



## V. CONCLUSIONES

Gracias a la ejecución de este proyecto de investigación, hemos podido adquirir un mayor conocimiento en una variedad de áreas de estudio relacionadas.

La propuesta de utilizar paneles termoaislantes elaborados con fibras de *Stipa ichu* y fibras de celulosa se presenta como una solución efectiva para mejorar el confort térmico en las viviendas de la región de Puno. Estos paneles demuestran cualidades físicas y mecánicas que los hacen aptos para ser utilizados como materiales de construcción, ya que superan los requerimientos mínimos establecidos en la norma NTP 334.135 "YESOS PARA CONSTRUCCION" (GYPSUM FOR CONSTRUCTION), que establece las especificaciones estándar para el yeso en construcción. Con esta innovadora propuesta, se busca brindar a las viviendas una mayor eficiencia térmica, contribuyendo así al bienestar de sus habitantes y al desarrollo sostenible de la región.

Esta tesis ha demostrado que la dosificación de los especímenes para la mezcla óptima de los paneles termoaislantes a partir de fibras de *Stipa Ichu* y fibras de celulosa a generado los siguientes resultados para los porcentajes de la mezcla óptima: *Stipa Ichu* entera (10%), fibra de *Stipa Ichu* (15%), fibra de celulosa (14%), yeso (60%) y nitrato de calcio (1%). Siendo una mezcla heterogénea donde se distingue los componentes de la mezcla.

A través de la aplicación de ensayos biológicos, mecánicos y físicos en los paneles se concluye que la dosificación óptima; resistencia a compresión ( $23.47 \text{ kgcm}^2$ ) en cuanto a la resistencia a la flexión se logró registrar ( $18.35 \text{ kgcm}^2$ ) y en sus propiedades frente a agentes externos resistencia al fuego es de promedio de 60 minutos, resistencia al ruido alcanza a atenuar el ruido en 28.06 db, estando dentro de los parámetros



permisibles, mientras que la resistencia a los hongos supera los valores permitidos siendo altamente resistente.

Después de llevar a cabo la investigación en el área de estudio, se puede concluir que el panel termoaislante fabricado con fibras de Stipa Ichu y fibras de celulosa proporciona un beneficioso control de la variación térmica en el interior de la vivienda que ha sido revestida con este panel. Esta investigación se desarrolló durante los meses de mayo y junio, y los resultados obtenidos son los siguientes:

En la vivienda revestida con paneles termoaislantes con fibras de Stipa Ichu y fibras de celulosa, se registró una variación térmica máxima ( $\Delta T_{max}$ ) de 7.2 °C y una variación térmica mínima ( $\Delta T_{min}$ ) de 8.9 °C. En la vivienda rural típica, se registraron variaciones térmicas máximas ( $\Delta T_{max}$ ) de 7.7 °C, 7.6 °C y 7.6 °C, y variaciones térmicas mínimas ( $\Delta T_{min}$ ) de 8.3 °C, 7.3 °C y 6.5 °C respectivamente, para los meses mencionados.

En base a estos resultados, concluimos que las temperaturas en el interior de la vivienda revestida con los paneles termoaislantes con fibras de Stipa Ichu y fibras de celulosa son confortables y agradables para los habitantes de la comunidad Campesina de Cueva-Paucarcolla. Estos datos demuestran que el uso de estos materiales contribuye a mantener una temperatura interior estable y agradable, brindando así mayor cobijo a los residentes durante los meses evaluados.



## VI. RECOMENDACIONES

Es recomendable para futuros estudios investigar el comportamiento del panel elaborado con fibras de *Stipa ichu* y fibras de celulosa en combinación con otros tipos de revestimientos que sean amigables con el medio ambiente. Esto permitiría explorar y evaluar diversas alternativas de materiales sostenibles para su aplicación en la construcción. Al estudiar y comparar diferentes revestimientos, se pueden obtener datos y conclusiones más sólidas sobre la viabilidad y eficacia de utilizar materiales respetuosos con el medio ambiente en combinación con las fibras mencionadas. Esto, a su vez, podría abrir nuevas posibilidades y opciones para construir de manera más sostenible y reducir el impacto ambiental en la industria de la construcción.

