



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



**EFICIENCIA DEL CONFORT TÉRMICO PROPORCIONADO POR  
LA ESTUFA ECOLÓGICA DE ALTO RENDIMIENTO EN  
VIVIENDAS DE LA COMUNIDAD DE TUMARUMA DEL  
DISTRITO Y PROVINCIA LAMPA, REGIÓN PUNO-2018**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**WALTER HENRY YUCRA YTO**  
**GUALBERTO VILCA TUMI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO - PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

A Dios por su gracia y bendiciones.

A mis padres, Pedro Yucra Machaca y Emilia Yto Gomez por su apoyo incondicional en lo moral y económico, por estar siempre pendiente de mí y oraciones constantes.

A mis hermanos: Adela, Elisban, Yolanda, Fredy, y Saúl quienes con sus consejos, me ayudaron a seguir adelante.

A mis amigos y/o promoción de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por compartir juntos la alegría y experiencia durante la vida universitaria.

***Walter Henry***



## DEDICATORIA

A Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y llevarme de su fuerza para poder vencer todos los obstáculos.

A mi Padre Doroteo Vilca Apaza y a mi querida Madre Isabel Tumi Condori como muestra de mi eterno agradecimiento y aprecio.

A mis Hermanas Modesta, Brígida, Adelaida, Abadina y a mis sobrinos Daniel, Fernando, Maycol, Nicol, Kiara, Yanpiero, Kenny, y sobre todo a mi querido hijo Alexis Vilca Ochoa porque ellos son mi orgullo para mi existencia.

*Gualberto*



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a nuestro director de este proyecto, Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, le agradezco infinitamente por las recomendaciones, y sobre todo por su gran confianza.

A nuestros jurados, M. Sc. Emilio Castillo Aroni, Ing. Guillermo Nestór Fernandez Sila e Ing. Yasmani Teófilo Vitulas Quille; por sus sabios consejos e inculcación de esfuerzo, respeto y disciplina.

A nuestra institución, Universidad Nacional del Altiplano y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de conocer este maravilloso mundo de la ingeniería y ejercerla para el desarrollo de nuestro país.

MUCHAS GRACIAS.



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 13**

**ABSTRACT..... 14**

### **CAPÍTULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 16**

1.1.1. Problema general..... 17

1.1.2. Problemas específicos. .... 17

**1.2. JUSTIFICACIÓN..... 18**

**1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. .... 19**

1.3.1. Objetivo general. .... 19

1.3.2. Objetivos específicos..... 19

**1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN. .... 19**

**1.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO. .... 18**

3.5.1. Ubicación geográfica..... 18

3.5.2. Clima ..... 20

3.5.3. Geografía física. .... 21

3.5.4. Ecología..... 21

3.5.5. Vía de acceso..... 22

### **CAPÍTULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. .... 23**

**2.2. BASES TEÓRICAS ..... 26**

2.2.1. Transferencia de calor en viviendas ..... 26

2.2.2. La pared plana ..... 34



2.2.3. Propiedades térmicas de los materiales .....	38
2.2.4. Confort térmico .....	38
2.2.5. Parámetros de confort térmico .....	41
2.2.6. Factores de confort térmico .....	44
2.2.7. Zona de confort térmico .....	46
2.2.8. Carta psicométrica de givoni. ....	47
2.2.9. Estufa ecológica .....	50
2.2.10. Materiales de la estufa ecológica.....	53
2.2.11. Termómetro ambiental. ....	53
2.2.12. Zona climática. ....	56
<b>2.3. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>61</b>
3.1.1. Diseño de investigación.....	61
3.1.2. Tipo de investigación .....	61
3.1.3. Nivel de investigación .....	62
3.1.4. Método de investigación .....	62
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>62</b>
3.2.1. Población de la investigación .....	62
3.2.2. Muestra de la investigación .....	62
<b>3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS....</b>	<b>63</b>
<b>3.4. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>64</b>
<b>3.5. CARACTERÍSTICA DE LA VIVIENDA .....</b>	<b>65</b>
<b>3.6. MATERIALES DE LA ESTUFA ECOLÓGICA .....</b>	<b>69</b>
<b>3.7. DISEÑO DE LA ESTUFA ECOLÓGICA .....</b>	<b>78</b>
3.7.1. Potencia calorífica para la vivienda.....	78
3.7.2. Retención del calor del ladrillo refractario.....	81
<b>3.8. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTUFA ECOLÓGICA .....</b>	<b>90</b>
3.8.1. Base de la estufa ecológica.....	91
3.8.2. Construcción de la estufa ecológica .....	96
3.8.3. Análisis técnico y económico de la estufa ecológica. ....	110



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. FUNCIONAMIENTO DE LA ESTUFA ECOLÓGICA .....</b>	<b>116</b>
<b>4.2. MEDICIÓN DE TEMPERATURA .....</b>	<b>117</b>
<b>4.3. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>119</b>
4.3.1. Variación de la temperatura transferida por conducción de la estufa ecológica de alto rendimiento al interior de la vivienda. ....	119
4.3.2. Comparación de las temperaturas de la vivienda implementada con la estufa ecológica de alto rendimiento y una vivienda sin la estufa. ....	127
4.3.3. Tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas de alto rendimiento que brindan en el interior de las viviendas .....	131
<b>4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>136</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>138</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>140</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>146</b>

**TEMA: Eficiencia del confort térmico.**

**ÁREA: Construcción.**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN: Construcción y Gerencia.**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 17 DE ENERO DEL 2021**



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Transferencia de Calor por Conducción. ....	30
Figura 2	Transferencia de Calor por Convección. ....	31
Figura 3	Superficie con Emisividad. ....	34
Figura 4	Distribución de Temperatura Para Conducción a Través de una Pared Plana. .....	37
Figura 5	Zona de Confort y Tipos de Discomfort. ....	47
Figura 6	Cuadro Bioclimático de las Estrategias de Diseño de las Condiciones Ambientales. ....	49
Figura 7	Procedimiento de la Investigación. ....	64
Figura 8	Vivienda con la Estufa Ecológica. ....	67
Figura 9	Viviendas de la comunidad de Tumaruma.....	69
Figura 10	Se Muestra Ladrillos Refractarios. ....	70
Figura 11	Se Muestra Cemento Refractario Yellow. ....	71
Figura 12	Preparación del Cemento Refractario. ....	72
Figura 13	Chimenea de la Estufa Ecológica de Material Metálica Galvanizada. ....	73
Figura 14	Plancha Metálica Galvanizada. ....	73
Figura 15	Puerta de la Cámara de Combustión de la Estufa Ecológica. ....	74
Figura 16	Puerta del Horno de la Estufa Ecológica. ....	74
Figura 17	Termómetro Ambiental Digital Thermometer Modelo WT-1.....	75
Figura 18	Leña de Eucalipto. ....	77
Figura 19	Dimensiones de la Vivienda con la Estufa Ecológica. ....	79
Figura 20	Dimensiones de la estufa ecológica de alto rendimiento. ....	90
Figura 21	Se Muestra la Base de la Estufa Ecológica con Dimensiones 70x110x45 cm. .....	91
Figura 22	Se Muestra el Solado de la Base de la Estufa Ecológica. ....	92
Figura 23	Se Muestra la Primera Hilada de la Base de la Estufa Ecológica. ....	94
Figura 24	Proceso de Construcción de las Filas de la Base de la Estufa Ecológica. ...	95
Figura 25	El Piso de la Estufa Ecológica y la Nivelación de los Ladrillos Maestros. .	96
Figura 26	Plataforma de la Estufa Ecológica con Ladrillos Refractarios. ....	98
Figura 27	La Construcción y la Dirección de la Fila 1 y la Fila 2 y la Nivelación de los ladrillos maestros. ....	99
Figura 28	Se Puede Mostrar la Construcción de la Cámara de Combustión. ....	100



Figura 29	Se Puede Mostrar la Construcción de la Cubierta de la Cámara de Combustión. ....	101
Figura 30	La Construcción del Horno de la Estufa Ecológica. ....	102
Figura 31	La Cubierta del Horno y la Primera Fila del Primer Serpentín.....	103
Figura 32	Construcciones de la Primera Hilada del Serpentín.....	104
Figura 33	Se Muestra el Proceso de Construcción de la Cubierta del Primer Serpentín. .....	105
Figura 34	Procedimiento de Construcción de la Fila del Segundo Serpentín. ....	105
Figura 35	Se Puede Mostrar la Construcción Terminada de la Estufa Ecológica.....	106
Figura 36	Instalación de la Puerta de la Cámara de Combustión.....	108
Figura 37	Instalación de la Puerta del Horno de la Estufa Ecológica. ....	108
Figura 38	Instalación de la Chimenea de la Estufa Ecológica. ....	109
Figura 39	Calefacción Eléctrica Modelo Termoradiador de Aceite Taurus. ....	112
Figura 40	Funcionamiento de la Estufa Ecológica de Alto Rendimiento. ....	116
Figura 41	Encendido de la Estufa Ecológica de Alto Rendimiento. ....	117
Figura 42	Dimensiones de la Estufa Ecológica.....	120
Figura 43	Gráfico de Comparación de temperatura de Vivienda sin la Estufa y la Vivienda con la Estufa. ....	128
Figura 44	Gráfico de Comparación de Temperatura de la Vivienda sin la Estufa y con la Estufa. ....	130



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coefficiente de transferencia de calor por convección promedio. ....	33
Tabla 2	Conductividad Térmica de los Materiales.....	39
Tabla 3	Relación Entre la Velocidad del Viento y el Impacto que Genera en el Hombre. .....	43
Tabla 4	Niveles Metabólicos.....	46
Tabla 5	Características de Cemento Refractario Yellow. ....	71
Tabla 6	Características de Digital Thermometer Modelo WT-1.....	75
Tabla 7	Análisis Elemental de la Leña de Eucalipto.....	76
Tabla 8	Análisis Elemental de Bosta de Vaca.....	77
Tabla 9	Dimensiones de las estufas de alto rendimiento.....	89
Tabla 10	Dimensiones de la Base de la Estufa Ecológica.....	91
Tabla 11	Materiales Para la Construcción de la Estufa Ecológica.....	97
Tabla 12	Análisis de Costos. ....	110
Tabla 13	Capacidad Calorífica de las Leñas. ....	111
Tabla 14	Características de calefacción eléctrica.....	113
Tabla 15	Cuadro comparativo entre la estufa y el calefactor eléctrico. ....	115
Tabla 16	Temperaturas Medidas en la Comunidad de Tumaruma. ....	118
Tabla 17	Temperaturas medidas de la estufa ecológica. ....	119
Tabla 18	Determinación de la Transferencia de Calor de la Estufa.....	124
Tabla 19	Determinación de la Transferencia de Calor de la Estufa.....	125
Tabla 20	Comparación de Temperatura de Vivienda con la Estufa y sin la Estufa Ecológica.....	127
Tabla 21	Comparación de Temperatura de la Vivienda sin la Estufa y la Vivienda con Estufa.....	129
Tabla 22	Resultados del tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas del día 14 de setiembre.....	131
Tabla 23	Resultados del tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas del día 23 de setiembre.....	132
Tabla 24	Resultados del tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas del mes de junio.....	135
Tabla 25	Pruebas de normalidad de datos de las temperaturas .....	136



Tabla 26	Prueba de rangos con signos de wilcoxon de Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C) frente a la temperatura de la vivienda con la estufa a 1m (°C)..	137
Tabla 27	Prueba de Wilcoxon de Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C) frente a la temperatura de la vivienda con la estufa a 1m (°C) .....	137



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>ASTM</b>	: Siglas en inglés para la American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales.
<b>a/c</b>	: Relación agua/cemento para diseño de mezclas.
<b><math>\alpha</math></b>	: Difusividad térmica.
<b>Ce</b>	: Calor específico.
<b>Clo</b>	: Estimación de nivel de ropa.
<b><math>\sigma</math></b>	: Constante de Stefan Boltzmann
<b><math>\rho</math></b>	: Densidad.
<b><math>\varepsilon</math></b>	: Emisividad.
<b>g</b>	: Gramos.
<b>FAO</b>	: Organización de las naciones unidas.
<b><math>k</math></b>	Conductividad térmica (W/m.K)
<b><math>K_k</math></b>	: Conductancia térmica.
<b>INEI</b>	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
<b>IP</b>	: Cemento Puzolánico.
<b>kg</b>	: Kilogramos.
<b>NTP</b>	: Norma Técnica Peruana.
<b>PCI</b>	: Poder calorífico inferior.
<b>PCS</b>	: Poder calorífico superior.
<b><math>q_c</math></b>	: Transferencia de calor por convección.
<b><math>q_k</math></b>	: Flujo de calor.
<b>RNE</b>	: Reglamento Nacional de Edificaciones.
<b><math>R_e</math></b>	: Resistencia eléctrica.
<b><math>R_k</math></b>	: Resistencia térmica.
<b><math>T_\infty</math></b>	: Temperatura ambiente.
<b><math>T_s</math></b>	: Temperatura absoluta.
<b>°C</b>	: Grados centígrados.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la eficiencia del confort térmico proporcionado por la estufa ecológica de alto rendimiento en el interior de viviendas de la Comunidad de Tumaruma del distrito de Lampa provincia de Lampa. El diseño de investigación se centra en un diseño cuasi experimental, asimismo el tipo de investigación empleado es de tipo cuantitativo, con el nivel de investigación correlacional, explicativo. La población está conformada por las viviendas de la comunidad de Tumaruma, para ello se utilizó el muestreo no probabilístico, muestreo por conveniencia, de los cuales se ha seleccionado dos viviendas para el tamaño de la muestra que tengan las mismas características de construcción para la evaluación del confort térmico. La técnica de la recolección de datos se realizó mediante la técnica de la observación y se ha utilizado fichas como instrumentos de recolección de datos. Los datos recogidos fueron analizados y procesados en el programa SPSS Vs 25 para ser presentados en cuadros y gráficos. Luego de obtener los resultados se concluye que la estufa ecológica de alto rendimiento mejora la temperatura desde 12°C a 25°C con respecto a la vivienda sin la estufa ecológica de la comunidad de Tumaruma, beneficiando a las personas que están expuestas a las bajas temperaturas, asimismo se concluye que nuestra hipótesis planteada es muy significativa con un nivel de significancia del 0.000, el cual es menor a 0.05, lo que indica que el sistema planteado confort térmico proporcionado por la estufa ecológica de alto rendimiento es eficiente en el interior de viviendas de la Comunidad de Tumaruma del distrito, Provincia de Lampa de la Región de Puno.

### **PALABRAS CLAVE:**

*Viviendas, confort térmico, inclemencias climatológicas, estufa, alto rendimiento.*



## ABSTRACT

The present research work aims to determine the efficiency of the thermal comfort provided by the high-performance ecological stove inside homes in the Community of Tumaruma in the Lampa district of Lampa province. The research design focuses on a quasi-experimental design, also the type of research used is quantitative, with the correlational, explanatory research level. The population is made up of the homes of the Tumaruma community, for this non-probability sampling was used, convenience sampling, of which two homes have been selected for the sample size that have the same construction characteristics for the evaluation thermal comfort. The data collection technique was carried out through the observation technique and cards have been used as data collection instruments. The collected data were analyzed and processed in the SPSS Vs 25 program to be sent in tables and graphs. After obtaining the results, it is concluded that the high-performance ecological stove improves the temperature from 12 ° C to 25 ° C with respect to the house without the ecological stove of the Tumaruma community, benefiting people who are exposed to low temperatures. temperatures, it is also concluded that our hypothesis is very significant with a significance level of 0.000, which is less than 0.05, which indicates that the proposed system of thermal comfort provided by the high-performance ecological stove is efficient in the interior of homes of the Tumaruma Community of the district, Lampa Province of the Puno Region.

### **KEYWORDS:**

Housing, thermal comfort, weather conditions, stove, high performance.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de confort térmico proporcionado por una estufa ecológica, que se puede definir como la sensación de bienestar que el ser humano percibe en el momento en que existe una satisfacción de las condiciones térmicas ambientales en un espacio determinado. En la evolución del hombre, éste ha tenido como objetivo transformar su entorno y espacio en el afán de lograr ambientes que sean térmicamente confortables y que le brinde una sensación de bienestar acorde a las características propias del ser humano. De esta manera, para que el cuerpo humano funcione adecuadamente, es importante que mantenga en su núcleo interno una temperatura próxima a los 37 °C. Si la persona logra mantener dicha temperatura sin ningún tipo de esfuerzo adicional, se dice que ha llegado a un estado de confort térmico.

El confort térmico de las personas depende de varios parámetros y factores, cada uno de estos tienen sus características propias, dentro de estos parámetros son las condiciones del ambiente que rodea a la persona y los factores que dependen de la propia persona, como la condición física, salud, vestimenta. Las condiciones mencionadas algunas medibles, determinan la sensación de bienestar del ser humano.

Esta sensación de estar bien en un determinado ambiente es el confort térmico y uno de los parámetros medibles es la temperatura de un ambiente. Los parámetro de confort, son aquellas características que sí pueden ser modificadas por el ser humano dependiendo de sus necesidades.

La característica principal de la falta de satisfacción de confort térmico en el ser humano es el descenso de la temperatura ambiental, debido a que la Región de Puno es afectado por el intenso frío durante gran parte del año, y aún más la comunidad de Tumaruma de la provincia de Lampa que se encuentra ubicada a 4339 m.s.n.m. tiene



temperaturas muy bajas de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , este descenso de la temperatura hace que las habitaciones tengan ambientes muy fríos, esto trae todos los años consecuencias mortales a las personas causando infecciones respiratorias.

Las poblaciones que habitan en la comunidad de Tumaruma, no pueden seguir viviendo bajo las condiciones de clima extremo, es por ello la implementación de un sistema de calefacción utilizando la estufa ecológica de alto rendimiento dentro de la vivienda, que nos permita elevar la temperatura en el interior de la vivienda.

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Las zonas altas de la región de Puno son golpeadas por una intensa ola de frío durante los meses de mayo, junio y julio. Este fenómeno climatológico que consiste en la disminución de la temperatura que llegan hasta  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  por debajo de cero en el distrito de Lampa, que se presentan en invierno en especial en los meses de mayo, junio y julio; este descenso de la temperatura genera que las viviendas tengan ambientes fríos, esto trae cada año consecuencias mortales a causa de infecciones respiratorias, principalmente en niños y ancianos. La vivienda es un espacio físico cuya principal función es ofrecer refugio a las personas, protegiéndola de las inclemencias climáticas y es el factor principal para reducir el impacto de las olas de frío que vienen sufriendo las poblaciones de la comunidad de Tumaruma que se encuentra en alto andinas de la región de Puno. Sin embargo la falta de conocimiento de las personas que habitan en las zonas rurales de las comunidades acerca de la construcción de una vivienda, sin tomar las consideraciones mínimas de confort térmico.

La comunidad de Tumaruma del Distrito de Lampa, no está ajeno a esta situación en donde se observa que las personas viven en una situación muy precaria con viviendas construidas sin tomar las consideraciones mínimas de confort térmico, sin los servicios básicos, salud e higiene, hechos que pueden traer a la población diferentes tipos de



enfermedades según (CARE PERU, 2010), si se siguen practicando la construcción de viviendas sin considerar un confort térmico esto seguirá trayendo incomodidad a las persona con enfermedades respiratorias sobre todo en niños y adultos mayores.

Son las que han motivado para realizar el presente trabajo de investigación planteando el diseño y la construcción de un prototipo de estufa ecológica de alto rendimiento en las viviendas de la Comunidad de Tumaruma del distrito de Lampa con el fin de elevar la temperatura en el interior de las viviendas rurales ubicados en zonas muy frías, mediante construcciones adecuadas, logrando así mayor nivel de confort térmico en las viviendas y la adecuada adaptación de ambos, del ser humano y medio ambiente, esto realizando un mínimo consumo de energía. El confort térmico asociado a una mejor calidad de vida tiene efectos positivos en la salud de la población.

#### ***1.1.1. Problema General.***

¿Cuál es la eficiencia del confort térmico proporcionado por la estufa ecológica de alto rendimiento en viviendas de la Comunidad de Tumaruma del distrito y provincia Lampa, Región Puno-2018?

#### ***1.1.2. Problemas Específicos.***

¿Cuál es la variación de la temperatura transferida por conducción de la estufa ecológica de alto rendimiento al interior de la vivienda?

¿Cuál es la variación de la temperatura de una vivienda implementada con la estufa ecológica de alto rendimiento y una vivienda sin la estufa ecológica?

¿Cuál es el tiempo de duración de la temperatura del confort térmico que las estufas ecológicas de alto rendimiento brindan en el interior de las viviendas de la Comunidad de Tumaruma del distrito de Lampa provincia de Lampa?

¿De qué manera influye una estufa ecológica de alto rendimiento para generar el confort térmico al interior de la vivienda?



## 1.2. Justificación

Las condiciones climáticas tan frías de las zonas alto andinas de la Región de Puno, generan que las viviendas tengan ambientes fríos en su interior; el cual trae cada año consecuencias mortales en niños y adultos mayores, principalmente a causa de infecciones respiratorias, CARE PERÚ(2010). Añadiendo a esto sobre el escaso estudio bioclimático de las viviendas en las zonas alto andinas de la región de Puno, la relevancia social es un problema que afecta a muchas personas que habitan en las zonas alto andinas de la región que se presentan año tras año.

Para las zonas altoandinas de la región de Puno se ve la opción de implantar una estufa ecológica en cada vivienda ya que esto evitará las mortalidades de los niños y adultos mayores, asimismo Flores, (2015) menciona que “la estufa ecológica disminuye los humos intradomiciliarios, que afectan los pulmones, vías respiratorias y visto de quienes están expuestos a ellos, además los muebles y los trastes se mantienen libres de tizne, generándose así una mayor autoestima para la familia”, en ese sentido el hombre siempre se ha esforzado por crear un ambiente térmicamente cómodo, ya que el confort térmico se define en la Norma ISO 7730 como “esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”, en ese sentido para Machuca, y otros (2012) “la temperatura del ambiente determina indirectamente el confort térmico de una persona en el lugar en que se encuentre, conjuntamente con la humedad relativa del ambiente de ese lugar, se constituyen en los parámetros medibles y controlables más representativos del proceso a seguir con el fin de obtener ambientes térmicamente confortables”

La investigación ayudará a los comuneros a que su vivienda sea de satisfacción con el ambiente térmico porque contribuye a transferir una propuesta técnica sobre la estufa ecológica, para la modificación constructiva de viviendas a fin de lograr



condiciones de confort térmico en sus interiores mejorando la calidad de vida de los habitantes de las zonas alto andinas de la región de Puno.

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### ***1.3.1. Objetivo General.***

Determinar la eficiencia del confort térmico proporcionado por la estufa ecológica de alto rendimiento en el interior de viviendas de la Comunidad de Tumaruma del distrito de Lampa provincia de Lampa.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos.***

Medir la variación de la temperatura transferida por conducción de la estufa ecológica de alto rendimiento al interior de la vivienda.

Realizar la comparación de las temperaturas de la vivienda implementada con la estufa ecológica de alto rendimiento y una vivienda sin la estufa.

Determinar el tiempo de duración de la temperatura del confort térmico que las estufas ecológicas de alto rendimiento brinda en el interior de las viviendas de la Comunidad de Tumaruma del distrito de Lampa provincia de Lampa.

Diseñar una estufa ecológica de alto rendimiento para generar el confort térmico al interior de la vivienda.

### **1.4. Hipótesis de la Investigación**

#### ***1.4.1. Hipótesis general.***

El sistema planteado confort térmico proporcionado por la estufa ecológica de alto rendimiento es eficiente en el interior de viviendas de la Comunidad de Tumaruma del distrito, provincia de Lampa de la región de Puno.

### **1.5. Características Generales de la Zona de Estudio**

#### ***1.5.1. Ubicación Geográfica.***

La comunidad de Tumaruma se encuentra en el distrito de Lampa, se sitúa en la



sierra Peruana, con una altitud de 4339 msnm. Se ubica en la parte central y occidental del departamento de Puno a 15° 26' 3.8" de Latitud Sur, y de 70° 27' 43.9" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Según el censo nacional de población, vivienda y comunidades indígenas realizado en 2017 por el INEI se registra una población de 105 y una vivienda de 98; tiene como límites:

Por el norte : Comunidad Tusini Chico.

Por el sur : Comunidad Ccoachico.

Por el este : Comunidad Huallani.

Por el oeste : Comunidad Pucarini.

El distrito de Lampa capital de la provincia con el mismo nombre, se ubica a 15° 21' 53" de Latitud Sur, y de 70° 22' 03" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a 3892 metros sobre el nivel del Mar, y con una superficie de 675.82 m<sup>2</sup>, tiene como límites:

Por el Norte : Distrito de Pucara.

Por el sur : Distrito de Cabanilla.

Por el Este : Distrito de Nicasio, Calapuja y la provincia de San Román.

Por el oeste : Distritos de Paratia y Palca.

### ***1.5.2. Clima.***

El clima de la zona es frígido, con heladas intensas en épocas de invierno durante los meses de mayo, junio, julio, y agosto, en este último con fuertes vientos; sin embargo es suave y templado en primavera en los meses de setiembre, octubre y noviembre; es lluvioso con granizadas y nevadas, en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril.

De acuerdo a la información recopilada del Senamhi – Puno las temperaturas más bajas a nivel de la región Puno se registraron en el mes de junio registrándose en el distrito



de Lampa temperaturas de -10 a -8 °C en promedio.

### **1.5.3. Geografía física.**

El ámbito topográfico del distrito de Lampa se caracteriza por presentar una variada configuración; desde las extensas pampas, laderas leves y pronunciadas, elevaciones de cerros, quebradas accidentadas y los altos nevados de la cordillera. Se distingue dos unidades geomorfológicas diferenciadas:

Área de ramas de la cordillera Occidental. Conformada por la unidad geomorfológico occidental, constituida por los flancos del Coachico, Pilinco, Pirhuani. Que presentan un relieve abrupto con pendientes extremas en las que se forman quebradas profundas por efecto de la erosión.

Área del Altiplano o Meseta: Unidad morfológica homogénea cuya superficie es considerada como semi-plano. Característico es la existencia de terrazas fluvioaluviales.

### **1.5.4. Ecología.**

En reconocimiento de campo hecho por ONERN (1965), ha permitido en base al sistema holdrige, identificar cuatro pisos altitudinales con sus respectivas zonas de vida que son:

Piso Altitudinal Montano.- entre los 3812 y 4100 msnm las tierras se hallan cubiertas por un tapiz herbáceo nativo predominando las gramíneas como la festuca (chilligua) mulehneberga (grama dulce), bromus, etc. Estos pastos son buenos para vacunos y ovinos. En las áreas aprovechables se conducen cultivos de papa (tuberosum) quinua (chenopodium), etc. En este terreno se encuentran laderas con bosques de quishuares, collis (budlelia loriacea) y queñuas (polylepis).

Piso Altitudinal Sub-Alpino.- entre los 4100 a 4600 msnm. Existen también gramíneas. Es la zona por antonomasia de los camélidos sudamericanos llama (lama glama), alpaca (lamapaco), vicuña (lama vicugna).



Piso altitudinal alpino.- entre los 4100 y 4800 msnm, caracterizada por vegetación sumamente reducida con especies enanas como la llarete (borax- glebaria), muña menta (muñoro sacia). Topografía difícil y fuertes pendientes.

Piso altitudinal nival.- de los 4800 m.s.n.m., hacia arriba, no existe vegetación, tiene un clima extremadamente frío.

#### ***1.5.5. Vía de acceso.***

La vía para acceder a la zona del proyecto de investigación es mediante la vía terrestre; iniciando el recorrido desde la ciudad de Juliaca, mediante la vía asfaltada, Juliaca–Lampa, que tiene una distancia de 32 km y que conduce en dirección a la ciudad de Lampa que se encuentra a 20 minutos de la ciudad de Juliaca, siendo esta la vía más utilizada por los vehículos. Desde la ciudad de Lampa se toma la carretera asfaltada Lampa – Cabanillas, para luego desviar hacia el oeste una vía de acceso de trocha carrozable que conduce a la Comunidad de Tumaruma que se encuentra a 30 minutos de la ciudad de Lampa.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

CARE PERÚ (2010). En el proyecto Ccasamanta Qarkanakusum con el apoyo financiero de la comisión Europea para la ayuda humanitaria (ECHO) en la provincia de Huancavelica propicia un estudio sobre Confort Térmico en Viviendas alto andinas un enfoque integral; con el objetivo de dar prioridad a la construcción de las viviendas ubicadas en zonas rurales a nivel nacional a través de la aplicación del bono familiar habitacional en el área rural, desarrollando la construcción de viviendas con modificaciones constructivas, introduciendo sistemas adicionales como: muros trombe, ductos solares con lamina transparente, pisos de madera machihembrado, para brindar confort térmico y uso de las cocinas mejoradas para disminuir los humos intradomiciliarios, llegándose a la conclusión de que el mayor confort térmico asociado a una mejor calidad de vida tiene efectos positivos en la salud mental en las personas y coadyuva a mejores prácticas de emprendimiento y relacionamiento, así como una mayor autoestima para la familia. El mejoramiento del confort térmico es un proceso de largo plazo que felizmente ya ha sido tomado en cuenta en la nueva Ley que declara de interés prioritario la aplicación del Bono Familiar Habitacional en el Área Rural, y eleva a rango de Ley el Decreto Supremo Nro. 008-2009-Vivienda.

