



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

**Implementación de sistema de calefacción a base de leña para
el confort térmico de una vivienda altoandina en Pataz-La
libertad**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Miranda Pimentel, Wilmar Alfredo (orcid.org/0000-0001-6924-6680)

Panduro Melendez, Denis Paul (orcid.org/0000-0002-2446-3953)

ASESOR:

Dr. Luján López, Jorge Eduardo (orcid.org/0000-0003-1208-1242)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

A Dios, mis padres; mi hermano y demás familiares que han sabido formarme con buenos hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos más difíciles.

Miranda Pimentel, Wilmar Alfredo

A Dios, por ser mi fortaleza, mi guía y permitirme llegar a cumplir una de mis ansiadas metas.

A mis padres y a mis hermanos, porque ellos son mi motor constante para salir adelante día a día.

A mis abuelos paternos que, desde arriba, sé que están orgullosos de todos mis logros y a mi abuela materna que desde lejos siempre me dio consejos y hoy por hoy está orgullosa de todos mis logros.

A mi pareja Milagros, por todo lo que hemos logrado desde que inició nuestra historia y a mi hijo quién está en camino es mi motivo más grande para ser mejor día a día.

Panduro Meléndez, Denis Paul

Agradecimiento

¡Primeramente, agradecer a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante, y a mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios y a todas las personas que de una y otra forma me apoyaron para poder culminar mis estudios, Gracias...!

Miranda Pimentel, Wilmar Alfredo

En primer lugar, agradecer a Dios, por guiarme y permitirme culminar esta etapa universitaria de mi vida, la cual ha sido un camino largo de recorrer, pero con esfuerzo, dedicación y sacrificio pude culminar. En segundo lugar, agradezco a mis Padres y a mis hermanos por el apoyo y consejos brindados a lo largo de esta etapa. En tercer lugar, agradecer a mi pareja y madre de mi primer hijo, por su apoyo constante en toda esta etapa y así poder culminarla, y a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo, a lo largo de este camino.

Panduro Meléndez, Denis Paul

Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos.....	vi
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, Muestra y Muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN	18
VI. CONCLUSIONES	22
VII. RECOMENDACIONES.....	23
VIII. REFERENCIAS	24
ANEXOS	

Índice de Tablas

Tabla 1: Condiciones geográficas de las viviendas alto andinas	8
Tabla 2: Poder calorífico - combustibles.....	10
Tabla 3: Conductividad térmica de materiales.....	36
Tabla 4: Instrumentos y técnicas de selección de datos	12
Tabla 5: Energía que libera una persona en promedio	41
Tabla 6: Coeficiente global de transferencia de calor en zonas altoandinas	42
Tabla 7: Carga térmica perdida por cerramientos al exterior.....	42
Tabla 8: Datos de ingreso hacia el programa.....	15
Tabla 9: Costos relacionados a la mano de obra	49
Tabla 10: Costos relacionados a los instrumentos	50
Tabla 11: Costo referente de materiales empleados	49
Tabla 12: Presupuesto total.....	17

Índice de Figuras

Figura 1: Sistema rocket para calefacción	35
Figura 2: Procedimiento y análisis de datos.....	37
Figura 3: Vivienda unifilar para análisis de confort interno	39
Figura 4: Representación de generación y pérdida de energía.....	40
Figura 5: Vista isométrica de la vivienda	44
Figura 6: Vista de corte 1, de la vivienda.....	44
Figura 7: Configuración del diseño antes de la simulación.....	45
Figura 8: Selección de tipo de gas y humedad.....	46
Figura 9: Condiciones para la simulación de la vivienda	46
Figura 10: Codificación de puntos de distribución de calor en la vivienda.....	47
Figura 11: Resultado de parámetros del sistema de calefacción	48
Figura 12: Simulación del sistema de calefacción.....	15
Figura 13: Análisis de estado transitorio.....	16
Figura 14: Conductividad térmica en la vivienda analizada.....	49
Figura 15: Configuración inicial de la vivienda	47
Figura 16: Condiciones óptimas después de la simulación	16

Resumen

La investigación se realizó en la vivienda altoandina situada ubicada en Jr. Cahuide. 260 distrito de Tayabamba, Pataz; con un volumen total de 160 m³, a una altitud de 3245 m.s.n.m. El objetivo del estudio fue evaluar la implementación de un sistema de calefacción a base de leña para el confort térmico en una vivienda Altoandina de la provincia de Pataz, la población fueron todas las viviendas del distrito de Tayabamba, donde se optó por una para el análisis, con los instrumentos de análisis de observación y datos cuantitativos, los resultados generaron un análisis del confort interno de la vivienda cumple con dicho suministro calorífico por el tiempo de 5h, con una temperatura mínima de 2°C del cual asciende hasta los 25°C haciendo uso del software SolidWorks (CFD), en tanto el costo del diseño fue de S/. 4232.23 para la distribución de calor con mano de obra incluida independientemente de las condiciones y del volumen que la vivienda tenga para realizar la distribución y el análisis de energía calorífica. Las conclusiones se concretaron en proporcionar energía calorífica con la quemada leña para contrarrestar las bajas temperaturas que generan daños para los ancianos y niños.

Palabras clave: Sistema de calefacción a leña, confort térmico, viviendas altoandinas.

Abstract

The investigation was carried out in the high Andean house located in Jr. Cahuide. 260 district of Tayabamba, Pataz; with a total volume of 160 m³, at an altitude of 3245 m.s.n.m. The objective of the study was to evaluate the implementation of a wood-based heating system for thermal comfort in a high Andean house in the province of Pataz, the population was all the houses in the district of Tayabamba, where one was chosen for the analysis. , with the instruments of observation analysis and quantitative data, the results generated an analysis of the internal comfort of the house that complies with said calorific supply for a period of 5 hours, with a minimum temperature of 2°C, which rises to 25°C. using SolidWorks (CFD) software, while the design cost was S/. 4232.23 for the distribution of heat with labor included regardless of the conditions and the volume that the dwelling has to carry out the distribution and analysis of heat energy. The conclusions were materialized in providing heat energy with the burning of firewood to counteract the low temperatures that cause damage to the elderly and children.

Keywords: Wood heating system, thermal comfort, high Andean housing.

I. INTRODUCCIÓN

La satisfacción térmica en el interior de una vivienda no solo requiere contar con la isotérmica generada, sino también, que se realiza un enfoque integral sobre la conservación del calor, el aprovechamiento de energía, ventilación adecuada en diversos ambientes de una casa; teniendo criterios sobre un control de humedad interna, eliminando los humos de las cocinas, mejorando la alimentación familiar, creando condiciones atmosféricas y parámetros sobre los cambiosclimatológicos mediante un buen mecanismo de calefacción (Huo et al., 2021).

Sin embargo, la utilidad de los recursos naturales cada vez es más frecuente, es el caso de la leña con su gran poder calorífico al ser encendido, no obstante (Gil Mora et al., 2020) mencionan que, la combustión en las viviendas ha sido fuente de contaminación en todo el mundo debido a la emisión de gases tales como; *SO₂*, *CO₂*, *CO*, *NO_X*, entre otros; así como emisiones de compuestos orgánicos que tienen gran toxicidad como son los hidrocarburos poli cíclicos, formaldehído y benceno quienes ocasionan fuertes congestiones respiratorias en la salud (Scharler et al., 2020).

En tanto, para eliminar los efectos adversos ocasionados por la quema de leña, se desarrollaron estudios en donde se muestran los crecimientos de las estufas de leña, que minimizan de forma considerable los daños ocasionados por las emisiones de *CO₂* (Ahmad et al., 2022).

Las duras condiciones ambientales en la zona alto andina del Perú, no permiten un adecuado confort térmico para los habitantes y sus viviendas, estos fenómenos medio ambientales son generados durante el periodo anual, donde existe gran diferencia sobre otras zonas geográficas del país (Shrestha et al., 2021). Al enfrentar estos problemas se necesita con urgencia buscar estrategias bioclimáticas, es decir, un conjunto de soluciones capaces de crear un nivel de confort medio sobre las viviendas, que se adapten a las condiciones ambientales a partir de las características morfológicas, dimensionales, termo físicas, temporales entre otras de la zona (Mabuya y Scholes., 2020).

En la sierra del Perú, el intenso frío golpea por las noches en temporadas de invierno y por la altitud de la zona a los pobladores en gran porcentaje del

año, tiene alrededor de 6 millones de pobladores que se encuentran sometidos al intenso frío o condiciones extremas, donde la temperatura está bajo cero grados, esto ocurre en las zonas del nororiente, sur y centro del país; esencialmente los más afectados son los departamentos Huánuco, Huancavelica, Áncash, Arequipa, Apurímac, Cusco, Ayacucho, Tacna, Puno, Moquegua y Pasco. (Espinoza Montes., 2018).

Las heladas o friaje conllevan a generar un problema frecuente, causando enfermedades pulmonares y respiratorias, afectando de forma directa la vulnerabilidad de las personas en la sierra, entre ellos están las ciudades de Huancavelica, Ayacucho, Moquegua, Cusco y Puno; donde las tasas de mortalidad son en las temporadas de invierno desde mayo hasta fines de agosto según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, (Inei., 2021).

A pesar de la necesidad para incorporar o crear un sistema de calefacción económica en estas zonas, donde su energía solar es deficiente o poco constante, puesto que, se requiere para satisfacer una necesidad con la implementación de paneles solares, estos no son muy rentables o eficientes para la sustentabilidad. (Deng et al., 2022).

En este contexto, se desarrolló las preguntas de aplicación sobre el proyecto los cuales son: ¿De qué forma un sistema de calefacción a base de leña genera confort térmico en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz?; así también se detalló las preguntas específicas: ¿cuáles serán esos parámetros de diseño que tendrá un sistema de calefacción para viviendas altoandinas de la provincia de Pataz?; ¿Cuál es la configuración de un sistema de calefacción a base de leña para el confort térmico en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz?; ¿cuál será la satisfacción térmica con la implementación de un sistema de calefacción a base de leña en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz?; ¿Cuál será la remuneración económica al realizar una implementación de un sistema de calefacción a base de leña en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz.?

En paralelo, en la investigación se propuso el objetivo general de: evaluar la implementación de un sistema de calefacción a base de leña para el

confort térmico en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz, de tal forma, los objetivos específicos han sido; Establecer los parámetros de diseño de un sistema de calefacción para la vivienda altoandina de la provincia de Pataz; Diseñar un sistema de calefacción a base de leña para lograr un confort térmico en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz; Evaluar el confort térmico de un sistema de calefacción a base de leña implementada en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz; Elaborar costo beneficio al implementar un sistema de calefacción a base de leña en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz.

II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes planteados en este escenario tratan sobre investigaciones desarrolladas, teorías conceptos y cálculos sobre el uso de sistemas de calefacción para viviendas donde se mejore el confort interno y de una mejor satisfacción ambiental (Anexo 4)

En la investigación de Roberts; Georgia; Mueller; Julie (2023). La calefacción ambiental es una necesidad en Alaska; sin embargo, el uso de combustibles para calefacción conlleva costos económicos y ambientales. En Fairbanks North Star Borough (FNSB), ha sido designado como un área de incumplimiento para PM2.5, que se ha relacionado con impactos cardiopulmonares negativos y otras consecuencias adversas para la salud, los calentadores eléctricos de almacenamiento térmico podrían ayudar a resolver el problema de PM2.5 al desplazar la leña utilizada para la calefacción de espacios residenciales. La corrección de corteza se utiliza para controlar la presencia de un sesgo hipotético, encontramos que el costo medio es USD 33,98 sin corrección de corteza y USD 9,75 con corrección de corteza. Nuestros resultados indican que la implementación de una tarifa eléctrica especial de ETSH basada en la estimación de WTP puede conducir a una adopción más amplia de ETSH para la calefacción de espacios, lo que podría mejorar la calidad del aire, reducir la huella de carbono y pobreza energética en la calefacción de espacios residenciales.

Según Deng; Nie; Lu; Ma; Yuan; Shan y Yang (2022). La combustión de combustibles sólidos en estufas de calefacción tradicionales conduce a una grave contaminación ambiental. Por lo tanto, se han introducido estufas de calefacción de combustible sólido mejoradas para reemplazar las estufas tradicionales, pero rara vez se han evaluado sus rendimientos de emisión. Los resultados mostraron que estas estufas de combustible sólido tenían emisiones de PM2.5 y CO más bajas y emisiones de NOx y SO2 más altas durante la fase de alta potencia que en la fase de baja potencia. Durante la misma fase, la estufa de pellets de biomasa que consume pellets de madera tuvo los factores de emisión de PM2.5, CO y SO2 más bajos, y la estufa de semicoque emitió los factores de emisión de NOx más bajos. Después de reemplazar la estufa

tradicional, las estufas de carbón mejoradas redujeron las emisiones de PM_{2,5}, CO y NO_x en un 18,0 %–73,9 %, 41,4 %–55,6 % y 42,4 %–45,4 %, respectivamente, pero aumentaron las emisiones de SO₂ en un 19,8 %–67,8 %, mientras que la estufa de pellets de biomasa redujo las emisiones de PM_{2,5}, CO y SO₂ en un 64,2 %–91,9 %, 72,8 %–87,0 % y 58,0 %–100 %, respectivamente, pero emitió más emisiones de NO_x cantidades, a excepción de esta estufa que consume pellets de madera. Este estudio proporciona información útil sobre la selección de estufas de calefacción de combustible sólido para proyectos de intervención en zonas rurales de China.

Marigo; Zulli; Bordigno; Carnieletto; Emmi y De Carli (Marigo et al., 2022). Este trabajo tiene como objetivo comparar el consumo energético y primario en diferentes configuraciones, incluyendo una estufa de pellets convencional, canalizada y una estufa de leña que utiliza aire como fluido de transferencia de calor. Se lleva a cabo un análisis dinámico de la interacción entre estufas de biomasa y sistemas de calefacción convencionales, como calderas de gas y radiadores, dentro de una casa unifamiliar típica en un clima templado, utilizando el software TRNSYS. El consumo de energía final resultante de las simulaciones con estufas de leña es un 21% superior al de las estufas de pellets, la estufa de pellets produce una energía final similar y un aumento del 30% de la energía primaria total, mientras que la estufa de leña aumenta la energía final un 22% y aproximadamente un 40% de la energía primaria total respecto al caso de un sistema de gas tradicional acoplado a radiadores que se considera como referencia. No obstante, el ahorro de energía primaria no renovable es superior al 50% con estufas de pellets y al 60% con estufas de leña.

