



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**Sistema de Biogás a partir de Estiércol de Ganado para Generar
Confort Térmico en Viviendas Altoandinas**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Ignacio Velásquez, Johan Román (ORCID: [0000-0003-3937-167X](https://orcid.org/0000-0003-3937-167X))

Sandoval Chujutalli, William (ORCID: [0000-0001-6590-1019](https://orcid.org/0000-0001-6590-1019))

ASESOR:

Mg. Panta Carranza, Dante Omar (ORCID: [0000-0002-4731-263X](https://orcid.org/0000-0002-4731-263X))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

TRUJILLO - PERÚ

2021

Dedicatoria

A mi esposa e hijos por su apoyo incondicional y por haberme enseñado que todo esfuerzo tiene su recompensa, va dirigido a mi familia.

Johan Román Ignacio Velázquez

A Rocio Chujutalli Vargas mi madre, una mujer guerrera que frente a las adversidades siempre estuvo a mi lado con la confianza y apoyo incondicional. ¡te amo mamá!

William Sandoval Chujutalli

Agradecimiento

A Esther Velásquez Almeida y Pepe Ignacio Hernández, por su apoyo en la etapa universitaria y motivación a salir adelante.

A mi suegra Marlene Ramos Lara por sus consejos y motivaciones constantes.

A los docentes de la carrera ingeniería mecánica eléctrica, en especial a mis asesores Dr. Jorge Eduardo Lujan López y al Mg. Dante Omar Panta Carranza, por su apoyo y dedicación brindada para el desarrollo de nuestra investigación, muchas gracias.

Johan Román Ignacio Velázquez

A William Santiago Sandoval Villacrez y Victor Sandoval Chujutalli por el apoyo en la etapa universitaria y trabajos relacionados a mi carrera de manera profesional.

A mis hermanos Daniel y Diego Alonso que impulsaron a no decaer y luchar por los objetivos planteados.

Al Mg. Panta Carranza, Dante Omar y al Dr. Luján López, Jorge Eduardo por el apoyo brindado desde el inicio del proyecto de investigación hasta el desarrollo, brindando la asesoría, conocimientos y consejos sobre la investigación ¡Muchas Gracias!

William Sandoval Chujutalli

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Marco conceptual.....	6
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimiento	13
3.6. Método de análisis de datos.....	15
3.7. Aspectos éticos	15
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES	43
VII. RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS.....	45
ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de estiércol	6
Tabla 2: Conductividad térmica del Adobe	8
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
Tabla 4: Energía que libera una persona en promedio	20
Tabla 5: Coeficiente global de transferencia de calor en zonas altoandinas.	21
Tabla 6: Carga térmica perdida por cerramientos al exterior.....	22
Tabla 7: Evaluación de las alternativas de estufas.....	25
Tabla 8: Propiedades del Biogás.....	26
Tabla 9: Evaluación de opciones de tuberías.....	28
Tabla 10: Datos de ingreso al programa	30
Tabla 11: Costos relacionados a la mano de obra.	35
Tabla 12: Costos relacionados a los instrumentos	36
Tabla 13: Costo total de los instrumentos considerando el tiempo utilizado	36
Tabla 14: Costo referente a elementos empleados.....	37
Tabla 15: Presupuesto total.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Procedimiento del desarrollo del sistema.....	14
Figura 2: Plano de la vivienda en 3D.....	17
Figura 3: Representación de generación y pérdida de energía.....	18
Figura 4: Representación corporal de la persona.....	20
Figura 5: Distribución y diseño de Sistema Ruso	23
Figura 6: Distribución y diseño de Sistema L.	24
Figura 7: Distribución y diseño del Sistema Rocket	25
Figura 8: Manual de Biodigestor Rotoplas	27
Figura 9: Tubería de polietileno reticulado (PEX).....	27
Figura 10: Tubería multicapa.....	28
Figura 11: Tubería de polipropileno (PP-R).....	28
Figura 12: Instrumentos, materiales y accesorios del proyecto.....	29
Figura 13: Selección de materiales en la estufa.....	31
Figura 14: Temperatura promedio anual en la localidad de Recuay	31
Figura 15: Parámetros establecidos en la simulación	32
Figura 16: Condiciones del biogás en el flujo del calor	32
Figura 17: Temperatura inicial y final en la estufa.....	33
Figura 18: Transferencia de calor en las paredes	34
Figura 19: Temperatura inicial en la casa previo a la simulación	34
Figura 20: Generación y distribución de calor al finalizar el análisis	35

Resumen

El trabajo de investigación tuvo como finalidad determinar la eficiencia del biogás como fuente de energía renovable en las zonas altoandinas del Perú, aprovechando como recurso el estiércol de ganado para brindar el confort térmico a las viviendas en temporadas de friaje donde las temperaturas disminuyen hasta los -15°C , tomando como muestra la comunidad de Recuay, región de Ancash. El diseño contempla una estufa o almacenador de calor mediante la combustión, lo que en conjunto con el biogás brindan el calor necesario en el interior por un lapso de 4 horas con 5 habitantes, no obstante; se utilizó el programa de SOLIDWORKS para realizar las configuraciones de los datos recolectados a fin de realizar una simulación para encontrar el confort térmico antes y después de la implementación a la vez, el costo-beneficio. El resultado obtenido es muy factible en cuanto a los objetivos planteados en sistema de calefacción se muestra, con una temperatura que oscila entre los 30°C a 35°C disminuyendo rápidamente el frío y las enfermedades que en temporadas de invierno dificultan a los moradores a realizar sus actividades cotidianas.

Palabras claves: Estiércol vacuno, biodigestor, biogás, estufa y confort térmico.

Abstract

The purpose of the research work was to determine the efficiency of biogas as a source of renewable energy in the high-antin areas of Peru, taking advantage of cattle manure as a resource to provide thermal comfort to homes in cold seasons where temperatures decrease to -15°C , taking as a sample the community of Recuay, Ancash region. The design includes a stove or heat storage by combustion, which together with the biogas provide the necessary heat inside for a period of 4 hours with 5 inhabitants, however; The SOLIDWORKS program was used to make the configurations of the collected data to perform a simulation to find the thermal comfort before and after the implementation at the same time, the cost-benefit. The result obtained is very feasible in terms of the objectives set in the heating system is shown, with a temperature that ranges between 30°C to 35°C , rapidly reducing cold and diseases that in winter seasons make it difficult for residents to carry out your daily activities.

Keywords: Beef manure, biodigester, biogas, stove, and thermal comfort

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, uno de los problemas más comunes es la muerte de personas a consecuencias del friaje y heladas que se presentan en las zonas altoandinas, por lo que surge la preocupación por los decesos, las alturas oscilan entre los 3000 a 5000 m.s.n.m. donde se registra más de 3.5 millones de habitantes, la temperatura en invierno desciende hasta 23°C bajo cero, estas áreas son habitadas en su mayoría por personas con elevados índices de pobreza y con dificultades de acceso. Así mismo, para eliminar o aliviar el problema de bajas temperaturas, el estado peruano en conjunto con otras instituciones académicas se ha enfocado en algunos sistemas de calefacción utilizando la energía renovable uno de ellos es el “muro trombe”, una innovación que se ha venido desarrollando en Puno y Cusco de lo más económico y práctico, pero con limitaciones, pues no es muy útil en invierno porque su sistema funciona con energía solar. Entre otros métodos, se ha realizado la modificación de infraestructuras con algunos materiales impermeables (yeso, esponjas, corcho líquido, etc.) en otro caso, están hechas de adobe o tapia o piedra con barro, lo que ocasiona una inversión económica no muy rentable en estos lugares con falta de recursos, que al mismo tiempo no conlleva a una situación de confort en la vivienda.

Los fenómenos ocasionados en invierno influyen considerablemente en la zona altoandina y con frecuencia en algunas lugares donde la altitud y zonas montañosas son de gran relevancia para efectuar estos cambios como son el caso de Cuzco, Arequipa y Puno que tienen bajas temperaturas en las noches siendo las casas de diversos tipos de material, el efecto del frío también produce la congelación del agua (Granizo), este gran problema afecta a los moradores, el bienestar de los animales y sobre todo la salud donde influye de manera crítica en poblaciones vulnerables entre adultos mayores y niños (ABANTO, y otros, 2007).

Según SENAMHI, a mediados del año 2020 se registraron bajas temperaturas en algunas zonas de la sierra, es el caso de Chuapalca el cual registró -20.5°C y en Villacota se tuvo un registro de -18.8°C, situados en el departamento de Tacna, en otra coordenada, en Mazo Cruz ubicado en el departamento de Puno fue de -18.4°C, a su vez; en Imata se registró -15,8°C y en Caylloma -10.2°C, situados en el departamento de Arequipa.

Por su parte, el biogás cumple una función muy importante que evita la contaminación que se da por las emisiones del metano (CH_4) encontradas en el estiércol o residuos orgánicos, gestionando un buen desempeño y eficiencia para la producción de energía renovable, contado con ciertos parámetros como el análisis de gases orientado al producto en descomposición, el tipo y capacidad del biodigestor, el confort térmico con la implementación de ciertos criterios de diseño, el costo del material básico en la instalación y el tiempo de producción que este requiere.

Con la mejora del confort térmico en interior de la vivienda altoandina, permitimos que los habitantes tengan una mejor calidad de vida con menos riesgos de exposición a bajas temperaturas en el interior de su vivienda, considerando que la población más propensa son los niños y ancianos. Por lo tanto, la investigación abarcó el objetivo de diseñar un sistema de biogás a partir de estiércol de ganado para generar confort térmico en viviendas altoandinas a fines de minimizar el friaje que viene generando grandes problemas de salud y muerte en las zonas altoandinas del Perú. Así mismo; ¿En qué medida un sistema de biogás a partir de estiércol de ganado genera confort térmico en viviendas altoandinas?, siendo el confort térmico indispensable en el desarrollo sociocultural del poblador andino.

De tal forma, los objetivos específicos han sido; determinar las condiciones actuales de las viviendas altoandinas, diseñar un sistema de biogás que mediante la combustión genere el calor necesario para eliminar las bajas temperaturas en el interior de la vivienda que en temporadas de invierno descienden hasta los -5°C , simulación en el software SolidWorks con los parámetros calculados e investigados para determinar el confort térmico después de la simulación y la evaluación del costo-beneficio de la implementación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

De acuerdo con las investigaciones realizadas con nuestra realidad problemática y objetivos de enfoque, se establecen antecedentes con fines de utilidad en el desarrollo del proyecto que como objetivo se enmarca el confort térmico dentro de una vivienda altoandina o que cumplan las condiciones de friaje.

Holguino, Olivera y Escobar (2018), En un trabajo de investigación realizada por los autores, buscaron evaluar el bienestar térmico que se encuentra interiormente en una habitación de prueba, fabricada con materiales altoandinos del Perú y que a su vez retenga el calor, para esto, hallaron y compararon los valores de transferencia térmica (W/mK) del adobe (0,176), yeso (0,149) y paja (0,118) con los del agua (0,026) y aire; así como de la pared (0,061), ventana (0,027) y puerta (0,030); también lograron determinar que, durante el periodo de 11 horas nocturnas la conductividad del calor hacia el exterior era de 0,815 MJ. A los materiales del acumulador de energía (piedra, guano y madera) también los compararon con el agua (retenedor de energía), de la misma manera definieron que, su capacidad de energía calorífica es 8,305 MJ y que el sobrante lograba temperaturas de 63,83 HC y 68,83% MAC dentro de la habitación.

Acuña Urbina (2018). Buscando diseñar un sistema de calentamiento doméstico para una zona rural de Huancavelica, el autor tomó en cuenta una vivienda de 50 m², habitada por 6 personas; evaluando las condiciones ambientales y los sistemas para este tipo, logró diseñar un intercambiador de calor que use la energía del sol para calentar el fluido caloportador circulante en la vivienda, transmitirla en su interior y usando los intercambiadores de calor se logre el bienestar buscado. Con los resultados obtenidos se propuso que el sistema de calefacción opere con un aceite térmico que tenga una vida útil de más de 2500 horas laborales y un caudal de 1.01 L/s, además de contar con energía de 1009 Watts, logrando transferir 1400kJ en energía y manteniendo las temperaturas de 18°C al interior y de 5°C al exterior, concluyendo que los costos del proyecto son para el diseño S/ 1,117 y la ejecución de S/. 10,376.95.

En otra investigación, los autores Delgadillo, Harris y Sagastegui (2021); buscando diseñar un módulo de aula para un centro educativo en la localidad de Ajoyani (Puna), la misma que garantice la hermeticidad y comodidad térmica, debido a que se encuentra ubicada en una zona en condiciones de altura de 4250 msnm y con temperaturas de $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, para ello, consultaron qué especificaciones técnicas debería tener para lograr el objetivo planteado. Mediante el uso de encuestas y fichas de registros a 76 alumnos lograron determinar que, los niveles de aislamiento en todas sus dimensiones de conducción, acceso, costos y duración de ejecución coinciden con las mismas; así como realizan los costos y duración de su construcción.

Montoya y Serrano (2017). Para diseñar una estufa gasificadora de arroz, los investigadores se basaron en un prototipo del Ph. Belonio, usando una termocupla logran obtener los niveles de temperatura de la máquina y los daños por pérdidas en el sistema. Con el uso de pruebas e insumos como la cascarilla de arroz y dos tipos de biomasa una formada por hojarasca (80%) y cascarilla de arroz (20%), la otra con ramas secas (90%) y hojarasca (10%). Al realizar las pruebas vieron que era necesario usar ventilación forzada cuando empleaban como combustible a la cascarilla de arroz, debido a que no cuenta con la suficiente oxigenación que se necesita, logrando un exceso en las emisiones de los gases. En cuanto al uso de la biomasa, si contaba con la suficiente cantidad de aire para lograr una buena combustión, siendo innecesario el uso de ventilación. Teniendo como conclusión que resulta viable, emplear este tipo de estufa la cual produce una combustión dentro de parámetros normales, así como el emplear recursos naturales como la biomasa no emiten contaminación.