Acero, (2016). La investigación titulada “Evaluación y diseño de vivienda rural bioclimática en la comunidad campesina de Ccopachullpa del distrito de Ilave” se enmarca en la descripción del diseño y su utilidad de una vivienda rural con características bioclimáticas. La investigación se delimitó en toda el área geográfica de la comunidad campesina de Ccopachullpa del distrito de Ilave. La urgente necesidad de contrarrestar los efectos del cambio climático nos ha llevado a realizar esta investigación y para ello



nos hemos planteado como objetivo general evaluar y diseñar una vivienda rural bioclimática, considerando los factores climatológicos, ubicación, orientación, distribución, actividad y que contribuya mejorar la ocupación confortable a sus habitantes en la comunidad campesina de Ccopachullpa. La investigación se sustenta en el método de tipo descriptivo – exploratorio y observacional, porque se realizó una evaluación situacional de la vivienda de dichas familias; asimismo, en el proceso del diseño de la vivienda bioclimática se consideraron criterios constructivos de sistemas pasivos de climatización y aislamiento térmico en los techos, ventanas, puerta y pisos de los dormitorios, con la que se reduce las pérdidas de calor haciéndose uso de los parámetros climatológicos de la estación meteorológica de Ilave, como temperatura máxima, mínima, velocidad de viento y la radiación solar global de la estación de Puno. Como resultado final se observó que los materiales utilizados para el cálculo bioclimático son adecuados para el diseño propuesto de vivienda rural bioclimática el cual cumple con las exigencias requeridas por tener un confort térmico, almacenando dentro de la vivienda una temperatura de 18°C lo que incluye una adecuada funcionalidad, dimensionamiento, orientación, forma e iluminación de los ambientes, lo cual otorga una calidad de vida saludable a sus habitantes. Finalmente, la vivienda rural bioclimática propuesta es capaz de auto solventarse térmicamente sin necesidad de utilizar de sistemas auxiliares de calefacción activa.

Prieto, Quispe y Orezzaoli (2013). En el trabajo Proyecto de Soluciones Constructivas Para Elevar La Temperatura Interior En Viviendas Rurales Ubicadas En Zonas Alto Andinas En la provincia de Huaytará – Huancavelica, cuya finalidad es la de elevar la temperatura interior de las viviendas rurales, ubicadas en zonas de frío extremo y medio, mediante soluciones constructivas adecuadas al ámbito social, económico y cultural de la población alto Andina mediante: El aprovechamiento de los recursos



naturales de la zona: la energía y luz solar, así como la tierra. Conllevado esto a la modificación de las viviendas en la eliminación (sellado) de las infiltraciones de aire helado, utilización de materiales de construcción que retienen el calor y que impiden el ingreso del frío por conducción, la aplicación de sistemas fotovoltaicos y foto térmicos para el calentamiento del agua y generación de energía y la aplicación de claraboyas y ventanas ha multiplicado el número de luxes. Llegándose a determinar que el incremento de la temperatura interior de las viviendas fue de hasta 8 °C respecto a la temperatura exterior, así como de los luxes.

Centro de Investigación de la Ciudad Eugene del Estado de Oregón, Estados Unidos Still, (2008). En el trabajo Diseño de Estufas Mejoradas para Calefacción, cuyo objetivo es, desarrollar tecnologías económicas de energía, renovables, que no contaminen, para ello se diseñó diversos tipos de estufas, con distintos materiales que absorben el calor, llegándose a concluir que es difícil inyectar un gran porcentaje de calor en sustancias como roca, agua, cemento, o aire. Para optimizar la absorción de calor, la llama y el humo caliente se deben forzar para tomar íntimo contacto con la superficie de la masa, frotándola. El calor en un ducto pasa mayormente en el centro del ducto, y no mucho calor se transfiere a través de las paredes del cilindro. El ducto de la chimenea está diseñado para durar mucho tiempo, no para atrapar y difundir calor. El calor necesita ser forzado a frotar superficies más amplias y largas para un eficiente traspaso térmico.

Aristizábal, (2010). En la investigación titulada estufas mejoradas y bancos de leña: una alternativa de autoabastecimiento energético a nivel de finca para comunidades dependientes de los bosques de roble de la cordillera oriental de Colombia, Cuyo objetivo es mejorar la eficiencia térmica de las estufas tradicionales utilizadas en el área rural del municipio de Encino, Santander se construyeron tres prototipos de estufas mejoradas, mediante una modificación efectuada a la cámara de combustión. Las estufas fueron



ensayadas aplicando la Prueba de Cocimiento Controlado (PCC) y fueron comparadas contra una estufa testigo (tradicional). Los resultados arrojaron un rendimiento promedio del 14.66% entre las estufas mejoradas y la tradicional, lo cual implica un ahorro en el consumo de leña de 0.86 ton/año. De igual forma, se propone el diseño de bancos de leña domésticos evaluando cuatro especies forestales utilizadas para propósitos energéticos en la región. Finalmente, se analiza el impacto en términos de emisiones evitadas de CO<sub>2</sub> bajo un enfoque que integre tanto estufas mejoradas de leña como bancos dendroenergéticos.

## **2.2. Bases Teóricas**

### ***2.2.1. Transferencia de Calor en Viviendas***

Según Incropera (1999) “La transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas” (p. 24), siempre que en un sistema exista una diferencia de temperaturas se produce un flujo de calor que va desde la zona más caliente hacia la más fría, hasta que ambos llegan a tener la misma temperatura. A continuación se da una descripción de las formas de transferencia de calor que se dan en la naturaleza y en particular al interior de cualquier edificio. Existen tres mecanismos de transmisión de calor: la conducción, la convección y la radiación.

**Conducción.** En el modo de transmisión de calor que se produce en los medios materiales donde la energía calórica se traslada de unas moléculas a otras a través de los impactos que se producen como consecuencia del movimiento vibratorio sin que se produzca transferencia de masa.

**Convección.** Es un mecanismo propio de los fluidos y los gases donde la transferencia de calor se genera a partir de los movimientos macroscópicos de la masa de la propia sustancia.

**Radiación.** Todo cuerpo que tenga una temperatura superior a cero absoluto emite



radiación electromagnética, generada por una excitación térmica denominada radiación térmica. Cuando la radiación llega hasta un cuerpo puede ser reflejada, absorbida o transmitida.

### **2.2.1.1. Transferencia de Calor por Conducción.**

Incropera (1999) “La conducción se considera como la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas” (p. 3). En gases y líquidos debido a choques intermoleculares; y en sólidos debido a vibraciones moleculares o movimiento de electrones.

Físicamente, el fenómeno de la conducción está asociado con el movimiento traslacional aleatorio, los movimientos internos de rotación y vibración de las moléculas. Esta transferencia de energía neta consecuencia de los movimientos aleatorios a nivel molecular es conocida como difusión de energía.

En sólidos, la conducción se atribuye a la actividad atómica en forma de vibraciones reticulares. El punto de vista moderno es atribuir la transferencia de energía a ondas reticulares inducidas por el movimiento atómico. En un no conductor, la transferencia de energía se da exclusivamente por la vía de estas ondas reticulares; en un conductor, la transferencia de energía también se debe al movimiento de traslación de los electrones libres. Por ejemplo en un día invernal hay una pérdida significativa de energía de una habitación caliente hacia el exterior; esta pérdida se debe principalmente a la transferencia de calor por conducción a través de la pared que separa el aire de la habitación del aire exterior.

La conductividad térmica  $k$  (W/m . K) es una propiedad importante del material. Al evaluar esta expresión en el límite conforme  $\Delta x \rightarrow 0$  obtenemos para la *rapidez de transferencia* de calor.

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

O para el flujo de calor

$$q_x'' = \frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (2)$$

El signo menos nos indica que el calor siempre se transfiere en la dirección de la temperatura decreciente.

La ley de Fourier, implica que el flujo de calor es una cantidad direccional de forma más general, la dirección del flujo de calor siempre será normal hacia una superficie de temperatura constante, denominada superficie isotérmica. La figura 1 ilustra la dirección del flujo de calor  $q_x''$  en una pared plana para la que el gradiente de temperatura  $dT/dx$  es negativo. De la ecuación 2, se sigue que  $q_x''$  es positiva. Además las superficies isotérmicas son planos normales a la dirección  $x$ .

Si aceptamos que el flujo de calor es una cantidad vectorial, es posible escribir un planteamiento más general de la ecuación de conducción (Ley de Fourier) como sigue:

$$q_x'' = -k\nabla T = -K \left( i \frac{\partial T}{\partial x} + j \frac{\partial T}{\partial y} + k \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (3)$$

Donde  $\nabla$  es el operador nabla tridimensional y  $T(x, y, z)$  es el campo escalar de temperaturas. Está implícito en la ecuación 3 que el vector de flujo de calor se encuentra en una dirección perpendicular a las superficies isotérmicas. Una forma alternativa de la ley de Fourier es, por tanto.

$$q_n'' = -k \frac{\partial T}{\partial n} \quad (4)$$

Donde  $q_n''$  es el flujo de calor en una dirección  $n$ , que es normal a una isoterma, como se muestra en el caso bidimensional de la figura 1. La transferencia de calor se sostiene por un gradiente de temperatura a lo largo de  $n$ . También que el vector de flujo de calor se resuelve en componentes de modo que, en coordenadas cartesianas, la

expresión general para  $q_x$  es:

$$q'' = iq_x'' + jq_y'' + kq_z'' \quad (5)$$

Donde, de la ecuación 3, se sigue que.

$$q_x'' = -k \frac{\partial T}{\partial x} \quad (6)$$

$$q_y'' = -k \frac{\partial T}{\partial y} \quad (7)$$

$$q_z'' = -k \frac{\partial T}{\partial z} \quad (8)$$

Cada una de estas expresiones relaciona el flujo de calor a través de una superficie con el gradiente de temperatura en una dirección perpendicular a la superficie

Como la ley de Fourier es la piedra angular de la transferencia de calor por conducción, sus características clave se resumen como sigue. Incropera (1999) no es una expresión que derive de principios fundamentales; es, en cambio, una generalización que se basa en pruebas experimentales. Es también una expresión que define una propiedad material importante, la conductividad térmica. Además, la ley de Fourier es una expresión vectorial que indica que el flujo de calor es normal a una isoterma y en la dirección de la temperatura decreciente. Finalmente, observe que la ley de Fourier se aplica para toda la materia sin importar su estado: sólido, líquido o gaseoso.

Es posible cuantificar los procesos de transferencia de calor en términos de las ecuaciones o modelos apropiados. Estas ecuaciones o modelos sirven para calcular la cantidad de energía que se transfiere por unidad de tiempo. Para la conducción de calor, la ecuación o modelo se conoce como Ley de Fourier. Para la pared plana unidimensional, la cual tienen una distribución de temperatura  $T(x)$ , la ecuación o modelo se expresa como

$$q_x'' = -k \frac{dT}{dx} \quad (9)$$

El flujo de calor o transferencia de calor por unidad de área  $q_x''$  ( $W/m^2$ ), es la

velocidad con que se transfiere el calor en la dirección  $x$  por área unitaria perpendicular a la dirección de transferencia, y es proporcional al gradiente de temperatura  $dT/dx$ .

La constante de proporcionalidad,  $k$ , es una propiedad de transporte conocida como conductividad térmica ( $W/m \cdot K$ ) y es una característica del material de la pared.

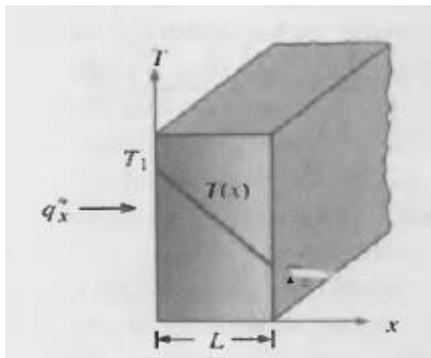
El signo menos es una consecuencia del hecho de que el calor se transfiere en la dirección de la temperatura decreciente.

Para las condiciones de estado estable que se muestra en la figura 1, donde la distribución de temperatura es lineal, el gradiente de temperatura se expresa como:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L}$$

### Figura 1

*Transferencia de Calor por Conducción.*



Fuente: Incropera (1999)

Y el flujo de calor entonces es:

$$q_x'' = -k \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (10)$$

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L} \quad (11)$$

Observa que esta ecuación proporciona un *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por unidad de área. El calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de una pared plana de área  $A$ , es entonces el producto del flujo y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A \quad (12)$$

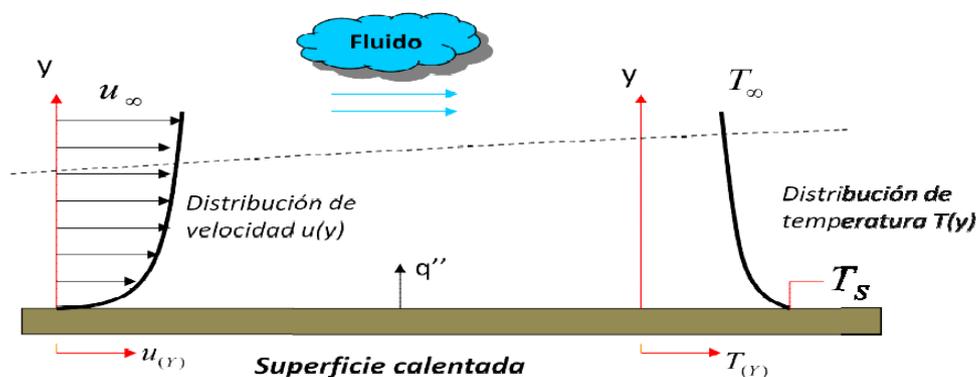
### 2.2.1.2. Transferencia de Calor por Convección.

Es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección (Cengel, 2007).

El modo de transferencia de calor por convección se compone de dos mecanismos. Además de la transferencia de energía debida al movimiento molecular aleatorio (difusión), la energía también se transfiere mediante el movimiento global, o macroscópico del fluido. El movimiento del fluido se asocia con el hecho de que, en cualquier instante, grandes números de moléculas se mueven de forma colectiva o como agregados. Tal movimiento, en presencia de un gradiente de temperatura, contribuye a la transferencia de calor. Como las moléculas en el agregado mantienen su movimiento aleatorio, la transferencia total de calor se debe entonces a una superposición de transporte de energía por el movimiento aleatorio de las moléculas y por el movimiento global del fluido.

#### Figura 2

*Transferencia de Calor por Convección.*



Fuente: Cengel (2007)

Estamos especialmente interesados en la transferencia de calor por convección

que ocurre entre un fluido en movimiento y una superficie limitante cuando estos tienen diferentes temperaturas. Considere el flujo del fluido sobre la superficie calentada de la figura 2. Una consecuencia de la interacción fluido superficie es el desarrollo de una región en el fluido en la que la velocidad varía de cero en la superficie a un valor finito  $u_{\infty}$  asociado con el flujo. Esta región del fluido se conoce como *capa límite hidrodinámica* o de velocidad. Más aún, si las temperaturas de la superficie y del fluido difieren, habrá una región del fluido a través de la cual la temperatura varía de  $T_s$  en  $y=0$  a  $T_{\infty}$  en el flujo exterior. Esta región denominada *capa límite térmico*, puede ser más pequeña, más grande o del mismo tamaño que aquella en la que varía la velocidad. En cualquier caso, si  $T_s > T_{\infty}$ , ocurrirá la transferencia de calor por convección entre la superficie y el flujo exterior.

El modo de transferencia de calor por convección se sustenta tanto en el movimiento molecular aleatorio como en el movimiento volumétrico del fluido en la capa límite. La contribución debida al movimiento molecular aleatorio (difusión) domina cerca de la superficie donde la velocidad del fluido es baja. De hecho, en la interfaz entre la superficie y el fluido ( $y=0$ ) la velocidad del fluido es cero y el calor se transfiere solo por este mecanismo. La contribución debida al movimiento volumétrico del fluido se origina del hecho de que la capa límite crece a medida que el flujo avanza en la dirección  $x$ . En efecto, el calor que se conduce en esta capa es arrastrado corriente abajo y finalmente se transfiere al fluido fuera de la capa límite. La apreciación de los fenómenos de la capa límite es esencial para la comprensión de la transferencia de calor por convección.

La velocidad de transferencia de calor por convección, con independencia de la naturaleza de su origen, responde a la ecuación definida a partir de la ley de enfriamiento de Newton, que define:

$$q_c = \overline{h_c} \cdot A \cdot (T_s - T_{\infty}) \quad (13)$$

Donde:

$q_c$  : Es la velocidad de transferencia de calor por convección (W)

$\overline{h_c}$  : Coeficiente de transferencia de calor por convección promedio y va a depender de las condiciones de la capa límite, y la dirección del flujo de calor (ascendente, descendente y horizontal). (W/m<sup>2</sup> .K)

A : Área de transferencia de calor (m<sup>2</sup>)

$T_s$  : Temperatura de la superficie (K)

$T_\infty$  : Temperatura ambiente (K)

El estudio de la convección se centra en los medios posibles para determinar el coeficiente de convección en la que influyen la geometría de la superficie, la rugosidad, el tamaño de la superficie, si existe flujo laminar o turbulento, la viscosidad y el calor específico del fluido.

### Tabla 1

*Coeficiente de transferencia de calor por convección promedio.*

Proceso	$\overline{h_c}$
Convección libre en gases	2-25
Convección libre en líquidos	50-1000
Convección forzada en gases	25-250
Convección forzada en líquidos	50-20000
Convección con cambio de fase Ebullición o condensación.	2500-100000

Fuente: Cengel (2007)

#### 2.2.1.3. Transferencia de Calor por Radiación.

La radiación térmica es la energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura finita. Sin importar la forma de la materia, la radiación se puede atribuir a cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas constitutivos. La energía del campo de radiación es transportada por ondas electromagnéticas (o alternativamente, fotones). Mientras la transferencia de energía por conducción o por

convección requiere la presencia de un medio material, la radiación no lo precisa. (Incropera, 1999).

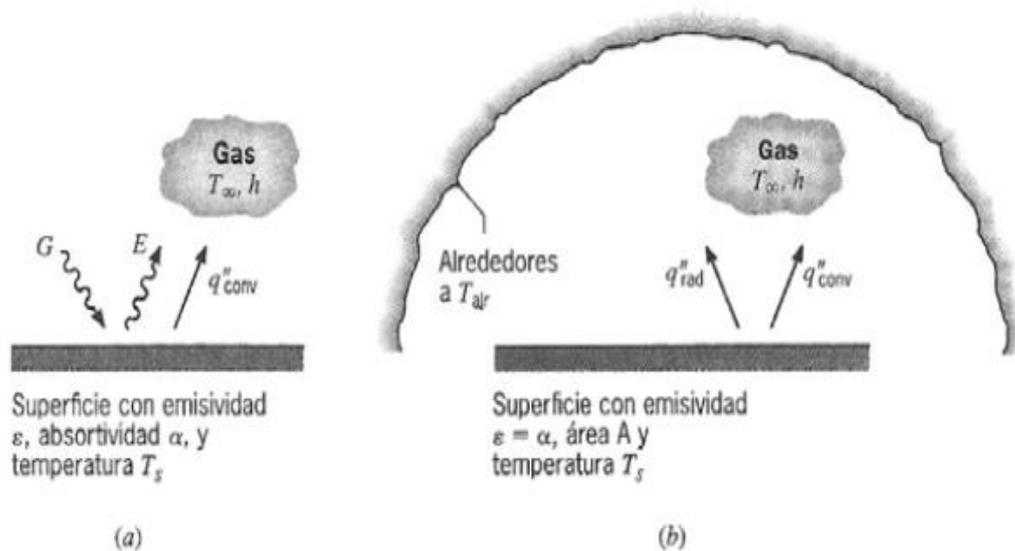
La radiación que la superficie emite se origina a partir de la energía térmica de la materia limitada por la superficie, y la velocidad a la que libera energía por unidad de área ( $W/m^2$ ) se denomina la potencia emisiva superficial  $E$ . Hay un límite superior para la potencia emisiva, que es establecida por la Ley de Stefan-Boltzmann.

$$E_b = \sigma \cdot T_s^4 \quad (14)$$

Donde  $T_s$  es la temperatura absoluta (K) de la superficie y  $\sigma$  es la constante de Stefan Boltzmann ( $\sigma=5.67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$ ). Dicha superficie se llama radiador ideal o cuerpo negro.

### Figura 3

*Superficie con Emisividad.*



Fuente: Incropera (1999, p. 9)

La radiación también puede incidir sobre superficie desde sus alrededores. La radiación se origina desde una fuente especial, como el sol, o de otras superficies a las que se exponen la superficie de interés. Sin tener en cuenta la fuente, designamos la velocidad a la que toda esa radiación incide sobre un área unitaria de la superficie como

la irradiación  $G$ .

Una parte de la irradiación, o toda, tal vez sea absorbida por la superficie, y así se incrementaría la energía térmica del material. La velocidad a la que la energía radiante es absorbida por área superficial unitaria se evalúa a partir del conocimiento de una propiedad adiativa de la superficie denominada absorptividad  $\alpha$ . Es decir.

$$G_{abs} = \alpha G \quad (15)$$

Donde  $0 \leq \varepsilon \leq 1$ . Si  $\alpha < 1$  y la superficie es opaca, partes de la irradiación se reflejan. Si la superficie es semitransparente, partes de la irradiación también se transmiten. Sin embargo, mientras la radiación absorbida y emitida aumenta y disminuye, respectivamente, la energía térmica de la materia, la radiación reflejada y transmitida no tiene ningún efecto sobre esta energía. El valor  $\alpha$  depende de la naturaleza de la irradiación así como de la superficie misma. Si suponemos un cuerpo gris con valores de absorptividad y emisividad, la velocidad neta de transferencia de calor por radiación desde la superficie es:

$$q_r'' = \frac{q_r}{A} = \varepsilon \cdot E_b \cdot T_s - \alpha G \quad (16)$$

Para el caso en que  $\alpha = \varepsilon$  tenemos que el flujo de radiación.

$$q_r'' = \frac{q_r}{A} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{alr}^4) \text{ W/m}^2 \quad (17)$$

La velocidad de transferencia de calor por radiación de una superficie también se puede expresar en función de un coeficiente de radiación como:

$$q_r = h_r \cdot A \cdot (T_s - T_{alr}) \text{ W} \quad (18)$$

Donde el coeficiente de transferencia de calor por radiación  $h_r$  es:

$$h_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s - T_{alr}) \cdot (T_s^2 + T_{alr}^2) \text{ W/m}^2\text{K} \quad (19)$$

### 2.2.2. La pared plana

En el caso simple de flujo de calor unidimensional en régimen permanente a través

de una pared plana, el gradiente de temperatura y el flujo de calor no varían con el tiempo, y el área de sección transversal a lo largo de la trayectoria del flujo de calor es uniforme.

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (20)$$

Entonces las variables en la ecuación (20) se pueden separar y la ecuación resultante es

$$\frac{q_k}{A} \int_0^L dx = - \int_{T_{caliente}}^{T_{fria}} k dT = - \int_{T_1}^{T_2} k dT$$

Los límites de integración se pueden verificar inspeccionando la figura 4, donde la temperatura en la cara izquierda ( $x = 0$ ) es uniforme en  $T_{caliente}$  y la temperatura en la cara derecha ( $x = L$ ) es uniforme en  $T_{fria}$ .

Si  $k$  es independiente de  $T$ , después de integrar se obtiene la expresión siguiente para la tasa de conducción de calor a través de la pared:

$$q_k = \frac{Ak}{L} (T_{caliente} - T_{fria}) = \frac{\Delta T}{L/Ak} \quad (21)$$

En esta ecuación  $\Delta T$ , la diferencia entre la temperatura mayor  $T_{caliente}$  y la temperatura menor  $T_{fria}$  es el potencial propulsor que ocasiona el flujo de calor. La cantidad  $L/Ak$  es equivalente a una resistencia térmica  $R_k$  que la pared opone al flujo de calor por conducción.

$$R_k = \frac{L}{Ak} \quad (22)$$

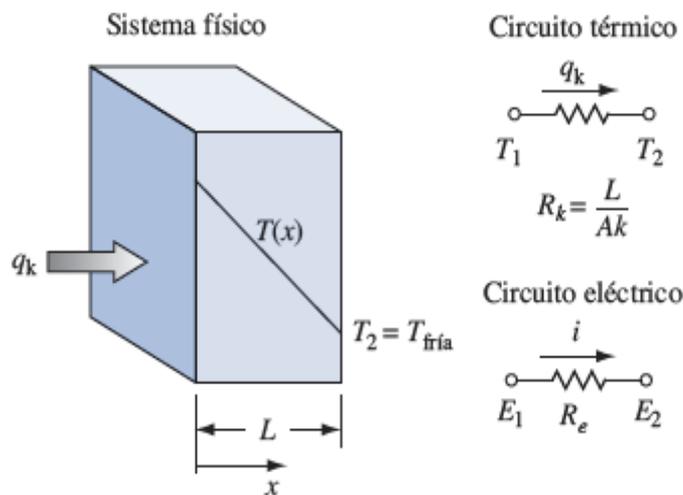
Existe una analogía entre los sistemas de flujo de calor y los circuitos eléctricos. Como se muestra en la figura 4 el flujo de corriente eléctrica  $i$ , es igual al potencial de voltaje  $E_1 - E_2$ , dividido entre la resistencia eléctrica,  $R_e$ , en tanto que la tasa de flujo de calor  $q_k$ , es igual al potencial de temperatura  $T_1 - T_2$  dividido entre la resistencia térmica  $R_k$ . El recíproco de la resistencia térmica se conoce como la conductancia térmica  $K_k$ .

$$k_k = \frac{Ak}{L} \quad (23)$$

La relación  $k/L$  de la ecuación anterior se conoce como *conductancia térmica unitaria* por conducción, y su inversa  $L/k$  es la *resistencia térmica unitaria*.

#### Figura 4

*Distribución de Temperatura Para Conducción a Través de una Pared Plana.*



Fuente: Kreith, Manglik y bohn (2012)

Para los modos de transferencia de calor por convección y radiación también es posible definir una resistencia térmica y una conductancia, obtenidas a partir del desarrollo de sus respectivas ecuaciones de velocidad de transferencia de calor. Si tomamos como punto de partida la relación entre la variación de temperatura y la resistencia para el caso de conducción según se muestra en la siguiente ecuación:

$$q_k = \frac{\Delta T}{L/A \cdot k} = \frac{\Delta T}{R_k} \quad (24)$$

Podemos obtener los valores de resistencia para los modos de transmisión de calor por convección y radiación. A continuación los valores de resistencia y conductancia térmica:

#### Convección:

$$q_c = \bar{h}_c \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) = \frac{\Delta T}{1/\bar{h}_c \cdot A} = \frac{\Delta T}{R_c} \quad (25)$$

**Resistencia térmica por convección  $R_c$ .**

$$R_c = \frac{1}{\bar{h}_c \cdot A} \quad (K/W) \quad (26)$$

**Conductancia térmica por convección  $R_c$ :**

$$R_c = \bar{h}_c \cdot A \quad (W/K) \quad (27)$$

**Radiación:**

$$\begin{aligned} q_r &= \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_s^4 - T_{alr}^4) = \bar{h}_r \cdot A \cdot (T_s - T_{alr}) = \frac{\Delta T}{1/\bar{h}_r \cdot A} \\ &= \frac{\Delta T}{R_r} \quad (28) \end{aligned}$$

**Resistencia térmica por radiación  $R_r$ :**

$$R_r = \frac{1}{\bar{h}_r \cdot A} \quad (K/W) \quad (29)$$

**Conductancia térmica por radiación  $K_R$ :**

$$K_R = \bar{h}_r \cdot A \quad (W/K) \quad (30)$$

### 2.2.3. Propiedades Térmicas de los Materiales

Las propiedades térmicas de los materiales relacionadas con la conductividad térmica es la cantidad de energía que atraviesa una superficie de  $1\text{m}^2$  y espesor de  $1\text{m}$ , cuando las temperaturas a ambos lados difieren en  $1^\circ\text{C}$  (Turegano, *et al.*, 2003).