Walker; Noonan; Semmens; Ware y Smith (2021). La calefacción doméstica con estufas de leña es una práctica común en muchas áreas rurales de los Estados Unidos (EE. UU.) y puede generar concentraciones elevadas de partículas finas en el interior (PM_{2.5}). Recolectamos medidas de 6 días de PM_{2.5} en interiores durante el invierno y evaluamos las características del hogar y el uso de estufas en hogares en tres sitios de estudio rurales y diversos. Los hogares que no habían limpiado la chimenea en el último año tenían una media geométrica de PM_{2,5} un 65 % más alta en comparación con los que habían limpiado la chimenea en los últimos 6 meses (intervalo de confianza [IC] del 95

%: -1, 170). Con base en un nuevo método de clasificación de estufas de leña, los hogares con estufas de calidad baja y media tenían niveles sustancialmente más altos de PM_{2.5} en comparación con los hogares con estufas de mayor calidad (186 % más [IC 95 %: 32, 519] y 161 % más alto); [IC 95%: 27, 434], respectivamente. Las estufas de mayor calidad y las prácticas de comportamiento, como la limpieza regular de la chimenea pueden aumentar la calidad del aire en el interior de hogares.

Zhang; Chen; Ma y Zhao (2021). El rendimiento de la combustión y el patrón de que contiene la combustión de gases en las estufas de aire caliente que afectan significativamente la distribución de temperatura en la cámara de combustión y del regenerador, así como la temperatura y la duración del suministro de aire. En este estudio, se establece un modelo de transferencia de calor de flujo de fluido 3D junto con modelos de turbulencia, combustión, radiación de calor e intercambio de calor para estudiar las características de combustión y suministro de aire de una estufa de aire caliente tradicional. Los resultados indican que la disposición de las boquillas en la estufa tradicional hace que el gas de combustión muestre un flujo de remolino de alta velocidad. Debido a la expansión al efecto centrífugo del flujo turbulento y expansión de la combustión de gases, el fenómeno de "adherencia" del fluido (es decir, una alta velocidad en el borde y una baja velocidad en el centro) ocurre en la cámara de combustión, lo que resulta una distribución de temperatura. En consecuencia, se propone un diseño mejorado de una estufa de aire caliente de combustión superior para resolver este problema, y su rendimiento se evalúa y compara con el del diseño original a través de simulaciones numéricas.

Koraiem y Assanis (2021). Con el aumento de estufas a leña creadas, diseñadas e implementadas en las viviendas para minimizar el frío intenso en temporadas de invierno, se han llevado a cabo varios esfuerzos de investigación experimental con el objetivo de desarrollar diseños de estufas más limpias y eficientes. Sin embargo, el modelado numérico de estufas aún está en sus primeros años, por lo que es imperativo comenzar a adaptar técnicas computacionales más maduras, establecidas en otras aplicaciones basadas en la combustión, a las estufas de leña. Con el fin de desarrollar un modelo numérico conceptual óptimo para estufas de leña, los procesos básicos dentro

de la estufa se descomponen y aíslan en procesos computacionales genéricos: reacciones superficiales, reacciones de gas y flujo de fluido. Luego, se desglosan los esfuerzos numéricos de última generación para estufas de leña y aplicaciones similares de manera similar para resaltar los puntos fuertes y las posibles mejoras. Finalmente, basado en la comparación entre los diferentes modelos, se propone un enfoque de modelado mejorado como hoja de ruta para futuros esfuerzos de investigación para lograr un modelo numérico de estufa de leña de mayor fidelidad.

Milic; Todorovic; Veizovic y Popadic (2023). Este estudio tuvo como objetivo comparar dos programas de modificación térmica (TM) -con fases de calentamiento cortas y largas- y su influencia en las propiedades de la madera de arce. Se realizaron dos corridas de TM en condiciones industriales (sistema abierto, atmósfera de vapor; método sustancialmente más largo en comparación con los procesos generalmente descritos en la literatura), con la misma fase máxima (200°C, 3h), pero con diferentes velocidades de calentamiento lento (1,1 grados C/h) y rápido (2,5 grados C/h). Los resultados revelaron que ambos TM redujeron significativamente la higroscopicidad y el hinchamiento de la madera, pero la influencia de la velocidad de calentamiento lenta (debido a la exposición prolongada de la madera a temperaturas relativamente altas) sobre la estabilidad dimensional fue más pronunciada. Los resultados detallan y muestran que la fase de calentamiento es una parte importante del programa TM y puede afectar directamente (junto con la temperatura y el tiempo máximos) ciertas propiedades de la madera para su incremento térmico.

Molina; Lefebvre; Gómez (2023). Evalúa y analiza un estudio sobre del confort térmico que requieren los jóvenes habitantes de Imata, un centro poblado alto andino ubicado a 4500 m de altitud en el sur del Perú. Se definen rangos de confort térmico aceptable para los pobladores, a partir de encuestas presenciales y con un dispositivo implementado para este estudio, que permite registrar la humedad relativa, temperatura, la vestimenta, y la sensación térmica vota (TSV) (considerando un índice térmico de cinco puntos a escala de sensaciones térmicas). Los rangos de comodidad se determinan a partir de la desviación estándar y media estándar de cada conjunto de valores (TSV). Se proponen cuatro zonas de confort térmico, que se trazan en la carta psicométrica. Además,

se analizan dos módulos de vivienda experimentales (M1 y M2), que se construyeron en Imata con estrategias de calefacción solar pasiva. La simulación de ambos módulos con el software m2m permite determinar las temperaturas interiores para el año 2019 y los horarios de confort al interior de los módulos considerando los rangos de confort establecidos en este estudio. Finalmente, la energía requerida para lograr el confort térmico en el interior de M1 y M2 se estima utilizando el método simplificado de la Norma ISO 13790.

En Perú se viene desarrollando el Programa Nacional de Vivienda Altoandina que tiene como objetivo reconstruir, mejorar y reforzar aquellas situaciones en las casas altoandinas, donde los pobladores están en situación de pobreza extrema siendo de gran importancia para las gestiones sobre la mejora de calidad de vida generando igualdad.

Tabla 1: *Condiciones geográficas de las viviendas alto andinas*

CONDICIONES GEOGRÁFICAS DE LAS VIVIENDAS ALTOANDINAS 2019 – 2021						
ZONA	SIERRA NORTE		SIERRA CENTRAL		SIERRA SUR	
LOCALIDADES	Huanca bamba y Ayabaca (Zona Alta de Piura).	Cajamarca y La Libertad.	Yungay, Huaraz y aledaños. (Zonas Altas de Ancash). Lima y Junín	Huancavelica, Pasco y Huánuco.	Ayacucho, Apurímac, Límites de Arequipa, Cusco, Moquegua y Puno.	Zonas situadas entre Tacna, Moquegua y Puno.
ALTURA (m.s.n.m.)	2500 m.s.n.m.	3000 m.s.n.m.	3000 a 4500 m.s.n.m.	3000 a 4000 m.s.n.m.	2000 a 4500 m.s.n.m.	3000 m.s.n.m.
Temperatura (° C)	La Temperatura descien de a 0°C.	La Temperatura oscila entre -8 a 0°C.	La Temperatura oscila entre -15 a 0°C.	La Temperatura oscila entre -14 a -10°C.	La Temperatura oscila entre -16 a -14°C.	La Temperatura oscila entre -8 a 0°C.

Fuente: (www.paho.org, 2022).

Marco Conceptual (Anexo 04)

Sistema de calefacción a base de leña: Es el composición o mecanismo de conjunto de elementos que son generados al crear combustión a raíz de un

insumo o recurso renovable al cual se le conoce como poder calorífico, fuego generado por la incineración de la leña brinda energía calorífica en forma de convección que permite un mantenimiento y control basado en el diseño o requerimiento del hogar como implemento. (Sarmiento Martín, 2017).

Definición Conceptual: Un sistema de calefacción consiste en un método a través del cual se brinda calor a los espacios del hogar para la mantención o elevación de temperatura. Está compuesto por accesorios, piezas y aparatos que se instalan con el objetivo de alcanzar y mantener las condiciones deseadas en lo referente al bienestar térmico (Pandro, 2020).

Definición Operacional: Para calentar correctamente las habitaciones y obtener un nivel de confort ideal, hay que dimensionar la potencia del sistema de calefacción. Por lo tanto, calcular la potencia térmica adecuada es esencial para obtener un rendimiento perfecto en términos de calor percibido en relación con el bajo consumo de energía. (Méndez De los Ríos, 2022).

Potencia térmica: El rendimiento térmico, en pocas palabras, es un factor relacionado con la forma en que su hogar retiene el calor. Este puede ser el factor definitorio entre una casa helada en invierno o una cálida y acogedora. (Ge et al., 2020).

Volumen del aire: Su progreso radica a través de un sistema o conducto durante una velocidad del aire o unidad de tiempo (Canada, 2018).

Grado de aislamiento: El aislamiento es aquella temperatura o condición que un cuerpo busca para generar una temperatura de satisfacción permisible (Nema, 2022).

Localización geográfica: La ubicación geográfica se refiere al lugar físico en el que se encuentra una unidad estadística y para el cual se recopilan y difunden las estadísticas (Law Insider, 2020).

Orientación de la vivienda: La orientación es cómo se coloca un edificio en relación con los caminos del sol en diferentes estaciones, así como con los patrones de viento predominantes. En el diseño pasivo, también se trata de cómo

se diseñan y posicionan las áreas de estar y dormir, ya sea para aprovechar el sol y el viento, o para protegerse de sus efectos (Canberra, 2020).

Tabla 2: Poder calorífico - combustibles

COMBUSTIBLES	VALOR CALORÍFICO
No renovables	
GLP	93,5 MJ/kg
Carbón Mineral	27,4 MJ/kg
Gasolina	46,7 MJ/kg
ACPM	43,3 MJ/kg
Renovables	
Bagazo de caña seco (30%)	11,8 MJ/kg
Biogás	21,5 MJ/kg
Leña	15,47 MJ/kg
Cascarilla de arroz	13,8 - 16,3 MJ/kg
Madera seca	18 – 22,3 MJ/kg

Fuente: (López et al., 2018).

Diseño y simulación: El diseño es la configuración de un problema o beneficio para contrarrestar una necesidad, para el diseño de estufas se plantea de forma estética con un funcionamiento basado en el etanol, esta configuración es ideal para proporcionar dicha combustión de la leña mientras se realiza un almacenamiento de calor, no es contaminante puesto que no requiere de salida de humo. (Zhang, Chen, Ma, et al., 2021).

Sistemas de calefacción económicos: Se han convertido en una necesidad sumamente necesaria para poder disminuir las bajas temperaturas inducidas en la vivienda; son considerados contaminantes y peligrosos o simplemente solo es utilizado por su poder calorífico económico, esto depende del gusto o selección de la persona en implementación en su vivienda para una mejor climatización. (Martínez, 2019). Se planteará una metodología en el desarrollo del proyecto, donde la emisión del dióxido de carbono sea inferior en su quema y mejorando su poder calorífico

III. METODOLOGÍA

El desarrollo de estudio está enfocado a un análisis cuantitativo con métodos y parámetros de diseño, cuya dirección parte de la identificación y enfoque de una problemática sociocultural, profundizando los métodos y teorías sobre el confort térmico en donde mediante un sistema de calefacción aplicando los conocimientos termodinámicos hacer uso de fórmulas, técnicas, y procesos en el análisis del proyecto. En tal aspecto, se busca resolver los objetivos planteados en la investigación (Anexo 5)

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es **aplicada**, con la finalidad de plasmar el conocimiento sobre el almacenamiento de energía calorífica y calefacción de viviendas (Espinoza Montes., 2010). Sí mismo; se pretende solucionar un problema de manera práctica y directa.

El diseño y análisis establecido en la investigación es de carácter **Pre experimental**. Una investigación científica de grado aplicado tiene como objetivo detallar los resultados del análisis pre experimental dirigido al diseño de tecnologías aplicadas en la solución de los problemas socioculturales (Llopis Castelló., 2018).

3.2. Variables y operacionalización

VI: Sistema de calefacción a base de leña

Un sistema de calefacción consiste en un método a través del cual se brinda calor a los espacios del hogar para la mantención o elevación de temperatura. Está compuesto por accesorios, piezas y aparatos que se instalan con el objetivo de alcanzar y mantener las condiciones deseadas en lo referente al bienestar térmico (Pandro, 2020).

VD: Confort térmico

El confort térmico es la sensación al obtener un bienestar mental y físico que caracteriza el estado de satisfacción que sentimos con nuestro entorno cuando, en un espacio determinado, no tenemos ni calor, ni frío. (Cancino &

Fuentes, 2015).

3.3. Población, Muestra y Muestreo

Población: Esta situada en el Distrito de Tayabamba-Pataz-La Libertad, donde se tomó una vivienda de manera unifilar para el análisis que, contempló dicho estudio propuesto, así mismo; la zona alto andina del Distrito de Tayabamba; Provincia de Pataz, Departamento de la Libertad cuenta con una altitud de 3245 m.s.n.m. siendo una zona de valles andinos por donde recorre el río Marañón.

- **Criterios de Inclusión:** Zona altoandina, clima menor a los 5°C, velocidad del viento, tipo de material.

Muestra: Una vivienda unifilar.

Muestreo: Es de conveniencia, no probabilística (Otzen y Manterola., 2017).

Unidad de análisis: Una vivienda altoandina con déficit de confort térmico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación: Esta técnica ayuda a recolectar información de forma directa, dentro del campo de estudio, se utilizó la ficha de datos de la vivienda.

Análisis de documentos: Esta técnica está basada a través de los documentos, revistas que son de gran aporte para el proyecto, contando con información relevante para el desarrollo y aplicación de la investigación.