Para lograr evaluar teóricamente a un Módulo Experimental de Vivienda (MEV) en una zona Altoandina, a fin de determinar su rendimiento térmico, un grupo de investigadores Molina, Horn Mutschler y Gómez (2017) estiman sistemáticamente doce formas distintas de eficiencia, usando factores como el uso nocturno de cortinas, movimiento de las personas, empleo de gas doméstico y otros sistemas de calefacción. Teniendo en cuenta los niveles de humedad y temperatura interna y externa, se logra constatar el rendimiento térmico del MEV basándose en datos de variación, así como de su calefacción o enfriamiento. Mediante procedimientos

bioclimáticas se obtienen los valores de temperaturas externas (por horarios) de 5 °C de promedio, siendo en horas críticas de madrugada de 16,6 °C, respecto a la temperatura exterior de -7,1 °C a las 6 a.m. Se usaron también los softwares EnergyPlus para simular condiciones térmicas, así como el 3D SketchUp y OpenStudio, logrando que los valores de temperaturas internas sean comparados con la temperatura interior real.

El autor Rivasplata Castro (2018), buscando combinar el uso de la energía solar pasiva con los materiales convencionales empleados en la construcción y con ello lograr no solo confort térmico sino también bienestar social en la población de Calana en Tacna, recurre al uso de estudios similares de viviendas climatizadas, encuestas y otros que indiquen los beneficios de emplear este tipo de sistemas no solo a niveles locales. Teniendo en cuenta que en la zona la sensación térmica es calurosa y la ventilación es normal, es necesario contar con ambientes más ventilados, puesto que, en las condiciones actuales no brindan un ambiente confortable; considerando también que el recurso de energía solar de la zona es en promedio de 5-6 KWh/m² día, se debe considerar emplear materiales como el barro, la piedra y la caña, que son ecológicos y económicos. A su vez concluye que, el estudio es viable, logrando el uso de materiales sostenibles y con disminución de precios por metro cuadrado de S/. 632.61 a S/. 972.23, ahorrando S/. 339.62.

El investigador Castelló Román (2020) diseña un sistema para calefacción sustentable en una vivienda de la provincia de Alicante (España), haciendo uso de la biomasa como medio para generar energía, por ser amigable con el medio ambiente, renovable y económica considerando datos de temperatura -4,6 °C respectivamente; con 8 km/h en la velocidad del aire, 71% en humedad y haciendo uso de los reglamentos, normas eléctricas, ejecuta cálculos usando programas como el AutoCAD para ubicar los radiadores y el diseño de la vivienda, también el CE3X para determinar las cargas térmicas, con los datos obtenidos se logra conocer las pérdidas en la vivienda y seleccionar la termo estufa con un diámetro de salida de humo de Ø80 mm, además de diferentes potencias para los ambientes como el salón con una potencia al aire de 1,3 kW.

Coral Hinojosa y Manzano Pérez (2017) Se llevó a cabo una investigación dirigida a una escuela ubicada en Tungurahua, Ecuador, se logre aumentar el confort de los estudiantes y personal docente; para ello analizan qué espacios tanto interior como exterior son los adecuados para lograr cubrir las necesidades siendo este de un área de 1392.98m², también evalúan las condiciones climáticas y los materiales empleados en la edificación empleando el software Ecotec, que brinda datos de recorrido del sol, luego proceden a analizar la humedad relativa y temperatura local, logrando determinar que materiales tiene similitud térmica como el corcho, lana de vidrio o de piedra, a su vez con la carta estereográfica de Ginovi, plantean el tipo de muro de ventilación para los diferentes bloques.

2.2 Marco conceptual

El Biogás contiene un porcentaje (volumen) de metano, el cual es almacenado en el biodigestor, puede oscilar desde un mínimo de 55% o 60% hasta un máximo aproximado de 80%, teniendo en cuenta que su poder calorífico depende de la cantidad emitida por el metano, puede oscilar de 4700 kcal /m³ a 5500 kcal /m³ o convertida a watts de 5 kcal /m³ a 7 kcal /m³, (MONCAYO ROMERO, 2013)

Tabla 1: *Tipos de estiércol*

Especie Animal	Cantidad de excremento	Emisión de biogás (m³/Kg)	Producción de biogás (m³/animal día)	Relación C/N (%)
VACUNO	15	0.06	0.60	25
BUFALO	20	0.06	0.80	36
CERDO	3	0.17	0.15	16
AVICOLA	0.20	0.06	0.008	5
OVINO	6	0.05	0.30	20
PATO	0.30	0.05	0.009	6
PALOMA	0.10	0.05	0.003	4
CABALLO	15	0.04	0.60	28

Fuente: www.cubasolar.cu

Existen diversos tipos de biodigestores de bajo costo, considerando los tipos propuestos que en gran parte no necesitan de mecanismos o sistemas activos para calefacción. (SIERRA , 2013)

Los biodigestores familiares de 8.5m³, con 20Kg. de estiércol se convierten a 4hrs. de biogás para cocinar y producen alrededor a los 80L de biol al día, mejorando producción de los cultivos, la salud familiar y reemplazando la energía no renovable en este caso la leña y el GLP (GRUPO SAIVER PERÚ S.A.C., 2006).

El Confort térmico se consigue en el momento del intercambio calórico entre el medio ambiente y el cuerpo humano concediendo un ajuste al mantener la temperatura en la persona (RINCÓN, 2015),.

El confort térmico desde el análisis cualitativo es concebido y subjetivo, así como también un estado mental que albergan condiciones como, el resultado de un balance energético entre el entorno y el ser humano. (GÓMEZ, y otros, 2007)

El confort térmico está sujeto a la ausencia del malestar o irritación térmica. La Norma ISO 7730 explica que es: Una condición que la mente emite cuando muestra una satisfacción hacia ambiente que lo rodea. (GIVONI, 1998).

En el confort o calidad térmica de una habitación, se utilizan recursos naturales como madera, barro, yeso. El calor específico de estos recursos son mayores a los metales, asumiendo una gran concentración de calor. Es indispensable tener conocimiento sobre la transferencia de calor en las paredes o infraestructura de un mecanismo para conocer cuanta energía se realiza en el sistema. (CARLI, y otros, 2012).

Condiciones que conlleva el confort térmico

Según (TORRES, 2010). Las condiciones indispensables para mantener el confort térmico son dos: La temperatura central que le cuerpo emite para llegar a una neutralidad o sensación térmica y el contraste instantáneo de la temperatura a la piel. Se debe contar con el balance térmico (el calor elaborado por el metabolismo tiene que igual a la cantidad perdida)

El confort térmico está relacionado con la secreción de sudor y temperatura de la piel, quiere decir que para una vestimenta y un nivel actividad en una persona está sentirá confort cuando la temperatura de la sudoración y la piel estén en armonía. Estas son llamadas variables fisiológicas que influyen en el balance de calor.

Parámetros ambientales considerados para el confort térmico

Se delimita en 4 parámetros ambientales: Temperatura del aire (T_a). Sin considerar factores ambientales (humedad relativa, radiación y movimiento del aire). La temperatura ideal para mantener una zona de confort oscila entre los 16°C y 30°C . (PARSONS, 2010)

Temperatura media radiante (T_{mr}). Temperatura uniforme de un espacio o perímetro imaginario, donde la transferencia radiante del calor en el cuerpo es igual a la transferencia radiante, que el calor emite en el perímetro no uniforme real. (NORMA ISO 7730, 2005)

Humedad relativa (HR). Es generada por la composición de manera volumétrica de aire sin producirse condensación, conservando la presión atmosférica y las condiciones de temperatura. Su unidad de medida es el %.

Velocidad del viento. Es una de las condiciones que influye al realizar los cálculos que requiere el confort o sensación térmica, expresado en (m/s) y es medido con diversos tipos de instrumentos o anemómetros.

La conductividad térmica del adobe y ladrillo con valores de $0,80 \text{ W/mk}^{\circ}$ y $0,45 \text{ W/mk}^{\circ}$ respectivamente, en épocas de verano puede darse una variación desde los $0,2 \text{ W/mk}^{\circ}$ hasta $0,16 \text{ W/mk}^{\circ}$, consiguiendo una gradiente de la temperatura que directamente contribuye al flujo del calor en los muros. (BOURBON, y otros, 2010)

Tabla 2: *Conductividad térmica del Adobe*

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/mk°)
Adobe	0,15

Fuente: (YOUNG, y otros)

En el intercambiador o modelo J, la combustión se logra con la quema de leña, de forma vertical inducido en el ducto de almacenamiento de calor. El desarrollo del modelo J es realizada en un área transversal al inicio por toda la línea de cámara de calor. Por otro lado, el diseño L no tiene esa forma pues es más directa haciendo

más tediosa la regulación del calor; la su vez, tiene la carga de manera horizontal. (Manual de estufas térmicas).

Según (ALBERTO, y otros, 2014), Las estufas o almacenadores de calor enmarcan un rendimiento del 70% al 95% y sus factores que favorecen a la eficiencia, es la combustión completa que se genera a servicio de la inercia térmica del banco de masa o ductos de escape en la doble cámara de combustión.

En la investigación se aplicarán las teorías de las diferentes formas de transferencia de calor, las cuales son convección, conducción y radiación, estas teorías serán relacionadas con la variable confort térmico, considerando la temperatura que salga del biogás con relación a la temperatura que existe en la vivienda, la cual permitirá una transferencia de calor que buscará una temperatura de equilibrio para obtener un confort.

III. METODOLOGÍA

La metodología se desarrolla en un estudio enfocado a la determinación de parámetros del método cuantitativo. Está estructurado en etapas cuya dirección parte de una iniciativa primordial de investigación o búsqueda con análisis y recolección de datos técnicos en base a las bibliográficas (científicas) usadas como fuentes confiables y documentos (sitios web sobre el tema), el cual son incluidos en el desarrollo del mismo en base a la metodología, identificando y planteando una problemática, donde se profundiza el tema de investigación a partir de distintas teorías y métodos, para determinar las hipótesis que basado en el análisis de la información recopilada que permitirá la verificación y validación de este. De tal forma se espera proporcionar un producto final indicando propuesta medible que posibilite analizar la importancia y valor de los objetivos en la investigación. (SERNA, y otros, 2011)

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación desarrollada es aplicada, porque plantea y describe conocimientos sobre el almacenamiento y utilidad de la energía calorífica, dando resultado a un sistema de calefacción que mediante los cálculos establecidos en el desarrollo se logre la generación de energía térmica para adoptar un adecuado confort térmico en el interior de viviendas altoandinas situadas en la provincia de Recuay, en la región Ancash.

El propósito de la investigación aplicada es resolver un problema puntual estableciendo una búsqueda o conocimiento para enriquecer el desarrollo científico y cultural, (CRAI, 2018)

El estudio es de enfoque cuantitativo porque muestra una gran relevancia en cuanto a los resultados, siendo enfocados a los objetivos planteados al inicio. Por lo tanto, basado en la recopilación de datos se comprueba de forma numérica, analítica o estadística las hipótesis que conlleva la investigación. (SAMPIERI HERNÁNDEZ, y otros, 2003).

Es de nivel descriptivo porque asocia con relevancia y exactitud los fenómenos o acontecimientos enmarcados en un espacio geográfico y temporal (INVESTIGACIÓN, 2016). Y de diseño Experimental, porque se manipula una

variable experimental no comprobada en este caso confort térmico, por lo tanto, describe la causa y modo en la que se produce un fenómeno en consecuencia de los conocimientos planteados en la investigación. (PALELLA STRACUZZI, y otros, 2006).

3.2. Variables y operacionalización.

Ambas variables en relación a la investigación son de carácter cuantitativo tipo continuo, porque son expresadas mediante análisis, métodos o cifras estadísticas las cuales pueden ser medibles. (WESTREICHER, 2021)

Variable Independiente

Sistema de biogás

Variable Dependiente

Confort térmico

3.3. Población, Muestra y Muestreo

La población es el total de personas y materias del cual se desea percibir, es un ítem de gran utilidad para el análisis estudiado por el investigador. La muestra es la selección de una parte de la población descrita por el investigador de forma aleatoria, a través de criterios o fórmulas con el fin de aportar al estudio. El muestreo es el método realizado para definir la muestra que pueden darse a través de un conjunto de reglas, criterios directos del investigador o fórmulas. (LÓPEZ, 2004).

Para la selección de la población se examina localidades afectadas en base a las temperaturas bajas en zonas altoandinas, siendo dirigida a la zona rural del Distrito Recuay - Provincia de Recuay - Departamento de Ancash con altitud de 3428.2 m.s.n.m. a orillas del río Santa, en la parte meridional del Callejón de Huaylas, según (INEI ATLAS, 2021) el distrito de Recuay cuenta con una población de 5115 habitantes y 1378 viviendas.

Muestra: Instalación de un sistema de biogás para el confort térmico en viviendas altoandinas, tomando una vivienda unifamiliar para el autoconsumo.

Muestreo: Por conveniencia

El muestreo es analítico debido a la toma de datos del (INEI ATLAS, 2021), la localidad en mención y número de viviendas con una población de 5115 personas que habitaban y 1378 viviendas independientes. Para un análisis adicional de los datos mencionados; se tomaron como muestra el número de personas en el de hogar y la relación con el fin de proporcionar los resultados en base a dichos objetivos planteados para evitar caer en contradicciones.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas planteadas por los investigadores son la encuesta y el análisis documental que, serán realizadas en torno a las condiciones climáticas de la zona altoandina, asimismo la información sobre los estados del confort térmico que influyen en el poblador andino. Con lo redactado se mostrará una alternativa de mejora actual, orientado al desempeño energético en las habitaciones y vivienda en general, logrando un diseño adecuado con la selección de componentes y características que, al interactuar con el clima tenga las ventajas necesarias para brindar un confort térmico de satisfacción al poblador.