La conductividad térmica de un material se puede definir como la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura. La conductividad térmica de un material es una medida de la capacidad del material para conducir calor. Un valor elevado para la conductividad térmica indica que el material es un buen conductor del calor y un valor bajo indica que es un mal conductor o que es un aislante.

En la tabla 2 se dan las conductividades térmicas de algunos materiales comunes a la temperatura ambiente. La conductividad térmica del cobre puro a la temperatura ambiente es  $k = 401 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ , lo cual indica que una pared de cobre de 1 m de espesor conducirá el calor a razón de 401 W por  $\text{m}^2$  de área por  $^\circ\text{C}$  de diferencia de temperatura a través de ella. Note que los materiales como el cobre y la plata, que son buenos conductores eléctricos, también lo son del calor y tienen valores elevados de conductividad térmica. Los materiales como el caucho, la madera y la espuma de estireno son malos conductores del calor y tienen valores bajos de conductividad térmica. (Cengel, p. 20, 2007)

**Tabla 2**

*Conductividad Térmica de los Materiales.*

<b>Material</b>	<b>K( W/m. <math>^\circ\text{C}</math>)</b>
Diamante	2300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua	0.607
Piel Humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Hielo (g)	0.152
Caucho suave	0.13
Fibra de vidrio	0.043
Aire (g)	0.026
Uretano, espuma rígida	0.026

Fuente: Cengel (2007, p. 20)

#### **2.2.4. Confort Térmico**

El confort térmico es uno de los aspectos más importantes a ser considerados en



el diseño bioclimático de todo edificio. “Confort térmico es aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico.” (Kvisgaard, 1997).

“Una persona se encuentra en estado de “confort térmico” cuando permanece ignorante de las condiciones térmicas, cuando no hay malestar térmico, cuando puede hacer lo que quiera sin estorbo y sin esfuerzo debido a las condiciones de temperatura y humedad.” (Morillón, 2004).

Según Givoni (1998) define al confort térmico como “la ausencia de irritación o malestar térmico”. Este autor define unas zonas de bienestar térmico, cuya delimitación tienen un fundamento fisiológico y están determinadas por un conjunto de condiciones para las que los mecanismos termorreguladores se encuentran en un estado de mínima actividad. A partir de ellas, elabora su conocido diagrama o carta bioclimática para edificios.

El confort está definido como aquello que produce bienestar y comodidades, (RAE, 2001). La sensación de confort térmico está relacionada con un estado de satisfacción o comodidad (el sentirse bien) del ser humano frente a unas condiciones determinadas del ambiente higrotérmico que nos rodea (Wieser, 2011). Según la norma ISO 7730, el confort térmico “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”.

A manera general, el confort térmico es la sensación de bienestar que el ser humano percibe en el momento en que existe una satisfacción de las condiciones térmicas ambientales en un espacio determinado. En la evolución del hombre, éste ha tenido como objetivo transformar su entorno y espacio en el afán de lograr ambientes que sean térmicamente confortables y que le brinde una sensación de bienestar acorde a las características propias del ser humano. De esta manera, para que el cuerpo humano funcione adecuadamente, es importante que mantenga en su núcleo interno una



temperatura próxima a los 37 °C según Seiscubos, (2019). Si la persona logra mantener dicha temperatura sin ningún tipo de esfuerzo adicional, se dice que ha llegado a un estado de confort térmico.

### ***2.2.5. Parámetros de Confort Térmico***

Los parámetro de confort, son aquellas características que sí pueden ser modificadas por el ser humano dependiendo de sus necesidades. Son consideradas objetivas, propias de determinado espacio que tienden a incidir en la percepción de los ocupantes (Terrón, 2005).

#### ***2.2.5.1. Parámetros Ambientales.***

Cuando se mide el ambiente térmico de una habitación es importante recordar que el hombre no puede sentir la temperatura del local, sino el calor que pierde su cuerpo. Los parámetros que se deben medir son aquellos que afectan a la pérdida de energía. Además, no es suficiente medir solo uno de ellos. Estos parámetros son:

##### ***2.2.5.1.1. Temperatura del Aire***

Básicamente se refiere a la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire. La escala que más se utiliza para medir esta temperatura es la Celsius y generalmente se mide con el termómetro de mercurio.

Sin la influencia de otros factores ambientales (radiación, movimiento de aire y humedad relativa), la temperatura es un factor importante para determinar el confort térmico, ya que 2/5 de la pérdida de calor del cuerpo es por convección dentro de la habitación (Parsons, 2010). Se mide a menudo usando un termómetro de bulbo seco; Por lo tanto también se llama la temperatura del bulbo seco (DBT). Griffiths (1985), señala que tener la "temperatura adecuada" era una de las cosas que las personas consideraban más importantes en un edificio. Por lo tanto, para mantener la temperatura en la zona de confort térmico, debe estar normalmente entre 16°C y 30°C para las habitaciones diurnas

y más baja para los dormitorios. La temperatura experimentada por una persona en un edificio también incluye el efecto de la radiación de las paredes circundantes y la posible radiación directa de las aberturas. Sin embargo, si la temperatura está por encima o por debajo de este nivel, el confort térmico sólo puede lograrse aumentando o disminuyendo el nivel de actividad, la resistencia térmica de la ropa o la cantidad de movimiento del aire (Gabril, 2014).

#### ***2.2.5.1.2. Temperatura de Radiación***

La norma ISO 7730 define la temperatura de radiación como "la temperatura media radiante es la temperatura uniforme de un recinto imaginario en el que la transferencia de calor radiante desde el cuerpo humano es igual a la transferencia de calor radiante en el recinto no uniforme real "(Parsons, 2010).

La temperatura de radiación influye en la pérdida de calor de dos maneras: la primera es por conducción (cuando el ocupante hace contacto con la superficie). El segundo es por la pérdida de calor radiante. Por lo tanto, el malestar se experimentará cuando la temperatura de radiación está por encima o por debajo de la temperatura del aire en unos pocos grados (aproximadamente 5°C); Además, un valor de la temperatura de radiación de 2-3 grados por encima de la temperatura del aire puede mejorar la comodidad (Gabril, 2014).

#### ***2.2.5.1.3. Humedad Relativa.***

La humedad relativa (Hr) indica básicamente la cantidad de vapor de agua en gramos presente en 1 kilogramo de aire en relación a la máxima cantidad de vapor que puede haber a una temperatura determinada. Depende, en parte, de la temperatura seca ya que el aire caliente contiene más humedad que el frío.

Hay una influencia de la humedad en la transmisión de calor que se da por convección de la piel hacia el aire; esto se debe a que al existir un mayor contenido de

agua en el aire, aumenta el calor en esta mezcla por tener un mayor calor específico el agua y esto da paso a que el flujo de calor que tiene el cuerpo hacia el aire aumente en dado caso que la temperatura del agua sea inferior a la piel. La tolerancia del cuerpo a la humedad relativa es grande, admitiendo límites entre 20% y 75% (Mondelo, y otros, 1999).

#### **2.2.5.1.4. Velocidad del Aire**

Se refiere básicamente al intercambio de energía en forma de calor que se da entre la superficie de la piel de un individuo y el aire. “En las proximidades de la piel, se crea una capa de aire inmóvil que mantiene una temperatura cercana a la de la piel y una humedad relativa alta. El movimiento del aire desplaza ese aire y permite un intercambio de calor más efectivo con el ambiente y un mejor rendimiento de la evaporación del sudor, lo que modifica las condiciones térmicas del cuerpo” (Ferreiro, y Bosque, 2008).

#### **Tabla 3**

*Relación Entre la Velocidad del Viento y el Impacto que Genera en el Hombre.*

<b>Velocidad</b>	<b>Impacto probable</b>
Hasta 15 <i>m/min</i>	Inadvertido
De 15 a 30 <i>m/min</i>	Agradable
De 30.5 a 61 <i>m/min</i>	Generalmente agradable pero se percibe constante
De 61 a 91 <i>m/min</i>	De poco molesto a muy molesto
Por encima de 91 <i>m/min</i>	Requiere medios correctivos para mantener un alto nivel de salud y eficiencia.

Fuente: Ferreiro, y otros

#### **2.2.5.2. Parámetros Arquitectónicos.**

Los parámetros arquitectónicos son las características que se pueden modificar, son las que permiten adaptar el espacio que habitan las personas de tal forma que se pueda obtener un ambiente térmico óptimo, generando un cambio en la sensación térmica interior por parte de las personas.



Previo a la construcción del espacio, realizar un análisis del entorno exterior donde se ubicará la vivienda considerando aspectos como:

- Orientación de la zona.
- Vientos dominantes.
- Topografía del terreno (altitud relativa, pendiente).
- Presencia de masa forestal.
- Presencia de masa de agua.
- Ubicación de centros urbanos: ya que pueden darse determinadas características dependiendo de las diferentes sombras que se generen, si existe vegetación, el diseño y orientación de las calles, etc.

#### ***2.2.6. Factores del Confort Térmico***

Los factores de confort son aquellas características que no pueden ser modificables por el ser humano, que están condicionadas por el ambiente exterior y que se traspasan al interior de los espacios habitados por los usuarios.

Dentro de éstos se encuentran: factores ambientales exteriores; factores fisiológicos y contributivos; factores socioculturales y psicológicos (Terrón 2005).

##### **2.2.6.1. Factores Ambientales Exteriores.**

Se puede hablar de que el hombre debe adaptarse a éstos elementos ya que se originan dentro de un microclima determinado. Entre los factores ambientales más conocidos se tiene:

- Termodinámicos: Temperatura, presión, vientos, humedad.
- Acuosos: Precipitación, nubosidad, forma de la tierra.
- Cósmicos: Movimiento terrestre, sol, altitud, longitud, naturaleza del suelo.
- Geográficos: Relieve, composición atmosférico, vegetación.

##### **2.2.6.2. Factores Personales.**



El cuerpo humano produce la energía que necesita para mantenerse vivo y activo a partir del consumo de alimentos y oxígeno, los cuales, a lo largo de complejas reacciones químicas en el organismo se convierten en calor. Así pues, el cuerpo humano es un generador constante de calor.

Una persona sin hacer absolutamente nada y con un gasto energético al mínimo sólo para mantener su organismo vivo (metabolismo basal dado usualmente al dormir), genera entre 65 y 80 W de calor (esto varía según sexo, edad y superficie corporal); en comparación, una bombilla eléctrica incandescente de 60 W emite aproximadamente 55 W de calor.

El calor generado por una persona varía según el tipo de actividad que realice, por ejemplo un hombre de una complexión física normal descansando genera unos 115 W, caminando por una superficie plana a una rapidez entre 3,5 y 5,5 km/h genera entre 235 a 360 W, si acelera el paso a más de 7 km/h produce calor alrededor de 520 W. En un trabajo muy severo la producción de calor puede sobrepasar los 900 W, como es el caso de los deportistas de alto rendimiento que realizando una actividad muy intensa pueden alcanzar los 2000 W durante unos minutos, (*Kvisgaard, 1997*).

El metabolismo es el motor del cuerpo y la cantidad de energía producida por el metabolismo depende de la actividad muscular. La energía empleada para realizar actividad muscular durante trabajos físicos externos puede llegar a ser hasta un 25% de la energía generada en el metabolismo, el resto se pierde en forma de calor. Como ejemplo, una persona subiendo una montaña que genere un trabajo externo de 100 W (acumulado como energía potencial), puede necesitar generar una energía metabólica de 500W, de los cuales 400W se disiparán en forma de calor. El metabolismo se suele medir en “Met”, correspondiente al nivel de actividad de una persona sedentaria y equivale a una pérdida de calor de 58 W/m<sup>2</sup> de superficie corporal. Un adulto normal tiene una

superficie de piel de 1.7 m<sup>2</sup>, de manera que una persona en reposo pierde aproximadamente 100 W. Nuestro metabolismo está al mínimo mientras dormidos (0.8 Met) y se incrementa al máximo durante actividades deportivas, pudiendo superar los 10 Met.

**Tabla 4**

*Niveles Metabólicos.*

Actividad	Producción de energía metabólica	
	W/m <sup>2</sup>	Met
Acostado	46	0.8
Sentado relajado	58	1.0
De pie, relajado	70	1.2
Actividad sedentaria: oficina, vivienda, escuela	70	1.2
Trabajo doméstico: afeitarse, lavarse, vestirse	100	1.7
Caminando en horizontal 2km/h	110	1.9
Construcción: cargando carretilla con piedras	275	4.7
Deporte: Corriendo a 15 km/h	550	9.5

Nota: 1 Met = 58,2 W/ m<sup>2</sup> Kvisgaard B. (1997)

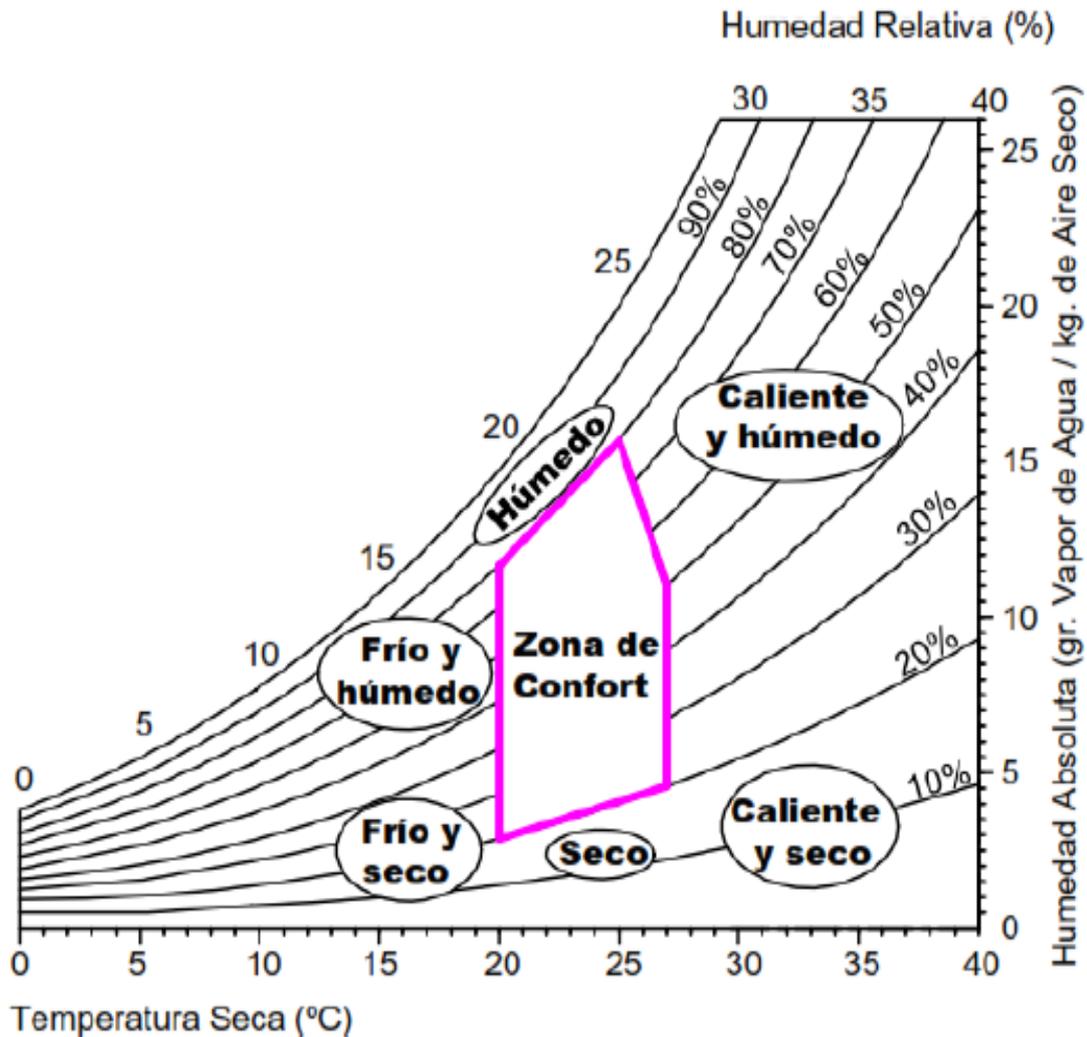
### **2.2.7. Zona de Confort Térmico**

Se define como zona de confort al intervalo de temperaturas y humedades en las cuales el cuerpo humano presenta el mínimo esfuerzo para disipar el calor que genera Mondelo, y otros (1999). La zona de confort se define como las condiciones bajo las cuales el cuerpo humano consigue estar en un punto de equilibrio.

La zona de confort queda definida cuando se traza sobre una tabla psicrométrica combinaciones de temperatura del aire y de humedad relativa. Dado que el diagrama psicrométrica de la figura 5 se refiere sólo a la temperatura y a la humedad, los otros dos factores (movimiento de aire y temperatura media radiante) se mantienen fijos.

**Figura 5**

*Zona de Confort y Tipos de Disconfort.*



Fuente: Lechner (2015)

El estudio del confort térmico ha permitido el desarrollo de diferentes indicadores bioclimáticos que pretenden identificar el modo de incidencia de los diferentes factores y parámetros sobre el equilibrio térmico, entre los principales autores se tiene:

### **2.2.8. Carta Psicométrica de Givoni**

Este método se aplica para obtener condiciones de bienestar térmico en edificaciones, definiendo una zona de confort y planteando estrategias necesarias para que se pueda llegar a esa zona, vía dispositivos tales como: masa térmica, viento, enfriamiento evaporativo, calor radiante, humidificación, etc.

La carta bioclimática de Givoni es una herramienta muy sencilla para averiguar de manera aproximada cuales son las situaciones climáticas de un lugar concreto a lo largo del año y saber qué tipo de estrategias deben tenerse en cuenta para proyectar un edificio.

Esta carta es un diagrama psicométrico que utiliza los valores de temperatura y humedad media de cada mes. Con estos valores se obtienen 12 líneas que representan el rango de variación entre los estados máximos y mínimos medios de cada uno. Obteniéndose lo mostrado en la figura 6.

Machuca, L., Molina, J., Espinoza, R. (2012). “La carta muestra las relaciones y parámetros psicométricos del aire húmedo, que son:

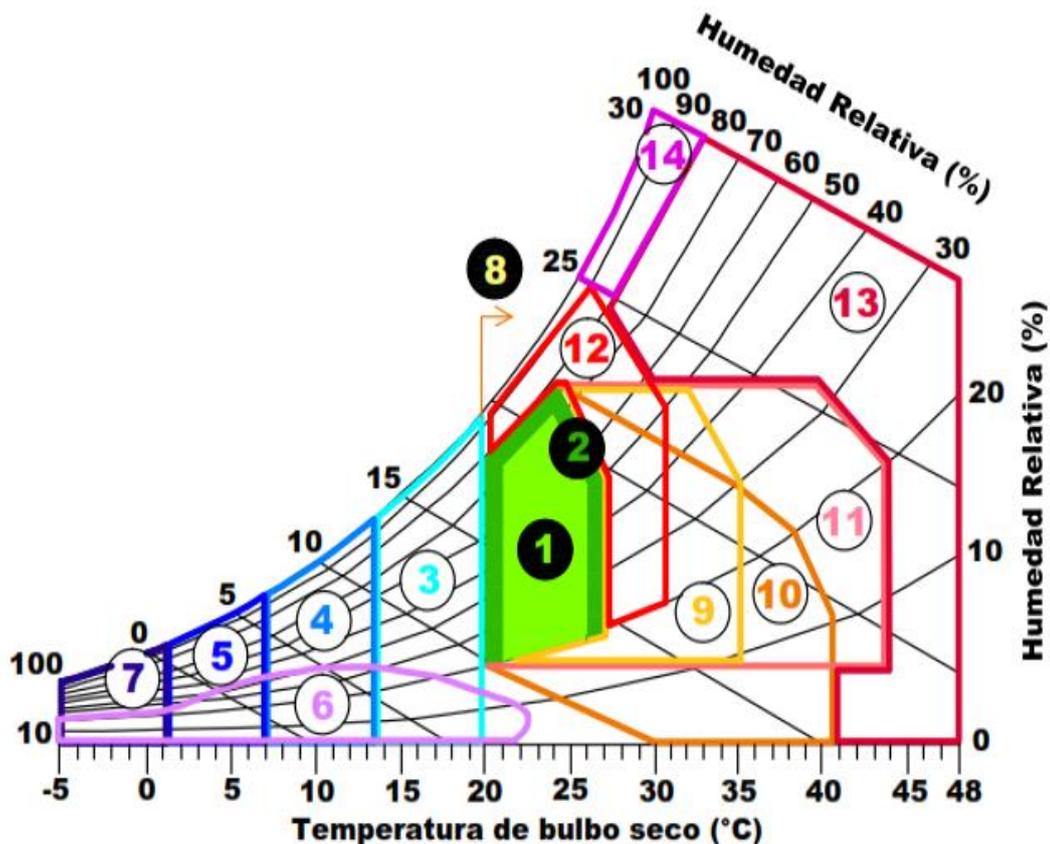
Temperatura de bulbo húmedo, que es la temperatura que tiene un bulbo termométrico permanentemente humedecido, la temperatura húmeda es siempre menor a la seca excepto en un ambiente húmedo en la cual serian iguales. En la carta se representa como un conjunto de curvas.

- Temperatura de bulbo seco, se representa en el eje de las abscisas de la carta.
- Humedad absoluta, se expresa como la presión parcial de vapor de agua (en mm de Hg). Se representa en el eje de las ordenadas.
- Humedad relativa, expresada como el porcentaje de humedad respecto al máximo que admite la atmósfera y está representada a través de curvas en la carta.

En la figura 6 vemos que el diagrama está dividido en varias zonas, cada una con un número. Estas zonas corresponden a áreas en las que se dan unos condicionantes climáticos similares, que pueden ser agrupados dentro de una misma categoría para la cual existe una solución bioclimática a resolver. Éstas son las categorías:

**Figura 6**

*Cuadro Bioclimático de las Estrategias de Diseño de las Condiciones Ambientales.*



Fuente: Agugliaro, F.M. (2015)

1. Zona de confort.
2. Zona de confort permisible.
3. Calentamiento por cargas internas.
4. Calentamiento solar pasivo.
5. Calentamiento solar activo.
6. Humidificación.
7. Calentamiento convencional.
8. Protección solar.
9. Refrigeración con alta masa térmica.
10. Enfriamiento por evaporación.
11. Refrigeración por alta masa térmica con refrigeración nocturna.



12. Refrigeración por ventilación natural y mecánica.

13. Aire acondicionado.

14. Des humidificación convencional.

### **2.2.9. Estufa Ecológica**

#### **2.2.9.1. Estufa.**

Aparato para calentar un recinto que consiste en un recipiente cerrado, de metal o materiales cerámicos, en cuyo interior se quema un combustible (madera, carbón, coque, queroseno, gas butano), transmitiendo el calor, generalmente por convección.

#### **2.2.9.2. Tipos de Estufa.**

Según Battro, (1994), dan a conocer que existen 4 tipos de estufas como se detallan de la siguiente manera:

##### **2.2.9.2.1. Hogares Abiertos, Chimeneas o Fogones.**

Un gran fuego abierto es muy romántico pero, al decir de John Seymour, todo lo que hace es reconfortar el corazón, enfriar la espalda, y calentar el cielo. Una chimenea común actúa como si fuera un potente extractor de aire. En el ambiente en que está instalada, provoca que la renovación del aire sea de cinco a seis veces por hora, cuando lo que se necesita es que este reemplazo de aire vaciado por aire limpio se apenas una renovación de aire por hora (para que la habitación no tenga olor a encerrado). Este exceso de aire de renovación penetra en forma forzada por las rendijas de puertas, ventanas y techos de chapa, generando los conocidos “chifletes” que tienen un efecto negativo muy importante en el confort de la casa.

Los rendimientos de estos hogares de fuego abierto difícilmente superan el 10-15%, es más, si tenemos en cuenta las 24 horas del día, muchas veces llega a ser más el frío que entra por la chimenea por la noche cuando se apaga el fuego, que el calor que provee mientras esta prendida, por lo cual el rendimiento global es negativo. Aunque

parezca asombroso, es frecuente que a lo largo de todo el invierno sea una estufa que “enfría”.

Rendimientos del orden de un 15% en estos hogares significan que si usted trae una camionada de leña blanda seca (unos 6000 kg), lo que queda de ese calor dentro de la casa es lo que podría haber traído en una camioneta (900 kg), los otros 5100 se han ido por la chimenea. Si estamos orgullosos de lo bien que tira nuestra chimenea, es posible que la pérdida sea la mayor.

Piense entonces que de siete u ocho árboles que usted voltea corta, acarrea, apila, troza y luego quema, solo aprovecha uno como calor para su casa y su confort. Indiscutiblemente, un gran despilfarro de leña y de trabajo.

#### ***2.2.9.2.2. Estufas de Hierro.***

Las estufas de hierro comunes tienen un rendimiento que oscila en el 20 %, y exigen leña fina y bastante trozada. Algunas salamandras de hierro de diseño evolucionado o mejorado pueden llegar a rendimientos de 40%, pero su costo es bastante alto.

#### ***2.2.9.2.3. Cocinas Económicas.***

No hemos encontrado valores de rendimiento de estos artefactos, pero, por su diseño y circulación de humos, estimamos que alcanzan el 30%. Sin duda, para cocinar y calentar la cocina es muy apropiada, pero para calefacciones de una vivienda, por lo general, no tiene la ubicación adecuada. Además, requieren un gran trabajo de trozado de leña. Estas cocinas económicas dan el calor ideal para determinadas viviendas de campo.

#### ***2.2.9.2.4. Estufa de Alto Rendimiento.***

Las estufas de alto rendimiento, comúnmente llamadas estufas rusas, son artefactos de calefacción contruidos de ladrillos refractarios, que se caracterizan globalmente por tener excelentes rendimientos y otras cualidades de interés.

Los distintos ensayos que se han llevado a cabo en varios institutos de



investigación extranjero, arrojan rendimiento de entre 84% y el 93%, muy superior a cualquiera de las otras estufas nombradas. Si la comparamos, por ejemplo, con una estufa común de hierro, estos rendimientos significan que la estufa rusa produce el mismo calor con 100 kg de leña que una de hierro con 400 kg.

### **2.2.9.3. Principio de Funcionamiento de la Estufa de Alto Rendimiento.**

Battro, (1994) hace referencia que la eficiencia global de funcionamiento de las estufas de alto rendimiento se basa en que están construidas de un material (ladrillo refractario) que tiene una gran capacidad de absorber el calor, acumularlo y luego entregarlo lentamente.

La temperatura de combustión es muy alta y el recorrido de los gases dentro de la estufa es muy largo antes de salir por la chimenea, lo que permite que se efectúe una combustión muy completa y por la misma razón, deja casi todo el calor dentro de la casa antes de salir por la chimenea a calentar el cielo

### **2.2.9.4. Entrega de Calor de la Estufa de Alto Rendimiento.**

Una de las grandes ventajas de la estufa rusa es su capacidad de acumular calor en su pesada estructura, para luego ir entregándolo lentamente a lo largo de las horas (la mayoría de la gente que ha construido su estufa hace especial mención a este aspecto). En pleno invierno, con temperaturas bajo cero, por las mañanas la casa estará templada aunque la estufa esté apagada. (Battro, 1994)

Además, la gran capacidad de su hogar y la posibilidad de controlar ajustadamente el tiraje permite que un tronco puesto a la noche antes de dormir permanezca prendido hasta las 3 ó 4 horas de la mañana, proveyendo calor y ayudando a mantener caliente esa gran masa de ladrillos refractarios.

Una estufa rusa chica pesa, incluyendo la base de mampostería, unos 600 kg. Esa gran masa caliente contiene mucha inercia térmica y hace que el calor entregado sea muy



parejo. No ocurre como en las estufas de hierro o en los fogones, donde al alimentar el fuego debemos alejarnos por el exceso de calor y al ir apagándose debemos aproximarnos a la estufa.

En la estufa rusa, el calor transmitido es prácticamente constante a lo largo del día, similar a lo que ocurre con un calefactor a gas o querosén.

### **2.2.10. Materiales de la Estufa Ecológica**

#### **2.2.10.1. Ladrillo Refractario.**

El ladrillo refractario es un material cerámico que posee una serie de características especiales, lo que permite hacer un gran uso de este dentro de instalaciones industriales o en trabajos de estufas domésticas. Las caras de estos ladrillos son lisas. Esta peculiar característica disminuye la adherencia con el mortero, logrando la resistencia a altas temperaturas y la abrasión.