Tabla 3: *Instrumentos y técnicas de selección de datos*

Técnicas	Instrumentos
Observación , se utiliza para conocer, registrar y describir los datos sobre el estudio en el campo.	Guía de observación , registro de los indicadores referente a las variables usadas.

<p>Análisis documental, se utiliza registro de los indicadores referente a las variables usadas.</p>	<p>Ficha de registro, se realizan registró tomando en cuenta los indicadores referentes a variables.</p>
---	---

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimientos

Se observó las viviendas alto andinas en la región sierra del Perú; construidas de adobe en su gran cantidad con llevan, temperaturas muy bajas, afectaciones y enfermedades a los moradores (niños y adultos), el inestable y deficiente confort térmico de las casas, el escaso mantenimiento de vivienda y su variación de temperatura en las zonas alto andinas el cual permitió obtener una propuesta para sustentar un mejor confort interno de una vivienda adaptado a zonas de intenso friaje intenso.

Se realizó el planteamiento del lugar donde se desarrolló del proyecto. Mediante las técnicas y recolección de datos, se recogió la información sobre la vivienda seleccionada. Se estudió la vivienda de forma matemática donde se anotaron las dimensiones y la velocidad del aire promedio para los cálculos de diseño. Se tomó en cuenta los moradores de la vivienda, para calcular la perdida energética interna y externa, así mismo, el material de la casa. Finalmente, se obtuvo resultados mediante un nuevo sistema de calefacción en base a los datos de la vivienda que se estudió, el cual mediante una simulación se finalizó con el análisis energético que necesitó la vivienda por tiempo de 5 horas.

3.6. Método de análisis de datos

Mediante el uso de los instrumentos y técnicas de obtención de información para el análisis y desarrollo del proyecto investigado, se realizaron diseños de configuración y paramétricos para un enfoque más centrado sobre el sistema de calefacción a base de leña, con las dimensiones de una vivienda, se describió mediante tablas, gráficos, fórmulas matemáticas y métodos de diseño para tener una comprensión e información más descriptiva de lo que se requiere plantear como aporte a la investigación científica. Con el uso del software Excel, Microsoft se realizó la información cumpliendo con los aspectos metodológicos

en su planteamiento.

3.7. Aspectos éticos

Autonomía: La discusión e interpretación de los hallazgos obtenidos en el documento, se planteó sin interferencia y ningún tipo de sesgo malintencionado que alteren la confiabilidad y veracidad en la información.

Beneficencia: La investigación se detalló con la finalidad de sustentar confort térmico a las viviendas que yacen en los climas con temperaturas bajas, siendo un aspecto de gran realce en la investigación.

Autenticidad: El trabajo de investigación, ha sido realizado mediante una exhaustiva busque de una problemática enfocada al beneficio humano, aprovechando los recursos naturales como fuente de energía, lo que conduce a una prospera solución enfocada por los investigadores, donde cada información fue citada respectivamente sin alterar la autoridad.

IV. RESULTADOS

4.1. Establecer los parámetros de diseño de un sistema de calefacción para la vivienda altoandina de la provincia de Pataz

Descripción del ambiente a calefacción (Anexo 6)

La vivienda altoandina que fue seleccionada por conveniencia de manera unifilar se encuentra situada ubicada en **Jr. Cahuide. 260 distrito de Tayabamba, Pataz**. La casa cuenta con un volumen total de 160 m³, a una altitud de 3245 m.s.n.m, así mismo; la presión atmosférica promedio anual es de **20.35 kPa**. (Patáz, 2023).

4.2. Diseñar un sistema de calefacción a base de leña para lograr un confort térmico en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz

Tabla 4: *Datos de ingreso hacia el programa*

Datos Ingreso	Unidad
Temperatura inicial del aire	2°C
Temperatura inicial de la madera	900°C
Material del sistema de calefacción	ladrillo refractario
Material de la vivienda altoandina	Ladrillo de Adobe
Tiempo de análisis	5 horas
Presión atmosférica	20 350 Pa
Humedad Relativa	67.35%

Fuente: Elaboración Propia

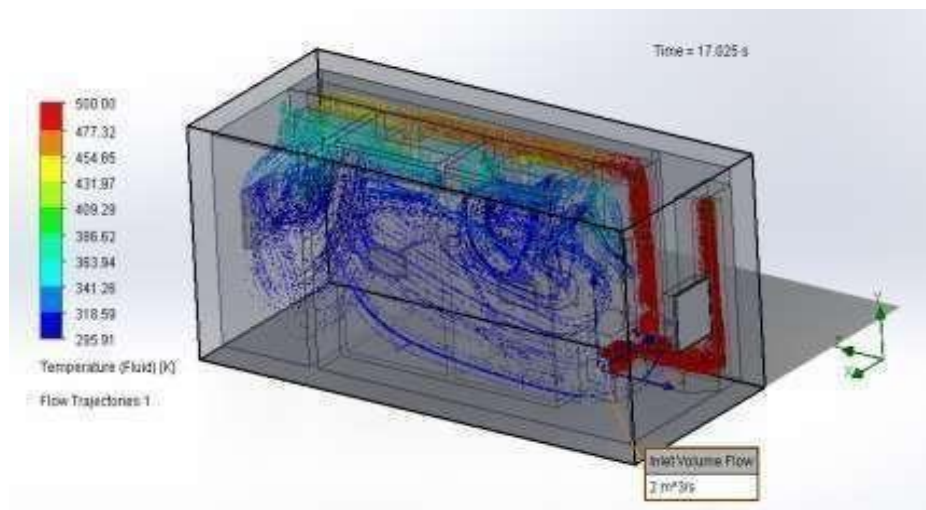


Figura 1: Simulación del sistema de calefacción

En un estado transitorio de análisis, el comportamiento como se ve, los gases de combustión salen por el extremo derecho, liberando esa energía, y circulando por el conducto izquierdo se llega aproximadamente a los 25°C, lo que indica el color azul, tenemos en Kelvin aproximadamente uno 300K (26.85°C)

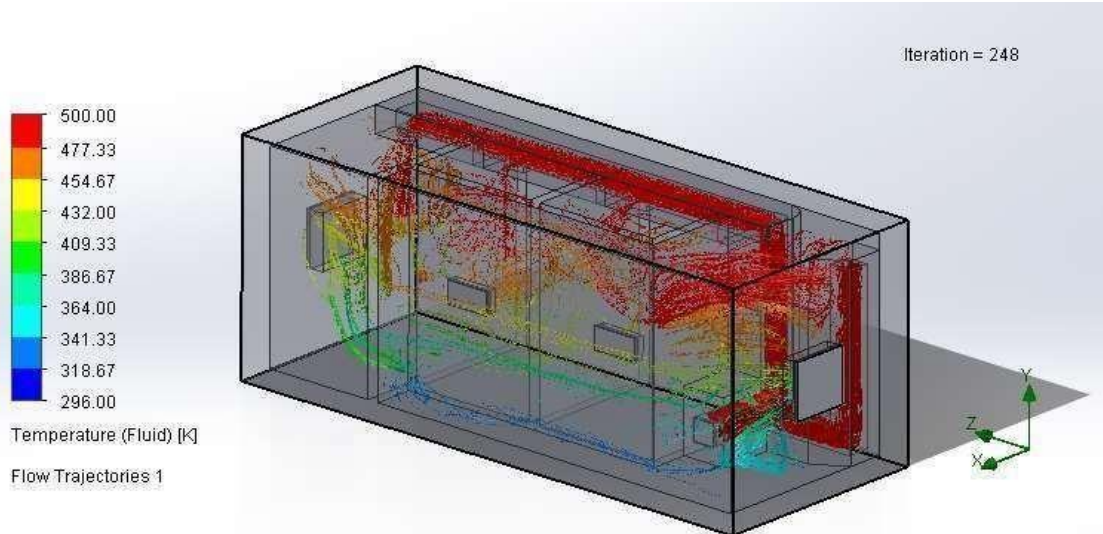


Figura 2: Análisis de estado transitorio

4.3. Evaluar el confort térmico de un sistema de calefacción a base de leña implementada en una vivienda altoandina de la provincia de Patate.

A continuación, se presenta las condiciones iniciales y las finales al momento de hacer el análisis flujo dinámico del sistema de calefacción donde se muestra una confiabilidad al realizar el diseño y su procedimiento termodinámico.

Interpretación: Como se hace mención al inicio de la simulación se tiene este análisis cuantitativo, del cual es la situación actual de la vivienda, con una temperatura de 2°C.

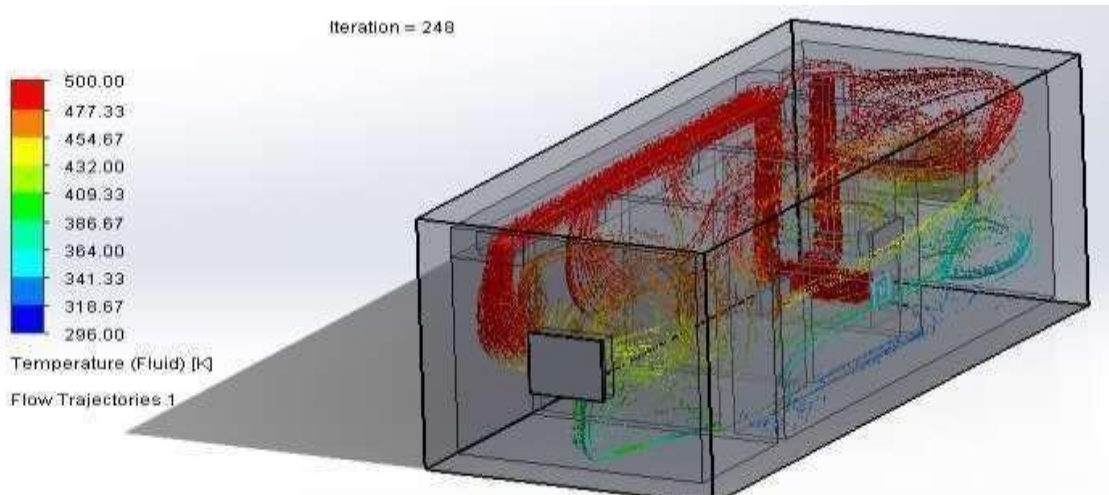


Figura 3: Condiciones óptimas después de la simulación

Interpretación: La simulación con el CFD, SolidWorks cumplen las funciones detalladas en un tiempo de 5 horas, donde la temperatura sube hasta los 25°C, mejorando las condiciones de confort interno de la vivienda analizada, del cual cumple con la función de brindar calor, haciendo la quema interna de leña y mediante el procedimiento de convección de las leyes de la termodinámica.

4.4. Elaborar costo beneficio al implementar un sistema de calefacción a base de leña en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz.

Presupuesto Total

Habiendo obtenido previamente todos los costos, se puede dar a conocer el presupuesto total, tal cual se aprecia en la tabla.

Tabla 5: *Presupuesto total*

Presupuesto	Costo (soles)
Mano de obra (Análisis, investigación y otros)	1990.00
Elementos (mano de obra, transporte)	2142.23
TOTAL	4232.23

Fuente: Elaboración Propia.

El presupuesto total asciende a: Cuatro mil doscientos treinta y dos con 23/100 soles.

V. DISCUSIÓN

- a) En la investigación de Roberts; Georgia; Mueller; Julie (2023). La calefacción ambiental es una necesidad en Alaska; sin embargo, el uso de combustibles para calefacción conlleva costos económicos y ambientales. En Fairbanks North Star Borough (FNSB), ha sido designado como un área de incumplimiento para PM_{2.5}, que se ha relacionado con impactos cardiopulmonares negativos y otras consecuencias adversas para la salud, los calentadores eléctricos de almacenamiento térmico podrían ayudar a resolver el problema de PM_{2.5} al desplazar la leña utilizada para la calefacción de espacios residenciales. La corrección de corteza se utiliza para controlar la presencia de un sesgo hipotético, encontramos que el costo medio es USD 33,98 sin corrección de corteza y USD 9,75 con corrección de corteza. En tanto; Los resultados mostraron que estas estufas de combustible sólido tenían emisiones de PM_{2.5} y CO más bajas y emisiones de NO_x y SO₂ más altas durante la fase de alta potencia que en la fase de baja potencia. Durante la misma fase, la estufa de pellets de biomasa que consume pellets de madera tuvo los factores de emisión de PM_{2.5}, CO y SO₂ más bajos, y la estufa de semicoque emitió los factores de emisión de NO_x más bajos. Después de reemplazarla estufa tradicional, las estufas de carbón mejoradas redujeron las emisiones de PM_{2.5}, CO y NO_x en un 18,0 %–73,9 %, 41,4 %–55,6 % y 42,4 %–45,4 %, respectivamente, pero aumentaron las emisiones de SO₂ en un 19,8 %–67,8 %, mientras que la estufa de pellets de biomasa redujo las emisiones de PM_{2.5}, CO y SO₂ en un 64,2 %–91,9 %, 72,8 %–87,0 % y 58,0 %–100 %, respectivamente, pero emitió más emisiones de NO_x cantidades, a excepción de esta estufa que consume pellets de madera. Las condiciones de la vivienda oscilan entre 0 a 2°C, con el uso de recursos renovables se planea realizar un análisis sobre la mejora del confort térmico interno, mediante parámetros y condiciones analíticas como los que viven en la casa, el poder calorífico, las dimensiones y el tipo de material ayudaron a enfocar un calor requerido para mejorarlo por un tiempo de 5h, aplicando la simulación CFD de solidworks, en un ensayo

sobre el enfoque de resultados sobre la vivienda que se requiere mejorar.