Recomendamos evaluar las propiedades de los paneles sometidas a flexión (del panel completo).

Diseñar y evaluar paneles de fibras de *Stipa ichu* y fibras de celulosa como un material de construcción en cielo raso.

La función de la arquitectura se encuentra dentro del ámbito del servicio a la sociedad en su conjunto. Por ende, es imperativo que como profesionales de esta disciplina ofrezcamos opciones técnicas para resolver los problemas asociados a la arquitectura y al confort térmico.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albarracín, K. G., Jaramillo, L. I., & Albuja, M. (2015). Obtención de Bioetanol Anhidro a Partir de Paja (*Stipa ichu*). *Revista Politécnica*, 36(2), Article 2.
- Álvarez, M., Ferrández, D., Guijarro-Miragaya, P., & Morón, C. (2023). Characterization and under Water Action Behaviour of a New Plaster-Based Lightened Composites for Precast. *Materials*, 16(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/ma16020872>
- Calle Choque. (s. f.). *CARACTERIZACION DEL LIQUIDO RUMINAL DE LLAMAS MACHO ALIMENTADAS CON HENO DE ALFALFA Y Y PASTOS NATIVOS*. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andres.
- Galmarini, B., Costa, P., & Chiesi, L. (2022). Natural Building Materials and Social Representations in Informal Settlements: How Perceptions of Bamboo Interfere with Sustainable, Affordable, and Quality Housing. *Sustainability*, 14(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/su141912252>
- García, J. J. E., Molina, Á. L. M., Rodríguez, J. A. E., Sarasa, J. L. A., & Marín, C. E. *EVOLUCIÓN URBANA Y ACTIVIDAD ECONÓMICA EN LOS NÚCLEOS HISTÓRICOS*. 133.
- Gomez Amador, A., López, A., Bojorquez, G., Alpuche, M., & Cruz, A. (2016). Mecanismos de control bioclimáticos habilitados por los individuos en viviendas de climas cálidos (pp. 113-134).
- Hernández,R., Fernández,C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ta. Edición. ISBN: 978-1-4562-2396-0.



- Herrero del Cura, S. (2016). Influencia de la dosificación y granulometría del caucho de neumáticos fuera de uso (NFU) y de las dimensiones físicas en las propiedades térmicas, acústicas y mecánicas de placas de mortero de yeso-caucho [Phd, E.T.S. de Edificación (UPM)]. <https://oa.upm.es/43070/>
- Huacho, M. y Ronceros, J. (2021). Diseño de mezcla de 301 concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, adicionando cenizas de stipa ichu para estructuras de edificación a compresión (metodo aci), en el distrito de Lircay provincia de Angaraes-Huancavelica. Universidad Nacional de Huancavelica-Perú.
- J. M. TOBÍO. (2011). Los aislamientos térmicos naturales: Construcción ecológica y eficiencia energética.
- Lopez Hurtado, P., Rouilly, A., Vandenbossche Maréchal, V., & Raynaud, C. (2016). Una revisión sobre las propiedades del aislamiento de fibra de celulosa. *Building and Environment*, 96, 170-177.
- Luciani-Mejia, S., Velasco-Gomez, R., Hudson, R., Luciani- Mejia, S., Velasco-Gomez, R., y Hudson, R. (2018). Eco-friendly coverings: Analysis of the use of ventilated facades in hot, humid weather. *Revista de Arquitectura*, 20(2), 62-77. <https://doi.org/10.14718/revarq.2018.20.2.1726>.
- Malca, A. (2020). Adición de la fibra stipa ichu en tapiales para mejorar su comportamiento mecánico y térmico en el distrito de Chota-2020. UCV-LIMA PERÚ.
- Mamani,E. y Pinazo,L. (2020). Eficiencia de una vivienda construida con tabiquería bioclimática a base del stipa ichu y festuca dolichophylla presl paramejorar el



confort térmico de la zona de Chillapalca, San Antonio de Putina, de la región Puno-2018. UNA- PUNO.