Se entiende por técnica, a la forma o procedimiento por el cual se obtiene la información o datos; tiene como ejemplos la encuesta (cuestionario o entrevista), observación directa, análisis de contenido y documental. (ARIAS, 2006)

Encuesta: Esta técnica se utiliza para recopilar información directa de las zonas para la investigación.

Análisis documental: En esta técnica se enfoca a las revistas, documentos, de gran relevancia para la aplicación y desarrollo del proyecto.

Tabla 3: *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

TECNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Encuesta.	Recoger opiniones sobre el confort y calidad de las viviendas.	Cuestionario.
Análisis documental.	Recopilación de información de fuentes confiables.	Ficha de registro.

Fuente: Elaboración Propia

Para validar el instrumento para recopilación de datos se solicitó el apoyo a tres doctores expertos en tema o metodólogos quienes revisen el cuestionario y nos apoyen en las mejoras. El instrumento consta de dos variables; éstas han sido divididas en dos y tres dimensiones con sus respectivos indicadores.

3.5. Procedimiento

En el desarrollo del diseño para el sistema de distribución de biogás que a su vez, genera energía calorífica con la finalidad de promulgar un beneficio como es el confort térmico entorno a la mejora de la calidad en el interior de las viviendas altoandinas, es necesario aprovechar los recursos renovables (estiércol), para la generación de un combustible llamado biogás, adjunto a un sistema o almacenamiento de calor se crea energía calorífica con la finalidad lograr confort térmico satisfactorio en la vivienda, para ello inicialmente necesitábamos recopilar información relevante e indispensable para poder continuar con la investigación, se optó por realizar la técnica de la encuesta a los habitantes acerca de las condiciones climatológicas que se presentan en el Distrito de Recuay, del mismo modo que comfortable se sienten los habitantes al interior de su vivienda, adicionalmente se obtuvo información importante referente a confort térmico mediante fuentes confiables y se aplicó la técnica de análisis documental para analizar la información recopilada.

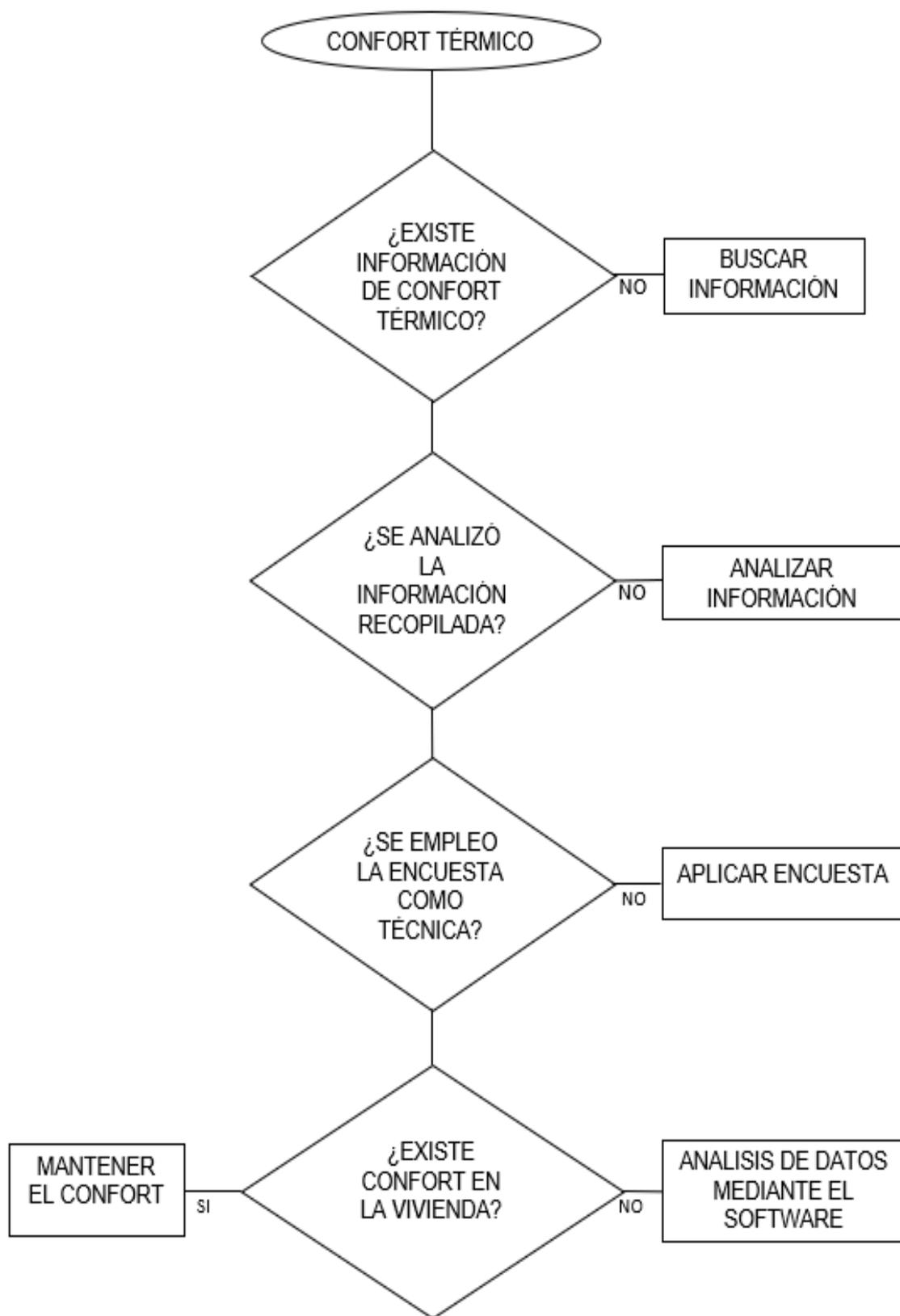


Figura 1: Procedimiento del desarrollo del sistema

3.6. Método de análisis de datos

Referente a los datos, se utilizaron procedimientos informáticos, que posibilitan un tratamiento sistemático altamente formalizado de la información recogida. En ese sentido, se utilizará Excel con el propósito de ordenar la información y obtener cifras en torno a las categorías o niveles que corresponden a las variables. Las técnicas que se aplicaron para el análisis corresponden a las estadísticas descriptivas, entre las cuales se consideran técnicas de presentación de datos y medidas de resumen. Entre las primeras, se tienen las ecuaciones para calcular el confort térmico y transferencia de calor y energía, debido a las características identificadas en la distribución térmica.

3.7. Aspectos éticos

La investigación, se manifiesta de forma concisa los puntos éticos, con el objetivo de brindar mucha importancia en el proceso de la investigación:

El análisis presenta originalidad en el desarrollo del proceso, en consecuencia, no existe plagio o copia en su ejecución. Así mismo; se muestra un análisis de datos verdaderos enfatizados en el ámbito de estudio, es de mucha responsabilidad y compromiso del ejecutor prohibir que otras personas tengan acceso a la información ejecutada, con fines académicos y respetando las citas textuales de autoría, las tablas y figuras como apoyo.

Integridad; los investigadores se presentan de forma objetiva y sincera, siendo consciente de las limitaciones que el proyecto presenta, por ende; las referencias de los autores han sido citadas con responsabilidad y de manera correcta.

IV. RESULTADOS

IV.I. CONFORT TÉRMICO ACTUAL

Descripción del ambiente a calefacción

- La vivienda ah mejorar el confort térmico está situada en Jr. Bolívar/sn. Barrio chupampa, distrito de Recuay-Huaraz. Cuenta con un ambiente de volumen total de 160 m^3 , situado a 3422 msnm, asimismo su presión atmosférica anual es de 22.95 kPa.
- La temperatura interior de la vivienda en estudio es de 2°C , un promedio general de los meses del año. Además, la temperatura para el confort térmico en viviendas altoandinas es de $T=19^\circ\text{C}$ para las personas. Una temperatura de 19°C es de satisfacción en las personas que se encuentran climatizadas en la zona de los andes cuyo descenso es excesivo, por lo tanto, 23°C es considerado una temperatura agradable en la mayoría de las personas, diferente de la zona climática en la que este se encuentre. (LAAR, y otros, 2014).
- El aire en el ambiente se calentará mediante una la estufa de energía calorífica.

Operación para hallar la masa de aire en la casa

El aire es considerado como un gas ideal por tener propiedades constantes. Por ende, la ecuación es aplicada para los gases ideales.

La temperatura térmica utilizada para el diseño es de 19°C .

El volumen de aire es igual al que se encuentra en el sistema cerrado. De modo que, se excluye el espacio de los accesorios y habitantes.

Propiedades del aire: Los datos del calor específico en base a la temperatura promedio de $(2 + 19) / 2 = 10.5^\circ\text{C}$ del aire son: $C_p=1.005\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ y $C_v=0.7180\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ (Tablas Termodinámicas A1 y A15).

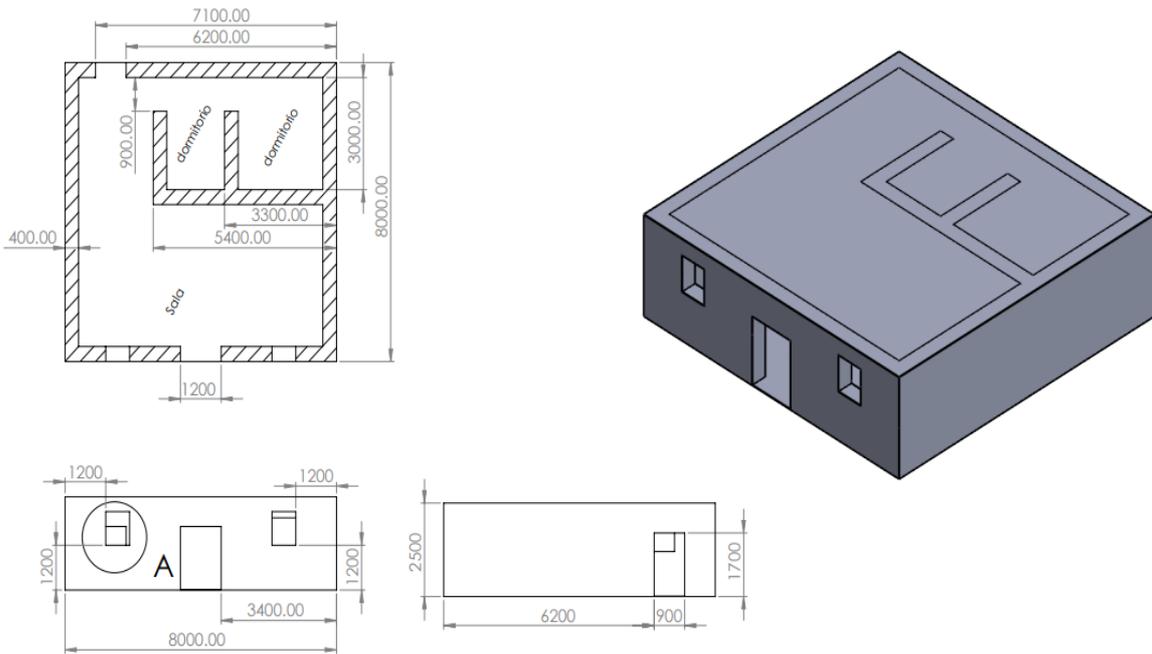


Figura 2: Plano de la vivienda en 3D

Se calcula el calor:

$$P = 22.95 \text{ Kpa}$$

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

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

$$T = t_{prom} + 273.15 = 283.65 \text{ K}$$

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

$$Cv = 0.7180 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$Cp = 1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Remplazando en la ecuación los datos de gas ideal, se obtiene: $m = \frac{PV\bar{M}}{RT}$

$$m = \frac{22.95 * 160 * 28.77}{8.31447 * 283.65} = 45.11 \text{ kg}$$

Estudio de la energía en el ambiente.

El grafico x, presenta el sistema y variables que influyen en el desarrollo del estudio de energía en el interior.

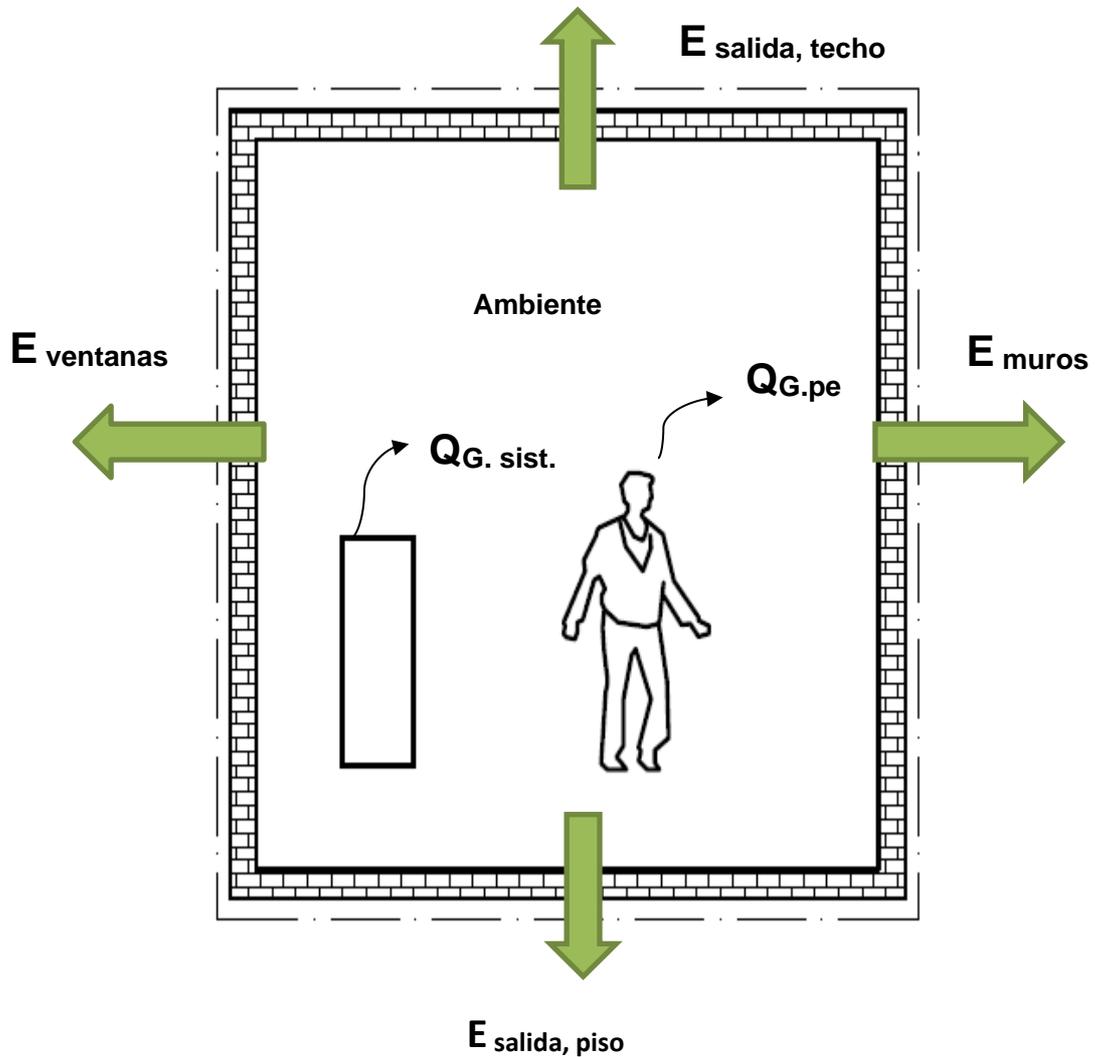


Figura 3: Representación de generación y pérdida de energía

Aplicando el estudio de energía al 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 perdido hacia el techo.