- b) Marigo; Zulli; Bordigno; Carnieletto; Emmi y De Carli (Marigo et al., 2022). Este trabajo tiene como objetivo comparar el consumo de energía final y primaria de diferentes configuraciones, incluyendo una estufa de pellets convencional, canalizada y una estufa de leña que utiliza aire como fluido de transferencia de calor. Se lleva a cabo un análisis dinámico de la interacción entre estufas de biomasa y sistemas de calefacción convencionales, como calderas de gas y radiadores, dentro de una casa unifamiliar típica en un clima templado, utilizando el software TRNSYS; no obstante, el ahorro de energía primaria no renovable es superior al 50% con estufas de pellets y al 60% con estufas de leña. Walker; Noonan; Semmens; Ware y Smith (2021). Muestra la calefacción doméstica con estufas de leña es una práctica común en muchas áreas rurales de los Estados Unidos (EE. UU.) y puede generar concentraciones elevadas de partículas finas en el interior (PM2.5). Recolectamos medidas de 6 días de PM2.5 en interiores durante el invierno y evaluamos las características del hogar y el uso de estufas en hogares en tres sitios de estudio rurales y diversos. La concentración mediana de PM2.5, Las estufas de mayor calidad y las prácticas de comportamiento, como la limpieza regular de la chimenea, pueden ayudar a mejorar la calidad del aire interior en dichos hogares.

El diseño del sistema de calefacción mediante el uso o la quema de leña se desarrolló en el programa SolidWorks en la base de datos CFD, en este análisis se diseñó y simuló las condiciones térmicas del comportamiento de los gases frente a bajas temperaturas, la capacidad para quemar leña en este sistema es de manera constante si es que se requiere sobrepasar las horas del planteamiento mostrado, así mismo, la salida del dióxido de carbono está conducida hacia las afueras de la vivienda, lo que hace que por medio de un almacenamiento calorífico queretenga el calor y mediante la termodinámica (conducción y radiación) se incrementa la temperatura. Este ensayo realizado con el CFD, cumple las funciones de mejorar el confort interno en la vivienda unifamiliar como muestra tomada, generando rentabilidad y sustentabilidad para su

aplicación.

- c) Zhang; Chen; Ma y Zhao (2021). El rendimiento de la combustión y el patrón de flujo de gases de combustión de las estufas de aire caliente afectan significativamente la distribución de temperatura de la cámara de combustión y el regenerador, así como la temperatura y la duración del suministro de aire, los resultados indican que la disposición de las boquillas en la estufa tradicional hace que el gas de combustión muestre un flujo de remolino de alta velocidad. Debido a la expansión de los gases de combustión y al efecto centrífugo del flujo turbulento, el fenómeno de "adherencia" del fluido (es decir, una alta velocidad en el borde y una baja velocidad en el centro) ocurre en la cámara de combustión, lo que resulta en una distribución de temperatura irrazonable. en la cámara de combustión y regenerador. Koraiem y Assanis (2021). Con el aumento en el uso de estufas de leña en los últimos años, se han llevado a cabo varios esfuerzos de investigación experimental con el objetivo de desarrollar diseños de estufas más limpios y eficientes, Con el fin de desarrollar un modelo numérico conceptual óptimo para estufas de leña, los procesos básicos dentro de la estufa se descomponen y aíslan en procesos computacionales genéricos: reacciones superficiales, reacciones de gas y flujo de fluido. Luego, se desglosan los esfuerzos numéricos de última generación para estufas de leña y aplicaciones similares de manera similar para resaltar los puntos fuertes y las posibles mejoras.

El análisis después de ensayo de simulación sobre dar como sustentable dicho sistema implementado para mejorar el confort térmico en la vivienda, generó gran aceptación al tener resultados muy provechosos para una aplicación o proyección futura, esto se debe a la poca contaminación interna, puesto que; mejora el confort térmico por un tiempo determinado de 5h en hora punta de friaje, este proceso mejoró directamente los ambientes de la vivienda, cabe resaltar que todo sistema de calefacción va de la mano con el volumen de la vivienda, material de construcción y divisiones distribuidas.

d) Milic; Todorovic; Veizovic y Popadic (2023). Este estudio tuvo como objetivo comparar dos programas de modificación térmica (TM) -con fases de calentamiento cortas y largas- y su influencia en las propiedades de la madera de arce. Se realizaron dos corridas de TM en condiciones industriales (sistema abierto, atmósfera de vapor; método sustancialmente más largo en comparación con los procesos generalmente descritos en la literatura), con la misma fase máxima (200°C, 3h), los resultados confirmaron la hipótesis de que la fase de calentamiento es una parte importante del programa TM y puede afectar directamente (junto con la temperatura y el tiempo máximos) ciertas propiedades de la madera para su incremento térmico. Molina; Lefebvre; Gómez (2023). Evalúa y analiza un estudio sobre el confort térmico de los jóvenes habitantes de Imata, un poblado rural altoandina ubicado a 4500 m de altitud en el sur del Perú, Se proponen cuatro zonas de confort térmico, que se trazan en la carta psicométrica. Además, se analizan dos módulos de vivienda experimentales (M1 y M2), que se construyeron en Imata con estrategias de calefacción solar pasiva. La simulación de ambos módulos con el software m2m permite determinar las temperaturas interiores para el año 2019 y los horarios de confort al interior de los módulos considerando los rangos de confort establecidos en este estudio.

En cuanto al costo y presupuesto sobre el sistema de calefacción a base de leña, se debe mencionar que trabaja con ladrillos refractarios ya que las propiedades termodinámicas son las requeridas para contener temperaturas hasta los 700°C, del mismo modo, el cálculo es dependientemente sobre la vivienda (distribución, material, condiciones climatológicas), la combustión de la leña es cerrada, y su salida del dióxido es hacia las afueras de la vivienda relativamente similar a la de una chimenea, su costo es flexible de acuerdo a los costos de materiales y cantidades que requiere la vivienda sin afectar el bolsillo del morador.

VI. CONCLUSIONES

1. El análisis termodinámico en el distrito de Tayabamba-Pataz varía según las estaciones del año de las cuales se tomó como promedio los meses más intensos de friaje entre mayo a junio generando un promedio 2°C, entonces con un análisis sobre la transferencia de calor teniendo el concepto sobre el reglamento nacional de edificaciones, se concluyó la carga térmica requerida para el diseño del sistema de calefacción, que genere como mínimo una temperatura en la vivienda de 19°C, recomendado y considerado para una satisfacción interna en la vivienda, siendo su carga térmica calculada de 5.5209 kW.
2. Se obtuvieron las dimensiones del sistema de calefacción, el comportamiento de la quema de leña y el análisis del aire conducido en la distribución de la vivienda, haciendo uso el software SolidWorks en el ensayo de fluidos (Flow Simulation), demostrando su incremento de temperatura desde los 2°C, a un rango de 25°C en la gran parte de la casa, sobre un tiempo de 5 horas.
3. Al inicio la temperatura interna de la vivienda es de 2°C, al realizar la quema de leña en el sistema de calefacción comienza a almacenarse la temperatura al interior donde por un transcurso de 5 hora esta temperatura interna empieza a subir hasta estimar un valor de 25°C durante este tiempo. Este humo de leña tiende a salir al estilo de una chimenea, pero con una distribución en los ambientes del hogar mediante la convección que hace la función de un serpentín.
4. La investigación de este proyecto tiene un costo 4232.23 nuevos soles, pues es rentable en cuanto a su implemento en los ambientes de una vivienda, se estima un costeo desde el diseño, cálculos, entre otros hasta llegar a su mano de obra y el beneficio es la utilización de recursos renovables, este es el caso de la leña que de manera considerada genera un bienestar social al minimizar los riegos causados por el friaje en temporadas de invierno.

VII. RECOMENDACIONES

Se precisa tener en cuenta sobre qué tipo de madera o si se cuenta con leña en los alrededores de la zona de aplicación, para que no exista deficiencia energética al momento de la combustión y calor que se desea transmitir.

La tala indiscriminada es penada de acuerdo a la ley forestal N° 1700 sobre la protección de las tierras y arboles con fines de lucro, ya sea de interés económico o social en el país. Se requiere contener o realizar la compra de este insumo cuando sea tiempos de intenso friaje y aprovechar su poder calorífico de forma eficiente, experimentando los cambios internos en la vivienda.

Determinar las condiciones climatológicas del lugar de análisis, determinando los valores del cálculo volumétrico para realizar el diseño y la simulación con el uso del software SolidWorks (CFD). El proceso de análisis está regido a una data sobre los indicadores y sus dimensiones en las variables planteadas.

Se debe tener la capacitación y orientación de la manipulación de una persona mayor en el manejo del sistema de calefacción, minimizando los riesgos que pueden ocasionarse con los menores de edad.

Es muy utilizado en la actualidad para minimizar el riesgo a enfermedades por el friaje en tiempos de inviernos en las zonas altoandinas del Perú, es muy beneficioso por que no depende de energía eléctrica o de sofisticadas instalaciones para proveer energía calorífica mediante la incineración de leña.

VIII. REFERENCIAS

- Ahmad, R., Zhou, Y., Liang, C., Li, G., Zhao, N., Abbas, A., Yu, F., Li, L., Gong, J., Wang, D., Yang, Y., Tang, Z., Sultan, M., Sun, C., & Dong, R. (2022). Comparative evaluation of thermal and emission performances for improved commercial coal-fired stoves in China. *RSC Advances*, 12(32), 20886-20896. <https://doi.org/10.1039/D2RA03364J>
- Aitex. (2018). Evaluación del confort térmico en prendas, guantes y calzado. *Protección Laboral*. <https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/217321-Evaluacion-del-confort-termico-en-prendas-guantes-y-calzado.html>
- Aragón. (2023). Qué es el poder calorífico de los combustibles y cómo se clasifican. *Combustibles*. <https://combustiblesaragon.es/clasificacion-de-los-combustibles-segun-su-poder-calorifico/>
- Arencibia Carballo, G. (2016). *La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica*. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>
- Bayona Chapilliquen, M. N., Abramonte Seminario, E. L., Herrera Abramonte, L. F., & Otiliano Velazques, R. (2022). La Ecoeficiencia Para la Educación Ambiental en las Instituciones Educativas del Nivel Inicial en Piura. *Revista Científica FIPCAEC (Fomento de la investigación y publicación científico-técnica multidisciplinaria)*. ISSN: 2588-090X . *Polo de Capacitación, Investigación y Publicación (POCAIP)*, 7(1), 332-351. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v7i1.525>
- Canada. (2018). Geographic location of location. *Geographic location of location*. <https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3Var.pl?Function=DEC&Id=201946>
- Canberra. (2020). *Orientation* . <https://www.yourhome.gov.au/passive-design/orientation>
- Cancino, C. F. E., & Fuentes, A. C. (2015). Confort higro-térmico en vivienda social y la percepción del habitante. *Revista INVI*, 30(85), 227-242. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582015000300008>

- Cengel, Y., & Boles, M. (2012). Energía, Transferencia de energía. *Termodinámica*, 70-1037. <https://docplayer.net/14204847-Technologies-and-perspectives-of-solar-cooling-systems.html>
- Decom. (2022). Tipos de madera según su dureza . *Decoración con Madera*. <https://decoracion-madera.com/tipos-de-madera-segun-su-dureza/>
- Deng, M., Nie, Y., Lu, F., Ma, R., Yuan, Y., Shan, M., & Yang, X. (2022). Pollutant emission performances of improved solid fuel heating stoves and future implications in rural China. *Energy and Buildings*, 257. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2021.111810>
- Eficiencia. (2020). *Estufas de pellets o estufas de leña*. <https://eficiencia.com/estufas-de-pellets-o-estufas-de-lena/>
- Espinoza Montes, C. (2010). *Metodología de investigación tecnológica*. <https://ciroespinoza.files.wordpress.com/2012/01/metodolog3ada-de-investigac3b3n-tecnolc3b3gica.pdf>
- Espinoza Montes, C. A. (2018). *Sistema de calefacción solar para reducir el friaje en viviendas alto andinas*. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1165/AC_Sistema_de_calefacci3n_solar.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Frida. (2019). ¿Cuál es la temperatura ideal del aire acondicionado en verano para la oficina? . *caloryfrio.com*. <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-domestico/temperatura-ideal-en-la-oficina.html>
- Ge, W., Liu, Z., Dong, F., -, al, Wei, G., Wang, Q., Hou -, L., & Zhang, T. (2020). To cite this article: Tongjun Zhang. *J. Phys*, 12001. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1449/1/012001>
- Gil Mora, J. E., Baca Flores, J. A., Álvarez Moscoso, M. E., & Marroquin flores, C. (2020). Consumo de leña y estimaciones del valor calorífico de especies de plantas utilizadas por las comunidades campesinas de la cordillera del Vilcanota, Cusco. *Q'EUÑA*, 11(1), 41-58. <https://doi.org/10.51343/RQ.V11I1.431>
- Huo, D., Du, Y., Wang, H., Zhao, J., & Li, W. (2021). Comprehensive analysis of rural heating by methanol heating stove: Economy, emissions,

- and energy consumption. *Process Safety and Environmental Protection*, 155, 387-400. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2021.08.028>
- Inei. (2021). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/mas-del-30-de-la-poblacion-que-vive-en-zonas-afectadas-por-heladas-esta-en-edad-vulnerable-9208/>
 - Ingenio. (2020). Cálculo de cargas térmicas de climatización . *Ingenieros Industriales*. <https://www.ingenierosindustriales.com/calculo-de-cargas-termicas-de-climatizacion/>
 - Jackie Linden. (2014). *Air Velocity Management for Optimum Broiler Performance | The Poultry Site*. <https://www.thepoultrysite.com/articles/air-velocity-management-for-optimum-broiler-performance>
 - Koraïem, M., & Assanis, D. (2021). Wood stove combustion modeling and simulation: Technical review and recommendations. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 127. <https://doi.org/10.1016/J.ICHEATMASSTRANSFER.2021.105423>
 - Law Insider. (2020). *geographic location Definition* . <https://www.lawinsider.com/dictionary/geographic-location>
 - Llopis Castelló. (2018). *Metodología experimental*.
 - López, A. M., Maldonado, Y. G., Guardado P, J. A., Gallardo H Centro Nacional de Metrología Km, S. A., Los Cués, C., & El Marqués P, M. C. (2018). *DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS Y SÓLIDOS*.
 - Mabuya, B., & Scholes, M. (2020). The three little houses: A comparative study of indoor and ambient temperatures in three low-cost housing types in gauteng and mpumalanga, south africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17103524>
 - Mansi, S. A., Barone, G., Forzano, C., Pigliautile, I., Ferrara, M., Pisello, A. L., & Arnesano, M. (2021). Measuring human physiological indices for thermal comfort assessment through wearable devices: A review. *Measurement*, 183, 109872. <https://doi.org/10.1016/J.MEASUREMENT.2021.109872>