Los ladrillos refractarios actualmente son empleados para revestir calderas, ollas de aceración, parrillas, hornos rotatorios de cementeras, por mencionar algunas, en donde estos deben estar adheridos unos con otros con arcillas refractarias y para lograr mejorar la firmeza del pegado también se puede agregar cemento; dándonos por resultado una mezcla que tendrá una apariencia barrosa; esta mezcla permite que el pegado en la tierra sea suficientemente resistente para los procesos.

Al igual que la tierra refractaria, los ladrillos refractarios además de cumplir con su función de refractar, son excelentes contenedores de calor, es decir, mantienen el calor al que son expuestos durante sus diferentes usos.

De las peculiaridades de este tipo de material es que son fabricados en calidades variadas, dependiendo de la concentración de alúmina y en base a esta concentración el ladrillo resiste mayores temperaturas o puede ser usado para distintos medios. Las concentraciones van desde el 36% hasta 99% de Alúmina aunque también se puede

emplear sílice.

Principalmente cuando se quiere recubrir hornos destinados para la fundición de acero, el tipo de ladrillos empleado es el de dióxido de silicio, en algunos casos cuando los ladrillos comienzan a licuarse estos trabajan con temperaturas superiores 1650 °C.

Para poder crear estos ladrillos es necesario que sus componentes estén expuestos a bajas presiones y que sean a su vez, quemados a temperaturas muy altas. Las excepciones a este proceso son aquellos ladrillos que son químicamente ligados o los que utilizan el alquitrán, resina o gomo para permanecer aglutinados (Jimenez, 2003)

#### **2.2.10.2. Cemento Refractario.**

Mortero refractario se utiliza como material de agarre, revestimiento de paredes, y para tomar las juntas entre hiladas de ladrillo refractario. Es una mezcla de materiales refractarios (sílice y alúmina en su mayoría) en diferentes proporciones y granulometrías resultando en un material muy similar al cemento común pero con propiedades de aislamiento y resistencia al calor, ideal para las altas temperaturas, donde se recomienda utilizar sílice de alta calidad. A continuación vamos a ver los usos del cemento refractario.

- Ideal para instalación en paredes, enchapes de parrillas, chimeneas, barbiquiur, hornos de pollerías, hornos de panificación fijos y hornos rodantes, etc.
- En el fraguado de juntas después del enchape
- Para asentar o instalar ladrillos refractario en hornos de usos diversos.
- En la industria petrolera de explotación, fabricación de piezas y/o accesorios refractarios o ceramistas.
- 1 bolsa de 5kg rinde aproximadamente 2.5 m<sup>2</sup>.

#### **2.2.11. Termómetro Ambiental**

El termómetro ambiental, es un termómetro que mide la temperatura del ambiente de un entorno abierto o cerrado, mediante un sensor interno o una sonda externa. Tipos



de termómetros ambientales.

### **2.2.11.1. Según su Entorno de Uso.**

#### **2.2.11.1.1. Interior.**

Un termómetro ambiental de interior, o termómetro ambiental para casa nos mostrará la temperatura de cualquier habitación o recinto cerrado. Cuando la temperatura en nuestro hogar no es la adecuada podemos tener problemas de salud, también es importante el control de temperatura en despensas o almacenes donde variaciones de temperatura elevadas pueden echar a perder los alimentos o materiales almacenados.

#### **2.2.11.1.2. Exterior.**

Los termómetros ambientales de exterior están fabricados de manera que resisten condiciones más duras como la lluvia, el viento y el frío o calor. Es habitual el uso de termómetros ambientales de mercurio, por su precisión y sencillez y durabilidad aunque esta sustancia está empezando a reemplazarse por otras menos contaminantes como alcoholes.

### **2.2.11.2. Según su Tecnología.**

#### **2.2.11.2.1. Analógicos.**

Son termómetros tradicionales que presentan la temperatura en diales con aguja o mediante escalas rectas según su construcción y principio de medida. Los termómetros más habituales para la medición de temperatura ambiente son los basados en la expansión de un líquido contenido en un capilar de vidrio o los termómetros de tira bimetálica con forma de reloj. Sin embargo, hay muchos otros tipos como el termómetro de galileo, por ejemplo, basado en las variaciones de la densidad de los líquidos causadas por la temperatura.

#### **2.2.11.2.2. Digitales.**

Los termómetros de ambiental digitales presentan las mediciones en forma de valor

numérico discreto, generalmente en una pantalla LCD, por lo que resultan más fáciles de leer y sus datos pueden transmitirse de electrónicamente o almacenarse para un uso posterior. Existen muchos tipos diferentes de termómetro digital de ambiente pero los más extendidos utilizan como sensor de temperatura un termistor alojado dentro de la propia carcasa del instrumento o en una sonda unida a un cable.

### ***2.2.12. Zona Climática***

La Presente zonificación tiene como base la clasificación de Köppen, a la que se ha incluido parámetros de altura, radiación, inversión térmica, arquitectura tradicional, entre otros factores, que permiten tener una aproximación a pisos de equivalencia arquitectónica.

El clima en el Perú según Köppen se basa en la distribución de la Vegetación. Donde el Perú tiene 8 de los 11 climas del Mundo. Las características se detallan a continuación.

**Zona 1 (Desértico marino)** Clima Semi cálido con deficiencia de lluvia todo el año (terreno muy seco – árido). Nivel de humedad relativa alta. Equivalente clasificación de Köppen BW, BSs. Comprende casi toda la región de la costa, desde Piura hasta Tacna y desde el litoral del Pacífico hasta el nivel aproximado de 2000 msnm, representa el 2.8% de la superficie total del país. Se distingue por ser su clima con precipitación promedio anual de 150 milímetros y temperatura media anuales de 18° a 19°C, decreciendo en los niveles más elevados de la región, para el valor de la zona climática se considera 0.95.

**Zona 2 (Desértico)** Clima semi cálido, con deficiencia de lluvia todo el año (terreno muy seco). Nivel de humedad media - alta. Equivalente clasificación de Köppen comprende el sector septentrional de la región costera, que incluye gran parte de los departamentos de Tumbes y Piura, entre el litoral marino y la costa aproximada de 400 a 2000 msnm. Representa alrededor del 6.7% de la superficie territorial del país. Se



caracteriza por tener un terreno muy seco, con una temperatura promedio anual de 24°C, sin cambio térmico invernal definido, para determinar la potencia calorífica se considera 0.95.

**Zona 3 (Interandino bajo)** Clima templado sub-húmedo, terreno semiseco, con otoño invierno y primavera secos (de estepa y valles interandinos bajos. Humedad relativa media a media alta. Equivalente clasificación de Köppen: BSw. Este clima es propio de parte de nuestra sierra, correspondiendo a los valles interandinos bajos e intermedios, situados por lo general entre los 2000 a 3000 msnm, representa el 3.9% de la superficie total del país. Las temperaturas sobrepasan los 20°C y la precipitación anual se encuentra como promedio por debajo de los 500 milímetros. Aunque en las partes más elevadas, húmedas y orientales, puede alcanzar y sobrepasar los 1200. Para determinar la potencia calorífica se considera 0.95.

**Zona 4 (Meso andino)** Clima semi-frío a frío, de terreno semi-seco a lluvioso con Otoño, invierno y primavera secos (de los valles mesoandinos). Equivalente clasificación de Köppen: Dwb. Este clima es típico de parte de nuestra serranía, se extiende por lo general entre los 3000 y 4000 msnm. Representa el 14.6% de la superficie total del país. Se caracteriza por sus precipitaciones anuales promedio de 700 milímetros, y sus temperaturas medias anuales de 12°C. Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas. Para el valor de zona climática se considera 1.12.

**Zona 5 (Alto andino)** Clima frío, de terreno semi-seco a lluvioso con otoño, invierno y primavera seco (sectores alto andinos). Equivalente clasificación de Köppen: Dwb. A Este tipo de clima, se le conoce como clima de Puna, por lo general entre 4000 y 4800 msnm. Cubre alrededor de 9.0% del territorio peruano. Se caracteriza por presentar precipitaciones promedio de 700 milímetros. Anuales y temperaturas también promedio anuales de 6°C. Comprende las colinas, mesetas y cumbres andinas. Los veranos son



siempre lluviosos y nubosos; y los inviernos (junio-agosto), son rigurosos y secos. La temperatura media del mes más frío es inferior a  $-3^{\circ}\text{C}$  y la del mes más cálido superior a  $10^{\circ}\text{C}$ , para calcular la zona climática se considera 1.12.

**Zona 6 (Nevado)** Clima de nieve (polar), lluvioso con invierno seco. Equivalente clasificación de Köppen: EFH. Este clima corresponde al de nieve perpetua de muy alta montaña, con temperaturas medias durante todos los meses del año por debajo del punto de congelación ( $0^{\circ}\text{C}$ ). Se encuentra por lo general a alturas por encima de 4800 msnm, aunque en algunos casos se pueden encontrar poblados a 4500 que cumplen con estas características. Ubicados en las altas cumbres de los andes peruanos, comprende alrededor de 1.4% del territorio peruano. Para determinar la potencia calorífica se considera 1.19.

**Zona 7 (Ceja de montaña)** Clima templado moderado muy húmedo, temperatura de templado a cálido, con precipitaciones de semiseco a muy lluvioso, ocasionalmente escasa en otoño e invierno pudiéndose ser estas con estaciones de otoño e invierno secos a abundantes en todo el año. Equivalente clasificación de Köppen: Cw. Este tipo de clima predomina en la selva o ceja de montaña. Se caracteriza por ser muy húmedo, con precipitaciones como promedio por encima de los 2000 milímetros. Llegando hasta los 6000 milímetros en San Gabán y Coasa. Las temperaturas están como promedio entre los  $25^{\circ}\text{C}$ . Y los  $28^{\circ}\text{C}$ . En su mayor extensión. Por lo general se encuentra entre 2,000 a 3,000 msnm. Sin embargo hay algunos poblados entre 500 a 3,000 que pertenecen a este clima. Cubre alrededor de 9.7% del territorio peruano. Para la zona climática se considera 1.04.

**Zona 8 (Sub tropical húmedo)** Clima semicálido muy húmedo (subtropical muy húmedo), temperatura de semicálido a cálido, con precipitaciones de deficiente a abundante para la yunga marítima y para la yunga fluvial lluvioso todo el año. Equivalente clasificación de Köppen: Aw. Este tipo de clima predomina en la selva alta (Yunga



fluvial). Se caracteriza por ser muy húmedo, con precipitaciones como promedio por encima de los 2000 milímetros. Y bolsones pluviales que mayores a 5000 milímetros. Como en la zona de Quincemil. Las temperaturas están por debajo de 22°C. En su mayor extensión. Se encuentra por lo general entre 400 a 2000 m.s.n.m. Para la zona climática se considera el valor 0.88.

### 2.3. Marco Conceptual

**Rendimiento de la estufa.** Llamamos rendimiento de una estufa, de cada 100 kilogramos de leña que quemamos, solo el calor de 30 kilos queda dentro de la casa, es decir que, hay un rendimiento en el uso de la leña de un 30%, el resto se desperdicia porque se produce una deficiencia combustión de la leña y porque gran parte del calor se pierde por la chimenea. Los distintos ensayos que se han llevado a cabo en varios institutos de investigación del extranjero, arrojan rendimiento de entre 84% y el 93%, muy superior a estufas hogares abiertos, chimeneas o fogones, estufas de hierro, cocinas económicas.

**Medir la variación de la temperatura.** Los cambios de temperatura se miden a partir de los cambios en las otras propiedades de una sustancia, con un instrumento llamado termómetro, de los cuales para medir la variación de la temperatura se ha utilizado el termómetro ambiental que es un termómetro que mide la temperatura del ambiente de un entorno abierto o cerrado, mediante un sensor interno o una sonda externa, existen varios tipos según su entorno de uso interior es un termómetro ambiental para casa nos mostrara la temperatura de cualquier habitación cerrado; termómetro ambiental exterior están fabricados de manera que resisten condiciones más duras como la lluvia, el viento y el frío o calor.

**Eficiencia térmica.** Es la relación entre la energía que deseamos obtener de dicho aparato y la energía consumida en su funcionamiento.



**Estufa de alto rendimiento:** Son artefactos de calefacción contruidos de ladrillos refractarios, que se caracterizan globalmente por tener excelentes rendimientos, que tiene una eficiencia cercana al 90% comparado con el 10-20% de una estufa tradicional de hogar abierto. Esto es posible gracias a que tienen una combustión de leña y luego una combustión de humos calientes lo cual hace que el rendimiento del equipo se eleve considerablemente. Esto además permite que se emitan menos gases contaminantes al ambiente.

**Comparación de temperatura:** Es la acción y efecto de comparar, es decir, de observar las diferencias y las semejanzas entre dos elementos, ya sean personas, objetos, lugares o cosas. Realizar una comparación pasa por establecer un elemento en común a partir del cual hacer el ejercicio, así una comparación puede establecerse a partir de la observación de las características físicas. Por ejemplo identificamos el elemento común que tienen la vivienda sin la estufa ecológica y la vivienda que tiene la estufa ecológica de alto rendimiento que viene hacer la temperatura, a partir ahí comparar la diferencia de temperatura que existe entre ellos.

**Duración de temperatura:** Es la acción y efecto de durar, verbo que en su etimología se remonta al latín “durare” en el sentido de durar o mantenerse, en alusión a aquello cuya existencia, esencia, acción sigue persistiendo en el tiempo, sin haberse acabado. Tiempo que dura algo o que transcurre entre el comienzo y el fin de una actividad o de un proceso por ejemplo el tiempo que dura la temperatura de la vivienda con la estufa ecológica de alto rendimiento dentro del intervalo de la temperatura del confort térmico cuando está en funcionamiento la estufa.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Procedimiento Metodológico de la Investigación

##### 3.1.1. *Diseño de Investigación*

Para el desarrollo de la investigación se tiene como diseño, cuasi experimental, Según (Fernandez, Hernandez, & Baptista, 2003) “los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, solo que difieren de los experimentos verdaderos en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse la equivalencia inicial de los grupos.”

Asimismo, Fernández, Hernandez, y Baptista, (2003) menciona que “en los diseños cuasi experimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya estaban formados antes del experimento” (p. 256). Es decir, estos diseños se utilizan cuando no es posible asignar los sujetos en forma aleatoria a los grupos que recibirán los tratamientos experimentales.

##### 3.1.2. *Tipo de Investigación*

El tipo de investigación es cuantitativa puesto que Fernández, Hernandez, y Baptista, (2003) menciona que la investigación cuantitativa implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados.

Es concluyente en su propósito ya que trata de cuantificar el problema y entender qué tan generalizado está mediante la búsqueda de resultados proyectables a una población mayor. Dicho eso en esta investigación lo que se desea es determinar la eficiencia del confort térmico y medir la temperatura, ya que el enfoque cuantitativo usa la relación de datos y nos permite probar la hipótesis, con base a la medición numérica.



### ***3.1.3. Nivel de Investigación***

La presente investigación que se lleva a cabo será Explicativo correlacional ya que este tipo de estudio busca el porqué de los hechos, estableciendo relaciones de causa-efecto. Según Fernández, Hernandez, y Baptista, (2003) “Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables”

### ***3.1.4. Método de Investigación***

El método de investigación que se adecua es la diferencia en diferencias, también conocido como de «diferencia doble», ya que compara los cambios en los resultados en el curso del tiempo entre los grupos de tratamiento y de comparación a fin de estimar el impacto (White & Sabarwal , 2014). Para ello se emplea las pruebas estadísticas de t-student, prueba de Wilcoxon, según la prueba de normalidad de datos.

## **3.2. Población y Muestra de la Investigación**

### ***3.2.1. Población de la Investigación***

Según Selltiz, y otros, (1980), define la población como: “El conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie determinada de especificaciones” (p. 303).

Asumiendo que en Estadística se denomina población al conjunto ideal, teórico cuyas características se quieren conocer y estudiar, en este caso nuestra población de estudio es considerada las viviendas de la comunidad de Tumaruma del distrito y provincia de Lampa de la región de Puno, que será afectada por el proyecto la eficiencia del confort térmico en zonas alto andinas, usando como fuente de calor la estufa ecológica de alto rendimiento.

### ***3.2.2. Muestra de la Investigación***

La muestra es un sub grupo de la población, donde reúne todas las características y propiedades de una población y que es representativa; de la cual se obtienen



conclusiones semejantes y de relevancia en relación al problema de estudio.

El tipo de muestreo que se aplicó es de muestro no probabilístico por conveniencia ya que la muestra de este universo será de dos viviendas, que tengan las mismas características de construcción para la evaluación del confort térmico en su interior

### **3.3. Técnicas e Instrumentos de la Recolección de Datos**

#### **3.3.1. Técnicas**

Según, Arias (2006), “Se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información. Son ejemplos de técnica: la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, y el análisis de contenido” (p. 7).

La técnica de la recolección de datos en la presente investigación se realiza mediante la técnica de la observación directa. Según Fernández, Hernandez, y Baptista, (2003) expresan que: “la observación directa consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conducta manifiesta” (p. 316). La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos.

Existen dos clases de observación: la Observación no científica y la observación científica. La diferencia básica entre una y otra está en la intencionalidad: observar científicamente significa observar con un objetivo claro, definido y preciso: el investigador sabe qué es lo que desea observar y para qué quiere hacerlo, lo cual implica que debe preparar cuidadosamente la observación. Observar no científicamente significa observar sin intención, sin objetivo definido y por tanto, sin preparación previa.

Observación estructurada es la que se realiza con la ayuda de elementos técnicos apropiados, tales como: fichas, cuadros, tablas, etc. por lo cual se los la denomina observación sistemática.

### 3.3.2. Instrumentos

Se ha utilizado fichas como instrumentos de recolección de datos, para el registro de la temperatura de la vivienda con la estufa ecológica, temperatura de la vivienda sin la estufa ecológica, temperatura ambiental, y la temperatura de la estufa ecológica para luego ser analizados tal como se muestran en los anexos.

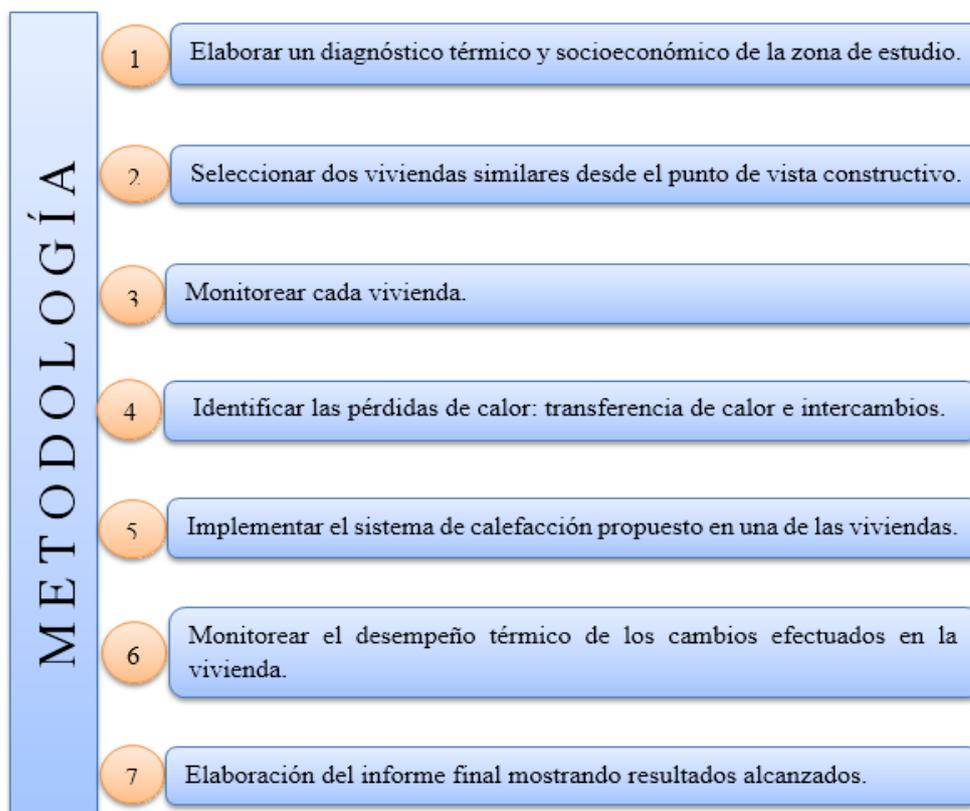
Los datos que se recolectaran mediante la ficha nos ayudarán a saber en qué temperatura se encuentra la vivienda ya sea con estufa o sin la estufa. Ya que estos datos serán muy útiles para probar nuestra hipótesis de investigación.

### 3.4. Procedimiento de la Investigación

Para el desarrollo de los objetivos trazados se establece una metodología que detalla los pasos a seguir desde la elaboración de la línea base (Diagnostico Térmico) hasta el reporte de resultados finales como parte de la investigación para mayor detalle:

**Figura 7**

*Procedimiento de la Investigación.*





### 3.5. Características de las Viviendas de la Comunidad de Tumaruma

La importancia de la apropiación del espacio como el proceso por el cual el poblador altoandino se adapta y transforma el medio que lo rodea para así crear un espacio habitable acorde a sus necesidades, materializando así sus anhelos.

Las estrategias de apropiación del espacio en la comunidad de Tumaruma, están referidas a la auto-construcción, auto-transformación y planificación de sus viviendas, basándose en conocimientos que obtienen por medio del aprendizaje familiar y del conocimiento acumulado dentro de la comunidad, cabe mencionar que la utilización de materiales del entorno inmediato para la construcción genera que los lugares modificados por el ser humano se mimeticen con el medio natural. Además, existen factores que influyen negativamente, como son la pobreza, falta de acceso a saneamiento básico y no contar con asesoría técnica.

En la comunidad de Tumaruma podemos encontrar viviendas construidas con muros de tierra, en estas construcciones se emplean adobes de 0.50x0.30x0.08m, con mortero de barro de 0.02m de espesor y aparejo de sogá, esto resulta en un muro de 0.30m de espesor; en caso presenten revestimiento, este será de paja con barro y de 0.02m. Los muros de piedra, tienen un espesor de 0.50m, se emplean piedras redondeadas y angulares de distintas dimensiones unidas con mortero de barro, nunca llevan revestimiento. En ambos casos, muros de tierra o piedra, la cimentación es corrida, hecha de piedras con mortero de barro, con el mismo espesor del muro que soporta. El nivel de fondo de cimentación es de -0.40m y posee una altura total de 0.70m, sobresaliendo del nivel de la tierra 0.30m.

Los techos de las viviendas existentes en la comunidad de Tumaruma son principalmente de dos tipos. El primero es a dos aguas, su estructura está compuesta por tijerales de madera rolliza de 3” aproximadamente espaciados cada 0.60m, con entramado

de madera y caña, todo apoyado sobre una viga solera; la cobertura final es variable, puede ser de planchas onduladas de zinc de 0.2mm de espesor o de ichu; el volado que produce este techo es de 0.50m aproximadamente. El segundo tipo, es de un agua, su estructura está compuesta por vigas de madera cepillada de 3", con correas de madera de 2", en la mayoría de casos las vigas se apoyan directamente a los muros portantes. La cobertura final es siempre de planchas onduladas de zinc de 0.2mm de espesor, y el volado tiene una distancia aproximada de 0.10m.

### ***3.5.1. Características de la Vivienda con la Estufa Ecológica.***

La vivienda con la estufa ecológica cuenta con un área de 20 m<sup>2</sup>; los muros son de adobe con una altura interior promedio de 2.50 m, la tipológica de la vivienda es de tipo autóctono está conformado por la agrupación de tres volúmenes de habitaciones, organizados a través de un patio central distribuidor para acceder a las viviendas. La forma que tiene la vivienda es de planta ortogonal y simétrica, y se encuentran emplazados de forma próxima. Los materiales empleados en los muros son de material tradicional y los techos son de material tradicional. La orientación de la vivienda con la estufa ecológica es hacia el este como se puede mostrar en la figura 8.

#### **Cimentación.**

La vivienda en donde se ha construido la estufa ecológica cuenta con una cimentación corrida, hecha de piedras con mortero de barro, con el mismo espesor del muro que soporta, cuenta con una profundidad de 0.40 m y tiene una altura total de 0.70 m, sobresaliendo 0.30 m del nivel de la tierra.

#### **Muros.**

Los muros conforman el componente de mayor área de transferencia de calor de la vivienda, el material utilizado en la construcción de muros es el adobe, por su bajo costo, ya que la materia prima es la tierra y es obtenido en situ. Los muros de la vivienda

con la estufa ecológica son de tierra, con adobes de 0.50x0.30x0.08m, con mortero de barro de 0.02m de espesor y aparejo de sogá.

### **Techo.**

Con respecto al techo, la vivienda presenta techo de un agua, la estructura está compuesta por vigas de madera de 3”, con correas de madera de 2”, y están apoyadas en los muros portantes; la cobertura es de láminas onduladas de zinc de 0.2 mm de espesor, y cuenta con un volado de 0.10m

### **Revestimiento.**

Por el tipo de revestimiento que utiliza la comunidad de Tumaruma en la mayoría de las viviendas son con pastas de barro y mezclado con cierto porcentaje de trozos de ichu para dar mayor consistencia y evitar rajaduras posteriores al acabado. La viviendas seleccionadas cuentan con revestimiento interior de paja con barro y de 0.02 m de espesor.

### **Piso.**

La vivienda con la estufa ecológica cuenta con piso de tierra apisonada.

## **Figura 8**

*Vivienda con la Estufa Ecológica.*



### ***3.5.2. Características de la Vivienda sin la Estufa Ecológica.***

La vivienda sin la estufa ecológica cuenta con un área de  $16 \text{ m}^2$ ; los muros son de adobe con una altura de 2.50 m, la tipológica de la vivienda es de tipo autóctono, para acceder es mediante el patio central. La forma que tiene la vivienda es de planta ortogonal y simétrica, y se encuentran emplazados de forma próxima. Los materiales empleados en los muros son de material tradicional y los techos son de material tradicional. La orientación de la vivienda sin la estufa ecológica es hacia el norte tal como se puede apreciar en la figura 9.

#### **Cimentación.**

La vivienda seleccionada para realizar la comparación de temperaturas tiene una cimentación corrida, está construida a base de piedras con mortero de barro, tiene el mismo espesor del muro, cuenta con una profundidad de 0.40 m.

#### **Muros.**

La construcción de muros de adobe, presenta características favorables, así como limitaciones, en el muro el adobe como material y sistema constructivo, dentro de los aspectos favorables permite la construcción de viviendas plenamente satisfactorias en los aspectos de seguridad, salubridad, confort y economía. Los muros de la vivienda sin la estufa ecológica son de tierra, con adobes de  $0.50 \times 0.30 \times 0.08 \text{ m}$ , con mortero de barro de 0.02m de espesor y aparejo de sogá.

#### **Techo.**

El techo de la vivienda sin la estufa ecológica es de un agua, está compuesta por vigas de madera de 3", con correas de madera de 2", y están apoyadas en los muros portantes; la cobertura es de láminas onduladas de zinc de 0.2 mm de espesor, y cuenta con un volado de 0.10m

### **Revestimiento.**

El revestimiento interior de la vivienda sin la estufa ecológica es de barro con paja y tiene un espesor de 0.02m.

### **Piso.**

El piso de la vivienda sin la estufa ecológica es de tierra apisonada.

### **Puerta y ventana.**

La puerta es de plancha metálica, y cuenta con una ventana pequeña para iluminar y ventilar, con perfil metálico y vidrio simple; tanto la puerta como la ventana está orientado hacia el norte.

### **Figura 9**

*Viviendas de la comunidad de Tumaruma*



### **3.6. Materiales de la Estufa Ecológica**

A continuación, se describe los materiales empleados en la construcción de la estufa ecológica y se presentan las principales características. Se ha utilizado ladrillo

refractario, cemento refractario, puertas de estufa ecológica, chimenea, agregados y agua.

### ***3.6.1. Ladrillo Refractario***

Los ladrillos refractarios son usados para soportar altas temperaturas, son para revestir parrillas, calderas, ollas de aceración, hornos rotatorios de cementeras, estufas ecológicas, los cuales se pueden unir con tierra refractaria, cemento refractaria. Por su proceso de fabricación, los ladrillos refractarios son muy parejos en su tamaño y peso. La diferencia en tamaño entre dos ladrillos refractarios de calidad, rara vez supera el milímetro. Para construir las estufas rusas, se utilizan los ladrillos refractarios y tejas.