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

Calor generado en las personas $\dot{Q}_{G, pe}$:

La vivienda está conformada por 5 personas, que en promedio de las 8:00 pm y las 5:00 am. Donde se genera una baja temperatura, la información de la estatura de las personas y masa corporal son referenciales o en promedio. El calor emitido depende de los índices metabólicos de distintas actividades.

Datos:

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

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

$$T_{ambiente} = 2^\circ C$$

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

$$N_{personas, \text{ promedio}} = 5$$

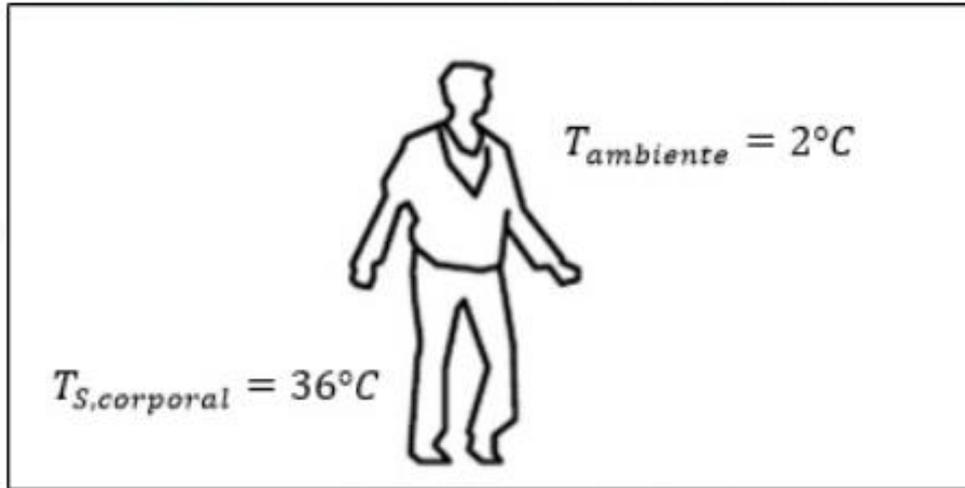


Figura 4: Representación corporal de la persona

Calor transmitido y generado por las personas:

Tabla 4: Energía que libera una persona en promedio

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

Fuente. (CENGEL, y otros, 2011)

(ASHRAE, 2003) Para el análisis del área superficial en promedio de una persona se calcula:

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

$$A_s = 0,202 * (75)^{0.425} (1.68)^{0.725}$$

$$A_s = 1.8433 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$Q_{G,pe} = I_m * A_s * N_{personas, promedio}$$

$$Q_{G,pe} = 57.5 \text{ Wm}^2 * 1.8433 \text{ m}^2 * 5$$

$$Q_{G,pe} = 529.9487 \text{ W}$$

$$Q_{G,pe} = 0.52994 \text{ kW}$$

Interpretación: 0.52994 KW es el flujo del calor emitido por los 5 habitantes y en 4h disipan un calor total de 7631.136 *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 de los coeficientes sobre la transferencia de calor en los materiales que son usados en la casa en referencia a la ciudad de Recuay, considerada una zona altoandina. En la tabla se presentan las pérdidas de calor por transmisión. (REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2014)

Tabla 5: *Coefficiente 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 – confort térmico

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 6: Carga térmica perdida por cerramientos al exterior

Descripción	Orientación	Área (m ²)	Diferencia de temperatura	U (W/m ² k)	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

Interpretación: 5520.90 (5.5209 kW) es la referencia del flujo energético que se pierde en la infraestructura (piso, muros, puerta, ventanas y techo) y la concentración energía en 4h es de 79500.96 KJ. Este dato es indispensable para realizar el cálculo para la generación de energía térmica con el biogás.

Determinando el calor necesario que debe generar el Biogás:

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

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

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

Entonces para las 4 horas, la energía es 71870.4 kJ

IV.II. DISEÑO DEL SISTEMA BIOGÁS PARA ATENDER LOS REQUERIMIENTOS DE CONFORT TÉRMICO

Primero, se determinará mediante una matriz morfológica la mejor configuración de la estufa, por lo cual se analizará 3 alternativas de análisis. Este análisis fue desarrollado por Fritz Zwicky en 1969, con la finalidad de evaluar cada componente que forman la estufa en el diseño.

A continuación, se nombran tres posibles soluciones al problema de diseño con breve descripción, para determinar con criterio la elección y las mejores propiedades para un confort térmico de acuerdo con la necesidad.

Primera alternativa, Sistema Ruso: La ventaja de este diseño es su capacidad para acumular calor en una estructura conformada por ladrillos con la ventaja de soportar calor de 800°C a 1000°C, para luego transferir en un tiempo limitado entorno a la carga acumulada y estudiada. En la estación de invierno con temperaturas bajo cero grados, son usadas y acondicionadas manteniendo una temperatura templada. (BATTRO, 1994)

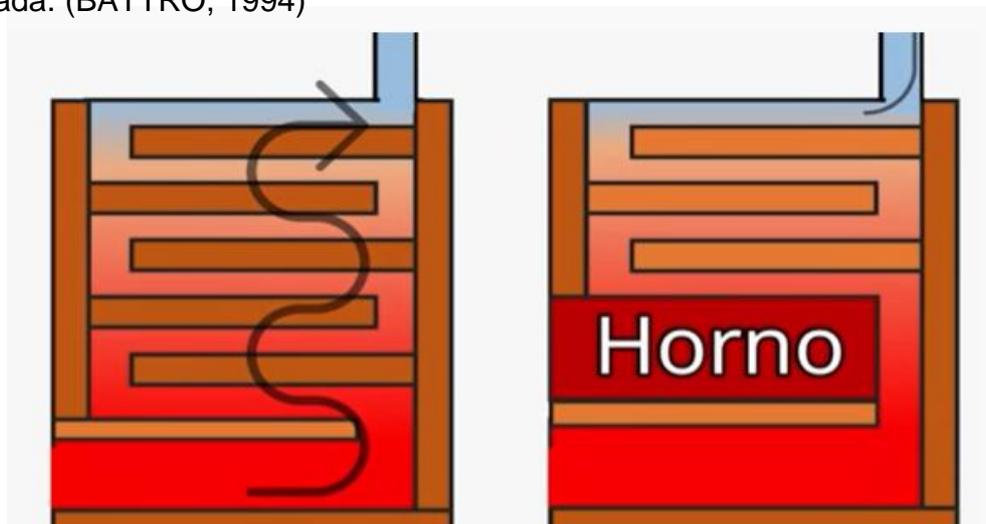


Figura 5: Distribución y diseño de Sistema Ruso

Segunda alternativa, Sistema modelo L: Ideal para una vivienda pequeña, de bajo costo, no obstante, su desventaja radica en que se quiebran las paredes en un corto periodo ocasionando obstrucción y dificultad de mantenimiento. Tiene base de adobe, usando una mezcla de lodo y arena en la construcción de la caja o cámara de fuego. Cuenta con agujeros para las hornillas que son escarbados para

darle su forma. (CUZ CHUMÁN, 2012). Por otra parte, (DELGADILLO QUISPE, y otros, 2021) (DELGADILLO QUISPE, y otros, 2021) (EVANS, y otros, 2006) se explica que estas estufas o colectores de calor son fabricadas de diversos materiales, tales como laminas metálicas, ladrillos, el barro crudo, entre más. Los materiales dependen del modelo, funciones y tamaño que se requiere en la vivienda. (TAY O, 2007),

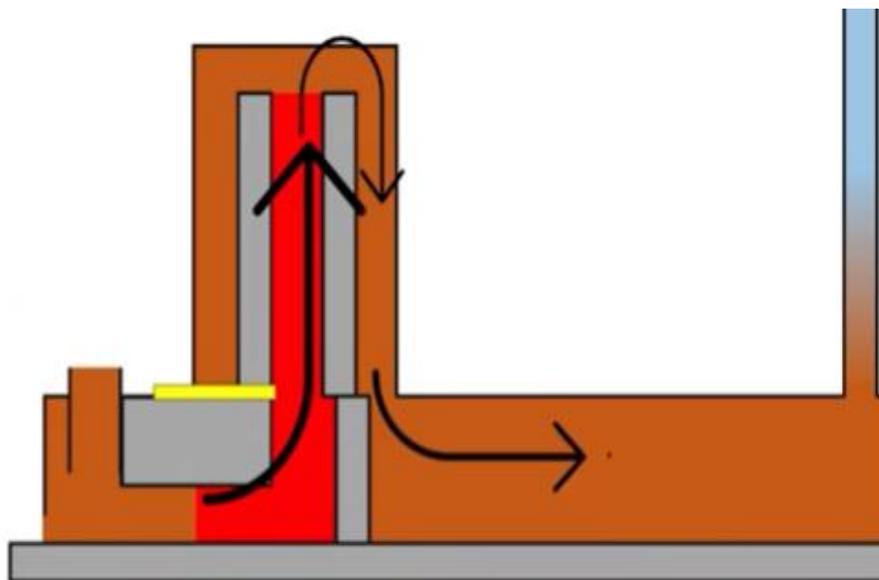


Figura 6: Distribución y diseño de Sistema L.

Tercera alternativa, Sistema Rocket. Consta de una cámara de combustión a alta temperatura muy simple, con una chimenea aislada, asegurando el 100% de calor antes que las llamas lleguen a la superficie ocasionando cocción. Generada por una corriente de aire ascendente que es indispensable para mantener la combustión constante. (MONTROYA MENDOZA, y otros, 2017). El diseño y construcción del colector de energía calorífica logra reducir drásticamente las emisiones a casi cero usando poca leña, la cual incita al impacto directo para el cuidado de los bosques (EVANS, y otros, 2006).

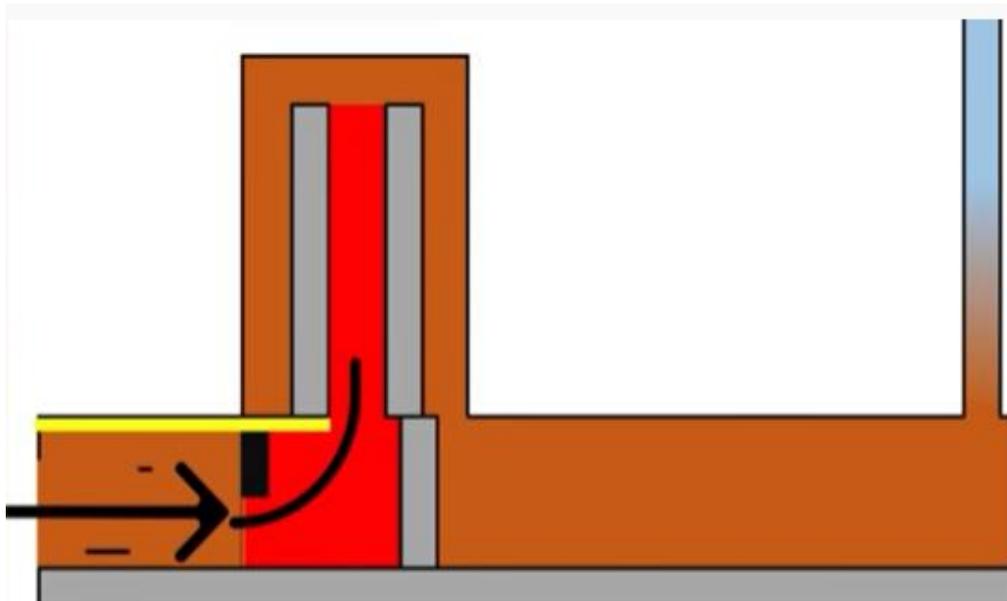


Figura 7: Distribución y diseño del Sistema Rocket

Matriz Morfológica para evaluar la mejor alternativa: Consta de una serie de datos y cuadros en el cual se comparan y analizan opciones de diseño de diversas partes de una máquina, en el cuadro se analizarán las desventajas y ventajas con las que cuentan las alternativas propuestas, seleccionando mediante criterios el adecuado.