- Mantovani Escalante, A., Alberto Postigo Toledo Código, C., & Fabricio Humberto Paredes Larroca Lima -Perú, A. (2018). *ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA EÓLICA Trabajo de investigación para optar el título profesional de ingeniero industrial.*
- Marcaria Suárez. (2021). *¿Qué es la leña?* <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-lena.html>
- Marigo, M., Zulli, F., Bordignon, S., Carnieletto, L., Emmi, G., & De Carli, M. (2022). Energy analysis of a wood or pellet stove in a single-family house equipped with gas boiler and radiators. *Building Simulation*, 15(9), 1577-1593. <https://doi.org/10.1007/S12273-022-0884-1>
- Martínez. (2019). *Simuladores de chimeneas* . <https://www.chimeneaslofrio.es/blog/simuladores-de-chimeneas/>
- Méndez De los Ríos, E. C. (2022). Sistema de calefacción hidrónico con técnicas ecológicas e influencia en el confort térmico de la vivienda altoandina de la comunidad campesina de Huaros, Canta-Lima. *UNIVERSIDAD RICARDO PALMA ESCUELA DE POSGRADO.*
- Mercado, M. V., Flores Larsen, S., Esteves, A., Filippín, C., Leal, R., General, P., Martín, S., & Mendoza, A. (2017). *DIMENSIONAMIENTO DEL PANEL RADIANTE DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN RADIANTE SOLAR PASIVO.*
- Milić, G., Todorović, N., Veizović, M., & Popadić, R. (2023). Heating Rate during Thermal Modification in Steam Atmosphere: Influence on the Properties of Maple and Ash Wood. *Forests*, 14(2).<https://doi.org/10.3390/F14020189>
- Molina, J. R., Lefebvre, G., & Gómez, M. M. (2023). Study of the thermal comfort and the energy required to achieve it for housing modules in the environment of a high Andean rural area in Peru. *Energy and Buildings*, 281, 112757. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2022.112757>
- Nema. (2022). NEMA insulation classes for motors . *Drives and Automation*. <http://www.drivesandautomation.co.uk/useful-information/nema-insulation-classes/>
- Norma 7730. (2016). *EM.110 Confort Térmico y Lumínico Con Eficiencia*

Energética - Informes y publicaciones - Municipalidad Distrital de Santa María del Mar - Gobierno del Perú.

<https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619729-em-110-confort-termico-y-luminico-con-eficiencia-energetica>

- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- P. O. Fanger, & McGraw, H. (1972). Thermal Comfort . *Scientific Research Publishing*. <https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1076178>
- Pandro. (2020). *¿Cómo hacer calefacción con una estufa de leña?* . <https://panadero.com/es/calefaccion-estufa-lena/>
- Patáz. (2023). *Clima Patáz, Temperatura, Mejor época para viajar, Tiempo*. Cuando visitar. <https://www.cuandovisitar.pe/peru/pataz-3003537/>
- Roberts, G. K., Pride, D. J., Little, J. M., & Mueller, J. M. (2023). Willingness to Pay for Renewably-Sourced Home Heating in the FairbanksNorth Star Borough. *Energies*, 16(8). <https://doi.org/10.3390/EN16083413>
- Sala, S. (2018). *El Confort*. www.arquisolar.com.ar/cgi-bin/redirect?id=VISTAPRINT_EU120
- Sarmiento Martín. (2017). *Estufa (calefacción): definición de Estufa (calefacción) y sinónimos de Estufa (calefacción) (español)*. [http://diccionario.sensagent.com/Estufa \(calefacción\)/es-es/](http://diccionario.sensagent.com/Estufa%20(calefacci%C3%B3n)/es-es/)
- Scharler, R., Gruber, T., Ehrenhöfer, A., Kelz, J., Bardar, R. M., Bauer, T., Hochenauer, C., & Anca-Couce, A. (2020). Transient CFD simulation of wood log combustion in stoves. *Renewable Energy*, 145, 651-662. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2019.06.053>
- Schmeer, K. K., & Yoon, A. J. (2016). Home sweet home? Home physical environment and inflammation in children. *Social science research*, 60, 236. <https://doi.org/10.1016/J.SSRESEARCH.2016.04.001>
- Shrestha, P., Zhang, W., Mawusi, S. K., Li, J., Xu, J., Li, C., Xue, C., & Liu, G. (2021). In-use emissions and usage trend of pellet heating stoves in

- rural Yangxin, Shandong Province. *Environmental Pollution*, 280. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2021.116955>
- Slug. (2018). Humedad relativa, específica y absoluta . En *Carta Psicométrica*. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/humedad-relativa-especifica-absoluta/>
 - Trageser, M., Pape, M., Frings, K., Erlinghagen, P., Kurth, M., VertgeWall, C. M., Monti, A., & Busse, T. (2022). Automated routing of feeders in electrical distribution grids. *Electric Power Systems Research*, 211. <https://doi.org/10.1016/J.EPSR.2022.108217>
 - Walker, E. S., Noonan, C. W., Semmens, E. O., Ware, D., Smith, P., Boyer, B. B., Erdei, E., Hopkins, S. E., Lewis, J., Belcourt, A., & Ward, T. J. (2021). Indoor fine particulate matter and demographic, household, and wood stove characteristics among rural US homes heated with wood fuel. *Indoor Air*, 31(4), 1109-1124. <https://doi.org/10.1111/INA.12808/V1/REVIEW1>
 - Weather. (2023). *Pronóstico del tiempo y condiciones meteorológicas para Pataz, La Libertad, Perú: The Weather Channel | Weather.com*. IBM Business. <https://weather.com/es-SV/tiempo/hoy//Pataz+Departamento+de+La+Libertad+Perú?canonicalCityId=a0b2a112b7152194c0fb79b6b9b2fe13548cfd5e9cc96422ebdf846d2e95d574>
 - www.paho.org. (2022). *CARACTERÍSTICAS DE LAS CIUDADES Y LOCALIDADES PERUANAS*.
 - Young, H. D. and H. (2015). *Coefficiente de transmisión de calor* . <https://www.fao.org/3/y5013s/y5013s07.htm>
 - Zhang, Q., Chen, L., Ma, X., & Zhao, C. (2021). Numerical study of combustion and air supply characteristics and structural optimization of top combustion hot blast stoves. *ISIJ International*, 61(1), 62-70. <https://doi.org/10.2355/ISIJINTERNATIONAL.ISIJINT-2020-119>
 - Zhang, Q., Chen, L., & Zhao, C. (2021). Numerical Simulation of Combustion and Air Supply Process and Optimal Design of Traditional Top Combustion Hot Blast Stoves. *Steel Research International*, 92(2). <https://doi.org/10.1002/SRIN.202000311>

ANEXOS

Anexo 01: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición		
VI: Sistema de calefacción a base de leña	Un sistema de calefacción consiste en un método a través del cual se brinda calor a los espacios del hogar para la mantención o elevación de temperatura. Está compuesto por accesorios, piezas y aparatos que se instalan con el objetivo de alcanzar y mantener las condiciones deseadas en lo referente al bienestar térmico (Pandro, 2020)	Para calentar correctamente las habitaciones y obtener un nivel de confort ideal, hay que dimensionar la potencia del sistema de calefacción. Por lo tanto, calcular la potencia térmica adecuada es esencial para obtener un rendimiento perfecto en términos de calor percibido en relación con el bajo consumo de energía. (Méndez De los Ríos, 2022)	Potencia térmica	Volumen del aire	Razón		
				Grado de aislamiento			
				Localización geográfica			
						Tipo de leña	Poder calorífico
				Dureza			
VD: Confort térmico	El confort térmico es la sensación de bienestar físico y mental que caracteriza el estado de satisfacción que sentimos con nuestro entorno cuando, en un espacio determinado, no tenemos ni calor, ni frío. (Cancino & Fuentes, 2015)	Para valorar el confort térmico se consideran parámetros físicos y fisiológicos de las personas (nivel de actividad, aislación de la ropa) y parámetro físico del ambiente (temperatura del aire, temperatura radiante media, humedad relativa, velocidad del aire. Todas estas variables influyen en los intercambios térmicos, afectando a la sensación de confort. (P. O. Fanger & McGraw, 1972)	Parámetros físicos de ambiente	Temperatura del aire.	Intervalo		
				Temperatura radiante media	Intervalo		
				Humedad relativa	Razón		
				Velocidad del aire	Razón		
					Parámetros físicos y fisiológicos de las personas.	Aislación de ropa	Razón
						Nivel de actividad	Razón

Fuente: Elaboración propia

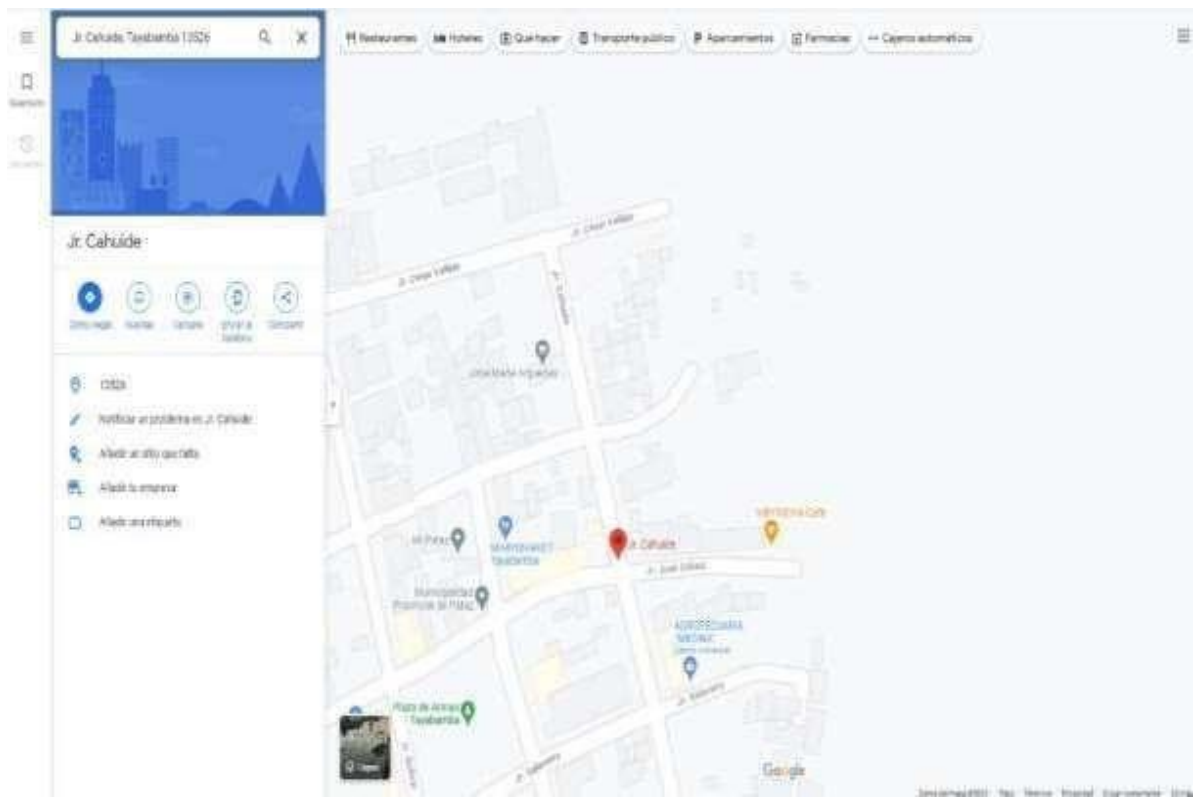
Anexo 2: Matriz de Consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿De qué forma un sistema de calefacción a base de leña genera confort térmico en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz?	Evaluar la implementación de un sistema de calefacción a base de leña para el confort térmico en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz.	El sistema de calefacción a leña mejorará de manera considerable el confort térmico de las viviendas, haciendo uso de su materia prima para sustentar dicha deficiencia zonal, mejorando a su vez; las condiciones climatológicas de las familias en el distrito de Pataz, situado en la Región Libertad.

Problemas específicos	Objetivos específicos
¿cuáles serán esos parámetros de diseño que tendrá un sistema de calefacción para viviendas altoandinas de la provincia de Pataz?	Establecer los parámetros de diseño de un sistema de calefacción para la vivienda altoandina de la provincia de Pataz.
¿Cuál es la configuración de un sistema de calefacción a base de leña para el confort térmico en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz?	Diseñar un sistema de calefacción a base de leña para lograr un confort térmico en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz.
¿cuál será la satisfacción térmica con la implementación de un sistema de calefacción a base de leña en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz?	Evaluar el confort térmico de un sistema de calefacción a base de leña implementada en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz.
¿Cuál será la remuneración económica al realizar una implementación de un sistema de calefacción a base de leña en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz??	Elaborar costo beneficio al implementar un sistema de calefacción a base de leña en una vivienda altoandina de la provincia de Pataz.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Ubicación del lugar donde se realizará el proyecto



Anexo 4: Información de marco teórico

Tipo de leña: Es la fracción o sección cortada de los arbustos o árboles, de las especies forestales, agrícolas, vegetales y leñosas destinados a fines energéticos; se obtiene biocombustibles líquidos y sólidos, como es el caso del bioetanol, astilla y carbón vegetal (Marcaria Suárez, 2021).

Poder calorífico: La cantidad conocida como poder calorífico superior (o poder calorífico bruto o energía bruta) se determina devolviendo todos los elementos para la combustión hacia la temperatura original llamada pre combustión y, en particular, condensando cualquier vapor producido (Aragón, 2023).

Dureza: La dureza de una madera se clasifica en un estándar de toda la industria conocido como la prueba de Janka. Esta prueba mide la fuerza necesaria a inducir una billa de acero de 0,444 pulgadas en la madera por la mitad de su diámetro (Decom, 2022).

Definición conceptual: El confort térmico es la sensación al obtener un bienestar mental y físico que caracteriza el estado de satisfacción que sentimos con nuestro entorno cuando, en un espacio determinado, no tenemos ni calor, ni frío. (Cancino & Fuentes, 2015).