Noel, J., & Charca, S. (2015). Assessment of Ichu fibers as non-expensive thermal insulation system for the Andean regions. *Energy and Buildings*, 108, 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.053>

Olmos, S.(2008). La habitabilidad urbana como condición de calidad de vida. 1, 9.

Piñas, J. M., Lira, L., Horn, M., Solis, J. L., & Gómez, M. M. (2020). Influencia de Stipa ichu en las propiedades térmicas y mecánicas del adobe como material biocompuesto. *Journal of Physics: Conference Series*, 1433(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1433/1/012003>

Poma,A. y Ccopa, W.(2022). Diseño, evaluación y propuesta técnica de una vivienda rural térmica construida con bloques de cemento adicionado con fibras de stipa ichu (fibrocemento), en el distrito de Santa Rosa—Mazocruz, Puno 2019.UNA-PUNO.

Porras-Amores, C., Martin Garcia, P., Villoria Sáez, P., del Rio Merino, M., & Vitiello, V. (2021). Assessing the Energy Efficiency Potential of Recycled Materials with Construction and Demolition Waste: A Spanish Case Study. *Applied Sciences*, 11(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/app11177809>

Rivera-Ticllacondor, E., & Zamora-Talaverano, N. S. (2019). EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN STIPA ICHU (RUIZ & PAV.) KUNTH 1829 (ICHU) EN LA MICROCUENCA CHACLATACANA,



HUANCAVELICA, PERÚ. *The Biologist*, 17(2), Article 2.

<https://doi.org/10.24039/rtb2019172351>

Rotondaro, R. (2007). Contemporary earthen architecture: Trends and challenges.

*Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural—Journal of Cultural Heritage Studies*, 20(2), 342-353.

San Antonio González, A. de. (2017). Caracterización de compuestos eco-eficientes de

yeso aligerado con residuo de poliestireno extruido (XPS) [Phd, E.T.S. de Edificación (UPM)]. <https://oa.upm.es/48007/>

Schwarz, M. (2017). Guía de referencia para la elaboración de una investigación aplicada.

Universidad de Lima, 30. Recuperado de:

[Http://repositorioanterior.ulima.edu.pe/bitstream/handle/ulima/6029/Schwarz\\_guia\\_investigacion\\_aplicada.pdf?sequence=1&isAllowed=y.](http://repositorioanterior.ulima.edu.pe/bitstream/handle/ulima/6029/Schwarz_guia_investigacion_aplicada.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Valderrama-Ulloa, C., Silva-Castillo, L., Sandoval-Grandi, C., Robles-Calderon, C., &

Rouault, F. (2020). Calidad ambiental interior en edificios latinoamericanos: Una revisión sistemática de la literatura. *Sustainability*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/su12020643>

Villanueva, L. (1975). (s. f.). Documentación técnica de las propiedades del yeso en la

construcción. Ministerio de vivienda. INCE.con la colaboración ATEDY y de S.E. Eurogysum.



## ANEXOS

LOS ANEXOS SE ENCUENTRAN EN EL SIGUIENTE ENLACE:

[https://drive.google.com/file/d/1HgxyTlipL4mTZPv8-43fIKVlijbO\\_z2/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1HgxyTlipL4mTZPv8-43fIKVlijbO_z2/view?usp=sharing)



Universidad Nacional del Altiplano  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**ACTA DE DICTAMEN DE REVISIÓN DE BORRADOR DE TESIS**

En el aula virtual de la sala de Docentes de la Escuela Profesional de: ARQUITECTURA Y URBANISMO siendo las 11:00 horas del 13 de Setiembre del año 2023 se reunieron los miembros del Jurado Dictaminador:

PRESIDENTE : Arqto. Ayner Valer Ergueta  
1er MIEMBRO : Arqta. Diana Karen Pari Quispe  
2do MIEMBRO : Arqta. Katioska Gisela Hilari Olaguivel  
DIRECTOR / : M.Sc. Marco Antonio Espillico Blanco  
ASESOR:

Quienes revisaron el borrador de tesis intitulado: “ELABORACIÓN DE PANELES TERMOAISLANTES A PARTIR DE FIBRAS DE STIPA ICHU Y FIBRAS DE CELULOSA PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO EN VIVIENDAS DE LA REGIÓN DE PUNO”

Presentado por el (la) (los) bachiller (es):

- ABRAHAN HENRY TORRES BENAVIDES
- JUAN ANTHONY HUMALLA QUISPE

El cual ha sido debidamente evaluado de acuerdo al Reglamento de Titulaciones y Normas de la UNA-PUNO, habiéndose emitido las observaciones por parte de los miembros del jurado, siendo absueltas en su oportunidad, en mérito de lo cual la comisión ha considerado la APROBACIÓN del mencionado borrador de Tesis.

El jurado Dictaminador previa coordinación propone ejecutar el Acto de Sustentación y defensa del (los) bachiller (es) para el día 21 de setiembre del 2023 a horas 10:00 para la exposición y defensa de la tesis en forma no presencial. Siendo las 12:00 horas del mismo día, se dio por concluida la presente reunión de trabajo, firmado para refrendar la presente.

  
-----  
PRESIDENTE

  
 Diana Karen Pari Quispe  
ARQUITECTO  
CAP° 14009  
-----  
PRIMER MIEMBRO

  
-----  
SEGUNDO MIEMBRO  
 Katioska G. Hilari Olaguivel  
ARQUITECTA  
CAP 8536

  
-----  
DIRECTOR  
 MARCO A. ESPILICO BLANCO  
ARQUITECTO  
Reg. CAP N° 9146



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JUAN ANTHONY HUMALLA QUISPE  
identificado con DNI 70413639 en mi condición de egresado de:

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

ARQUITECTURA Y URBANISMO

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

"ELABORACIÓN DE PANELES TERMOAISLANTES A PARTIR DE FIBRAS DE STIPA (CHU) Y FIBRAS DE  
CELULOSA PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO EN VIVIENDAS DE LA REGIÓN DE PUNO"

"Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 13 de SEPTIEMBRE del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ABRAHAM HENRY TORRES BENAVIDES  
, identificado con DNI 44932522 en mi condición de egresado de:

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

ARQUITECTURA Y URBANISMO

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

"ELABORACIÓN DE PANELES TERMOISLANANTES A PARTIR DE FIBRAS DE STIPA ICHU Y FIBRAS  
DE CELULOSA PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO EN VIVIENDAS DE LA REGIÓN DE PUNO"

" Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 13 de SEPTIEMBRE del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo JUAN ANTHONY HUMALLA QUISPE  
identificado con DNI 70413639 en mi condición de egresado de:

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

ARQUITECTURA Y URBANISMO

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

"ELABORACIÓN DE PANELES TERMOAISLANTES A PARTIR DE FIBRAS DE STIPA ICHU Y FIBRAS DE CELULOSA PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO EN VIVIENDAS DE LA REGIÓN DE PUNO"

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 13 de SEPTIEMBRE del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo ABRAHAM HENRY TORRES BENAÍDES

identificado con DNI 44932522 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
ARQUITECTURA Y URBANISMO

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  Título Profesional denominado:

"ELABORACIÓN DE PANELES TERM AISLANTES A PARTIR DE FIBRAS DE STIPAICHU Y FIBRAS DE CELULOSA PARA MEJORAR EL COMFORT TÉRMICO EN VIVIENDAS DE LA REGIÓN DE PUNO"

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 13 de SEPTIEMBRE del 20 23

  
FIRMA (obligatoria)