Tabla 7: Evaluación de las alternativas de estufas

		Conceptos Alternativos					
		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Criterio	Importancia (%)	Ratio	Peso del Ratio	Ratio	Peso del Ratio	Ratio	Peso del Ratio
Confort	50%	4	2	3	1.5	2	1
Seguridad	20%	3	0.6	3	0.6	3	0.6
Fabricación	10%	2	0.2	3	0.3	4	0.4
Costo	10%	3	0.3	3	0.3	4	0.4
Mantenimiento	10%	3	0.3	3	0.3	2	0.2
Total	100%	N. A	3.4	N. A	3	N. A	2.6

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

Ratio	Valor
Insatisfactorio	1
Tolerable	2
Adecuado	3
Bueno	4
Muy bueno	5

Entonces la mejor alternativa de diseño es la primera ya que tiene un peso ponderado de 3.4 y es mayor a las otras alternativas.

Selección de digestor: Se determina las propiedades del biogás en base a guano de ganado vacuno.

Tabla 8: *Propiedades del Biogás*

PROPIEDADES	DATOS
Composición	55% a 70% de metano y de 30% a 45% dióxido de carbono
Energía concentrada	6 kWh/m ³ a 6.5 kWh/m ³
Equivalencias del combustible	0.6 a 0.65 L _{petróleo} /m ³ _{biogas}
Límite de explosividad	6% a 12% biogás hacia el aire
Temperatura de ignición	650 °C a 750°C
Presión crítica	75 a 89 bar
Densidad	1.2 kg/m ³
Aroma	huevo en fermentación
Masa molar	16.043 kg/Kmol

Fuente: (VARNERO, 2011)

Análisis del flujo másico del fluido:

$$Q_{G, sis} = \text{Energía Contendida} * \text{Volumen}$$

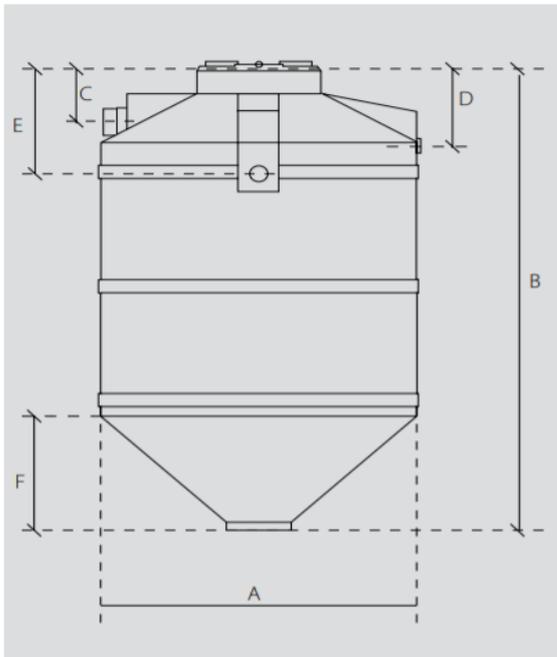
$$71870.4 \text{ kJ} = 6.0 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} * \frac{3600 \text{ kJ}}{1 \text{ kWh}} * \text{Volumen}$$

$$\text{Volumen} = 3.32 \text{ m}^3$$

Selección del Biodigestor. Se realiza por medio de una selección y composición de residuos, basandonos en el calculo previo de la energía que se requiere en un tiempo de 4 horas para 5 habitantes.

El Biodigestor es el sistema o mecanismo que genera el biogás por medio de un proceso anaeróbico (descomposición) realizando la fermentación de los desechos orgánicos en un recipiente que de acuerdo con su diseño tiende a separar los residuos del gas, dando como resultado el bioabono utilizado en cosechas y el biogás utilizado para generar calor y energía eléctrica. (GUEVARA VERA, 1996)

Dimensiones



CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS			
	BDR600	BDR1300	BDR3000
A	90 cm	120 cm	200 cm
B	165 cm	197 cm	215 cm
C	25 cm	25 cm	25 cm
D	35 cm	35 cm	40 cm
E	48 cm	48 cm	62 cm
F	32 cm	45 cm	73 cm
CAUDAL	600 lts	1300 lts	3000 lts

Figura 8: Manual de Biodigestor Rotoplas

Se ha seleccionado dos biodigestores de 3000 litros y de 600 litros respectivamente, según el catálogo de fabricante Rotoplas.

Selección de mangueras

A continuación, se mostrarán algunas posibles soluciones al problema, en la selección de mangueras para la distribución del biogás, describiendo cada una para determinar con facilidad y precisión una de estas.

Polietileno reticulado (PEX): Material translúcido y especial, se utiliza en calderas y sistemas de calefacción con agua. La instalación es sencilla y de fácil manejo, resiste cambios bruscos hasta los 110°C, resistente al impacto y la deformación con el pasar del tiempo.



Figura 9: Tubería de polietileno reticulado (PEX)

Multicapa: Están compuestos de un tubo interno (polietileno reticulado). Estas propiedades tienen resistencia al químico, formación de grietas y temperatura hasta 95°C. Se puede instalar debajo o arriba del suelo.

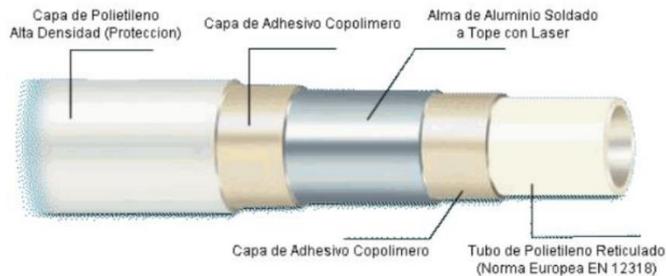


Figura 10: Tubería multicapa

Polipropileno Random (PP-R). Polímero de plástico con propiedades excelentes, acabado en forma de espejo, ausencia de incrustaciones y una baja pérdida de carga. Las uniones de la tubería son realizadas por termofusión.



Figura 11: Tubería de polipropileno (PP-R)

Tabla 9: Evaluación de opciones de tuberías

		Conceptos Alternativos					
		Opción 1		Opción 2		Opción 3	
Criterio	Importancia (%)	Ratio	Peso del Ratio	Ratio	Peso del Ratio	Ratio	Peso del Ratio
Seguridad	50%	5	2.5	4	2.0	3	1.5
Fabricación	20%	4	0.8	3	0.6	3	0.6
Costo	10%	4	0.4	5	0.5	3	0.3
Mantenimiento	20%	4	0.8	4	0.8	3	0.6
Total	100%	N. A	4.5	N. A	3.9	N. A	3.0

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

Ratio	Valor
Insatisfactorio	1
Tolerable	2
Adecuado	3
Bueno	4
Muy bueno	5

Precio de tuberías para gas	
Opción 1	40 S/. m
Opción 2	55 S/. m
Opción 3	30 S/. m

Fuente: Elaboración Propia

La mejor opción para el diseño es la 1; por contar con características requeridas para la seguridad y bienestar de las personas para la transferencia de energía renovable.

Se realiza la selección de la hornilla clásica y la más común para realizar el fuego que será inducido a las cámaras, para el proceso de combustión y distribución del calor, así mismo la flama será regulada por la válvula de globo.

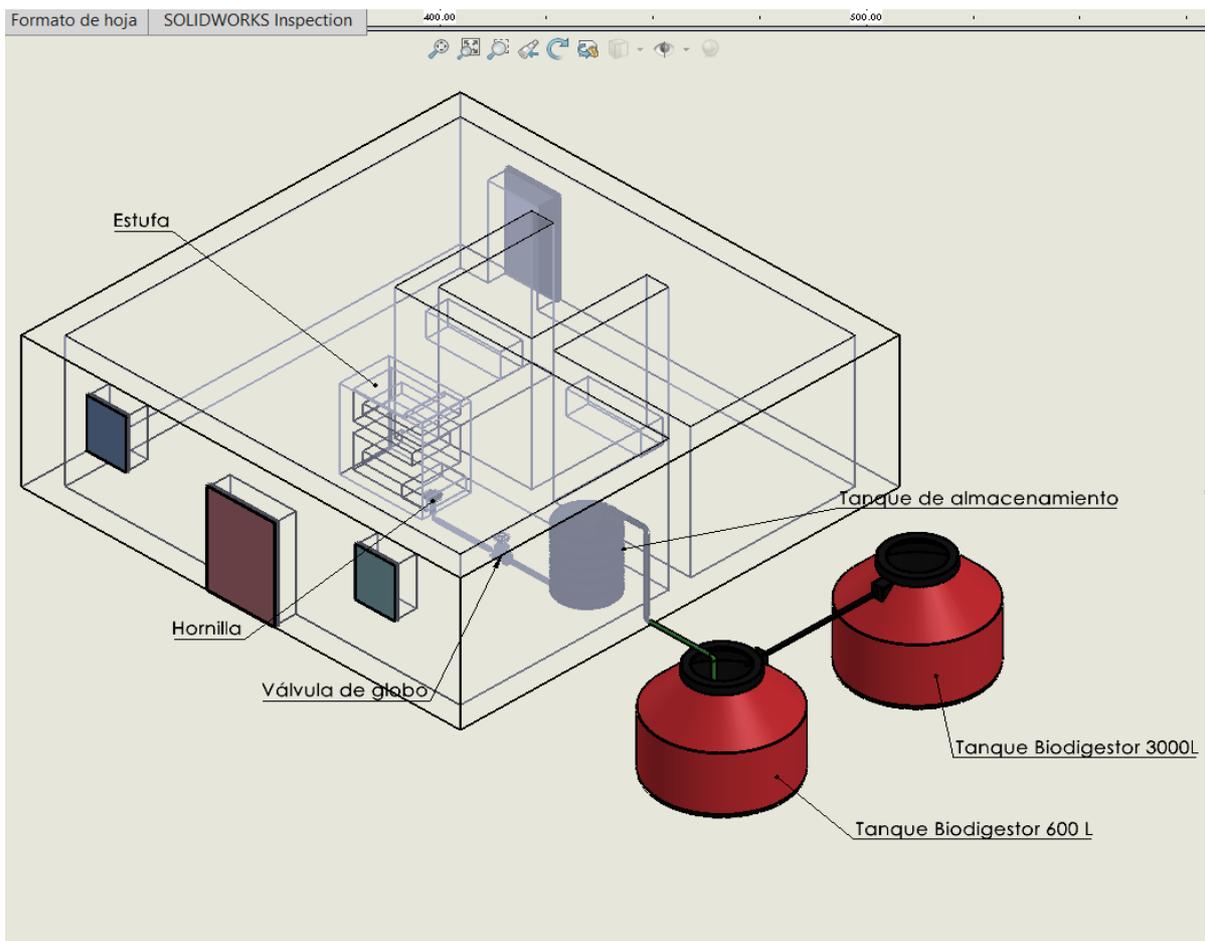


Figura 12: Instrumentos, materiales y accesorios del proyecto

IV. III. SIMULACIÓN DE ESTUFA

Para determinar las propiedades térmicas de la estufa y verificar el cálculo de la carga térmica se determinó el confort térmico de viviendas altoandinas teniendo como muestra una vivienda de 160 m³, conformado por 5 personas, localizada en el distrito de Recuay, provincia de Ancash.

Primeramente, se determinó las condiciones térmicas y flujo de calor en la estufa para seguidamente realizar una segunda simulación para determinar el flujo de aire calentado y el confort térmico adecuado dentro de la vivienda. Este análisis se realizó en el complemento de SolidWorks versión 2020, el cual es Fluid Simulation. En el análisis se consideró un flujo interno, transferencia de calor en sólidos y que dicho análisis se realiza en estado transitorio con un tiempo de análisis de 4 hora. Además, se consideró que el biogás está conformado en un 70 %, de Metano y un 30% Dióxido de Carbono (VARNERO, 2011), adicionalmente se considera que la temperatura inicial es de 2 C. con la finalidad de elevar hasta los 19°C o 20°C respectivamente, para un tiempo de 4 horas.

Tabla 10: *Datos de ingreso al programa*

Datos Ingreso	Unidad
Temperatura inicial del aire	2 °C
Temperatura inicial de las paredes de la casa	2 °C
Temperatura inicial del biogás	900 °C
Material de la Estufa	ladrillo refractario
Material de la vivienda altoandina	Ladrillo de Adobe
Tiempo de análisis	4 horas
Presión atmosférica	22 950 Pa
Humedad Relativa	67.35%

Fuente: Elaboración Propia

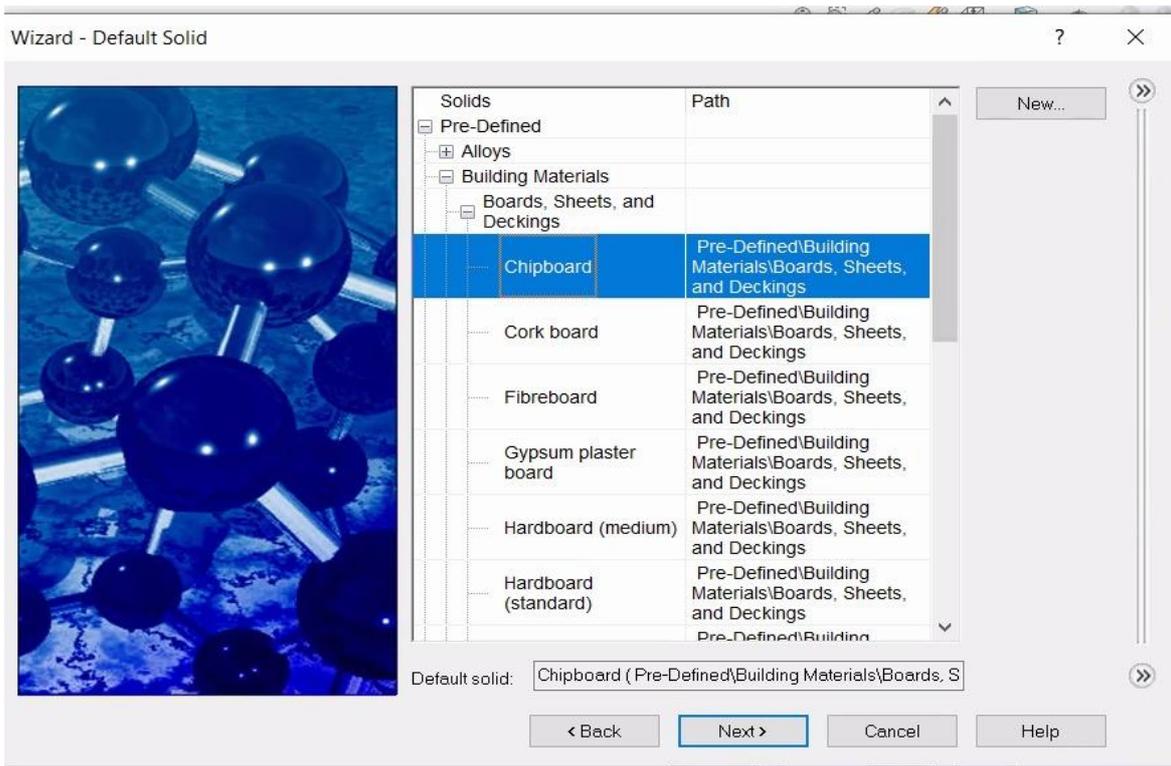


Figura 13: Selección de materiales en la estufa

Ladrillos refracturados con condiciones a la resistencia calorífica.