### **Figura 10**

*Se Muestra Ladrillos Refractarios.*



### ***3.6.2. Cemento Refractario***

Para la unión y construcción de la estufa ecológica se ha utilizado cemento refractario marca yellow como se puede mostrar en la figura 11, el cual es ideal para la unión de ladrillos refractarios, elaborados bajo rigurosas pruebas y aditivos especiales que brindan alta fragua a temperatura ambiental, diseñado para construcciones

decorativas, industrias domesticas e industrias donde las condiciones de temperatura sean moderadas.

### Figura 11

*Se Muestra Cemento Refractario Yellow.*



Fuente: <https://www.promart.pe/cemento-refractario-yellow-bolsa-x-5-kg>

### Tabla 5

*Características de Cemento Refractario Yellow.*

Nombre	Características
Categoría	Cementos
Marca	Schemin
Tipo	Refractario
Peso del cemento	5 kg
Color	Amarillo

Fuente: <https://www.promart.pe/cemento-refractario-yellow-bolsa-x-5-kg>

#### 3.6.2.1. Aplicaciones.

1. En un recipiente convenientemente limpio, vaciar todo el contenido del saco y deshaga los terrones.
2. Colocar en un recipiente limpio y agregar agua limpia y fría. En la cantidad indicada por el fabricante, no agregar otros materiales.
3. Mezclar el material hasta lograr una masa homogénea.

4. Aplicar con badilejo la mezcla preparada sobre ladrillo refractario cubriendo toda la cara.
5. Colocar el ladrillo, presionar y nivelar, considerando 2 a 4 mm de junta entre ladrillo y superficie, y ladrillo – ladrillo. Instalación similar a la cerámica sin vacíos.
6. El ladrillo al colocarlo se debe golpear suavemente para eliminar el exceso de mortero y así obtener una junta lo más delgada posible.
7. Terminada la construcción dejar fraguar completamente el mortero.

### **Figura 12**

*Preparación del Cemento Refractario.*



#### **3.6.3. Chimenea**

La chimenea para la estufa ecológica de alto rendimiento está conformado por dos partes, el primero se encuentra dentro de la estufa que está construido a base de tejas refractarios esto con el fin de absorber el calor que existe en el humo, y la segunda se encuentra en el exterior de la estufa ecológica, y está elaborado de un material de plancha metálica galvanizada de 0.40, rodada en forma de tubo, remachada en su unión, con un diámetro de 4” y con una altura de 2.5 m, tal como se puede mostrar en la figura 13.

### **Figura 13**

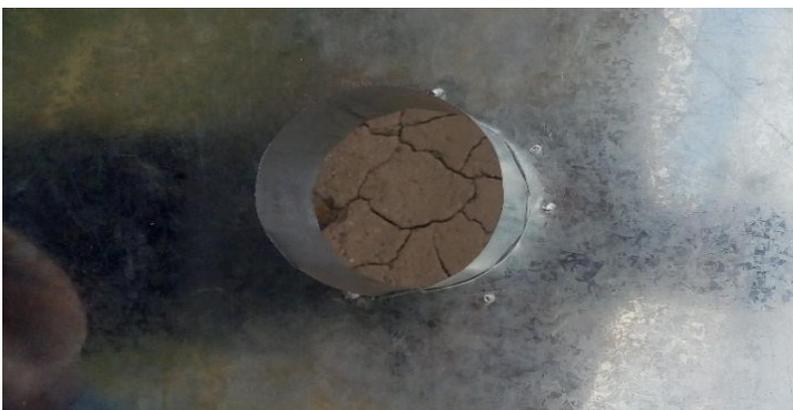
*Chimenea de la Estufa Ecológica de Material Metálica Galvanizada.*



Para conectar la salida del caño de tiraje, se necesita una placa pre fabricada como se puede mostrar en la figura 14, hecha de material de plancha metálica galvanizada de 1.40 mm, con dimensiones de 45 cm de largo y 25 cm de ancho, en la parte central tiene un collarín embocadura de chimenea que tiene un diámetro de cuatro pulgadas y una altura de 10 cm.

### **Figura 14**

*Plancha Metálica Galvanizada.*



#### 3.6.4. Puerta

La puerta de la cámara de combustión de la estufa ecológica, se ha construido de una barra angular  $\frac{3}{4}$  con un espesor de 2.5 mm y una plancha metálica de 1.27 mm, cuyas dimensiones son 30.8cm base y 35.5 cm de alto, como se puede mostrar en la figura 15.

**Figura 15**

*Puerta de la Cámara de Combustión de la Estufa Ecológica.*



La puerta del horno de la estufa ecológica se ha construido de una barra angular  $\frac{3}{4}$  con un espesor de 2.5 mm y una plancha metálica de 1.27 mm, con dimensiones de 30.5cm de base y 21 cm de alto, tal como se puede mostrar en la figura 16.

**Figura 16**

*Puerta del Horno de la Estufa Ecológica.*



### 3.6.5. Termómetro Ambiental

Para medir la temperatura del ambiente en donde se ha construido la estufa ecológica, se ha utilizado el termómetro ambiental digital de marca Digital Thermometer modelo WT-1, que tiene las características que se muestran en la tabla 15.

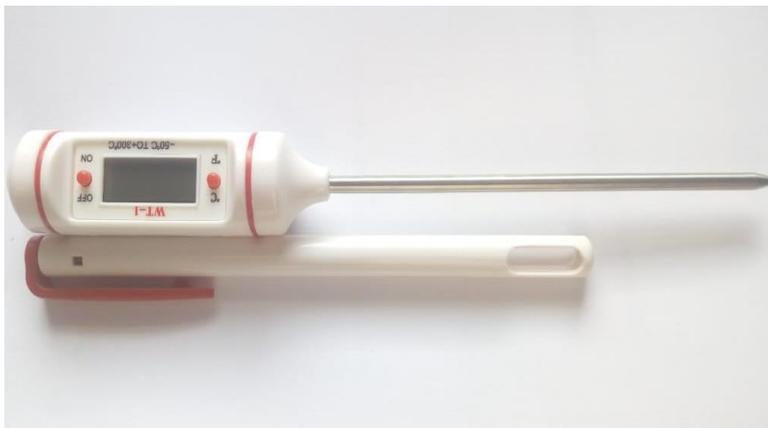
**Tabla 6**

*Características de Digital Thermometer Modelo WT-1.*

<b>Características</b>	<b>Parámetros.</b>
Número de modelo	WT-1
Tensión de alimentación	DC1.5V button cell (LR44)
Rango de medida	-50 to 300 °C (-58 to 572°F)
Dimensiones externas	20x105x207 mm
Método indicación	LCD
Tasa distintiva	0.1 °C
Exactitud	(-20°C to 80°C) ± 1°C

**Figura 17**

*Termómetro Ambiental Digital Thermometer Modelo WT-1.*



### 3.6.6. Leña

La leña es el recurso energético más barato con que puede contar en una comunidad por su fácil acceso y por ser barato en comparación con los otros combustibles (gasolina, GLP, petróleo diésel), la leña es el combustible más usado de los sectores rurales del Perú, que representa el 77.4% de las personas que usan leña para cocinar

(INEI, 2008).

Al encender el fuego, a los 90°C - 120°C, el agua se va como vapor (gran parte de las calorías de la leña verde se malgasta en evaporar su propia agua). Entre los 250°C y 400°C la celulosa y la lignina se descomponen produciendo calor y largando gases. Llegando a los 600°C, y si hay oxígeno (aire), estos gases se queman produciendo más calor. Si en la estufa no se superan los 600°C, estos gases no se queman, y se produce combustión incompleta bajando mucho el rendimiento.

Como la estufa ecológica de alto rendimiento puede usar leña de gran tamaño, no es un inconveniente entonces que ésta sea blanda. El mimbre seco es excelente para este tipo de artefacto.

Por ejemplo, un tronco de mimbre (seco) de 25 cm de diámetro y 70 cm de largo, tamaño de leña que se puede usar en el modelo grande de la estufa (lo que es una ventaja inapreciable de éstas), pesa unos 16 kg y nos entregará 60.000 calorías, suficiente para mantener caliente la casa durante una mañana de invierno.

### **Tabla 7**

#### *Análisis Elemental de la Leña de Eucalipto.*

<b>Descripción</b>	<b>Peso %</b>
Carbono fijo	38.98
Hidrogeno	6.98
Nitrógeno	0.09
Azufre	0.05
Oxígeno	53.41 (obtenido por diferencia)
Ceniza	0.49

Fuente: Álvarez (2009)

**Tabla 8**

*Análisis Elemental de Bosta de Vaca*

Base de análisis	%	Método de ensayo
Carbono	42.7	ASTM D 3172
Hidrogeno	5.5	ASTM D 3178
Nitrógeno	2.4	ASTM D 3179
Azufre	0.3	ASTM D 3177
Oxigeno	31.3	Obtenido por diferencia
Cenizas	17.8	ASTM D 3174

Fuente: Álvarez (2009)

Observando las tablas 17, se puede apreciar que la bosta de vaca presenta más cenizas que la leña de eucalipto, esto debido la densidad, donde la leña tiene una densidad de  $0.88 \text{ g/cm}^3$  (Álvarez, 2009), y la bosta de vaca tiene una densidad de  $0.22 \text{ g/cm}^3$  (Álvarez, 2009). Cuando se usa bosta, la alimentación se realiza con más frecuencia y por consiguiente la acumulación de cenizas en la cámara de combustión es mayor con respecto a la leña de eucalipto, por consiguiente la acumulación de cenizas en la cámara de combustión afectaría a la entrada del aire, útil para la combustión, es por ello el uso de la leña de eucalipto.

**Figura 18**

*Leña de Eucalipto.*



## **3.7. Diseño de la Estufa Ecológica**

### **3.7.1. Potencia Calorífica Para la Vivienda**

Para calcular la potencia calorífica según (Arnabat, 2020) que requiere para calentar la vivienda en estudio, es directamente proporcional a la superficie de la vivienda, zona climática, la orientación de la vivienda, al aislamiento, y a un número constante 85, que será válida para estancias con una altura menor de  $2.5 m^2$ , a continuación veremos cada uno de estos factores:

#### **3.7.1.1. Superficie de la Vivienda.**

Esta es quizás el elemento más fácil y exacto de conseguir. Ya que únicamente tendremos que determinar los metros cuadrados de la habitación en metros cuadrados.

#### **3.7.1.2. Zona Climática.**

La Presente Zonificación tiene como base la clasificación de Köppen, a la que se ha incluido parámetros de altura, radiación, inversión térmica, arquitectura tradicional, entre otros factores, que permiten tener una aproximación a pisos de equivalencia arquitectónica.

#### **3.7.1.3. Orientación.**

La orientación de una casa dependerá en mayor medida de donde proviene la mayor o menor cantidad de luz solar. Dependiendo de su orientación: Norte, Sur, Este u Oeste, obtendremos un valor distinto que se transferirá a la fórmula:

Norte: se considera el valor de 1.12

Sur: Se considera el valor de 0.92

Este: Se considera el valor de 1

Oeste: se considera el valor de 1

#### **3.7.1.4. Aislamiento.**

El aislamiento de una vivienda se ha convertido en un aspecto básico a tener en cuenta

para poder determinar una mejor o peor eficiencia energética de un edificio. Y es que una casa con un bajo aislamiento térmico es más fácil que tenga pérdidas de calefacción. Lo que se traduce en pérdida de energía. Es decir, necesitaremos mayor potencia calorífica. En cambio a mayor aislamiento térmico, menor consumo de calefacción. Dependiendo del estado del aislamiento, deberás elegir entre estas tres opciones:

Buen aislamiento: Ventanal doble y tabique doble, se considera el valor de 0.93.

Asilamiento sencillo: Ventanal sencillo y tabique doble o ventanal doble y tabique sencillo, se considera el valor de 1.

Sin aislamiento: Ventanal sencillo y tabique sencillo, se considera el valor de 1.10

A partir de estas consideraciones vamos a determinar la potencia calorífica de la vivienda en estudio.

Determinamos la superficie de la vivienda con la estufa ecológica.

### **Figura 19**

*Dimensiones de la Vivienda con la Estufa Ecológica.*





Largo de la vivienda es 5m

Ancho de la vivienda es 4m

Superficie de la vivienda = (largo de la vivienda) (ancho de la vivienda)

$$\text{Superficie de la vivienda} = (5\text{m}) (4\text{m})$$

$$\text{Superficie de la vivienda} = 20 \text{ m}^2$$

Determinamos la zona climática. La comunidad de Tumaruma se encuentra ubicado a 4339 msnm, tiene un clima frío, de terreno semi seco a lluvioso con otoño y primavera seco, según la clasificación de (Köppen, 1990) la comunidad de Tumaruma se encuentra en la zona 5 que es considerado como alto andino y está entre 4000 y 4800 msnm. Para la zona climática se considera el valor de 1.12.

Determinamos la orientación de la vivienda. La vivienda ubicada en la comunidad de Tumaruma tiene una orientación hacia el este, según la orientación en que se encuentra se considera el valor de 1 para determinar la potencia calorífica requerida.

Determinamos el aislamiento de la vivienda. La cimentación y el sobrecimiento está construida a base de piedra y barro, los muros son de adobe y la unión con mortero de tierra y paja, el techo está construido de calamina simple, cuenta con una ventana muy pequeña y una puerta de material metálico (calamina).

Como la vivienda tiene una ventana sencilla y un tabique sencillo, es considerado como una vivienda sin aislamiento y se considera el valor de 1.10 para determinar la cantidad calorífica necesaria para la vivienda.

Determinamos la potencia calorífica (W) que se requiere para la calefacción de la vivienda.

$$\text{Potencia calorífica (W)} = 20 \times 1.12 \times 1 \times 1.10 \times 85$$

$$\text{Potencia calorífica (W)} = 2094.4 \text{ vatios}$$

Como la potencia calorífica está en vatios, convertimos la potencia calorífica a



kilo vatios

Sabiendo que  $1\text{kw} = 1000$  vatios.

$$\text{Potencia calorífica} = 2513.28\text{vatios} \times \frac{1\text{kw}}{1000\text{vatios}}$$

$$\text{Potencia calorífica} = 2.0944\text{ kW}$$

Como el calor se mide en calorías, convertimos kilo vatios a kilo calorías.

Sabiendo que  $1\text{kW} = 859.85$  kcal

$Q_{vivienda}$ : Cantidad de calor requerida para la vivienda.

$$Q_{vivienda} = (2.0944) (859.85\text{ kcal})$$

$$Q_{vivienda} = 1800.86\text{ kcal}$$

Según los procedimientos realizados para determinar la cantidad de calor requerida para la vivienda de la comunidad de Tumaruma el cual se encuentra a 4339 msnm y que tiene una superficie de  $20\text{ m}^2$  se necesitara 1800.86 kilo calorías.

### **3.7.2. Retención del Calor del Ladrillo Refractario**

La medida de la retención de calor de un material está compuesta por diferentes propiedades, que son evaluadas de manera separada. La conductividad térmica, la capacidad de calor y la densidad contribuyen al valor de la retención del calor de un material. La suma de estas propiedades es la densidad de energía del material.

#### **3.7.2.1. Conductividad Térmica del Ladrillo Refractario.**

El ladrillo refractario suele usarse como material aislante. Así todo, el ladrillo refractario denso ordinario tiene una conductividad térmica bastante alta. La conductividad térmica del ladrillo refractario denso usado para alinear chimeneas es de 1.05 Watts por metro Kelvin ( $\text{W}/(\text{mK})$ )

#### **3.7.2.2. Densidad del Ladrillo Refractario**

El ladrillo refractario denso suele ser usado para alinear chimeneas y cámaras de combustión de hornos que tienen mucha abrasión de los materiales que se queman.

Colbath, (2017), menciona que el ladrillo refractario denso tiene una densidad relativa al agua de 2.4. Debido a que la densidad es cuánto pesa un material comparado a otros del mismo tamaño, usamos agua como base de comparación de todos los materiales.

### 3.7.2.3. Retención del Calor del Ladrillo Refractario.

El calor específico de un material es la cantidad de energía que toma calentar un kilogramo del material un grado centígrado, medido en Kelvin. La energía se mide en Joule. La cantidad de energía que se almacena en el ladrillo refractario es una función de la densidad del ladrillo multiplicada por el calor específico del material del ladrillo.

Colbath, (2017), menciona que un ladrillo refractario tiene una densidad energética de 2.52 kilojoule por metro cúbico por grado Kelvin [kJ/(m<sup>3</sup>K)].

Realizamos un cambio de unidades, el calor del ladrillo refractario convertimos a kilo calorías. Sabiendo que:

$$1 \text{ joule} = 0.24 \text{ calorías.}$$

$$1 \text{ caloría} = 4.186 \text{ joule}$$

$$1 \text{ kcaloría} = 4.186 \text{ kjoule.}$$

$$Q_{\text{ladrillo}} = (2.52 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \cdot \text{K}}) (\frac{1 \text{ kcal}}{4.186 \text{ kJ}})$$

$$Q_{\text{ladrillo}} = (2.52 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \cdot \text{K}}) (\frac{1 \text{ kcal}}{4.186 \text{ kJ}})$$

$$Q_{\text{ladrillo}} = 0.60 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{K}}$$

Como la temperatura está en grado kelvin, convertimos la temperatura a grados Celsius.

Sabiendo que: 1°C = 274.15 K

$$Q_{\text{ladrillo}} = (0.60 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{K}}) (\frac{274.15 \text{ K}}{1^\circ \text{C}})$$

$$Q_{\text{ladrillo}} = (0.60 * 274.15) (\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot ^\circ \text{C}})$$



$$Q_{ladrillo} = 164.49 \frac{kcal}{m^3 \cdot ^\circ C}$$

Según las diagramas bioclimáticas de Givoni, la zona de confort se encuentra limitada por las temperatura del aire entre los 20°C y 27°C; tomando en cuenta esta condición, determinamos la cantidad de calor que debe almacenar un ladrillo refractario para tener la temperatura interior de la vivienda a 25°C, el cual se encuentra dentro del límite de temperatura del confort térmico.

$$Q_{ladrillo} = (164.49 \frac{kcal}{m^3 \cdot ^\circ C})(25^\circ C)$$

$$Q_{ladrillo} = (164.49 * 25)(\frac{kcal}{m^3})$$

$$Q_{ladrillo} = 4112.25 \frac{kcal}{m^3}$$

A partir del resultado que se ha obtenido, la cantidad de calor que debe almacenar 1m<sup>3</sup> de ladrillo refractario es 4112.25 kcal.

Como 1m<sup>3</sup> de ladrillo refractario puede almacenar 4112.25 kcal, y para la calefacción de la vivienda de la comunidad de Tumaruma se requiere 1800.86 kilo calorías, teniendo esos dos resultados ahora vamos a determinar el volumen que se requiere para almacenar 1800.86 kcal.

*V<sub>requerido</sub>*: Volumen para almacenar el calor requerido de la vivienda en estudio.

$$1m^3 \text{ --- --- --- --- --- } 4112.25 \text{ kcal}$$

$$V_{requerido} \text{ --- --- --- --- --- } 1800.86 \text{ kcal}$$

$$V_{requerido} = \frac{(1800.86 \text{ kcal})(1m^3)}{4112.25 \text{ kcal}}$$

$$V_{requerido} = \frac{1800.86 \text{ m}^3}{4112.25}$$

$$V_{requerido} = 0.43m^3$$

Después de realizar los procedimientos de cálculo, se requiere 0.43m<sup>3</sup> de



volumen para almacenar 1800.86 kcal.

En seguida determinamos el volumen que tiene cada ladrillo refractario, cuyas dimensiones son 23 cm de largo, 11.5 cm de ancho, 6cm de alto.

$V_{ladrillo}$ : Volumen de cada ladrillo refractario.

$$V_{ladrillo} = (0.23m)(0.115m)(0.06m)$$

$$V_{ladrillo} = 0.001587m^3$$

Por ultimo determinamos la cantidad de ladrillos refractarios que se requiere para construir la estufa ecológica.

$L_{requerido}$ : Total de ladrillos requeridos para construir la estufa ecológica.

$$1Ladrillo - - - - - 0.001587m^3$$

$$L_{requerido} - - - - - 0.43m^3$$

$$L_{requerido} = \frac{(1 ladrillo)(0.43m^3)}{0.001587m^3}$$

$$L_{requerido} = \frac{0.43 ladrillo}{0.001587}$$

$$L_{requerido} = 270.95 ladrillos$$

Después de seguir los procedimientos de cálculo, se requiere 271 ladrillos refractarios para construir la estufa ecológica en la Comunidad Tumaruma, y se ha distribuido de acuerdo a los planos que se encuentran en el anexo C y en la tabla 11.

### 3.7.3. Diseño de la chimenea.

Para el cálculo aproximado de dimensionamiento de las chimeneas se han tomado formulas simplificadas y coeficientes prácticos, que tienen exactitud para los combustibles ordinarios.

#### 3.7.3.1. Sección transversal de la chimenea.

Para la sección del flujo de gases se tiene que por cada 100 kcal/h del combustible quemado se requiere de  $1\text{ cm}^2$  de sección

Donde:

$A_{chim}$ : Área interna de la chimenea,  $cm^2$

$$A_{chim} = \frac{\text{cantidad de energía producida}}{100} \quad \text{--- --- --- (31)}$$

Donde:

$A_{chim}$ : Área interna de la chimenea,  $cm^2$

Se tiene que la velocidad de combustión es igual a 32.067 g/min, expresando a la cantidad de energía producida se tiene:

$$\frac{32.067g}{min} * \frac{60min}{1h} * \frac{3668.58cal}{g} = \frac{7058.42kcal}{h}$$

Para el cálculo del área de la chimenea, reemplazamos en la formula y se tiene:

$$A_{chim} = \frac{7058.42}{100} = 70.58 = 71cm^2$$

Se toma como diámetro interno de la chimenea 10.16 cm equivalente a 4 pulgadas.

### 3.7.3.2. Altura de la chimenea.

Para cada área de sección transversal de la chimenea, le corresponde una altura, la cual está calculada en función a la caída de presión óptima (0.02 in  $H_2O$ ), realizando un balance de energía en la chimenea, se tiene:

$$H_{chim} * \left(1 - \frac{\rho_{aire}}{\rho_g}\right) + \frac{10 * \Delta P}{\rho_g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 * g} + F - M = 0 \quad \text{--- --- --- (32)}$$

Donde:

$H_{chim}$  : Altura total de la chimenea, m

$\Delta P$  : Caída de presión en la chimenea (tiro), cm de  $H_2O$

$\Delta E_c$  : Cambio en la energía cinética del gas, m.

F : Perdidas de carga por fricción, m

M : Energía mecánica, m

La velocidad de los gases es constante y no se hace uso de ningún equipo



mecánico, entonces.

$$H_{chim} * \left(1 - \frac{\rho_{aire}}{\rho_g}\right) + \frac{10 * \Delta P}{\rho_g} + F = 0 \quad \text{-----(33)}$$

Luego:

$$F = \frac{f_f * H_{chim} * V_g^2}{2 * d_{chim} * g} \quad \text{-----(34)}$$

$$N_R = \frac{d_{chim} * V_g}{\nu_c} \quad \text{-----(35)}$$

$H_{chim}$  : Altura total de la chimenea, m

$\rho_{aire}$  : Densidad del aire exterior,  $kg/m^3$

$\rho_g$  : Densidad del gas en la chimenea,  $kg/m^3$

$d_{chim}$  : Diámetro interno de la chimenea, m

$V_g$  : Velocidad del gas en la chimenea, m/s

$g$  : Aceleración de la gravedad,  $9.8 m/s^2$

$F$  : Ecuación de DARCY para la pérdida de energía debido a la fricción, m.

$f_f$  : Factor de fricción de Fanny, adimensional.

$\nu_c$  : Viscosidad cinemática del gas,  $s^2/m$

Para el cálculo de viscosidad cinemática, se hace uso de la fórmula de la Norma Española UNE – 123 – 001-94 y es:

$$\nu_c = -6.361 * 10^{-6} + 4.426 * 10^{-8} * T_{mh} + 7.523 * 10^{-11} * T_{mh}^2 \quad \text{-----}$$

(36)

Donde:

$T_{mh}$  : Temperatura media de los humos, K ( $T_{mh} = 554.15 K$ )

Para el cálculo de la altura de la chimenea, se usa la ecuación (33) con los siguientes datos:

$$\Delta P = 0.02 \text{ in } H_2O \text{ (SCHUHMANN, 1952) =}$$



0.0508 cm de columnas de H<sub>2</sub>O

$$V_g = 10.2 \text{ m/s (Perry, 2001)}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 0.84 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_g = 0.396 \text{ kg/m}^3$$

$$e = \text{Rugosidad} = 4.6 * 10^{-5} \text{ m (Moot, 1996)}$$

**a. Cálculo de la viscosidad cinemática.**

Reemplazando en la ecuación (36)

$$v_c = -6.361 * 10^{-6} + 4.426 * 10^{-8} * 554.15 + 7.523 * 10^{-11} * 554.15^2$$

$$v_c = 4.13 * 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

**b. Cálculo del factor de fricción.**

Calculando en el número de Reynolds, usando la ecuación (35)

$$N_R = \frac{d_{\text{chim}} * V_g}{v_c} = \frac{0.1016 * 10.2}{4.13 * 10^{-5}} = 2.5 * 10^4$$

Rugosidad relativa.

$$\frac{e}{d_{\text{chim}}} = \frac{4.6 * 10^{-5}}{0.1016} = 4.5 * 10^{-4}$$

Interceptando el número de Reynolds, con la rugosidad relativa (Diagrama de Moody) se obtiene el valor de  $f = 0.0117$  y luego reemplazando en la ecuación (34) se tiene:

$$F = \frac{f_f * H_{\text{chim}} * V_g^2}{2 * d_{\text{chim}} * g}$$

$$F = \frac{0.0117 * H_{\text{chim}} * 10.2^2}{(2)(0.1016)(9.8)}$$

$$F = \frac{0.0117 * H_{\text{chim}} * 104.04}{1.99136}$$

$$F = \frac{1.2172 * H_{\text{chim}}}{1.99136}$$

$$F = 0.6112 * H_{chim}$$

Reemplazando en la ecuación (33) se tiene

$$H_{chim} * \left(1 - \frac{\rho_{aire}}{\rho_g}\right) + \frac{10 * \Delta P}{\rho_g} + F = 0$$

$$H_{chim} * \left(1 - \frac{0.84}{0.396}\right) + \frac{10 * 0.0508}{0.396} + 0.6112 * H_{chim} = 0$$

$$H_{chim} * \left(-\frac{0.444}{0.396}\right) + \frac{0.508}{0.396} + 0.6112 * H_{chim} = 0$$

$$-1.121 * H_{chim} + 1.282 + 0.6112 * H_{chim} = 0$$

$$H_{chim} = 2.5 \text{ m}$$

Después de realizar los cálculos correspondientes la chimenea de la estufa ecológica de alto rendimiento tiene una altura de 2.5 m

#### **3.7.4. Dimensiones de la estufa ecológica de alto rendimiento.**

Para el cálculo de dimensionamiento de las chimeneas se han tomado formulas simplificadas y coeficientes prácticos, que tienen exactitud para los combustibles ordinarios, en seguida elegiremos el tamaño de la estufa ecológica de alto rendimiento. Según Battro, (1994), da a conocer que en altas latitudes de Europa, en países como Rusia, Polonia, Alemania, Suecia o Finlandia, se usan estufas de mampostería, llamadas estufas de alto rendimiento también conocidas como estufas rusas, el cual posee la característica de tener muy alto rendimiento y condiciones particulares de entrega de calor.

Según Battro, (1994), da a conocer que estas estufas de alto rendimiento pueden tener cualquier dimensión pero según las construcciones y la información que ha reunido muestra 3 tamaños distintas la grande, chica, y mini estufa, que poseen la característica de tener muy alto rendimiento los cuales cubren la mayoría de las necesidades zonales, en la tabla 9 se muestran las dimensiones de cada una de las estufas de alto rendimiento; además el tamaño grande alcanza a calefaccionar hasta 90 metros cuadrados.

La estufa chica calienta a 18 – 20°C a una vivienda de ladrillos, cuando la

temperatura exterior es de  $-5^{\circ}\text{C}$ , esto para el clima de las chacras en la zona Trelew, en el valle inferior del Rio Chubut.

La construcción de la mini estufa es de muy bajo costo y de muy alta eficiencia, a diferencia de otras dos estufas rusas, calienta apenas se prende pero también se enfría más rápido y tiene menos inercia térmica al ser más pequeña y liviana. El criterio para su diseño proviene de unas estufas estudiadas de la Universidad de Nuevo Mexico.