Definición Operacional: Para valorar el confort térmico se consideran parámetros físicos y fisiológicos de las personas (grado de actividad, aislación de la ropa) y parámetro físico del ambiente (temperatura del aire, temperatura media radiante, humedad relativa, velocidad del aire, estas variables influyen de forma directa en concretar el ambiente térmico, afectando y/o mejorando la sensación del confort. (P. O. Fanger & McGraw, 1972).

Parámetros físicos de ambiente: Para evaluar el ambiente térmico en un lugar de trabajo es necesario medir los cuatro parámetros físicos: temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire y humedad. (Schmeer y Yoon., 2016).

Temperatura del aire: También es denominado como temperatura ordinaria o la temperatura de referencia, es importante para el diseño del sistema y el análisis térmico (Frida, 2019).

Temperatura radiante media: La temperatura radiante media (TRM) basado en el intercambio neto de energía radiante entre diferentes elementos de forma proporcional multiplicado por su capacidad para absorber y emitir calor (emisividad) (Mercado et al., 2017).

Humedad relativa: La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua en el aire en comparación con la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener a una temperatura dada. El punto de rocío es la temperatura que el aire debe alcanzar para lograr una humedad relativa del 100 por ciento. Entonces, la humedad relativa es el porcentaje de saturación de humedad a una temperatura determinada (Slug, 2018).

Velocidad del aire: El aire que viaja demasiado rápido aumenta la sensación térmica en las aves, lo que reduce la temperatura efectiva (la temperatura que sienten las aves). En este caso, las aves tienden a amontonarse o agruparse y la calidad de la cama puede verse afectada, especialmente en condiciones más frías.(Jackie Linden, 2014)

Parámetros físicos y fisiológicos de las personas: Los principales factores que determinan la ganancia y pérdida de calor hacia un buen confort térmico, se basa en el aislamiento de la ropa, tasa metabólica, la temperatura radiante media, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del aire (Mansiet al., 2021).

Aislación de ropa: El aire contenido en una prenda de ropa aislada impedirá que el calor se escape del cuerpo, y cuanto más aire atrapado haya, mayor será el factor de aislamiento (Aitex, 2018).

Nivel de actividad: El nivel de actividad física (o PAL) es una forma de expresar la actividad física diaria como un número y se usa para estimar el gasto total de energía (TEE) de una persona. La PAL se puede calcular a partir de la TEE promedio de 24 horas y la BMR (tasa metabólica basal) con la ecuación $PAL = TEE/BMR$ (Serón et al., 2010).

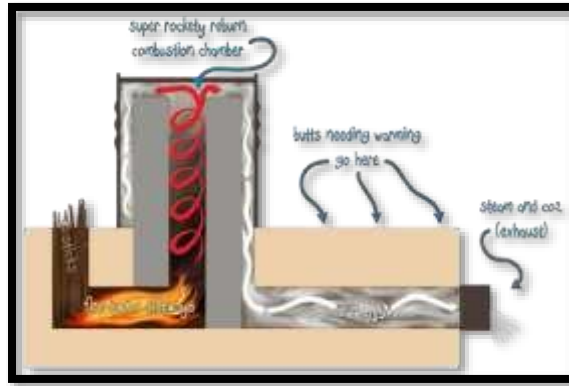


Figura 4: Sistema rocket para calefacción

Rendimiento: En términos de poder calorífico, o calor que se aprovecha al quemar el combustible, las estufas de calefacción teniendo como insumo los pallets tienen rendimientos que oscilan entre los 80% a 90%, en tanto las estufas de leña llegan a niveles de eficiencia hasta el 75%, y que aún son muy inferiores, en el caso de las chimeneas abiertas. De esta forma, el humo que sale al exterior contiene una cantidad de partículas sustancialmente menor. (Eficiencia, 2020).

$$R(\%) = \frac{W_u}{W_t} * 100$$

Para el confort térmico su temperatura está en un margen de 18°C y los 21°C para un ser humano en reposo, así mismo los 16°C y los 18°C para un ser humano en actividad, pero varía en las circunstancias que se encuentre.

La conductividad térmica K (W/m. K) del material, va con signo negativo para lograr uno de los principios de la termodinámica; el calor debe fluir hacia las temperaturas decrecientes. $q = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$

La transferencia de calor se puede calcular haciendo uso de la ecuación de conductividad térmica y la variación de temperatura de un fluido en una base, se utiliza la ley de Newton sobre el enfriamiento en donde la magnitud h se denomina coeficiente de transferencia por convección (W/m². K).

$$q = hA (T_p - T_\infty)$$

La biomasa enmarca un grupo diversos tipos de materias orgánicas, en su origen como en la naturaleza. En el tema energético, la biomasa se emplea como fuente

de energía renovable utilizando desecho orgánico formado por un método biológico. La energía proporcionada se calcula usando la siguiente ecuación:

$$Q = Cm$$

Q: Energía (J)

C: Poder calorífico (J/kg)

m: Masa (kg)

El confort térmico es sustentado por el humano haciendo provecho de distintos recursos naturales como el yeso, barro, madera, entre otros de baja economía; siendo una de las características el minimizar considerablemente el frío en la vivienda, lo que conlleva a muestran estudios y conceptos relevantes para su utilidad de acuerdo a la zona de vivencia.

Tabla 6: *Conductividad térmica de materiales*

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD (W/mk°)	TERMICA
Diamante	1000	
Aluminio	205	
Acero	50,2	
Hielo	1.6	
Vidrio	0.8	
Hormigón	0,8	
Fibra (vidrio)	0.04	
Ladrillo para aislamiento térmico	0,15	
Ladrillo	0,6	
Poliuretano	0.02	
Madera	0,12 – 0.04	

Fuente: (Young, 2015)

Anexo 5: Información de Metodología

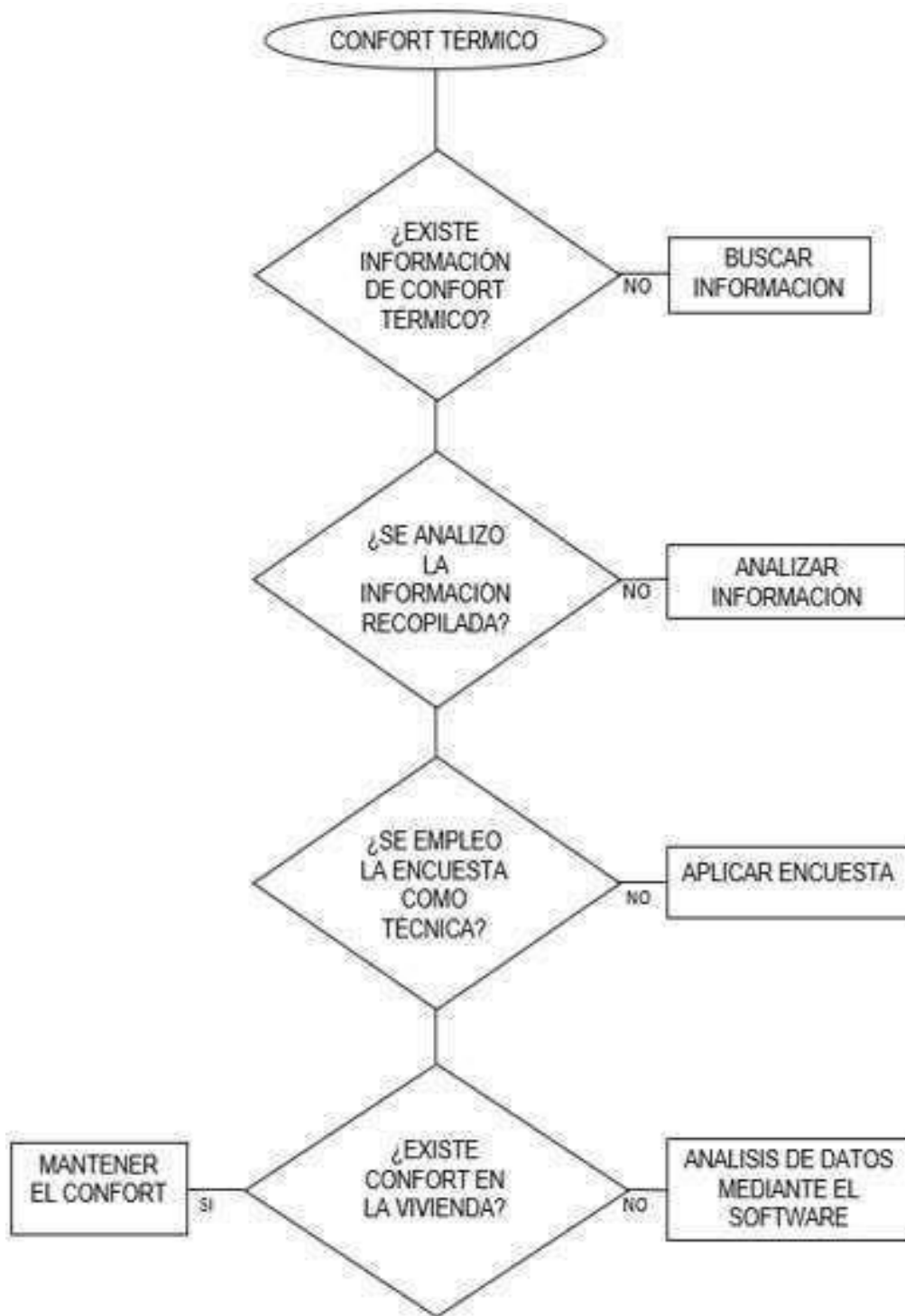


Figura 5: Procedimiento y análisis de datos

Anexo 6: Información de resultados

- El interior de la vivienda consta de una temperatura de 2°C, este es un promedio general entre los meses de mayo a julio (Weather, 2023), donde se genera mayor deficiencia climática. Así mismo, la temperatura confort térmico que causa y crea una satisfacción en la persona según (Norma 7730, 2016), es de $T=19^{\circ}\text{C}$. Una temperatura de 19°C causa una gran satisfacción corporal en las personas que se ubican en estos ambientes con climas bajos (zona peruana de los andes) teniendo un descenso excesivo, por lo tanto; se concreta que una temperatura de 23°C es de consideración agradable en la gran mayoría de seres humanos, independientemente de la zona climática en el que se ubique. (Bayona Chapilliquen et al., 2022).
- El aire o ambiente frío interno de la vivienda será calentado mediante el uso de un sistema de calefacción comprendido por la energía calorífica.

Operación para hallar la masa de aire en la casa

- La condición o concepto del aire, está regido a un gas ideal por contar propiedades constantes, por lo que, se aplicará una ecuación para gases ideales.
- La temperatura térmica requerida en el diseño fue de 19°C, como condición de confiabilidad al hacer uso de datos y análisis como computacional mediante software de diseño flujo dinámico del calor.
- Propiedades del aire: El calor específico de la temperatura promedio que el aire dio como sustento, está sujeto a la condición actual más la temperatura que genera satisfacción, que dará la condición mínima que debe tener el sistema al emitir calor interno $(2 + 19) / 2 = 10.5^{\circ}\text{C}$ así mismo los datos del aire son: $C_p=1.006 \text{ kJ/kg. K}$ y $C_v=0.8418 \text{ KJ/kg. K}$ según tabla termodinámica (Cengel & Boles, 2012).

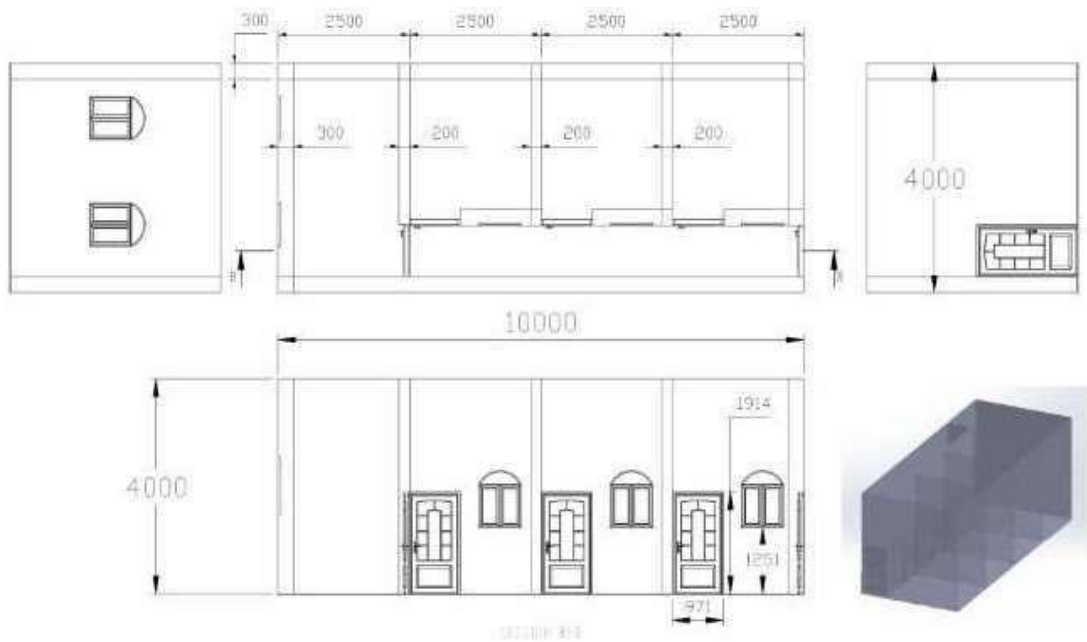


Figura 6: Vivienda unifilar para análisis de confort interno

Se calcula el calor:

$$P = 20.35 \text{ Kpa}$$

$$V = 160 \text{ m}^3$$

$$\bar{M} = 28.97 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$T = t_{prom} + 273.15 = 285.15 \text{ K}$$

$$R = 8.31447 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$$

$$Cv = 0.8418 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$Cp = 1.006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$\text{kg}^\circ\text{C}$$

Suplantando los datos en la ecuación de gas ideal, se obtuvo: $m = \frac{P\bar{V}\bar{M}}{RT}$

$$m = \frac{20.35 * 160 * 28.97}{8.31447 * 285.15} = 39.78 \text{ kg}$$

Estudio de la energía en el ambiente.