Se considera la temperatura promedio anual, en la localidad que utilizamos como muestra.

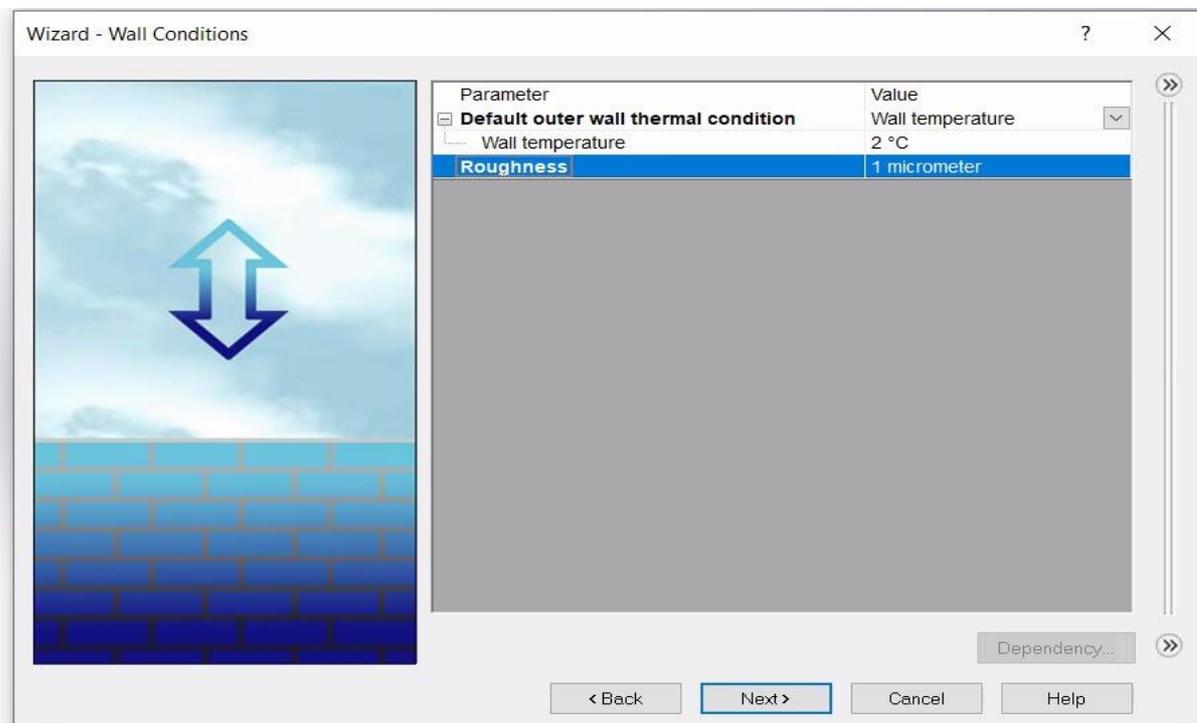


Figura 14: Temperatura promedio anual en la localidad de Recuay

Se referencia los parámetros en referencia a la presión atmosférica y temperatura en promedio, así como la humedad relativa con su respectiva temperatura referencial.

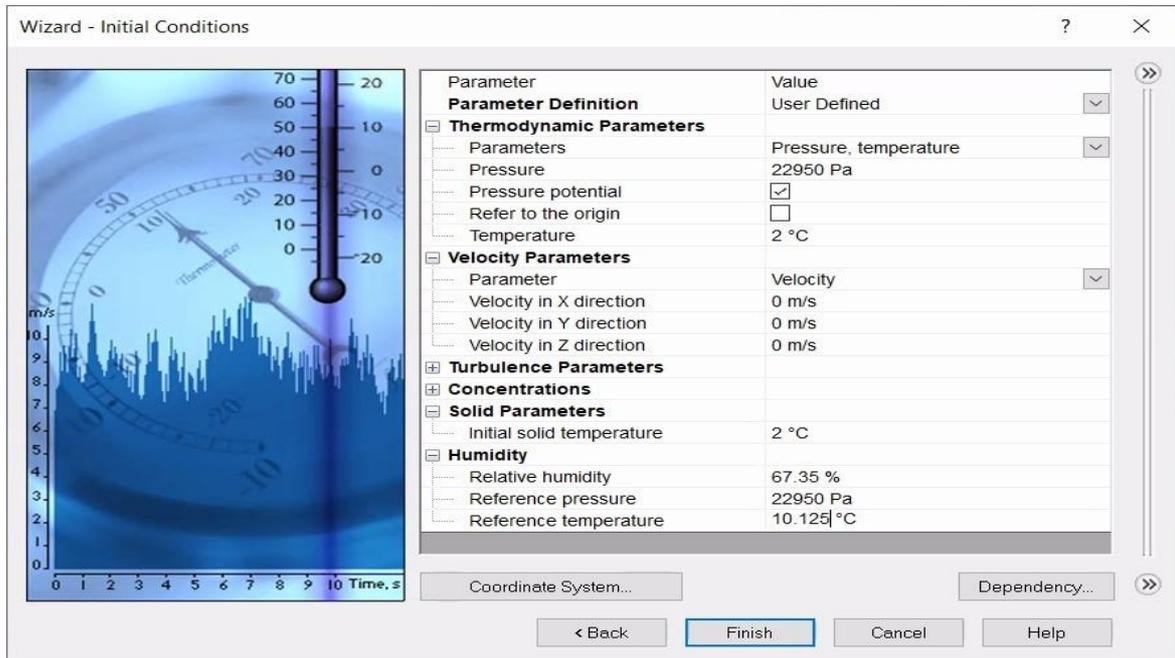


Figura 15: Parámetros establecidos en la simulación

Luego se selecciona los gases que operan tanto en el medio como en la estufa.

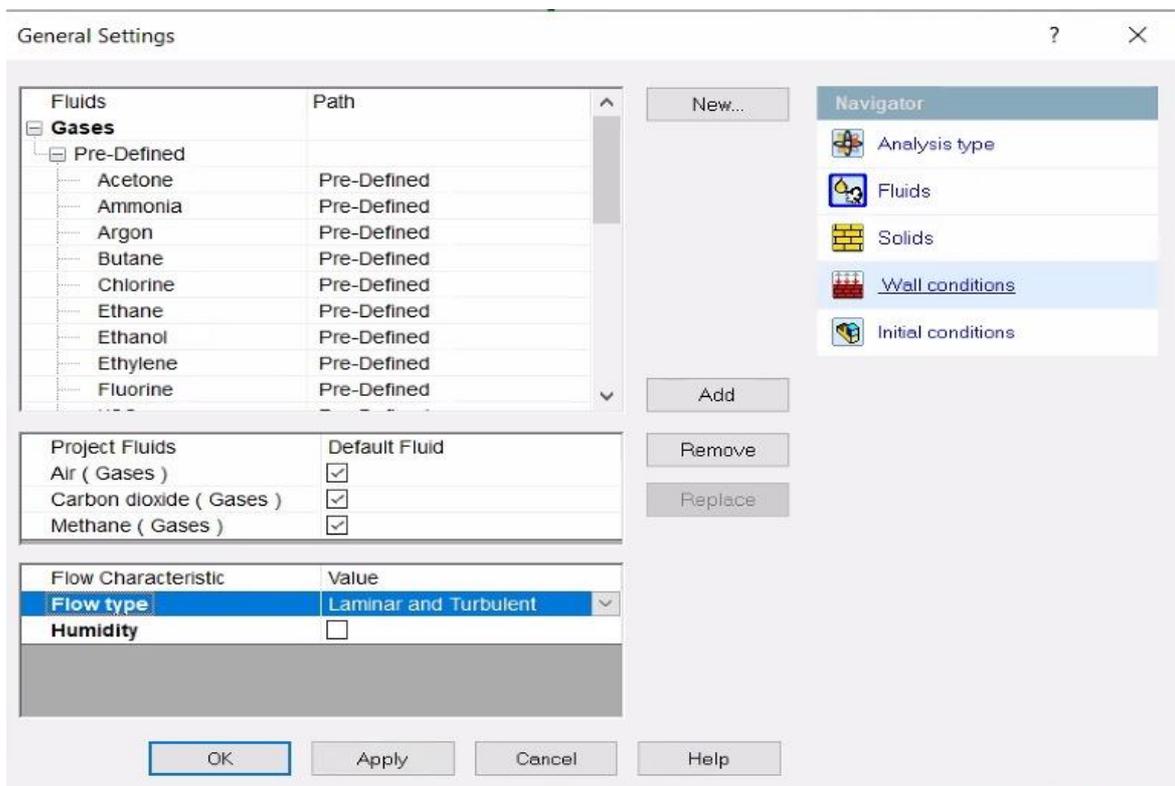


Figura 16: Condiciones del biogás en el flujo del calor

Al realizar la simulación se determinó el perfil de temperatura del biogás en donde se puede observar que mientras avanza en su recorrido este va entregando energía a las paredes de la estufa, por lo tanto, la temperatura del biogás disminuye, siendo la temperatura inicial 900°C al salir del proceso de combustión y al salir del sistema los gases están aproximadamente entre 90°C, con lo que se consigue poder distribuir y regular la salida de calor en la vivienda hasta lograr el confort adecuado.

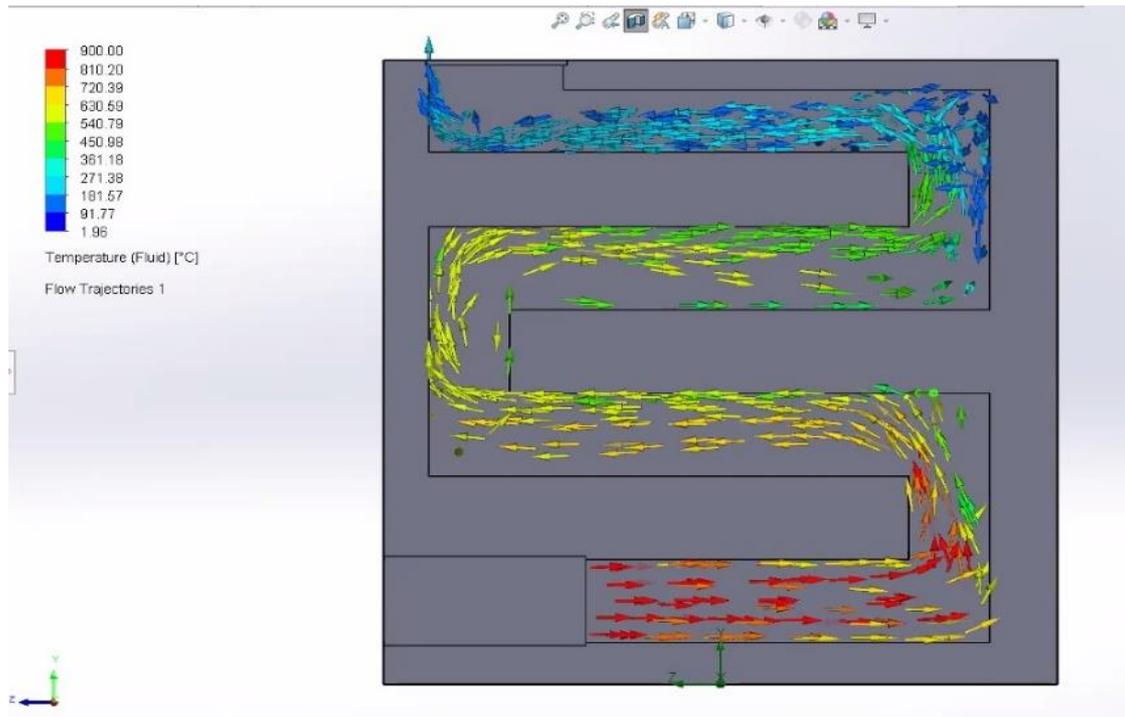


Figura 17: Temperatura inicial y final en la estufa

En la siguiente figura 19 se visualiza que las paredes internas se encuentran a una mayor temperatura debido a que estas están expuestas al fluido caliente y en donde se genera el proceso de combustión la temperatura es de 900 °C.