### Tabla 9

Dimensiones de las estufas de alto rendimiento.

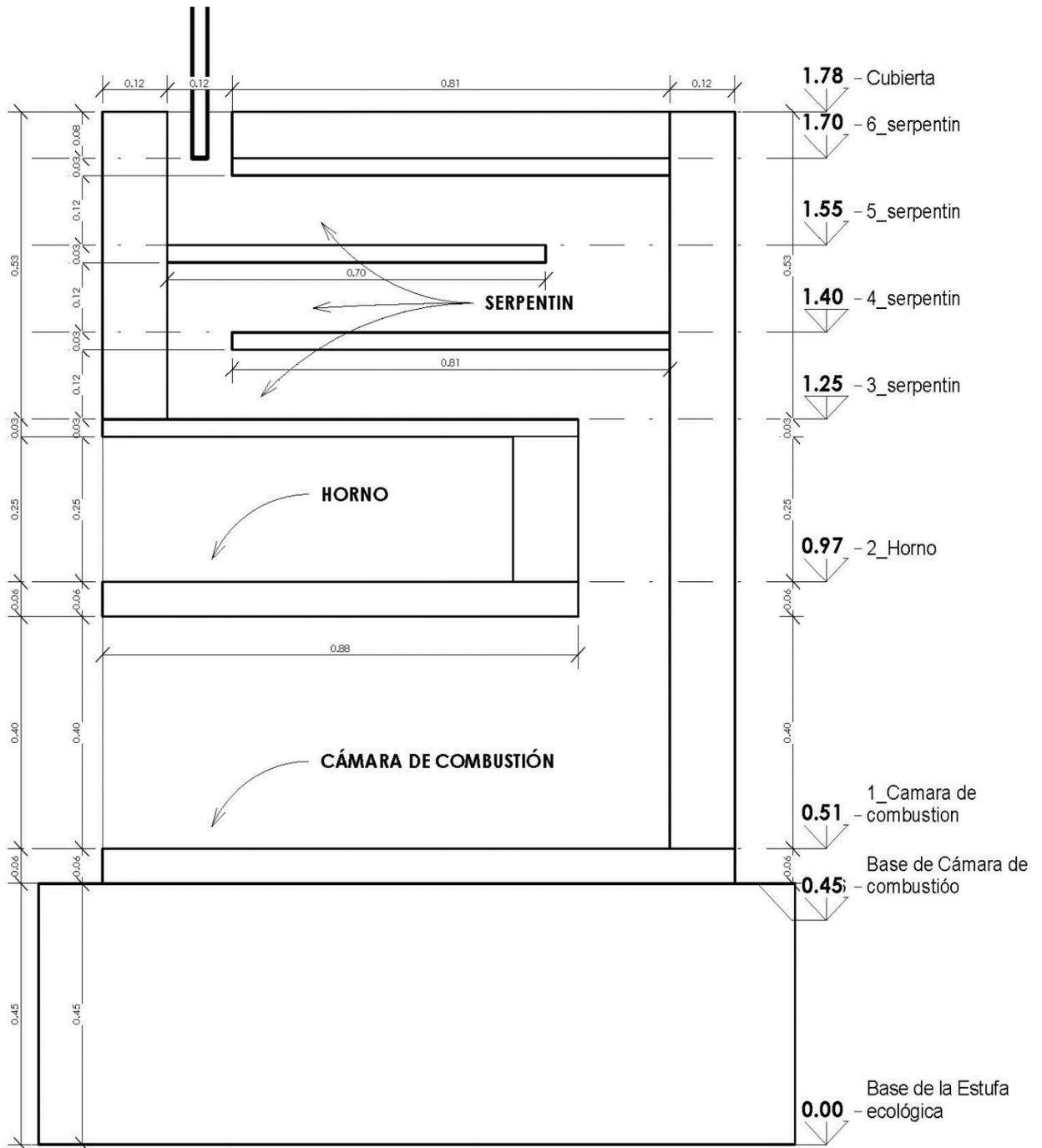
Estufas	Cámara de combustión			Horno			Serpentín		
	Largo cm	Ancho cm	Alto cm	Largo cm	Ancho cm	Alto cm	Largo cm	Ancho cm	Alto cm
Estufa grande	104	58	40	76	58	25	104	58	53
Estufa chica	70	46.2	37	46.6	46.2	25	70	46.2	34.4
Estufa mini	58	46.4	25	-	-	-	-	-	-

Fuente: Battro (1994)

Según los procedimientos realizados para determinar la cantidad de calor requerida para la vivienda de la comunidad de Tumaruma el cual se encuentra a 4339 msnm y que tiene una superficie de  $20\text{ m}^2$  y se requiere  $0.43\text{ m}^3$  de volumen de ladrillo refractario para almacenar 1800.86 kilo calorías, y de acuerdo a estos resultados obtenidos se opta en diseñar una estufa grande, el cual puede almacenar la cantidad de calor que se requiere para la calefacción de la vivienda, y en la figura 20 se muestra las dimensiones de la estufa de alto rendimiento.

**Figura 20**

*Dimensiones de la estufa ecológica de alto rendimiento.*



### 3.8. Construcción de la Estufa Ecológica

#### 3.8.1. Base de la Estufa Ecológica

La estufa de alto rendimiento se puede construir directamente en el piso pero, para comodidad de la carga de leña y en el manejo de estufa de alto rendimiento, es necesario que esté construida sobre una base de mampostería, cuyas dimensiones se muestra en la tabla 9.

**Tabla 10**

*Dimensiones de la Base de la Estufa Ecológica.*

Medidas	Dimensiones ( cm)
Ancho	70
Largo	110
Alto	45

**Figura 21**

*Se Muestra la Base de la Estufa Ecológica con Dimensiones 70x110x45 cm.*



En la figura 21 se muestra la base de la estufa ecológica, se ha construido con ladrillo artesanal y luego se ha rellenado con arena gruesa bien apisonado. Previo a la construcción de la base de la mampostería se ha realizado la construcción del solado, esto con la finalidad de contar con una superficie nivelada; el solado cuenta con un espesor de 5 cm de alto, y se ha procedido a vaciar con una mezcla cuya proporción es de 1:12 como se puede mostrar en la figura 22.

### **Figura 22**

*Se Muestra el Solado de la Base de la Estufa Ecológica.*



A continuación se va a describir los procedimientos que se ha seguido para la construcción de la base de la estufa ecológica.

#### **3.8.1.1. Preparación del Mortero de Asentado.**

El mortero es el material de unión entre los ladrillos y sirven para corregir las imperfecciones de estos. La propiedad más importante es su capacidad de adherir los



ladrillos, en caso contrario se tendría un muro compuesto de piezas sueltas y sin resistencia. La mezcla de cemento y arena se debe hacer en seco. Luego, esta mezcla se ha de colocar en una batea donde se agrega agua hasta lograr su trabajabilidad. Para la preparación del mortero de asentado se debe de considerar una proporción de una bolsa de cemento por 1 ½ buggy de área gruesa.

#### **3.8.1.2. Humedecido del Ladrillo.**

Los ladrillos se deben de humedecerse antes de su colocación en la fila, esto con la finalidad de reducir la capacidad de succión que tiene el material y se evite que el mortero pierda agua al ponerse en contacto con el ladrillo. De esta manera se logra una mayor adherencia entre el mortero y el ladrillo.

#### **3.8.1.3. Colocación de Ladrillos Maestros.**

Se colocan ladrillos maestros en los extremos del muro a levantar. Estos deben ser ubicados y asentados con toda perfección, es decir, aplomados, nivelados y con la altura de junta correspondiente.

#### **3.8.1.4. Colocación del Mortero.**

Con el badilejo se toma una porción de mezcla preparada, y se coloca sobre el muro de una capa uniforme corriendo en sentido longitudinal. Luego, el exceso de mezcla se limpia con el badilejo. La cantidad de mortero que se coloque debe ser tal que al apretar el ladrillo quede una junta de 1.0 a 1.5 cm de espesor. Espesores mayores pueden debilitar el muro.

#### **3.8.1.5. Colocación de Cada Hilada.**

Para asentar cada hilada se estira un cordel entre los ladrillos maestros para luego asentar los ladrillos en cada hilada. Los ladrillos se colocan haciendo coincidir su borde externo con el cordel, así garantizamos que todos los ladrillos estén nivelados, alineados y aplomados tal como se puede mostrar en la figura 23.

### **Figura 23**

*Se Muestra la Primera Hilada de la Base de la Estufa Ecológica.*



#### **3.8.1.6. Colocación de Cada Ladrillo.**

Se coloca el ladrillo en la posición correspondiente, se mueve ligeramente, y se presiona hacia abajo hasta lograr su correcto asentado, cuidando siempre de dejar el espacio adecuado para formar juntas verticales. Para afinar el alineamiento y el nivelado del ladrillo, se utiliza el cordel y se le da golpes suaves con el mango del badilejo.

#### **3.8.1.7. Colocación del Mortero Vertical.**

Una vez asentado los ladrillos, se procede a colocar el mortero vertical. Para ello se toma una porción de mezcla y se introduce dentro de la junta vertical con la ayuda del badilejo y una pequeña paleta de madera que sirve para contener la mezcla y evitar que caiga al piso. De esta manera, la primera hilada se encuentra terminada y lista para recibir la segunda hilada. Es importante utilizar el nivel de mano para constatar que los ladrillos queden nivelados en forma perpendicular al eje de referencia. El espesor del mortero en las juntas verticales debe ser en promedio de 1.5 cm y en las juntas horizontales de 1.0 a 1.5 cm. Hay que tener presente que las juntas verticales deben quedar en medio del ladrillo

de la fila inferior. Esto garantiza un buen amarre de los ladrillos.

#### **3.8.1.8. Construcción de las Siguietas Hiladas.**

Una vez terminada la primera hilada, se vuelve a colocar los ladrillos maestros cuidando siempre su nivel y la alineación, y luego se levanta el cordel guía a la siguiente hilada, y se sigue el mismo procedimiento hasta terminar el asentado del muro.

#### **Figura 24**

*Proceso de Construcción de las Filas de la Base de la Estufa Ecológica.*



Una vez terminada el asentado de ladrillos de cada hilada, dejar secar la base una semana, antes de comenzar la construcción de la estufa ecológica de alto rendimiento.

Una vez rellenada la base, se hace un piso con una capa de mezcla pobre muy bien nivelada como se puede mostrar en la figura 25, ya que sobre ella se comienza la construcción de la estufa con ladrillos refractarios.

## Figura 25

*El Piso de la Estufa Ecológica y la Nivelación de los Ladrillos Maestros.*



### *3.8.2. Construcción de la Estufa Ecológica*

Los ladrillos refractarios de la estufa de alto rendimiento levemente humedecidos se pegan con el cemento refractario Yellow, cuidando siempre de que cada junta no tenga más de unos 2 a 3 milímetros de espesor, este punto es de primordial importancia, diríamos que es el más importante en la construcción y el correcto funcionamiento de la estufa ecológica. De la misma forma, cada hilada debe quedar bien en escuadra y bien nivelada. En la tabla 11 se muestran los materiales necesarios para la construcción de la estufa ecológica.

**Tabla 11**

*Materiales Para la Construcción de la Estufa Ecológica.*

<b>Materiales</b>	<b>Medida (cm)</b>	<b>Cantidad</b>
Ladrillos refractarios	23x12x6	200
Medios ladrillos refractarios	12x12x6	9
Tejuelas refractarios	23x12x3	125
Medias tejuelas refractarios	12x12x3	14

### **3.8.2.1. Cámara de Combustión.**

Para la construcción de la cámara de combustión, se usa materiales resistentes al calor (refractario), que según Baldwin (1987), la arcilla cocida ofrece más ventajas que los materiales metálicos, siendo la arcilla cocida el material indicado para la construcción de la cámara de combustión.

La cámara de combustión es el recinto donde se produce la combustión de la leña, el diseño de la cámara de combustión es el punto de mayor importancia para el desarrollo de mayor eficacia a la hora de quemar leña. A continuación se muestra los procedimientos que se ha seguido para construir la cámara de combustión de la estufa ecológica:

En la fila 1, se ha realizado una plataforma para la base de la estufa ecológica con ladrillos refractarios, el cual tiene las siguientes dimensiones, 92 cm de largo y 50cm de ancho, para ello se ha utilizado 22 unidades de ladrillos refractarios más medio ladrillo refractario, y para unir los ladrillos refractarios se ha utilizado cemento refractario Yellow como pegamento.

Es de vital importancia que el piso este bien nivelado ya que sobre este se va iniciar a construir la estufa ecológica, para la construcción de la plataforma se ha colocado en las esquinas los ladrillos maestros de acuerdo a la medida del plano, y se ha verificado con una escuadra la alineación y la correcta posición de cada uno, luego por la parte posterior

se ha unido con un cordel para después colocar los demás ladrillos refractarios, una vez concluida quedará como se muestra en figura 25.

### **Figura 26**

*Plataforma de la Estufa Ecológica con Ladrillos Refractarios.*



En la figura 26 se muestra la construcción de la plataforma de la estufa ecológica con ladrillos refractarios, una vez terminada la plataforma se procede a construir la fila 2 de la estufa ecológica con ladrillos refractarios que tiene un aparejo tipo sogá, y la unión entre ladrillos se realiza con cemento refractario Yellow. En la fila 2 se ha utilizado 10 unidades de ladrillos más medio ladrillo como se puede mostrar en la figura 27.

Se coloca el ladrillo refractario en la posición correspondiente, se mueve ligeramente, y se presiona hacia abajo hasta lograr su correcto asentado. Para afinar el alineamiento y el nivelado del ladrillo, se utiliza el cordel y se le da golpes suaves con el mango del badilejo.

## Figura 27

*La Construcción y la Dirección de la Fila 1 y la Fila 2 y la Nivelación de los ladrillos maestros.*



Para construir la fila 2 se ha iniciado con la colocación de ladrillos maestros en los extremos del muro a levantar. Estos deben estar aplomados, nivelados y bien colocados como se muestra en la figura 26, después se estira un cordel entre los ladrillos maestros para asentar cada hilada; los ladrillos refractarios se colocan haciendo coincidir su borde externo con el cordel, así garantizamos que todos los ladrillos queden nivelados, alineados y aplomados. Se sigue los mismos procedimientos anteriores para construir las filas 3, fila 4, fila 5, y la fila 6 con las que quedará conformada la cámara de combustión como se puede mostrar en la figura 28.

## Figura 28

*Se Puede Mostrar la Construcción de la Cámara de Combustión.*



La fila 7 es la que será la cubierta de la cámara de combustión y al mismo tiempo será la base del horno, la cubierta se va construir con tejas refractarios que tiene dimensiones 10x20x2 cm, de los cuales se ha utilizado 24 unidades de tejas refractarios, las tejas se colocan en dirección al centro de la estufa ecológica una a continuación de la otra, y para fijar se unen con la mezcla del cemento refractario en la parte posterior se ha dejado un espacio con una dimensión 10x30 cm por donde circulará el humo procedente de la cámara de combustión, asimismo la fila 8 está construida en base a tejas refractarios alrededor de la cubierta de la cámara de combustión, y por último se ha utilizado 12 unidades de tejas refractarias tal como se puede mostrar en la figura 29.

## Figura 29

*Se Puede Mostrar la Construcción de la Cubierta de la Cámara de Combustión.*



### 3.8.2.2. Horno de la Estufa Ecológica.

Un horno es un dispositivo que genera calor y que lo mantiene dentro de un compartimiento cerrado. Se utiliza tanto en la cocina para preparar, calentar o secar alimentos, como en la industria. La energía calorífica utilizada para alimentar un horno puede obtenerse directamente, por combustión (leña, gas u otro combustible), radiación (luz solar), o indirectamente, por medio de electricidad (horno eléctrico). Horno de leña funciona a partir del uso de madera y troncos, es decir, de leña, y se utilizan en el sector gastronómico, que apuestan por él ya que consigue que los alimentos adquieran un sabor especial.

El horno de la estufa ecológica está conformado por las filas 9, 10 y 11, para el proceso

de la construcción de las filas se ha utilizado 35 unidades de ladrillos refractarios, en la parte posterior del horno se ha dejado un espacio para el recorrido y salida de los gases de combustión tal como se puede mostrar en la figura 30. Para la construcción de las filas se colocan ladrillos maestros en los extremos del muro, estos tienen que estar aplomados, y nivelados, a continuación se estira un cordel entre los ladrillos maestros para luego asentar los ladrillos en cada hilada. Los ladrillos se colocan haciendo coincidir su borde externo con el cordel, así garantizamos que todos los ladrillos estén nivelados, alineados y aplomados tal como se puede mostrar en la figura 29.

### **Figura 30**

*La Construcción del Horno de la Estufa Ecológica.*



La figura 31 se muestra la hilada de ladrillo refractario que será la cubierta del horno y al mismo tiempo será la base del serpentín, que nos servirá para el recorrido de los gases de combustión tal como se observa en la fila 12, el cual está construida con 24 unidades de tejas refractarios que tienen dimensiones 10x20x2 cm, en esta cubierta se deja un espacio vacío de 10 cm de ancho y 30 cm de largo por donde circulará los gases producidos en la cámara de combustión.

### **Figura 31**

*La Cubierta del Horno y la Primera Fila del Primer Serpentín.*



### 3.8.2.3. Serpentes de la Estufa Ecológica.

A partir de fila 13, se inicia con la construcción de serpentes de la estufa ecológica, La temperatura de combustión es muy alta y el recorrido de los gases dentro de la estufa es muy largo antes de salir por la chimenea, los serpentes permite que se efectúe una combustión muy completa.

#### **Figura 32**

*Construcciones de la Primera Hilada del Serpentín.*



**Figura 33**

*Se Muestra el Proceso de Construcción de la Cubierta del Primer Serpentín.*



**Figura 34**

*Procedimiento de Construcción de la Fila del Segundo Serpentín.*



### Figura 35

*Se Puede Mostrar la Construcción Terminada de la Estufa Ecológica.*



#### 3.8.2.4. Colocación de las Puertas.

La puerta de hierro de la cámara de combustión y del horno de la estufa ecológica de alto rendimiento se colocará una vez terminada la construcción de los muros, los cobertizos, y el serpentín de la estufa ecológica de alto rendimiento, asimismo en la parte superior e inferior del marco de la puerta se soldará las cuatro orejas para fijar la puerta.

La colocación de la puerta será de la siguiente manera:



1. Antes de fijar la puerta, la pared debe estar previamente nivelada y aplomada, luego se harán los acabados de la puerta.
2. Al instalar el marco de la puerta, antes se debe comprobar si está bien encuadrada es decir, circundada en el vano donde se fijará la puerta. Esto se prueba, tomando las medidas de forma diagonal (sus dos diagonales) del vano o vacío donde irá la puerta.
3. En caso de desnivel, picar con mucho cuidado la pared con cincel y combo.
4. Para fijar la puerta de la cámara de combustión y la puerta del horno, se ha hecho pequeños agujeros en la parte superior e inferior de las hiladas de ladrillos refractadas, utilizando el material combo y cincel.
5. Antes de fijar el marco en el espacio donde irá la puerta, verificar con el nivel de burbuja que realmente este bien tanto su plomada como su nivel.
6. Ponemos la puerta en el hueco y la ajustamos. Tendremos que dejarla perfectamente aplomada, insertando cuñas donde sea necesario. Para hacer este trabajo, nos ayudaremos de un nivel de burbuja.
7. A continuación, se sujetará la puerta en las hiladas con cemento.
8. Después de ser fijado, comenzaremos a rellenar los huecos vacíos de las hileras de la pared. Es importante rellenar los vacíos con la mezcla hasta el fondo, remetiéndola entre los restos de ladrillos.
9. Una vez terminado la estufa ecológica y haya secado, luego se hará el acabado de los anclajes aplicando cemento de forma regular y uniforme. Es decir, debemos dejar la superficie lo más liso posible.

**Figura 36**

*Instalación de la Puerta de la Cámara de Combustión.*



**Figura 37**

*Instalación de la Puerta del Horno de la Estufa Ecológica.*



### 3.8.2.5. Colocación de la Chimenea.

La chimenea es el accesorio más importante de la estufa ecológica de alto rendimiento, tiene la función de evacuar los gases producidos por la leña, hacia el exterior. La chimenea de la estufa ecológica de alto rendimiento, está construido de plancha metálica doblada en forma circular, su uso de este material es por la comodidad al momento de instalar, no se rompe, y es de una sola pieza. Se ha instalado de la siguiente forma:

1. Se ha hecho un agujero en el techo directamente encima de la chimenea.
2. Luego se procederá a colocar la chimenea en el techo de la vivienda.
3. Se ha adosado la base de la chimenea al collarín y a la embocadura de la chimenea.
4. Finalmente se ha adosado la chimenea con la placa pre fabricado.

#### **Figura 38**

*Instalación de la Chimenea de la Estufa Ecológica.*



### 3.8.3. Análisis Técnico y Económico de la Estufa Ecológica

#### 3.8.3.1. Análisis de Costos.

En este apartado se describen los costos unitarios y el costo total de la construcción de la estufa ecológica, para determinar el costo total se ha considerado el costo total de los materiales, costo total de la mano de obra, y el costo total del transporte; para adquirir los materiales se ha invertido un total de 1554.3 soles, en la mano de obra se ha invertido un total de 80.00 soles, y para el flete del transporte para trasladar los materiales de la estufa ecológica se ha invertido una cantidad de 70.00 soles; y por último se ha obtenido el costo total de la construcción de la estufa ecológica el cual nos ha resultado 1704.3 soles tal como se puede apreciar en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Análisis de Costos.*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Total S/.</b>
<b>Materiales</b>				
Ladrillo refractario	Und	205	4.00	820.00
Tejuela refractario	Und	132	3.00	396.00
Ladrillo artesanal	Und	70	0.50	35.00
Cemento refractario yellow (5kg)	Bol	7	18.9	132.30
Cemento portland tipo I (42.5kg)	bol	1	22.00	22.00
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0.4	35.00	14.00
Puerta metálica cámara combustión	und	1	50.00	50.00
Puerta metálica para horno	und	1	30.00	30.00
Chimenea de 4"	und	1	50.00	50.00
Base de la chimenea	und	1	5.00	5.00
				<b>1554.3</b>
<b>Mano de obra</b>			80.00	<b>80.00</b>
<b>Transporte</b>			70.00	<b>70.00</b>
<b>Total</b>				<b>1704.3</b>

### 3.8.3.2. Calor Consumido por la Estufa Ecológica.

Para determinar el calor consumido por la estufa ecológica durante las horas de funcionamiento, es necesario conocer las capacidades caloríficas de las leñas y su densidad, que a continuamos se muestra en la tabla 13.

**Tabla 13**

*Capacidad Calorífica de las Leñas.*

Espece (madera seca)	Capacidad calorífica (cal/kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Álamo criollo	4450	440
Sauce álamo	4450	475
Sauce llorón	4450	450
Ciprés	4700	620
Coihue	4650	620
Lenga	4600	570
Ñire	4600	670
Eucalipto	4680	750
Algarrobo	4500	800

Fuente: (Battro, 1994)

Determinamos el calor consumido por la estufa ecológica durante las horas de funcionamiento. Para calentar la estufa ecológica se ha utilizado la leña obtenido de eucalipto el cual tiene su capacidad calorífica de 4680 cal/kg. Para obtener el confort térmico dentro de la vivienda con estufa ecológica como calefacción, se ha utilizado 10 kg de leña de eucalipto, con los datos conocidos se va a determinar el calor consumido por la estufa ecológica.

$Q_{consumido}$ : Calor consumido por la estufa ecológica.

$$1kg \text{ --- } 4680 \text{ cal}$$
$$10kg \text{ --- } Q_{consumido}$$
$$Q_{consumido} = \frac{(10kg)(4680cal)}{1kg}$$

$$Q_{consumido} = 46800 \text{ calorías}$$

La estufa ecológica ha consumido 46800 calorías de la leña de eucalipto el cual es suficiente para mantener la temperatura de la vivienda dentro del confort térmico durante toda la noche.

### **3.8.3.3. Características de Calefacción Eléctrica Modelo Termoradiador de Aceite Taurus.**

A continuación vamos a mostrar las características de calefacción eléctrica de un modelo Termoradiador de aceite Taurus esto con la finalidad de realizar un cuadro comparativo de la eficiencia en brindar calor a la vivienda entre la estufa ecológica y la calefacción eléctrica. La calefacción eléctrica consta de una pantalla digital con selector de potencia y temporizador. Programa y elige la temperatura deseada, ajustable de 5 a 35° C. funcionamiento en modo económico. 3 niveles de potencia, tal como se puede mostrar en la figura 39 y en la tabla 14.

#### **Figura 39**

*Calefacción Eléctrica Modelo Termoradiador de Aceite Taurus.*



Fuente: <https://www.falabella.com.pe/falabella-pe/product/16840254/Calefactor-Agadir-2500/16840254>

**Tabla 14***Características de calefacción eléctrica*

<b>Descripción</b>	<b>Características</b>
Modelo	Agadir 2500
Ancho (cm)	47
Alto (cm)	63
Tipo de conducción térmica	Radiación
Potencia	2500 W
Voltaje	220 V
Alimentación/ Combustible	Red eléctrica
Tipo	Termoventilador
Marca	Taurus
Abertura	20 m

Fuente: <https://www.falabella.com.pe/falabella-pe/product/16840254/Calefactor-Agadir-2500/16840254>

**3.8.3.4. Comparación en Costos de Funcionamiento Entre la Estufa****Ecológica y la Calefacción Eléctrica.**

La comparación en costos de funcionamiento de la estufa ecológica de alto rendimiento que se ha construido en el presente proyecto se va realizar con la calefacción eléctrica de Termoradiador aceite Taurus por encontrarse en el mercado de la ciudad de Juliaca y por contar con bajo precio para así poder adquirirlo.

Cuando un electrodoméstico se conecta al tomacorriente y se enciende, este va a consumir una cantidad de energía eléctrica que depende del tiempo que lo mantengamos encendido, así como de su potencia eléctrica; es por ello que si desea saber el consumo de energía eléctrica de un electrodoméstico, se debe conocer el valor de la potencia eléctrica, generalmente expresado en Watts (W) y las horas de encendido del equipo (horas de uso promedio por día); luego se toman dichos valores y se aplica el siguiente expresión.

Energía eléctrica = Potencia eléctrica (W) x tiempo de uso en horas (h)



Energía eléctrica (watts por hora) = Wh

Las unidades obtenidas cuando se aplica la expresión anterior son Wh, este valor se debe dividir entre 1000 para obtener kWh.

A continuación vamos a determinar cuánto es el consumo de energía eléctrica de una calefacción eléctrica de termoradiador aceite Taurus y el costo de funcionamiento utilizándola durante 14 horas al día, además según las características de la calefacción eléctrica termoradiador tiene una potencia de 2500 W tal como se puede observar en la tabla 14.

Recuerde que la energía es igual potencia eléctrica por tiempo de uso en horas; por lo tanto:

$$E = \text{potencia} \times \text{tiempo}$$

$$E = 2500 \text{ Watts} \times 14 \text{ horas}$$

$$E = 35\,000 \text{ Wh}$$

Como se puede observar las unidades obtenidas para la energía eléctrica están dadas en función de Wh. Ahora se debe dividir este valor entre 1000 para obtener el valor en kWh.

$$E = \frac{35000}{1000} \text{ kWh}$$

$$E = 35 \text{ kWh}$$

Entonces el consumo de la calefacción eléctrica del modelo termoradiador de aceite Taurus utilizando 14 horas diarias es de 35 kWh de energía eléctrica.

En seguida vamos a determinar el costo de funcionamiento de la calefacción eléctrica, sabiendo que las tarifas se establecen teniendo en cuenta el sistema de medición para cada alternativa y no el uso de la energía, por lo que no se diferencia explícitamente entre tarifas industriales, comerciales y de uso general, etc. El precio unitario de kWh de electro Puno es de 0.4782 soles, conociendo el precio unitario de kWh y la cantidad de

energía consumida por la calefacción determinamos el costo total.

Costo de la energía consumida por la calefacción eléctrica =  $0.4782 \times 35$

Costo de la energía consumida por la calefacción eléctrica = 16.737 soles.

En la tabla 15 se muestra el cuadro comparativo en costos de funcionamiento entre la estufa ecológica y el calefactor eléctrica modelo termoradiador de aceite taurus.