En la imagen se presenta las variables y el sistema que influyen en el análisis y desarrollo del calor interno de la vivienda altoandina.

E salida, techo

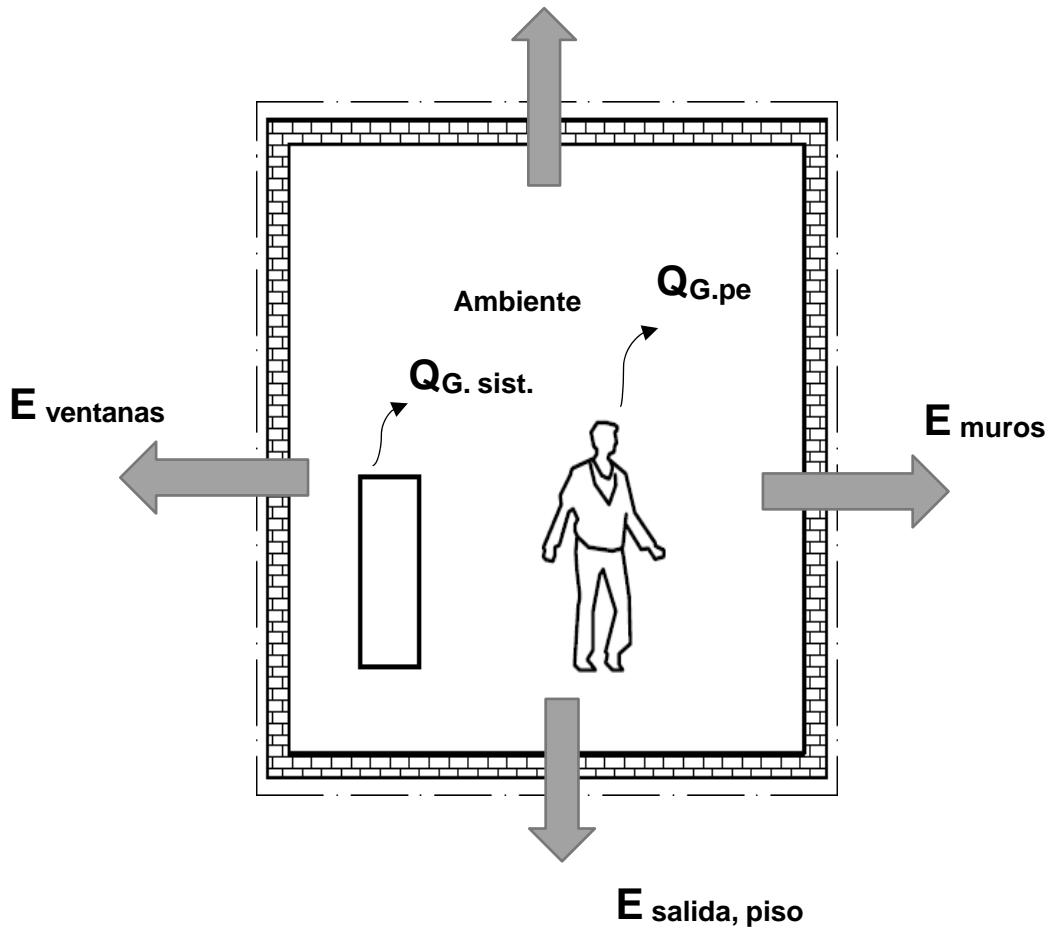


Figura 7: Representación de generación y pérdida de energía

Desarrollando el estudio que comprende la energía en el sistema, se obtiene:

$$E_{entrada} - E_{salida} = \Delta E_{ambiente}$$

DEFINICIÓN ($E_{entrada}$).

Cantidad de energía emitida al interior de la vivienda:

$$Q_{entrada} = Q_{G,sis} + Q_{G,per}$$

$Q_{G,sis}$ = Ganancia de calor por el colector

$Q_{G,per}$ = Ganancia de calor por la personas.

DEFINICIÓN (E_{salida}): Calor que pierde el sistema:

$$Q_{salida} = Q_{P,mu} + Q_{P,ven} + Q_{P,te} + Q_{P,pi}$$

$Q_{P,mu}$ = Calor perdido en los muros.

$Q_{P,ven}$ = Calor perdido en las ventanas.

$Q_{P,te}$ = Calor peridido hacia el techo.

$Q_{P,pi}$ = Calor perdido hacia el piso.

$Q_{G,pe}$ = Calor generado en las personas

La vivienda altoandina de Pataz consta de 4 personas, la temperatura desciende a la media noche por que se toman las horas desde las 12:00 am hasta las 5:00 am. En tanto, se realiza un análisis sobre la masa corporal y la estatura de las personas como referencias para encontrar el calor superficial que emiten, este cálculo también es relevante para encontrar el poder calorífico total que requiere la vivienda.

Datos:

$$m_{\text{cuerpo promedio}} = 68\text{kg}$$

$$h_{\text{estatura, promedio}} = 1.65\text{m}$$

$$T_{\text{ambiente}} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{s, \text{corporal}} = 36\text{ C}$$

$$N_{\text{personas, promedio}} = 4$$

Calor transmitido y generado por las personas:

Tabla 7: *Energía que libera una persona en promedio*

Actividad	Metabolismo(Im) (W/m ²)
Escribir	60
Leer sentado	55
Promedio	57.5

Fuente: (Cengel & Boles., 2012)

Para el análisis del área superficial en promedio de una persona se calcula

(Ingenio., 2020):

$$As = 0,202 * m^{0.425} * h^{0.725}$$

$$As = 0,202 * (68)^{0.425} * (1.65)^{0.725}$$

$$As = 1.7451\text{ m}^2$$

Entonces:

$$Q_{G,pe} = Im * As * N_{\text{personas, promedio}}$$

$$Q_{G,pe} = 57.5\text{ Wm}^2 * 1.7451\text{ m}^2 * 4$$

$$Q_{G,pe} = 401,373\text{ W}$$

$$Q_{G,pe} = 0.421373\text{ kW}$$

Dedución de análisis: 0.401373kW es el flujo de calor que se emite por las 4

personas, que en un tiempo de 5h estos disipan un calor de **7224.71 kJ**.

Análisis de pérdidas de calor por transferencia o trasmisión al exterior

($Q_{P.transmisión}$)

Teniendo en cuenta el reglamento nacional de edificaciones, se adquirió información sobre los coeficientes de transferencia de calor que cuentan los elementos en la vivienda altoandina de Tayabamba-Pataz, En la tabla se muestra las pérdidas de calor generados por transmisión (Sala, 2018).

Tabla 8: *Coeficiente global de transferencia de calor en zonas altoandinas*

Datos	Descripción	U (W/m²K)
1	Marco de madera para ventana	5.7
2	Puerta de madera maciza	3.5
3	Vidrio simple para ventanas 6mm	5.8
4	Transmitancia máx. en el muro	1
5	Transmitancia máx. en el techo	0.83
6	Transmitancia máx. en el suelo	3.26

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (Sala, 2018)

Cálculo de la carga térmica en relación con la ecuación anterior:

$$Q_{P,transmisión} = U * A * (T_{diseño} - T_{exterior})$$

La variación en este caso se presenta con diferentes temperaturas (baja y alta) como resultado, puesto que estas mediciones se realizaron considerando los valores de U.

Tabla 9: *Carga térmica perdida por cerramientos al exterior*

Descripción	Orientación	Área (m²)	Diferencia de temperatura	U (W/m²k)	Carga térmica perdida (W)
Muro	N	16.7	17	1.0	283.9
Muro	O	20.0	17	1.0	340.0
Muro	S	20.0	17	1.0	340.0
Muro	E	18.5	17	1.0	314.0
Marco de ventana	N	0.0	17	3.5	2.3

Puerta	N	2.0	17	5.7	197.7
Puerta	S	1.5	17	5.7	148.3
Luna de ventana	N	0.6	17	5.8	58.3
Techo	-	64.0	17	0.8	903.0
Piso	-	64.0	17	3.3	3546.9
Subtotal					6134.3
10% perdidas					613.4
Total					5520.9

Fuente: Elaboración Propia

Deducción de tabla: 5520.90 (5.5209 kW) es la constante o flujo de energía que se pierde en la estructura de la casa (ventanas, muro, piso, puerta y techo) teniendo una concentración energética durante las 5h de **99376.2 KJ**, dato indispensable para facilitar el cálculo que se requiere para la sustentación de energía térmica con el uso de la leña para la vivienda.

Determinando el calor necesario que debe generar la leña:

$$0 = Q_{entrada} - Q_{salida}$$

$$0 = (0.5299 \text{ kw} + Q_{G,sis}) - (5.5209 \text{ kw})$$

$$Q_{G,sis} = 4.991 \text{ kw}$$

$$Q_{G,sis} = 17967.6 * 5$$

Entonces para las 5 horas, la energía es **89.835 KJ**, respectivamente.

4.2.1. Análisis térmico de un sistema de calefacción basado en un sistema de calefacción rocket.

Consideraciones:

Se determinó las condiciones de flujo y térmicas del sistema de calefacción, seguidamente se realizó una simulación donde se planteó el flujo de aire caliente y de igual manera concluyendo el confort térmico adecuado para la vivienda. El análisis se realizó mediante el software SolidWorks versión 2022, con el análisis del Fluid Simulation (CFD). Considerando la transferencia de calor en sólidos, flujo interno y el análisis, mediante un estado transitorio teniendo un margen de

tiempo de 5 horas.

La vivienda del cual es uso de los datos en cuanto a la vivienda y el requerimiento energético para el confort térmico está situada en Jr. Cahuide. 260 distrito de Tayabamba, Pataz La casa cuenta con un volumen total de 160 m^3 , a una altitud de 3245 m.s.n.m, así mismo; la presión atmosférica promedio anual es de **20.35 kPa**. Por lo tanto, se consideró una temperatura inicial de 2°C . con la finalidad de incrementar hasta los 19°C o 23°C respectivamente.

En la figura se muestra el diseño de la vivienda donde fue el análisis de estudio para la comprensión y sustentabilidad del proyecto en mención.



Figura 8: Vista isométrica de la vivienda



Figura 9: Vista de corte 1, de la vivienda

La temperatura interior de la vivienda en el estudio es de 2°C , un promedio general entre los meses de mayo a julio. Además, la temperatura para el confort térmico según Norma del Confort Térmico (Norma 7730, 2016), Una temperatura

de 19°C causa una gran satisfacción corporal en las personas que se ubican en estos ambientes con climas bajos (zona peruana de los andes) teniendo un descenso excesivo, por lo tanto; se concreta que una temperatura de 23°C es de consideración agradable en la gran mayoría de seres humanos, independientemente de la zona climática en el que se ubique (Bayona Chapilliquen et al., 2022).

4.2.1. Configuración de los parámetros establecidos para la simulación y diseño térmico:



Figura 10: Configuración del diseño antes de la simulación

Se referencia los parámetros de la temperatura, humedad, tipo de gases respectivamente; de ello se tendrá resultados sobre el sistema de calefacción propuesto.

Figura 11: Selección de tipo de gas y humedad

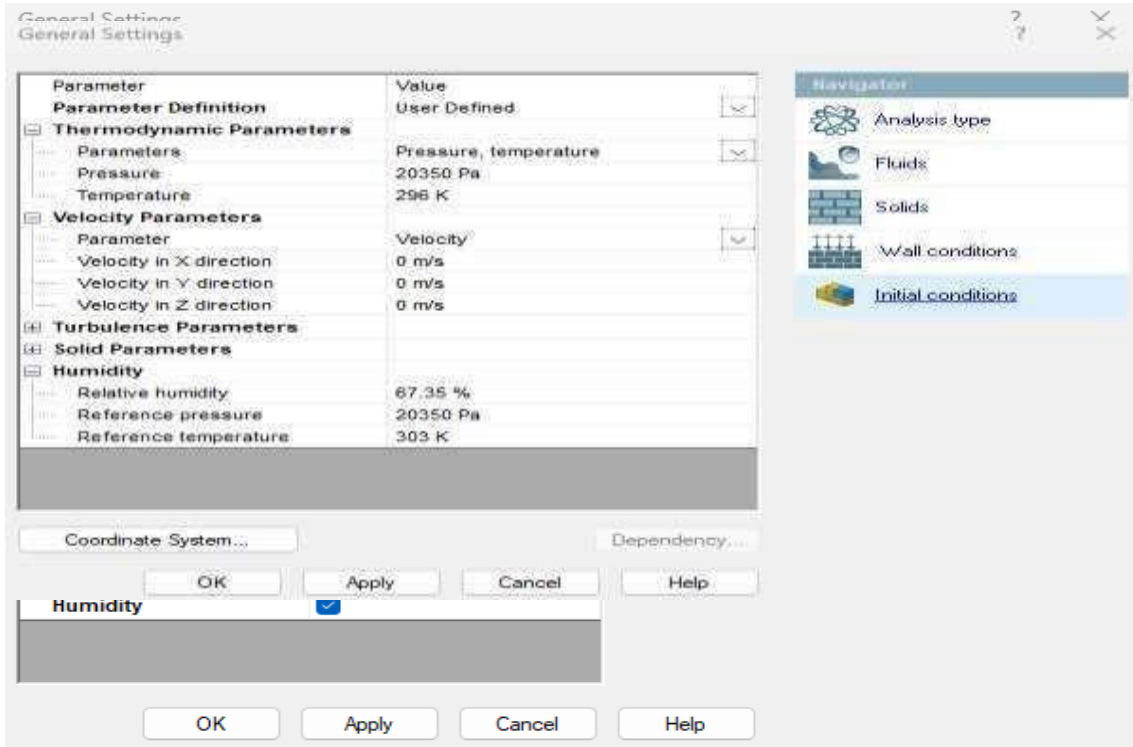


Figura 12: Condiciones para la simulación de la vivienda

Al empezar la simulación se determinó el grado de temperatura de la madera al hacer el contacto con el fuego, donde se observa el avance en su recorrido que va ingresando energía en las cavidades del sistema de calefacción, por lo tanto, la temperatura inicia va en descenso. La temperatura inicial es de 500°C al salir del proceso de combustión y al salir del sistema el gas está aproximadamente entre 50°C, con lo que se consigue distribuir y regular la salida de calor hasta lograr el confort adecuado en la vivienda.