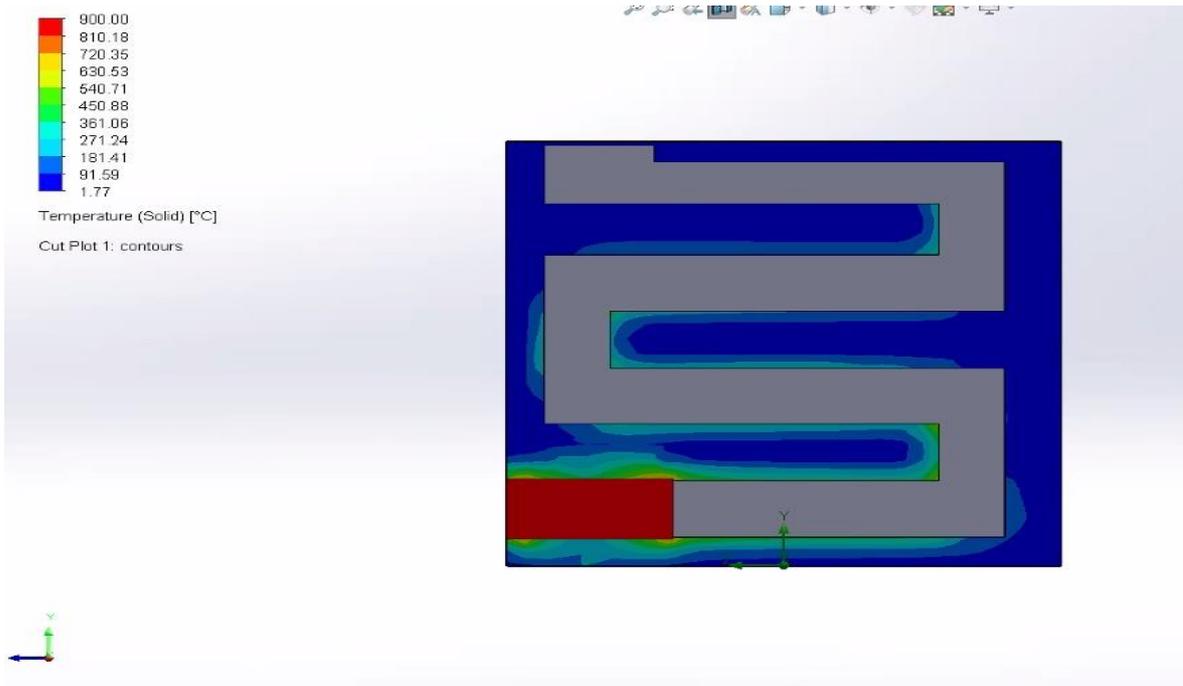


Figura 18: Transferencia de calor en las paredes

En la figura 21 se visualizan las condiciones del aire calentado y su distribución en la vivienda, para lo cual se realizó un flujo externo de aire a 2°C, internamente se encuentra aire confinado inicialmente con 2°C como condición inicial, pero la estufa en su entorno logra una temperatura promedio de 67.90°C, y el aire confinado eleva su temperatura luego de realizar el análisis CFD en régimen transitorio en un rango de [25.90-13.95]°C, en la mayor área de la casa.

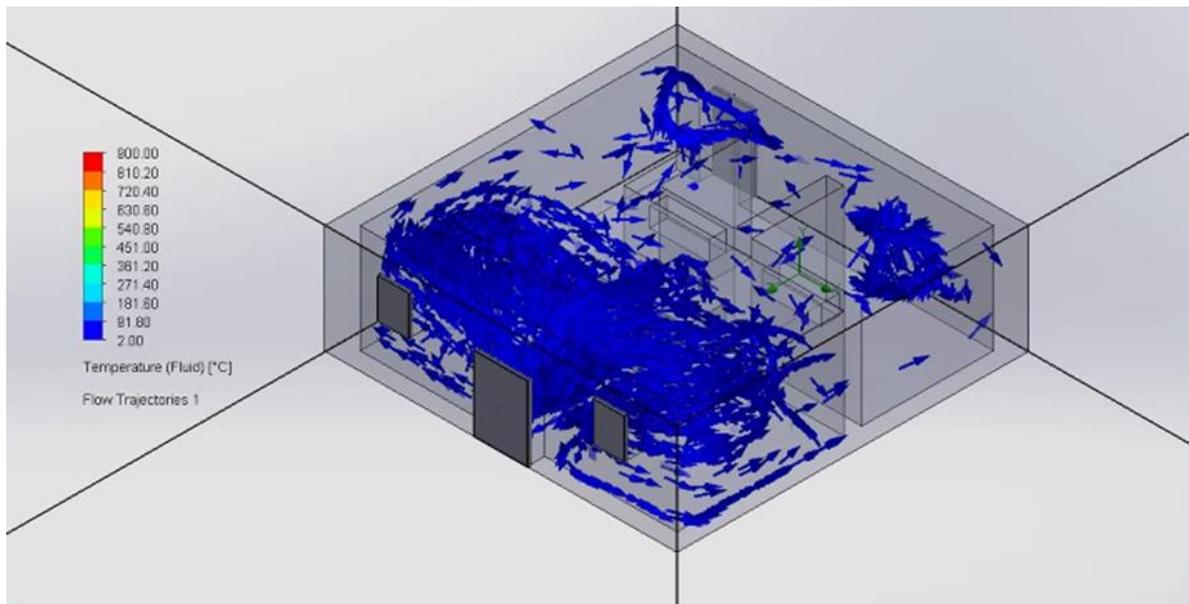


Figura 19: Temperatura inicial en la casa previo a la simulación

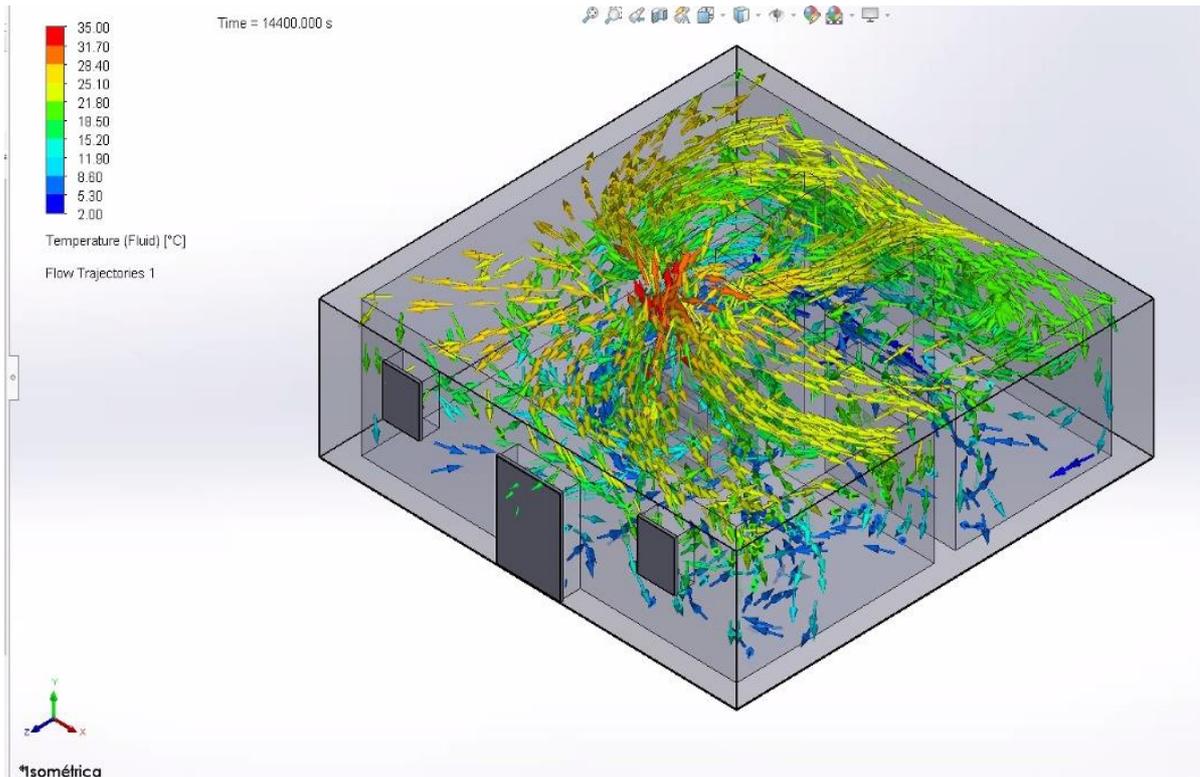


Figura 20: Generación y distribución de calor al finalizar el análisis

IV. IV. EVALUACIÓN DEL COSTO Y BENEFICIO DEL PROYECTO

Presupuesto

En esta etapa de la investigación se detalla los costos que conlleva ejecutar el presente proyecto. Para un mejor detalle de costos, se ha tenido por conveniente desglosar los puntos principales del 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)	200	4	S/. 800
Asesor	38	10	S/. 380
TOTAL			S/. 1180

Fuente: Elaboración Propia.

Instrumentación

En esta sección se ha considerado 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	480	1	480
Licencia SolidWorks	40	3	13.33
Licencia AutoCAD	40	3	13.33

Fuente: Elaboración Propia

Estos equipos son los que se usaron como soporte en el desarrollo de la investigación y proyecto, así mismo, se genera un costo por hora el cual se hizo mención para la inversión correspondiente.

Tabla 13: *Costo total de los instrumentos considerando el tiempo utilizado*

Instrumento	Tiempo (h)	Costo (soles / h)	Amortización anual (soles)
Licencia Office	120	0.0625	S/. 7.5
Licencia SolidWorks	60	0.0069	S/. 4.14
Licencia AutoCAD	20	0.0069	S/. 1.38
TOTAL			S/. 13.02

Fuente: Elaboración Propia.

Elementos

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

Tabla 14: Costo referente a elementos empleados

Ítem	Elementos	Unidad	Cantidad	Precio unitario (soles)	Precio total (soles)
1	Biodigestor 600 Litros	und	1	1587.90	1587.90
2	Biodigestor 3000 Litros	und	1	6895.63	6895.63
3	Cilindro almacenador	und	1	100.00	100.00
3	Abrazadera galvanizada 2"	und	2	5.00	10.00
4	Arena gruesa	m ³	0.4	35.00	14.00
6	Cemento refractario yellow (5kg)	bol	3	18.90	56.70
7	Cemento portland tipo I (42.5kg)	und	1	22.00	22.00
9	Ladrillo refractario	und	70	4.00	280.00
10	Mortero refractario	und	3	15.00	45.00
11	Silicona transparente 310 ml	und	4	10.00	40.00
12	Adaptador de 1"	und	2	4.00	8.00
13	Válvula de globo de 2" PVC	und	1	20.00	20.00
14	Manguera de polietileno 2"	m	5	40.00	200.00
15	Conector de bronce 1/2"	und	3	15.00	45.00
16	Hornilla de cocina común para 2"	und	1	20.00	20.00
Total, S/.					9344.23

Fuente: Elaboración Propia.

Presupuesto Total

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

Tabla 15: Presupuesto total.

Presupuesto	Costo (soles)
Mano de obra (Análisis, investigación y otros)	1180.00
Elementos (mano de obra, transporte)	9344.23
TOTAL	10524.23

Fuente: Elaboración Propia.

El presupuesto total asciende a: Diez mil quinientos veinticuatro con 23/100 soles.

Comparación con otros sistemas

Realizando una diferencia en solo costo de materiales y tiempo de implementación fuera de proceso de investigación, pues el sistema de biogás a partir del estiércol de ganado para generar confort térmico en la vivienda altoandina bordea los S/.

9500 soles incluido mano de obra, a diferencia de los sistemas de paneles solares que tienen un costo de S/.11000 soles; siempre y cuando sea en temporadas donde exista radiación o condiciones que sean útiles en la generación eléctrica.

Un sistema de biogás está dirigido a las viviendas rurales donde la falta de energía eléctrica es escasa; lo que resulta de gran inversión trabajar con líneas de transmisión y distribución eléctrica que según (ARREDONDO QUINTERO, y otros, 2008) la inversión asciende a los más de \$. 120000 el poder implementar y brindar servicio de electrificación a las viviendas, por ende, la implementación de este diseño es relevante en cuanto a sus diferentes procesos, los biodigestores generan el biogás y el biol (bioabono) que es muy provechoso para una gestión agrícola (cosecha, sembrío); aprovechando el estiércol u otros tipos de residuos orgánicos ayudando a reducir y disminuir el efecto invernadero que generan el calentamiento global.

V. DISCUSIÓN

En la búsqueda para evaluar el confort dentro de una casa como prototipo de prueba para que el calor sea retenido por más tiempo y brindar una satisfacción a las personas en paralelo al uso de materiales del área como implemento; HOLGUINO, OLIVERA Y ESCOBAR (2018) determinaron que, en un periodo de 11 horas por la noche la conductividad térmica de los materiales usados como el adobe, yeso, paja en unión con el agua y el aire, en la infraestructura generan una pérdida de energía de 0,815 MJ. De tal manera que, en el desarrollo del sistema de biogás, en relevancia a la pérdida de calor que se da en la vivienda con un número de 5 personas, se destina una pérdida de energía de 1.9078 MJ en un tiempo de 4 horas establecidas con la vivienda hecha de adobe; lo que se adjunta como conclusión a los temas el cual están regidos al material del cual están hechas las casas, con una conductividad térmica del material que minimiza la disipación de calor dentro de la vivienda hacia el exterior. Así mismo, hay diferencias entre el tiempo de retención ya que el diseño de la generación de calor solo es entablado por 4h sin modificaciones en la casa, a diferencia de mejorar la vivienda para un mejor tiempo de satisfacción de 11h.

En relevancia con el trabajo de ACUÑA URBINA, D (2018). En donde se realiza un diseño para dar calefacción a una vivienda de 50m², con 6 personas y teniendo las condiciones medioambientales en la que está la vivienda ubicada, se genera el calor necesario para mantener la casa en 18°C sin alteraciones de temperatura mediante la operación del aceite en que este mecanismo opera, de tal manera el costo haciende a más de S/. 10,376 en su construcción y montaje. Por ende; el sistema que empleamos está diseñado para una vivienda de 64m² para 5 personas con un ascendente de temperatura de 25.9°C y con un costo de S/. 10,524 las diferencias son en el costo, así como en la rentabilidad al utilizar las fuentes renovables, sin embargo, el mecanismo de calefacción es más viable por contar con más de 1000 días para brindar esa calefacción constante teniendo un rango de temperatura exterior con 5°C al exterior. De otra manera se puede decir que solo en zonas que cuenta con esa temperatura mínima puede ser viable, a diferencia del sistema de biogás que enmarca temperaturas inferiores a los -5°C y en promedio anual 2°C.