**Tabla 15**

*Cuadro comparativo entre la estufa y el calefactor eléctrico.*

Descripción	Tiempo	Costo de funcionamiento
	Horas	Soles
Termoradiador aceite Taurus.	14	16.80
Estufa ecológica.	14	11.00

En la tabla 15 se muestra el resultado del costo de funcionamiento entre la estufa ecológica y el calefactor eléctrica, considerando el tiempo de duración de la temperatura dentro del confort térmico de la estufa ecológica de alto rendimiento que brindan en el interior de las vivienda, que según a los resultados obtenidos es de 14 horas con una hora de calentamiento de la estufa ecológica y durante este tiempo se ha utilizado 10 kilos de leña de eucalipto que se ha adquirido con un precio de 11.00 soles que sería el costo de funcionamiento de la estufa ecológica; mientras que la calefacción eléctrica funcionando 14 horas tiene un costo de funcionamiento de 16.80 soles; a partir de estos resultados se puede concluir que la estufa ecológica tiene menor costo de funcionamiento que la de calefacción eléctrica Termoradiador aceite Taurus.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Funcionamiento de la Estufa Ecológica

El cemento refractario que es el material que se ha utilizado para pegar los ladrillos refractarios de la estufa ecológica debe tener un cierto tiempo de secado, 30 días como mínimo, luego de este lapso, se puede prender la estufa ecológica. Los primeros fuegos se deben de hacer con la puerta abierta y con poco fuego para que la gran circulación de aire permita secar y cocinar el material de mezcla a una temperatura moderada.

#### Figura 40

*Funcionamiento de la Estufa Ecológica de Alto Rendimiento.*



## 4.2. Medición de la Temperatura

El encendido de la estufa se realiza como cualquier estufa, con leña chica y bien seca. Cuando la leña chica se va consumiendo se agregan leñas más grandes. Conviene que la estufa se vaya calentando de poco a poco. En la figura 41 se puede mostrar el encendido y funcionamiento de la estufa ecológica.

### Figura 41

*Encendido de la Estufa Ecológica de Alto Rendimiento.*



En la tabla 16 se puede mostrar las temperaturas medidas del interior de la vivienda de la comunidad de Tumaruma sin la estufa, la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica, la temperatura ambiental y la temperatura interior de la estufa, las temperaturas se han medido el día 14 de setiembre del 2019.

**Tabla 16***Temperaturas Medidas en la Comunidad de Tumaruma.*

Hora	Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C)	Temperatura de vivienda con la estufa (°C)	Temperatura de la vivienda con la estufa a 1m (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura interior de estufa (°C)
15:30	17.2	16.8	16.8	13.9	16.8
15:45	16.8	16.8	16.8	13.8	16.8
16:00	16.5	17.6	16.8	13.8	25
16:15	16	18.4	16.8	13.7	36
16:30	15.9	19.3	17.8	13.4	45
16:45	15.5	19.6	17.8	13.3	67
17:00	15.1	21.5	19.8	13.2	90
17:15	15	22.7	21	12	140
17:30	14.4	23.9	22.3	11.4	176
17:45	12.8	25.1	23.5	10.8	221
18:00	12.8	26.5	25	10.8	235
18:15	12.1	26.7	25.3	10	241
18:30	11.8	26.8	25.5	9.8	248
18:45	11.6	27.2	25.9	9.5	253
19:00	11.5	27.3	26	9.4	259
19:15	11.4	27.5	26.3	9.3	260
19:30	11.3	27.6	26.5	9	260
19:45	11	27.6	26.8	8.7	261
20:00	10.8	27.7	27	8.4	263
20:15	10.7	27.7	27.1	8.2	263
20:30	10.5	27.7	27.2	8.1	263
20:45	10.4	27.7	27.2	7.9	263
21:00	10.3	27.7	27.3	7.6	263
21:15	10.1	27.7	27.3	7.4	263
21:30	10	27.7	27.3	7.2	263
21:45	9.8	27.7	27.3	7.2	263
22:00	9.8	27.7	27.3	7	263

En la tabla 17 se muestran los datos de las horas en las que se ha medido la temperatura de la vivienda sin la estufa, temperatura de la vivienda con la estufa ecológica, la temperatura ambiental y la temperatura de la estufa ecológica. Estos datos se han obtenido el día 21 de setiembre del 2019.

**Tabla 17***Temperaturas medidas de la estufa ecológica.*

Hora	Temperatura de vivienda sin la estufa (°C)	Temperatura de la vivienda con la estufa (°C)	Temperatura de la vivienda con la estufa a 1m (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura interior de la estufa (°C)
15:30	16.4	18	18	15.7	70
15:45	16.3	20.9	20.3	15.5	88
16:00	16.3	24.1	22.6	15.3	113.5
16:15	12.8	25.4	24	13.5	158.6
16:30	12.6	27.3	26.3	11.1	160
16:45	12.3	28.5	27.7	9.3	186
17:00	12.2	29	28.3	8.5	195.4
17:15	9.5	29.1	28.5	8.5	210.5
17:30	9.4	29.2	28.6	8.4	220
17:45	9.4	29.2	28.7	8.4	233.6
18:00	9.4	29.2	28.7	8.2	242
18:15	9.4	29.3	28.8	8	249
18:30	9.4	29.3	28.8	7.8	256
18:45	9.3	29.3	28.9	7.5	264
19:00	9.3	29.3	28.9	7.4	265
19:15	9.3	29.3	28.9	7.4	265
19:30	9.2	29.3	29	7.3	266
19:45	9.2	29.3	29	7.2	266.2
20:00	9.2	29.3	29	7	266.2
20:15	9.1	29.3	29	6.8	266.3
20:30	9.1	29.3	29.1	6.5	266.3
20:45	9.1	29.3	29.1	6.5	266.2
21:00	9.1	29.3	29.1	6.4	266.3
21:15	9	29.3	29.1	6.4	266.2
21:30	9	29.3	29.1	6.2	266.1
21:45	9	29.3	29.1	6.1	266.1
22:00	9	29.3	29.1	6.1	266

### 4.3. Cálculo y Análisis de Resultados

#### Resultados del objetivo específico N°1

##### *4.3.1. Variación de la Temperatura Transferida por Conducción de la Estufa Ecológica de Alto Rendimiento al Interior de la Vivienda*

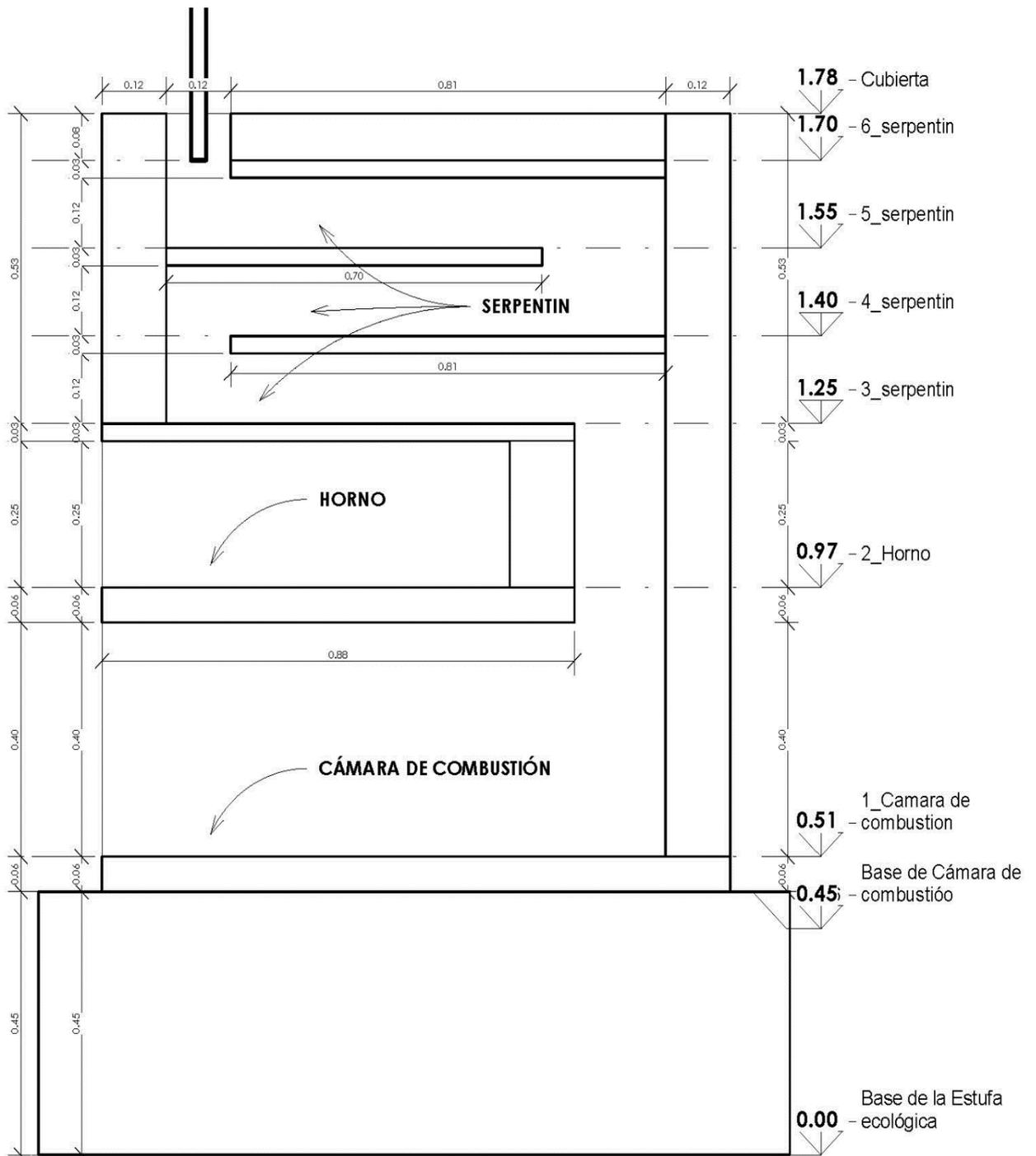
Para determinar la transferencia de calor que brinda la estufa ecológica, se requiere conocer la conductividad térmica de ladrillo refractario, el espesor de la pared

de la estufa ecológica, y las dimensiones de la estufa ecológica, que a continuación se muestra:

- Conductividad térmica de ladrillo refractario: 1.05 W/(m.K)
- Área total de la estufa ecológica es 2.7132 m<sup>2</sup>

**Figura 42**

*Dimensiones de la Estufa Ecológica.*



❖ Determinamos la Transferencia de calor para las 15:30 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 0K - 0K = 0K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor trasferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{0K}{0.12m}\right) = 0 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (0 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 0W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 15:30 horas es  $0W$ .

❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 16:00 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 298.15K - 290.75K = 7.4K$$

Determinamos el flujo de calor, es decir, la velocidad del calor trasferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{7.4K}{0.12m}\right) = 64.75 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 \text{ m}^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (64.75 \text{ W/m}^2)(2.7132 \text{ m}^2)$$

$$q_x = 175.67 \text{ W}$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 16: 00 horas es  $175.67 \text{ W}$

❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 18:00 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 508.15 \text{ K} - 299.65 \text{ K} = 208.5 \text{ K}$$

Determinamos el flujo de calor, es decir, la velocidad del calor trasferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right) \left(\frac{208.5 \text{ K}}{0.12 \text{ m}}\right) = 1824.375 \text{ W/m}^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 \text{ m}^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (1824.375 \text{ W/m}^2)(2.7132 \text{ m}^2)$$

$$q_x = 4949.89 \text{ W}$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 18: 00 horas es  $4949.89 \text{ W}$ .

❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 20:00 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la



estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 536.15K - 300.85K = 235.3K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor trasferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{235.3K}{0.12m}\right) = 2058.875 W/m^2$$

Determinamos el calor trasferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2058.875 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5586.13W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 20: 00 horas es 5586.13W.

**Tabla 18**

*Determinación de la Transferencia de Calor de la Estufa.*

Hora	Temperatura de la vivienda con la estufa (°C)	Temperatura interior de la estufa (°C)	Temperatura interior vivienda con la estufa (°K)	Temperatura de la estufa (°K)	Variación de temperatura (°K)	Transferencia de calor (W/m <sup>2</sup> )	Transferencia de calor de la estufa (W)
15:30	16.8	16.8	289.95	289.95	0	0.00	0.00
15:45	16.8	16.8	289.95	289.95	0	0.00	0.00
16:00	17.6	25	290.75	298.15	7.4	64.75	175.67
16:15	18.4	36	291.55	309.15	17.6	160.70	436.00
16:30	19.3	45	292.45	318.15	25.7	234.65	636.66
16:45	19.6	67	292.75	340.15	47.4	432.78	1174.23
17:00	21.5	90	294.65	363.15	68.5	625.43	1696.93
17:15	22.7	140	295.85	413.15	117.3	1071.00	2905.84
17:30	23.9	176	297.05	449.15	152.1	1388.74	3767.93
17:45	25.1	221	298.25	494.15	195.9	1788.65	4852.97
18:00	26.5	235	299.65	508.15	208.5	1824.37	4949.89
18:15	26.7	241	299.85	514.15	214.3	1956.65	5308.79
18:30	26.8	248	299.95	521.15	221.2	2019.65	5479.72
18:45	27.2	253	300.35	526.15	225.8	2061.65	5593.67
19:00	27.3	259	300.45	532.15	231.7	2115.52	5739.83
19:15	27.5	260	300.65	533.15	232.5	2122.83	5759.65
19:30	27.6	260	300.75	533.15	232.4	2121.91	5757.17
19:45	27.6	261	300.75	534.15	233.4	2131.04	5781.95

20:00	27.7	263	300.85	536.15	235.3	2058.87	5586.13
20:15	27.7	263	300.85	536.15	235.3	2058.87	5586.13
20:30	27.7	263	300.85	536.15	235.3	2058.87	5586.13
20:45	27.7	263	300.85	536.15	235.3	2058.87	5586.13
21:00	27.7	263	300.85	536.15	235.3	2058.87	5586.13
21:15	27.7	263	300.85	536.15	235.3	2058.87	5586.13
21:30	27.7	263	300.85	536.15	235.3	2058.87	5586.13
21:45	27.7	263	300.85	536.15	235.3	2058.87	5586.13
22:00	27.7	263	300.85	536.15	235.3	2058.87	5586.13

**Tabla 19**

*Determinación de la Transferencia de Calor de la Estufa.*

Hora	Temperatura de la vivienda con la estufa (°C)	Temperatura interior de la estufa (°C)	Temperatura de la vivienda con la estufa (°K)	Temperatura interior de la estufa (°K)	Diferencia de temperatura (°K)	Transferencia de calor (W/m <sup>2</sup> )	Transferencia de calor de la estufa (W)
15:30	18	70	291.15	343.15	52	474.78	1288.18
15:45	20.9	88	294.05	361.15	67.1	612.65	1662.25
16:00	24.1	113.5	297.25	386.65	89.4	816.26	2214.68
16:15	25.4	158.6	298.55	431.75	133.2	1216.17	3299.72
16:30	27.3	160	300.45	433.15	132.7	1211.61	3287.34
16:45	28.5	186	301.65	459.15	157.5	1438.04	3901.70
17:00	29	195.4	302.15	468.55	166.4	1519.30	4122.18



17:15	29.1	210.5	302.25	483.65	181.4	1656.26	4493.77
17:30	29.2	220	302.35	493.15	190.8	1742.09	4726.63
17:45	29.2	233.6	302.35	506.75	204.4	1866.26	5063.54
18:00	29.2	242	302.35	515.15	212.8	1942.96	5271.63
18:15	29.3	249	302.45	522.15	219.7	2005.96	5442.56
18:30	29.3	256	302.45	529.15	226.7	2069.87	5615.97
18:45	29.3	264	302.45	537.15	234.7	2142.91	5814.15
19:00	29.3	265	302.45	538.15	235.7	2152.04	5838.92
19:15	29.3	265	302.45	538.15	235.7	2152.04	5838.92
19:30	29.3	266	302.45	539.15	236.7	2161.17	5863.70
19:45	29.3	266.2	302.45	539.35	236.9	2163.00	5868.65
20:00	29.3	266.2	302.45	539.35	236.9	2163.00	5868.65
20:15	29.3	266.3	302.45	539.45	237	2163.91	5871.13
20:30	29.3	266.3	302.45	539.45	237	2163.91	5871.13
20:45	29.3	266.2	302.45	539.35	236.9	2163.00	5868.65
21:00	29.3	266.3	302.45	539.45	237	2163.91	5871.13
21:15	29.3	266.2	302.45	539.35	236.9	2163.00	5868.65
21:30	29.3	266.1	302.45	539.25	236.8	2162.09	5866.17
21:45	29.3	266.1	302.45	539.25	236.8	2162.09	5866.17
22:00	29.3	266	302.45	539.15	236.7	2161.17	5863.70

**Resultados del objetivo específico N° 2****4.3.2. Comparación de las Temperaturas de la Vivienda Implementada con la Estufa Ecológica de Alto Rendimiento y una Vivienda sin la Estufa**

En la tabla 20 se muestra el resultado de la diferencia de la temperatura entre la vivienda con la estufa ecológica y la vivienda sin la estufa ecológica, se ha determinado con los datos obtenidos el día 14 de setiembre del 2019 desde las 15:30 horas hasta las 22:00 horas.

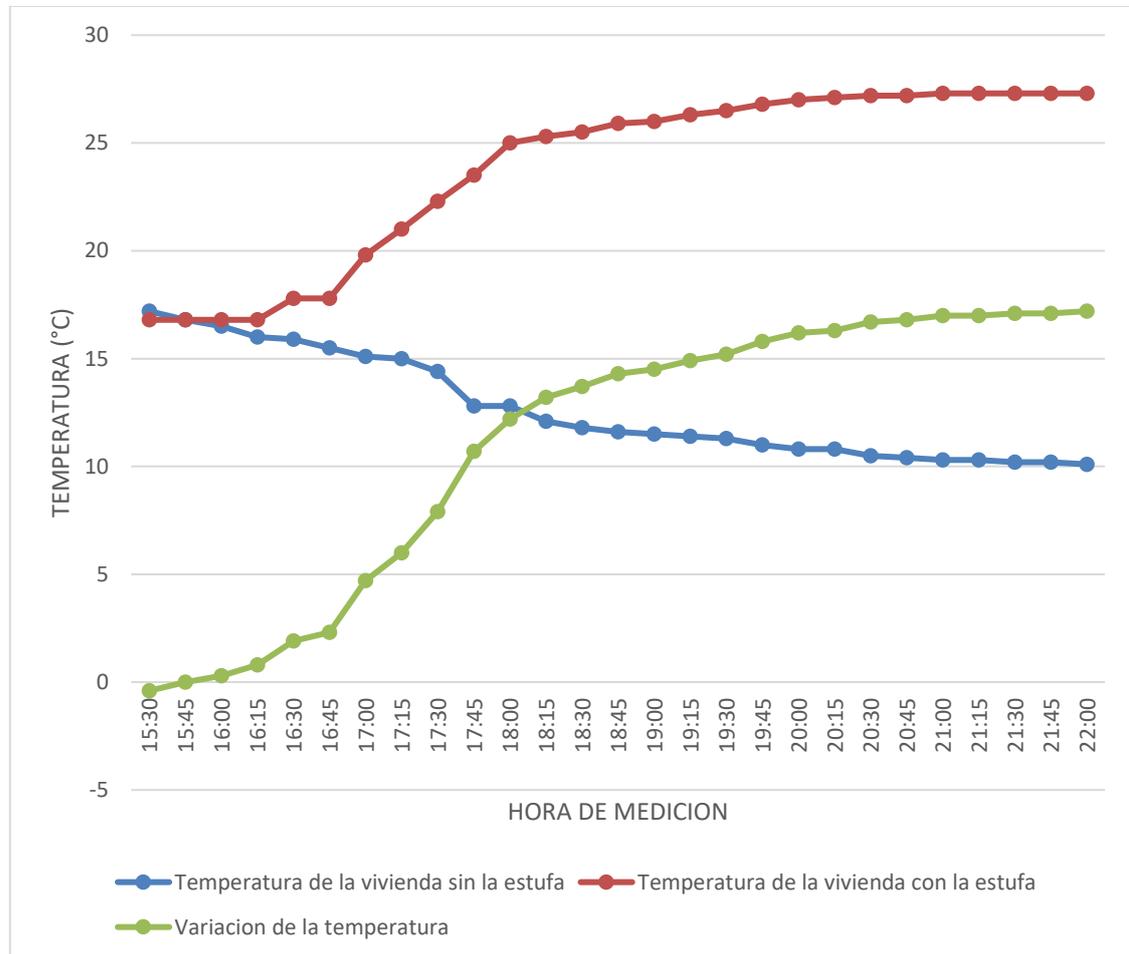
**Tabla 20**

*Comparación de Temperatura de Vivienda con la Estufa y sin la Estufa Ecológica.*

<b>Hora</b>	<b>Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C)</b>	<b>Temperatura de la vivienda con la estufa (°C)</b>	<b>Diferencia de la temperatura (°C)</b>
15:30	17.2	16.8	-0.4
15:45	16.8	16.8	0
16:00	16.5	16.8	0.3
16:15	16	16.8	0.8
16:30	15.9	17.8	1.9
16:45	15.5	17.8	2.3
17:00	15.1	19.8	4.7
17:15	15	21	6
17:30	14.4	22.3	7.9
17:45	12.8	23.5	10.7
18:00	12.8	25	12.2
18:15	12.1	25.3	13.2
18:30	11.8	25.5	13.7
18:45	11.6	25.9	14.3
19:00	11.5	26	14.5
19:15	11.4	26.3	14.9
19:30	11.3	26.5	15.2
19:45	11	26.8	15.8
20:00	10.8	27	16.2
20:15	10.8	27.1	16.3
20:30	10.5	27.2	16.7
20:45	10.4	27.2	16.8
21:00	10.3	27.3	17
21:15	10.3	27.3	17
21:30	10.2	27.3	17.1
21:45	10.2	27.3	17.1
22:00	10.1	27.3	17.2

**Figura 43**

*Gráfico de Comparación de temperatura de Vivienda sin la Estufa y la Vivienda con la Estufa.*



**Interpretación:** De la tabla 20 y de la figura 43 se puede observar que la temperatura de la vivienda con la estufa ecológica se incrementa desde el momento en que se ha puesto en funcionamiento la estufa ecológica, mientras que la temperatura de la vivienda que no tiene estufa ecológica va disminuyendo. Al momento de prender la estufa ecológica la temperatura de la vivienda con estufa es 16.8 °C y la de la vivienda sin la estufa ecológica tiene 17.2°C; a las 17:15 horas la temperatura de la vivienda con la estufa es 21 °C el cual ya se encuentra dentro del confort térmico, desde las 21:00 horas la temperatura que es 27.3 °C inicia a mantenerse constante además esta temperatura se encuentra dentro de lo permitido de confort térmico, se puede decir que ha alcanzado al

límite superior del confort térmico.

En la tabla 21 se muestra el resultado de la diferencia de temperatura que existe entre la temperatura de la vivienda con la estufa ecológica y la temperatura de la vivienda sin la estufa ecológica, la variación de temperaturas se ha determinado con los datos obtenidos el día 21 de setiembre del 2019 desde las 15:30 horas hasta las 22:00 horas.

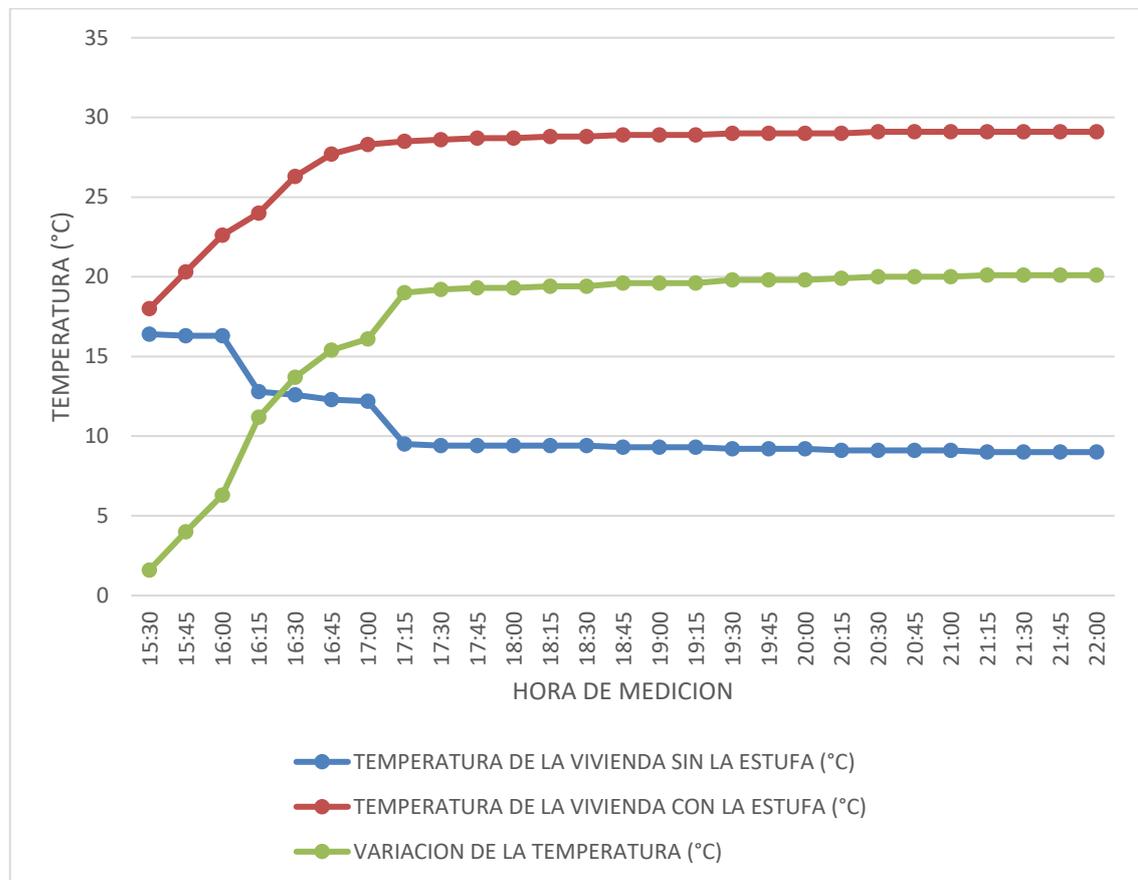
**Tabla 21**

*Comparación de Temperatura de la Vivienda sin la Estufa y la Vivienda con Estufa.*

<b>Hora</b>	<b>Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C)</b>	<b>Temperatura de la vivienda con la estufa (°C)</b>	<b>Diferencia de la temperatura (°C)</b>
15:30	16.4	18	1.6
15:45	16.3	20.3	4
16:00	16.3	22.6	6.3
16:15	12.8	24	11.2
16:30	12.6	26.3	13.7
16:45	12.3	27.7	15.4
17:00	12.2	28.3	16.1
17:15	9.5	28.5	19
17:30	9.4	28.6	19.2
17:45	9.4	28.7	19.3
18:00	9.4	28.7	19.3
18:15	9.4	28.8	19.4
18:30	9.4	28.8	19.4
18:45	9.3	28.9	19.6
19:00	9.3	28.9	19.6
19:15	9.3	28.9	19.6
19:30	9.2	29	19.8
19:45	9.2	29	19.8
20:00	9.2	29	19.8
20:15	9.1	29	19.9
20:30	9.1	29.1	20
20:45	9.1	29.1	20
21:00	9.1	29.1	20
21:15	9	29.1	20.1
21:30	9	29.1	20.1
21:45	9	29.1	20.1
22:00	9	29.1	20.1

**Figura 44**

*Gráfico de Comparación de Temperatura de la Vivienda sin la Estufa y con la Estufa.*



**Interpretación:** De la tabla 21 y de la figura 44 se puede observar que la temperatura de la vivienda con la estufa ecológica se incrementa desde el momento en que se ha puesto en funcionamiento la estufa ecológica, mientras que la temperatura de la vivienda que no tiene estufa ecológica va disminuyendo. Al momento de prender la estufa ecológica la temperatura de la vivienda con estufa ecológica es de 18 °C y la de la vivienda sin la estufa ecológica tiene 16.4 °C; a las 16:00 horas la temperatura de la vivienda con la estufa es 22.6 °C el cual ya se encuentra dentro del confort térmico, a las 16:45 horas la temperatura de la vivienda con estufa ecológica es de 27.7 °C el cual se encuentra en el límite superior del confort térmico. Se puede observar que la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica se sigue incrementando hasta 20:30 horas que es 29.1 °C, desde esta hora empieza a mantenerse constante la temperatura.