- **Consideraciones de flujo referenciados del estado del diseño:** A continuación, se proponen los análisis finales del sistema de calefacción, simulado y complementado con los datos recopilados de la vivienda.

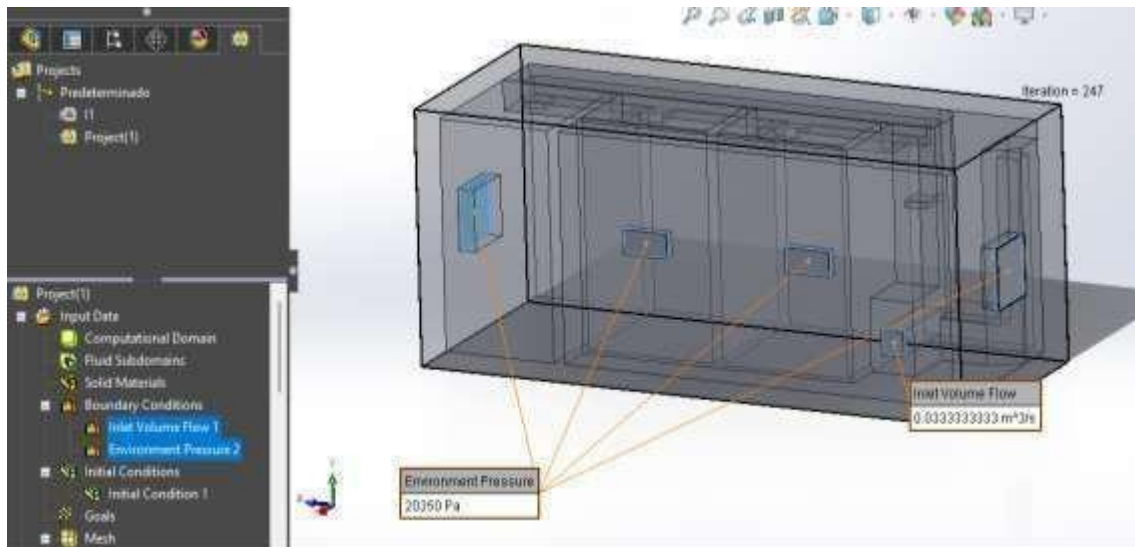


Figura 13: Codificación de puntos de distribución de calor en la vivienda

- **Con las condiciones de contorno puestas, se obtiene lo siguiente:**

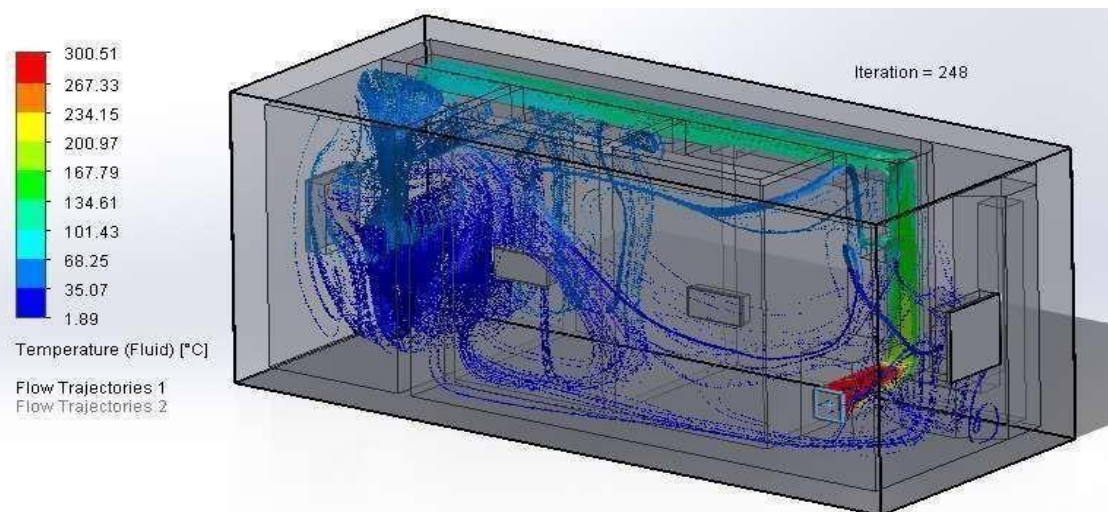


Figura 14: Configuración inicial de la vivienda

Los tiempos para los análisis, son hasta un máximo de 3 a 5 horas según la bibliografía revisada, la temperatura a la que se estabiliza es en promedio 27 grados Celsius en las partes bajas de la casa.

Parameter	Value
Status	Solver is finished.
Total cells	56,148
Fluid cells	29,426
Solid cells	26,722
Fluid cells contacting solids	12,935
Iterations	247
Last iteration finished	01:18:06
CPU time per last iteration	00:00:01

Figura 15: Resultado de parámetros del sistema de calefacción

Si se desease saber cuánto calor emana hacia el exterior, se necesitaría hacer un análisis de transferencia de calor sobre el área de las paredes que se encuentran expuestas con el exterior.

En este caso, es cuando llegó a su estado estable el calor de forma convectiva, en donde el aire caliente puede seguir por la parte superior de la casa, cuyo calor se libera por transferencia de calor hacia el exterior manteniéndose en la base aún los 23°C, generando un buen confort interno de la vivienda, establecido por la (Norma de confort térmico).

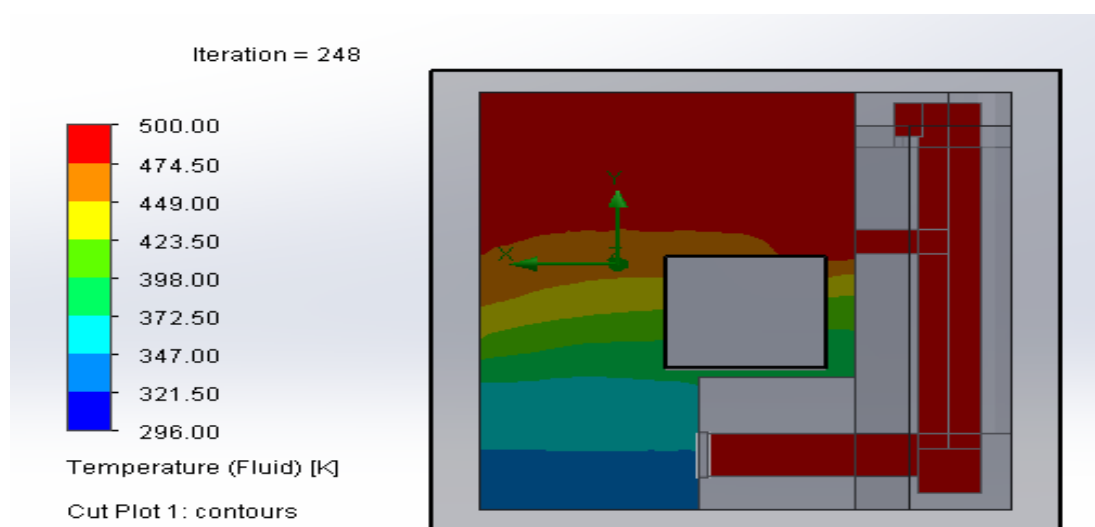


Figura 16: Conductividad térmica en la vivienda analizada

En estas gráficas, se observa el comportamiento de la pared, se ve claramente que la energía calórica se almacena en la zonas altas y cercanas a la estufa.

Tabla 10: Costo referente de materiales empleados

Ítem	Elementos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Precio total (soles)
1	Arena gruesa	m ³	0.75	680.00	510.00
2	Cemento refractario yellow (5kg)	bol	5	18.90	94.50
3	Cemento portland tipo I (42.5kg)	unid	9	22.00	198.00
3	Ladrillo refractario	unid	120	4.00	480.00
4	Mortero refractario	unid	4	15.00	60.00
6	Arena fina	m ³	0.5	750.00	750.00
7	Tira línea	unid	1	15.00	15.00
9	Martillo	unid	1	20.00	20.00
10	Espátula	unid	3	5.00	15.00
Total, S/.					2142.50

Fuente: Elaboración Propia.

En este contexto se hizo detalle del sistema de calefacción y su implementación, con los costos que conllevan su ejecución para un mejor detalle y concepto post a un planteamiento, se ha tenido por conveniente desglosar los requerimientos principales del presupuesto.

Presupuesto: Mano de Obra

En esta sección se ha considerado el personal involucrado en la ejecución del proyecto.

Tabla 11: Costos relacionados a la mano de obra

Personal	Tiempo (h)	Costo (soles / h)	Total, S/.
Estudiantes de ingeniería (2)	250	4	S/. 1000
Asesor	45	10	S/. 450
TOTAL			S/. 1450

Fuente: Elaboración Propia.

Instrumentación

En este contexto se planteó los equipos empleados para la ejecución del proyecto.

Tabla 12: *Costos relacionados a los instrumentos*

Instrumento	Precio (soles)	Vida útil (años)	Amortización anual (soles)
Licencia Office	500	1	500
Licencia SolidWorks	60	3	20
Licencia AutoCAD	60	3	20

Fuente: Elaboración Propia

Los equipos que fueron usados como soporte en el desarrollo de la investigación generaron un costo ponderado por hora el cual se hizo mención para la inversión correspondiente.

Elementos

En esta sección se ha considerado los elementos empleados para la ejecución del proyecto.

Comparación con otros sistemas

Realizando una diferencia en solo costo de materiales y tiempo de implementación descartando el proceso de investigación científica, pues el sistema de calefacción a base de la quema de leña para generar y mejorar el confort térmico en la vivienda altoandina mediante el uso de materiales económicos bordea los S/. 4232.23 soles incluyendo la mano de obra, en tanto, otros sistemas que generan calefacción a raíz de energía renovable cuestan dependientemente de su implementación y ubicación. Se realiza un comparativo entre un sistema de calefacción a base de radiación solar que, tiene un costo de S/. 8000.00 según el tipo de vivienda y las condiciones del lugar (Arencibia Carballo., 2016). Otra comparación es con el sistema de calefacción mediante energía eólica difiere en los cálculos matemáticos, potencia, velocidad del aire entre otros factores de compensación energética, teniendo un costo que oscila entre los S/. 10000.00 según lugar y condiciones dependientes para este sistema (Mantovani Escalante et al., 2018).

Un sistema de calefacción a base de leña está dirigido a las viviendas alto andinas donde la falta de energía eléctrica en pequeños sectores es nula y las condiciones de altura y friaje con más intensidad en cada temporada de invierno genera más enfermedades y muertes; lo que resulta tedioso implementar líneas de transmisión y distribución eléctrica en estos sectores que según (Trageser

et al., 2022). La inversión asciende a los más de \$. 120000 para considerar diseñar e implementar energía en las zonas. Un sistema de calefacción a base de leña es económico y sustentable puesto que, mejora el medio ambiente y reduce la tasa de mortalidad por año producido por el cambio climático y el poco confort térmico en las viviendas.

Anexo 7: Ficha de Registro

Ficha Registro de Vivienda Altoandina					
Propietario				Fecha	
Departamento		Provincia		Distrito	
Dirección					
Volumen del aire					
Grado de aislamiento					
Localización geográfica					
Orientación de la vivienda					
Poder calorífico					
Dureza					
Temperatura del aire					
Temperatura radiante media					
Humedad relativa					
Velocidad del aire					
Aislación de ropa Nivel de actividad					

Anexo 8: FICHA DE OBSERVACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS

ficha 1	
Materia Prima	Poder calorífico
Roble	4,5 kW/h
Fresno	4.6 kW/h
Haya	4.6 kW/h
Arce	5 kW/h
Castaño	4.9 kW/h
Abedul	4.7 kW/h
Pino	5 kW/h
Alamo	4.8 kW/h
Abeto	4.8 kW/h

Ficha 2		
Eficiencia del sistema de calefacción		
TIPO DE SISTEMAS	Eficiencia	Costo
T. Turbo	70%	BAJO
T. Doble combustión	80%	MEDIO
T. Leña a radiación	85%	MEDIO
T. hierro fundido	90%	ELEVADO
T. leña con acero	95%	ELEVADO

Ficha 3						
	Velocidad del aire (km/h)					
Temperatura	15	20	25	30	35	40
10	5	4	2	1	0	-1
14	10	9	8	7	6	5
18	15	14	13	12	12	11
22	20	19	18	18	17	17
26	25	24	24	23	23	23

Superficie radiante		
T° suelo	Flujo de calor W/m2	Calidad térmica
15	Refrigeración	incomodidad térmica
16		
17		
18	Refrigeración	Aceptable
19		
20	Refrigeración	Buena calidad térmica
21	8.9	
22	19.1	Excelente calidad térmica
23	29.9	
24	41	
25	52.4	
26	64	
27	75.9	Buena calidad térmica
28	87.9	
29	100	
30	112.3	Incomodidad Térmica
31	124.7	
32	137.2	
33	149.9	
34	162.6	
35	175.4	

Ficha 4 (Humedad)			
Ciudad	Altitud (msnm)	Temp max	Temp min
Abancay	2378	25 C	12 C
Ayacucho	2761	24 C	11 C
Cajamarca	2720	21 C	5 C
Cerro de Pasco	4338	22 C	4 C
Chachapoyas	2334	22 C	13 C
Cusco	3395	17 C	(-) 2 C
Huancavelica	2368	20 C	3.4 C
Huancayo	4107	17 C	0 C
Huaraz	3091	18 C	9 C
Puno	3827	19 C	2 C



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "

IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE CALEFACCION A BASE DE LEÑA PARA EL CONFORT TERMICO DE UNA VIVIENDA ALTOANDINA EN PATAZ-LA LIBERTAD", cuyos autores son MIRANDA PIMENTEL WILMAR ALFREDO, PANDURO MELENDEZ DENIS PAUL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 12 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO DNI: 17897692 ORCID: 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 22-07- 2023 08:33:14

Código documento Trilce: TRI - 0587734