**Resultados del objetivo específico N°3****4.3.3. Tiempo de Duración de la Temperatura del Confort Térmico de las Estufas Ecológicas de Alto Rendimiento que Brindan en el Interior de las Viviendas**

En las siguientes tablas se muestran el resultado del tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas de alto rendimiento que brindan en el interior de las viviendas, del 14 y 23 de setiembre del 2019 desde las 15:30 horas hasta las 07:00 horas del día siguiente.

**Tabla 22**

*Resultados del tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas del día 14 de setiembre*

<b>Hora</b>	<b>Temperatura interior de vivienda sin la estufa (°C)</b>	<b>Temperatura interior de la vivienda con la estufa (°C)</b>	<b>Temperatura ambiente (°C)</b>
15:30	17.2	16.8	13.9
16:00	16.5	16.8	13.8
17:00	15.1	19.8	13.2
18:00	12.8	25	10.8
19:00	11.5	26	9.4
20:00	10.8	27	8.4
21:00	10.3	27.3	7.6
22:00	9.8	27.3	7
23:00	9	27	6.4
00:00	8.9	26.4	5.3
01:00	8.8	26	4.2
02:00	8.7	24.9	3.0
03:00	8.6	23.2	2.3
04:00	8.5	22.3	2.0
05:00	8.5	22.2	2.0
06:00	8.5	22.2	2.4
07:00	8.5	22.2	3.0

**Interpretación:** En la tabla 21 se muestra el resultado del tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas de alto rendimiento que brindan en el interior de las viviendas, donde se observa que la estufa ecológica se prende a las 15:30 horas del día 14 de setiembre, con una temperatura del interior de la vivienda

sin la estufa de 17.2 °C y con una temperatura de 13.9°C afuera del ambiente, donde el confort térmico empieza a las 18:00 horas y acaba a las 07:00 horas del día siguiente, según la carta psicométrica de (Givoni, 1998) “el confort térmico es de 20°C a 27°C de temperatura”, asimismo se observa en el cuadro que a las 21:00 y 22:00 horas el ambiente llega a su temperatura alta de 27.3 °C. Lo que quiere decir que el ambiente tendrá un tiempo de duración de 14 horas de confort térmico, con una hora de calentamiento de la estufa ecológica por ser el primer día.

**Tabla 23**

*Resultados del tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas del día 23 de setiembre.*

<b>Hora</b>	<b>Temperatura interior de vivienda sin la estufa (°C)</b>	<b>Temperatura interior de vivienda con la estufa (°C)</b>	<b>Temperatura ambiente (°C)</b>
15:30	16.4	18	15.7
16:00	16.3	22.6	15.3
17:00	12.2	28.3	8.5
18:00	9.4	28.7	8.2
19:00	9.3	28.9	7.4
20:00	9.2	29	7
21:00	9.1	29.1	6.4
22:00	9	29.1	6.1
23:00	8.9	29.1	5.6
0:00:00	8.8	29	5.0
01:00	8.7	28	4.3
02:00	8.6	26.9	3.4
03:00	8.5	25	2.1
04:00	8.4	23.3	1.3
05:00	8.3	21	1.0
06:00	8.3	21	1.0
07:00	8.7	21	1.3

**Interpretación:** En la tabla 23 se muestra el resultado del tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas de alto rendimiento que brindan en el interior de las viviendas, donde se observa que la estufa ecológica se prende

a las 15:30 horas del día 23 de setiembre, donde el confort térmico empieza a las 16:00 horas y acaba a las 07:00 horas del día siguiente, según la carta psicométrica de (Givoni, 1998) “el confort térmico es de 20°C a 27°C de temperatura”, asimismo se observa en el cuadro que a las 21:00, 22:00 Y 23:00 horas el ambiente llega a su temperatura alta de 29.1 °C. Lo que quiere decir que el ambiente tendrá un tiempo de duración de 16 horas de confort térmico, con una hora de calentamiento de la estufa ecológica.

Determinamos la ecuación lineal de la correlación entre la temperatura ambiente y la temperatura interior de la vivienda sin la estufa ecológica.

Según a la ecuación  $y = ax + b$ .

$x$  : Temperatura ambiente.

$y$  : Temperatura interior de la vivienda sin la estufa ecológica.

Determinamos el valor de “a” con la siguiente formula estadística.

$$a = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$
$$a = \frac{17 * 1151.2 - 99.6 * 168.1}{17 * 898.2 - (99.6)^2}$$
$$a = \frac{19570.4 - 16742.76}{15269.4 - 9920.16}$$
$$a = \frac{2827.64}{5349.24}$$
$$a = 0.5285$$

Determinamos el valor de “b” con la siguiente formula estadística.

$$b = \frac{\sum y - a \sum x}{n}$$
$$b = \frac{168.1 - 0.5285 * 99.6}{17}$$
$$b = \frac{168.1 - 52.6386}{17}$$



$$b = \frac{115.46}{17}$$

$$b = 6.7916$$

Reemplazamos los valores de “a” y de “b” en la ecuación de la correlación lineal, se tiene:

$$y = 0.5285x + 6.7916$$

Determinamos la ecuación lineal de la correlación entre la temperatura ambiente y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica. Según a la ecuación  $y = ax+b$ .

x : Temperatura ambiente.

y : Temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

Determinamos el valor de “a” con la siguiente formula estadística.

$$a = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{17 * 2556.79 - 99.6 * 438}{17 * 898.2 - (99.6)^2}$$

$$a = \frac{43465.43 - 43624.8}{15269 - 9920.16}$$

$$a = \frac{-159.37}{5348.84}$$

$$a = -0.02979$$

Determinamos el valor de “b” con la siguiente formula estadística.

$$b = \frac{\sum y - a \sum x}{n}$$

$$b = \frac{438 + 0.02979 * 99.6}{17}$$

$$b = \frac{438 + 2.967084}{17}$$

$$b = \frac{440.967084}{17}$$

$$b = 25.9392$$

Reemplazamos los valores de “a” y de “b” en la ecuación de la correlación lineal, se tiene:

$$y = -0.02979x + 25.9392$$

**Tabla 24**

*Resultados del tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas del mes de junio.*

Hora	Temperatura interior de vivienda sin la estufa (°C)	Temperatura interior de vivienda con la estufa (°C)	Temperatura ambiente (°C)
15:30	14.72	25.49	15
16:00	14.45	25.51	14.5
17:00	12.08	25.64	10
18:00	9.96	25.76	6
19:00	9.64	25.78	5.4
20:00	9.43	25.79	5
21:00	9.06	25.81	4.3
22:00	8.37	25.85	3
23:00	7.84	25.88	2
0:00:00	7.1	25.92	0.6
01:00	6.26	25.97	-1
02:00	5.37	26.02	-2.7
03:00	5.2	26.03	-3
04:00	4.57	26.06	-4.2
05:00	4.14	26.09	-5
06:00	5.73	26	-2
07:00	8.37	25.85	3

**Interpretación:** En la tabla 24 se muestra el resultado del tiempo de duración de la temperatura del confort térmico de las estufas ecológicas de alto rendimiento que brindan en el interior de las viviendas, donde se observa que la estufa ecológica se prende a las 15:30 horas en el mes de junio, donde el confort térmico empieza a las 16:00 horas y acaba a las 07:00 horas del día siguiente, según la carta psicométrica de (Givoni, 1998) “el confort térmico es de 20°C a 27°C de temperatura”, lo que quiere decir que el ambiente

tendrá un tiempo de duración de 16 horas de confort térmico, con una hora de calentamiento de la estufa ecológica.

#### 4.4. Prueba de Hipótesis

H(a): El sistema planteado confort térmico proporcionado por la estufa ecológica de alto rendimiento **es eficiente** en el interior de viviendas de la comunidad de Tumaruma del distrito de Lampa provincia de Lampa.

H(o): El sistema planteado confort térmico proporcionado por la estufa ecológica de alto rendimiento **no es eficiente** en el interior de viviendas de la comunidad de Tumaruma del distrito de Lampa provincia de Lampa.

Nivel de confianza 95%

Error  $\alpha = 5\%$  ó 0.05

Para realizar la prueba de normalidad se debe cumplir la siguiente condición.

P - valor  $\geq \alpha$ , Aceptar que los datos vienen de una distribución normal

P - valor  $< \alpha$ , Se rechaza que los datos vienen de una distribución normal

Primero para probar una hipótesis de una investigación se debe evaluar la prueba de normalidad para utilizar recién la prueba de t- student u otra prueba; en ese sentido con los datos obtenidos se llega a los siguientes resultados de prueba de normalidad.

**Tabla 25**

*Pruebas de normalidad de datos de las temperaturas*

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C)	0.245	27	0.000	0.807	27	0.000
Temperatura de la vivienda con la estufa a 1m (°C)	0.266	27	0.000	0.763	27	0.000

En el cuadro se muestra que el valor de significancia es 0.000 para los dos casos, en tal sentido lo que nos quiere decir que nuestros datos no son normales ya que nuestro

nivel de significancia no es mayor a 0.05.

Cuando los datos no son normales se opta por una prueba no paramétrica de wilcoxon, ya que esta prueba nos ayuda a probar nuestra hipótesis de investigación.

**Tabla 26**

*Prueba de rangos con signos de wilcoxon de Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C) frente a la temperatura de la vivienda con la estufa a 1m (°C)*

Rango	N	Rango promedio	Suma de rangos
Rangos negativos	27 <sup>a</sup>	14	378
Rangos positivos	0 <sup>b</sup>	0	0
Empates	0 <sup>c</sup>		
Total	27		

a. Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C) < Temperatura de la vivienda con la estufa a 1m (°C)

b. Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C) > Temperatura de la vivienda con la estufa a 1m (°C)

c. Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C) = Temperatura de la vivienda con la estufa a 1m (°C)

Las viviendas experimentaban una temperatura baja anteriormente significativamente menor antes que el tratamiento con estufa con una media de 14 °C.

**Tabla 27**

*Prueba de Wilcoxon de Temperatura de la vivienda sin la estufa (°C) frente a la temperatura de la vivienda con la estufa a 1m (°C)*

Z	-4,541 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	0.000

En el cuadro se muestra que el nivel de significancia es de 0.000 lo que quiere decir que el sistema planteado confort térmico proporcionado por la estufa ecológica de alto rendimiento **es eficiente** en el interior de viviendas de la Comunidad de Tumaruma del distrito de Lampa provincia de Lampa.



## V. CONCLUSIONES

1.- Para nuestro objetivo general que es determinar la eficiencia del confort térmico proporcionado por la estufa ecológica de alto rendimiento en el interior de las viviendas se tiene como conclusión que la estufa ecológica de alto rendimiento mejora la temperatura interior de la vivienda de la comunidad de Tumaruma de un 12 °C a 25 °C, beneficiando a las personas de las bajas temperaturas que están expuestas durante todo el año.

2.- Para medir la variación de la temperatura transferida por conducción de la estufa ecológica de alto rendimiento al interior de la vivienda, se tiene como conclusión que a las 15:30 horas la variación de la temperatura es 0 °C en los dos días; seguido a las 19:00 horas la variación de la temperatura es de 231.7 °C y 235.7 °C del primer y segundo día respectivamente y a las 22:00 horas la variación de la temperatura es de 235.3 °C y 236.8 °C del primer y segundo día respectivamente.

3.- Al comparar las temperaturas de la vivienda implementada con la estufa ecológica de alto rendimiento y una vivienda sin la estufa se tiene que a las 15:30 horas la variación de la temperatura es de -0.4 °C; seguido a las 19:00 horas la variación es de 14.5 °C y por último se tiene a las 22:00 horas donde la variación de 17.2 °C, lo que quiere decir que efectivamente la temperatura de la vivienda con la estufa ha aumentado con respecto a la vivienda sin la estufa ecológica.

4.- Con respecto al tiempo de duración de las estufas ecológicas de alto rendimiento dentro de la vivienda tiene un tiempo de duración de 14 a 16 horas de confort térmico con una hora de calentamiento de la estufa ecológica, considerando que el confort térmico se mantiene de 20°C a 27°C de temperatura.

5.- En cuanto a nuestra hipótesis planteada se concluye que el nivel de significancia obtenida es menor a 0.05 lo que quiere decir que se acepta la hipótesis



alterna y se rechaza la hipótesis nula, siendo así el confort térmico proporcionado por la estufa ecológica de alto rendimiento es eficiente en el interior de las viviendas de la comunidad de Tumaruma del distrito de Lampa, provincia de Lampa, región de Puno.



## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los pobladores que habitan en la comunidad de Tumaruma utilizar este tipo de sistema de calefacción, con la finalidad de mejorar la temperatura interior de las viviendas, además mejorar las condiciones de vida de las personas.

La Universidad por medio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil el cual cuenta con la especialidad de Construcciones y Gerencia debe impulsar en realizar proyectos de investigación de viviendas bioclimáticas para contrarrestar las bajas temperaturas de las zonas alto andinas de la Región de Puno.

Se recomienda a los investigadores, continuar con el presente proyecto de investigación relacionado a la estufa ecológica de alto rendimiento, diseñando con diferentes dimensiones.

Se recomienda a las entidades gubernamentales, incentivar la aplicación de este tipo de sistemas de calefacción en las viviendas de las zonas alto andinas.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- (Fedearroz), F. N. (2011). *Estadísticas Arroceras: Bondades y Beneficios del Arroz*. Bogota D.C.
- Acero, N. (2016). Evaluación y diseño de vivienda rural bioclimática en la comunidad campesina de Ccopachullpa del distrito de Ilave. *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Achoy Bustamante, L. A. (2012). *Estadística Descriptiva y Probabilidad*. Obtenido de Universidad de Occidente, Culiacan-México:  
<https://matematicasudeo.files.wordpress.com/2012/08/estadistica-descriptiva1.pdf>
- Agugliaro, F., Montoya, F., & Cruz, A. (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal confort. *Renew*.
- Alejandro Escalera Cruz, J. P. (2008). Estudios de morteros de cemento portland con ceniza de rastrojo de maíz: Posibilidades de uso en construcciones rurales. 12.
- Alvarez, H. (2009). Estudio de Cocinas Mejoradas Empleando Leña y Bosta como Combustible. *Tesis*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación*. Caracas: Editorial Episteme.
- Aristizábal, J. (2010). estufas mejoradas y bancos de leña: una alternativa de autoabastecimiento energético a nivel de finca para comunidades dependientes de los bosques de roble de la cordillera oriental de Colombia. *Artículo de investigación*. Revista Colombia Forestal, Colombia.
- Arnabat, I. (24 de 08 de 2020). *Caloryfrio.com*. Obtenido de Calcular la potencia calorífica para una casa o habitación:  
<https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calefaccion-instalaciones-componentes/calcular-la-potencia-calorifica-para-una-casa-o-habitacion.html>



- Baldwin, S. (1987). *Biomass Stoves*. Recuperado el 05 de 08 de 2019, de Engineering Design and Dissemination:  
<http://www.newdawnengineering.com/website/library/Papers+Articles/Biomass%20Stoves,%20Engineering%20Design,%20Development%20and%20Dissemination,%20Samuel%20Baldwin%201987.pdf>
- Battro, P. (1994). *Estufa a leña de alto rendimiento*. Centro REgional Patagonia Sur: INTA.
- Cano, J. B. (2013). *Hormigones con cascarilla de trigo para concretos reforzados aplicados a ensayos con briquetas en la ciudad de huaraz- ancash -2013*. Huaraz - Ancash.
- CARE PERU. (2010). *Confort Térmico en Viviendas Altoandinas*. Lima.
- Castillo, F. A. (2010). *Tecnología del concreto*. Lima.
- Cengel, Y. (2007). *Transferencia de calor y masa. Un enfoque practico (3a Ed.)*. México: Mcgraw-Hill Interamericana.
- Colbath, S. (20 de 11 de 2017). *eHow en Español*. Obtenido de Cualidades de retención del calor del ladrillo refractario: [https://www.ehowenespanol.com/cualidades-retencion-del-calor-del-ladrillo-refractario-info\\_217285/](https://www.ehowenespanol.com/cualidades-retencion-del-calor-del-ladrillo-refractario-info_217285/)
- E., F. R. (2009). *Elaboración de Concretos puzlánicos elaborados con contenido de ceniza de hoja de maíz para uso estructural*. Caracas.
- Fernandez, C., Hernandez, R., & Baptista, L. (2003). *Metodología de la investigación*. Mexico: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE MEXICO.
- Ferreiro, D., & Bosque , J. (2008). *Generación de un mapa de vientos en un SIG*. Universidad de Acalá.



- Flores, R. (2015). Efectividad del uso de cocinas mejoradas en la prevalencia de las infecciones respiratorias agudas en niños menores de 5 años, parcialidad de sihuinta - Puno. *Tesis*. UNA, Puno.
- Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Griffiths, J. (1985). *Climatología Aplicada (1ª ed.)*. México: Publicaciones Cultural S. A. de C.
- I.N.E.I. (2008). Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. *PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO DEL PERÚ, Segunda edición*. Instituto Nacional de Estadística e Informática-Perú.
- Incropera, F. (1999). *Fundamento de transferencia de calor (4a. Ed.)*. Mexico: Prentice Hall.
- Jimenez, R. (13 de 05 de 2003). *Wikipedia*. Obtenido de <http://www.wikipedia.org>
- Julian Salas, P. C. (2008). Empleo de cenizas de cáscara de arroz como adiciones en morteros. 19.
- Köppen, W. P. (1990). *Clasificación climática de Köppen*.
- Kreith, F., Manglik, R., & Bonhn, M. (2012). *Principios de transferencia de calor (7a. Ed.)*. México: Cengage Learning Editores S.A.
- Kvisgaard, B. (1997). *Thermal comfort. Denamark. Traducido por Martín Monroy (2000)*.
- Lechner, N. (2015). *Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architects*. fourth edition. ed. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.
- López, E. R. (2009). *Naturaleza y materiales del Concreto*. Lima.



- Machuca, L., Molina, J., & Espinoza, R. (2012). Estudio climático de vilcallamas arriba y análisis de indicadores bioclimáticos de aplicación potencial. *XIX Simposio Peruano de Energía Solar*, 12.
- Mafla, A. (2009). Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción.
- Mattey, P. E. (2015). aplicación de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructural. *LatinAm. Metal. Mat.*
- Mondelo, P., Torada, E., Comas, S., & Castejón, V. Y. (1999). *Confort y estrés térmico*. EDICIONS UPC. BARCELONA.
- Morillon, D. (2004). *Atlas de Bioclima de Mexico*. México: UNAM.
- NORMA ISO 7730. (2005). Ergonomía del ambiente térmico.
- Parsons, K. (2010). *Thermal confort in buildings, in: Hall, M.R.* Hall: Woodhead publishing.
- Pedro E. Mattey, R. A. (2015). Aplicación de la ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques no estructurales. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*.
- Pérez, G. C. (2010). Evaluación de uso de cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería. Guatemala.
- Pinel, D. E.-T. (2014). *Valorización de cenizas de bagazo procedentes de honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento Portland*. Honduras .
- Plaza Vea. (s.f.). *Supermercado*. Obtenido de <https://www.plazavea.com.pe/termoradiador-de-aceite-aurus-agadir-2500-99921702/p>



- Prieto, R., Quispe, J., & Orezza, G. (2013). *Soluciones Constructivas para elevar la temperatura interior en Viviendas rurales ubicadas en zonas altoandinas*. Lima.
- Quero, V. G. (2016). Desechos agroindustriales para construcción . *CONACYT*.
- RAE. (2001). *Diccionario de la Real Academia Española (22.a ed. ed.)*. Madrid, España.
- Seiscubos*. (23 de 08 de 2019). Obtenido de Confort térmico y cuerpo humano:  
<https://www.seiscubos.com/conocimiento/confort-termico-y-cuerpo-humano>
- Selltiz, C., Jahoda, M., Deutsch, M., & Cook, S. (1980). *Metodos de Investigacion en las Relaciones Sociales (9a edicion)*. Madrid: RIALP.
- Still, D. (2008). El Diseño de estufas mejoradas para calefacción. En *Centro de Investigación Aprovecho y la Fundación Shell* (pág. 48). Estados Unidos.
- Terron, D. (2005). El Confort Térmico Como Medida De Evaluación Experimenta Y Analítica En La Vivienda De Interés Social. *Tesis*. ITESM, México.
- Turegano, J., Hernandez, M., & Garcia, F. (2003). *La inercia termica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como refuerzo de los aportes solares de caracter pasivo*. España.
- Vásquez Paniagua, E. (2007). *Concreto de alto desempeño con elevado consumo de ceniza volante*. Tesis para optar el grado de Maestro en Ingeniería Civil y construcción, UNAM- Mexico.
- White, H., & Sabarwal , S. (2014). *Diseño y métodos cuasiexperimentales*. Florencia: Centro de Investigaciones de UNICEF.
- Wieser, M. (2011). *Consideraciones bioclimaticas en el diseño arquitectónico: El caso Peruano. Cuadernos de arquitectura*. Lima.



## ANEXO B: TRANSFERENCIA DE CALOR DE LA ESTUFA ECOLÓGICA.

- ❖ Determinamos la Transferencia de calor para las 15:30 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 0K - 0K = 0K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor trasferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$
$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{0K}{0.12m}\right) = 0 W/m^2$$

Determinamos el calor trasferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (0 W/m^2)(2.7132m^2)$$
$$q_x = 0W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 15:30 horas es  $0W$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 15:45 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 0K - 0K = 0K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor trasferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{0K}{0.12m}\right) = 0 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (0 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 0W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 16: 00 horas es  $0W$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 16:00 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 298.15K - 290.75K = 7.4K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{7.4K}{0.12m}\right) = 67.57 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (67.57 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 183.32W$$



Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 16:00 horas es  $183.32W$

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 16:15 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 309.15K - 291.55K = 17.6K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{17.6K}{0.12m}\right) = 160.70 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (160.70 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 436.00W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 16:15 horas es  $436.00W$

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 16:30 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 318.15K - 290.45K = 25.7K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor

trasferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{25.7K}{0.12m}\right) = 234.65 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (234.65 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 636.66W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 16: 00 horas es  $636.66W$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 16:45 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 340.15K - 290.75K = 47.4K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{47.4K}{0.12m}\right) = 432.78 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (438.78 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 1174.23W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 16: 45 horas es 1174.23W.

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 17:00 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 363.15K - 294.65K = 68.5K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{68.5K}{0.12m}\right) = 625.43 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de 2.7132 m<sup>2</sup>, que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (625.43 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 1696.93W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 17: 00 horas es 1696.93W.

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 17:15 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 413.15K - 295.85K = 117.3K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{117.3K}{0.12m}\right) = 1071.00 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (1071.00 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 2905.84W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 16: 00 horas es 2905.84W.

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 17:30 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 449.15K - 297.05K = 152.1K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{152.1K}{0.12m}\right) = 1388.74 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.



$$q_x = q_x'' \cdot A = (1388.74 \text{ W/m}^2)(2.7132\text{m}^2)$$

$$q_x = 3767.93\text{W}$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 16: 00 horas es 3767.93W.

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 17:45 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 494.15\text{K} - 298.25\text{K} = 195.9\text{K}$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right) \left(\frac{195.9\text{K}}{0.12\text{m}}\right) = 1788.65 \text{ W/m}^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(\text{W})$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de 2.7132 m<sup>2</sup>, que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (1788.65 \text{ W/m}^2)(2.7132\text{m}^2)$$

$$q_x = 4852.97\text{W}$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 16: 00 horas es 4852.97W.

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 18:00 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.



$$\Delta T = 508.15K - 299.65K = 208.5K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{208.5K}{0.12m}\right) = 1903.70 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (1903.70 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5165.11W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 18:00 horas es  $5165.11W$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 18:15 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 514.15K - 299.85K = 214.3K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{214.3K}{0.11m}\right) = 1956.65 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total

de  $2.7132 \text{ m}^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (1956.65 \text{ W/m}^2)(2.7132 \text{ m}^2)$$

$$q_x = 5308.79 \text{ W}$$

Por lo tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 18:15 horas es  $5308.79 \text{ W}$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 18:30 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 521.15 \text{ K} - 299.95 \text{ K} = 222.2 \text{ K}$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right) \left(\frac{221.5 \text{ K}}{0.12 \text{ m}}\right) = 2019.65 \text{ W/m}^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x (\text{W})$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 \text{ m}^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2019.65 \text{ W/m}^2)(2.7132 \text{ m}^2)$$

$$q_x = 5479.72 \text{ W}$$

Por lo tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 18:30 horas es  $5479.72 \text{ W}$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 18:45 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la

estufa ecológica.

$$\Delta T = 526.15K - 300.35K = 225.8K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{225.8K}{0.12m}\right) = 2061.65 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2061.65 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5593.67W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 18:45 horas es 5593.67W.

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 19:00 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 532.15K - 300.45K = 231.7K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{231.7K}{0.12m}\right) = 2115.52 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de

tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 \text{ m}^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2115.52 \text{ W/m}^2)(2.7132 \text{ m}^2)$$

$$q_x = 5739.83 \text{ W}$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 19:00 horas es  $5739.83 \text{ W}$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 19:15 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 533.15 \text{ K} - 300.65 \text{ K} = 232.5 \text{ K}$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right) \left(\frac{232.5 \text{ K}}{0.12 \text{ m}}\right) = 2122.83 \text{ W/m}^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 \text{ m}^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2122.83 \text{ W/m}^2)(2.7132 \text{ m}^2)$$

$$q_x = 5757.65 \text{ W}$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 19:15 horas es  $5757.65 \text{ W}$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 19:30 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la

temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 533.15K - 300.75K = 232.4K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{232.4K}{0.12m}\right) = 2121.91 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2121.91 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5757.17W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 19:30 horas es  $5757.17W$ .

❖ **Determinación de la Transferencia de calor para las 19:45 horas.**

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 534.15K - 300.75K = 233.4K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{233.4K}{0.12m}\right) = 2131.04 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 \text{ m}^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2131.04 \text{ W/m}^2)(2.7132 \text{ m}^2)$$

$$q_x = 5781.95 \text{ W}$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 19:45 horas es  $5781.95 \text{ W}$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 20:00 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 536.15 \text{ K} - 300.85 \text{ K} = 235.3 \text{ K}$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right) \left(\frac{235.3 \text{ K}}{0.12 \text{ m}}\right) = 2148.39 \text{ W/m}^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 \text{ m}^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2148.39 \text{ W/m}^2)(2.7132 \text{ m}^2)$$

$$q_x = 5829.02 \text{ W}$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 20: 00 horas es  $5829.02 \text{ W}$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 20:15 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 536.15K - 300.85K = 235.3K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{235.3K}{0.12m}\right) = 2148.39 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2148.39 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5829.02W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 20:00 horas es 5829.02W.

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 20:30 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 536.15K - 300.85K = 235.3K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{235.3K}{0.12m}\right) = 2148.39 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2148.39 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5829.02W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 20: 00 horas es 5829.02W.

❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 20:45 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 536.15K - 300.85K = 235.3K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{235.3K}{0.12m}\right) = 2148.39 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2148.39 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5829.02W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 20: 00 horas es 5829.02W.

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 21:00 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 536.15K - 300.85K = 235.3K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{235.3K}{0.12m}\right) = 2148.39 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2148.39 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5829.02W$$

Por la tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 20: 00 horas es 5829.02W.

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 21:15 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 536.15K - 300.85K = 235.3K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$



$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{235.3K}{0.12m}\right) = 2148.39 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2148.39 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5829.02W$$

Por lo tanto el calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 20:00 horas es  $5829.02W$ .

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 21:30 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 536.15K - 300.85K = 235.3K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{235.3K}{0.12m}\right) = 2148.39 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2148.39 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5829.02W$$

- ❖ Determinación de la Transferencia de calor para las 22:00 horas.

Determinamos la variación de la temperatura que existe entre la



temperatura de la estufa ecológica y la temperatura interior de la vivienda con la estufa ecológica.

$$\Delta T = 536.15K - 300.85K = 235.3K$$

Determinamos el *flujo de calor*, es decir, la velocidad del calor transferido por *unidad de área*.

$$q_x'' = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

$$q_x'' = \left(1.05 \frac{W}{m \cdot K}\right) \left(\frac{235.3K}{0.12m}\right) = 2148.39 W/m^2$$

Determinamos el calor transferido por conducción por unidad de tiempo,  $q_x(W)$  a través de la pared de la estufa ecológica que tiene un área total de  $2.7132 m^2$ , que es el producto del flujo de calor y el área.

$$q_x = q_x'' \cdot A = (2148.39 W/m^2)(2.7132m^2)$$

$$q_x = 5829.02W$$

El calor que transfiere la estufa al interior de la vivienda a las 20: 00 horas es 5829.02W.

### **ANEXO C: PLANOS DE LA ESTUFA ECOLÓGICA.**