En comparación con DELGADILLO, QUISPE Y SAGASTTEGUI (2021). Utilizando un módulo de un aula con aislamiento térmico y mejora del confort, ubicado en la puna alta a 4250msnm y con temperaturas que oscilan entre los -9°C hasta los 7°C, donde utilizaron herramientas de recopilación de datos enfocados en el área climatológico el cual se desea mejorar, empleando ficha de registros, encuestas, entrevistas, fichas técnicas las cuales servirán para una implementación mejor detallada en relevancia a la mejora del confort y salud de los habitantes que acuden a los centros educativos logrando con esto, un detallado análisis sobre la conductividad de los materiales, adquirir los insumos, los costos y el tiempo para la ejecución; en la investigación propuesta sobre el aprovechamiento de recursos renovables para la generación de confort con el uso del estiércol, se emplea un cuestionario e ficha técnica para conocer las dimensiones y el costo valorado en la ejecución del trabajo; lo cual en términos generales ambas generan este tipo de instrumentos para ver la rentabilidad y costo beneficio en la implementación de sistemas o mejora de infraestructura regidas a minimizar el friaje y consigo las enfermedades.

En la propuesta de un prototipo de estufa con la aplicación de biomasa de SERRANO y MONTOYA (2017) el cual conducen a reducir el friaje con recursos de la zona como: el adobe, madera, caña brava, botellas plásticas, estiércol, barro. Se induce a la creación de una estufa de barro aprovechando la energía renovable como la biomasa, generando calor por convección dentro un área pequeña con la dimensión que requiere la vivienda; generando y transmitiendo el calor por tiempos cortos utilizado en las noches y estaciones de invierno, este reemplaza al sistema de chimenea, que es a base de leña disminuyendo la depredación vegetal y usando el bioabono. Lo cual se determinó las variables necesarias para diseñar el sistema de calefacción a base de estiércol de ganado se genera calor distribuido por toda la casa con una implementación de biodigestores por selección del cálculo volumétrico de energía y a su vez el flujo por un tiempo de 4 horas operando en la noche donde las condiciones térmicas con extremas, sin embargo la implementación por selección se hace tedioso en cuanto al costo, pues mientras más flujo de calor se necesita más biodigestores se tomaran en cuenta conllevando a una selección de biodigestor casero con el fin de generar un solo flujo mayor a

las 4 horas establecidas y con fines de ser distribuido a viviendas adyacentes mediante el proceso de combustión, por otro lado se incrementa el aire en la vivienda con aumento de la temperatura en un rango de $[25.90 - 13.95]^{\circ}\text{C}$ la temperatura de aire es mayor mientras más cerca este a la estufa. Según LAAR, y otros, (2014); una temperatura de 19°C es de satisfacción en las personas que están climatizadas en ambientes bajo 0°C , por consiguiente las temperaturas que bordean 23°C que para la gran parte de las personas es considerada agradable así se encuentren en cualquier zona climática, entonces mediante la simulación en el software SolidWorks se visualiza que la temperatura del aire en la mayor parte de la casa es de 21°C con lo que confirmamos que el trabajo realizado cumple con las condiciones del confort para viviendas altoandinas.

Por otra parte, comparando con la evaluación experimental de un módulo térmico dicho por MOLINA Y HORN (2017); donde describen configuraciones sobre las condiciones climatológicas de las viviendas altoandinas que en relevancia tienen en el exterior $-7,1^{\circ}\text{C}$ para efectuar un prototipo viable en el manejo del confort térmico, detallando las temperaturas y humedad se logra un incremento de temperaturas en promedio hasta $9,5^{\circ}\text{C}$ y puntuales de $16,6^{\circ}\text{C}$ en horas diurnas, con el uso del software EnergyPlus, SketchUp 3D, OpenStudio, donde se determinaron las temperaturas al interior y la generación de calor. Así mismo, no se concreta con la norma establecida por el confort térmico en viviendas altoandinas haciéndolo deficiente pero válido en cuanto a la mejora de la temperatura en estas áreas, de igual manera el sistema de biogás para generar confort brinda una emisión de calor constante mediante la simulación en software SolidWorks con datos como la temperatura promedio es 2°C y temperatura puntual de la zona -5°C , la presión atmosférica del área anual es de 22.95Kpa con una humedad de 67.35% , se determinó una gran generación de energía calorífica teniendo en cuenta las características termodinámicas para la transferencia de calor en los materiales utilizados en la construcción de la vivienda.

La propuesta de RIVASPLATA CASTRO (2018), sobre la mejora de un diseño de vivienda para mejorar el confort térmico mediante la energía solar pasiva con la implementación de materiales que contengan una conductividad térmica muy inferior para que no haya pérdidas de energía ni transferencia del interior hacia el

exterior de la vivienda, dando una ventaja económica y viable al no adquirir mecanismos caros que en conjunto con su costo e implementación sea excesivo para el campesino, conservando una tecnología íntegra, social y ecológica que para su aplicación se enfoca en diversos factores como son vestimenta, metabolismo, temperatura radiante, velocidad del aire dado estos términos y usando la norma del confort térmico se determinan que con la implementación de materiales y con los respectivos parámetros en cuenta, se genera de 5 a 6KWh/m² en comparación al sistema de biogás se utiliza los recursos naturales como el estiércol de ganado utilizando el biodigestor o procesador de residuos orgánicos para generar el gas, que aplicando el proceso de combustión se genera calor de 19.9 KWh en la vivienda, en criterio de los cálculos previos para su selección y diseño que, por tratarse de la mejora al desarrollo sostenible en cuanto a su construcción aprovechamiento de energía es una alternativa tecnológica con objetivos mundiales.

En tanto CORAL, MANZANO; aplicando los estudios teóricos y prácticos aprendidos en el trayecto de la carrera profesional promueven el uso del software ECOTECH (Análisis de diseño sustentable), realizando los cálculos para deducir las cargas térmicas y pérdidas en la vivienda con respecto a las bajas temperaturas y condiciones climatológicas utilizando el sol como fuente de generación térmica, dando los datos específicos para determinar los parámetros y establecer las condiciones que las viviendas necesitan. No obstante, el diseño del sistema para brindar confort térmico está realizado en el software SOLIDWORKS, FLOW SIMULATION, induciendo los datos calculados previo a la simulación teniendo como fuente de energía renovable el biogás mediante la combustión, para determinar si cumple o genera el calor necesario en la vivienda en un tiempo de 4 horas pues, mediante este proceso se logra afirmar con los cálculos hallados y las personas que residen en la vivienda.

VI. CONCLUSIONES

Se lograron seleccionar componentes del biodigestor y estufa, teniendo los principios de la metodología de diseño y teniendo en cuenta los requerimientos de confort térmico. Los cuales fueron la selección de la estufa como el mecanismo encargado de transferir el calor producido por el biogás al medio ambiente, el biodigestor como encargado de producir el biogás, las tuberías como mecanismo de transporte del biogás, el tanque de almacenamiento como de almacenamiento del biogás y la válvula de globo como mecanismo de regulación.

Las condiciones termodinámicas en el distrito de Recuay- Huaraz varía según las estaciones del año siendo la temperatura mínima promedio 2 C, entonces mediante un análisis de transferencia de calor en base al reglamento nacional de edificaciones se determinó la carga térmica necesaria que debe generar la estufa a diseñar, que como mínimo genere una temperatura en la casa de 19°C que es lo recomendado para vivienda altoandinas, siendo la carga térmica calculada de 4.991 kW.

Se lograron obtener las dimensiones de la estufa y el comportamiento del biogás como también el comportamiento del aire en la habitación, usando el complemento Flow Simulation de análisis computacional fluidodinámico del software SolidWorks, demostrando que el medio aumenta su temperatura de 2°C, a un rango de 28.40°C a 11.90°C en la mayor parte de la casa.

En cuanto a las ventajas y desventajas para la producción del biogás, es muy beneficioso para sistemas de calor y otros contando con beneficios económicos en cuanto a su venta generando un ingreso adicional y mejora en salud, la inversión al ser instalado es mínima y su mantenimiento es eficiente porque elimina el dióxido de carbono de forma eficiente

El detalle está en cuanto al insumo de la materia prima, ya que tiene que ser llenado de manera permanente ocasionando malos olores al ser mezclado con el aire y esté siendo explosivo.

VII. RECOMENDACIONES

Determinar las propiedades y condiciones climáticas de fuentes confiables y actuales de la ubicación en donde se realizará el proyecto, pero estos valores determinados deben ser tomado en la toma de un año para asegurar que la estufa logre mejorar el confort térmico de los habitantes en la mayor parte del año.

Al realizar la instalación y antes de poner en marcha la calefacción, es necesario verificar que no existan fugas de biogás previniendo los futuros incendios, explosiones o accidentes por asfixia.

Al realizar el análisis computacional fluidodinámico, debe tener en consideración y definir las condiciones climatologías iniciales, la geometría de la vivienda y los fluidos que interactúan para con ellos tener datos confiables.

Para la selección del biodigestor se requiere realizar un cálculo breve para encontrar el volumen que la vivienda contiene y necesita en la generación del biogás, por ende, la calefacción por un tiempo destinado, al mismo tiempo verificar el número de personas como dato indispensable para el confort térmico adecuado.

En cuanto al costo, es primordial contar con un recurso económico para la compra de un biodigestor de la capacidad requerida por la vivienda o caso contrario hacer una comparación para diseñar un biodigestor casero, su inversión es un 50% menos pero el mantenimiento es tedioso en cuanto a la contaminación, accidentes y enfermedades.

Contar con ganadería o desechos orgánicos constantes para el llenado del biodigestor y así no perder la eficiencia del biogás para la calefacción.

REFERENCIAS

- ABANTO, G.A., y otros. 2007.** *Thermal properties of adobe employed in Peruvian rural areas: Experimental results and numerical simulation of a traditional bio-composite material.* Perú : Case studies in Construction Materials, 2007.
- ACUÑA URBINA, D. 2018.** *Sistema de Calefacción Doméstico Rural Basado en Energía Solar para la Localidad de Acobambilla, Huancavelica.* Lima, Perú. : PUCP., 2018.
- ALBERTO, N., y otros. 2014.** *SARA, estufa social argentina de alto rendimiento.* San Martín-Argentina : Manual para autoconstructores , 2014.
- ARIAS, F. 2006.** *El proyecto de investigación .* Caracas : Episteme, 2006.
- ARREDONDO QUINTERO, H, NAVARRO OROZCO, J y VIZCAINO BORRERO, J. 2008.** *Electrificación rural Vereda Bella Ena.* Barranquilla, Colombia. : Corporación Universitaria de la Costa CUC, 2008.
- ASHRAE. 2003.** *Chapter 33 Solar Energy Use.* 2003.
- BATTRO, P. 1994.** *Estufa de leña de alto rendimiento .* Patagonia Sur INTA, Argentina. : s.n., 1994.
- BOURBON, A., y otros. 2010.** *Characterization of galactomannans extracted from seeds of gleditsia triacanthos and sophorajaponica through shear and extensional rheology.* s.l. : Journal of Food Hydrocolloid, 2010. págs. 184-192.
- CARLI, M.D., y otros. 2012.** *A numerical model for the thermal balance of rooms equipped with radiant systems.* s.l. : Building and Environment, 2012. págs. 126-144. Vol. 57.
- CENGEL, Y. y GHAJAR, A. 2011.** *Heat and Mass Transfer: Fundamentals.* 2011.
- CRAI. 2018.** *Definición y proposito de la investigación aplicada.* s.l. : Bibliotecas Duoc UC, 2018.
- CUZ CHUMÁN, Victor. 2012.** *Manual para estufas mejoradas dirigido a la Escuela Oficial Rural Mixta.* Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala., 2012.
- DELGADILLO QUISPE, I., HARRIS MORALES, C. y SAGASTEGUI CONTRERAS, P. 2021.** *Propuesta de anteproyecto de un aula con sistema prefabricado para colegios.* Puno, Perú. : s.n., 2021.
- DUBOIS, D. y DUBOIS, E.F. 1916.** *A formula to estimate yhe aproximate surface area if height and weight be known.* s.l. : Arch Intern Med, 1916.
- ESPINOZA, M. y SERRANO, E.L. 2010.** *Los rasgos de un Buen Profesional, según la opinión de estudiantes universitarios en México.* Baja California-México : Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California Km.103, 2010.

- EVANS, I. y JACKSON, L. 2006.** *Rocket mass heaters: Superefficient woodstoves you can build.* . s.l. : Oregón: Cob Cottage., 2006.
- GIVONI, B. 1998.** *Climate considerations in building and urban design.* s.l. : John Wiley, Sons, 1998.
- GÓMEZ, A.G., BOJÓRQUEZ, M.G. y RUIZ, T.R. 2007.** *El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados.* Palapa-Mexico : s.n., 2007.
- GRUPO SAIVER PERÚ S.A.C. 2006.** *Agronegocios.* Lima-Perú : s.n., 2006.
- GUARDADO, J.A. 2006.** *El arte del biogás en Cuba.* Villa clara, Cuba : Taller Internacional CUBASOLAR, 2006.
- GUEVARA VERA, A. 1996.** *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales.* 1996.
- HARMAN, L. 2010.** *Confort térmico en viviendas.* 2010.
- HOLGUINO, A., OLIVERA, L. y ESCOBAR, K. 2018.** *Confort térmico al interior de una vivienda en Puno.* Lima, Perú. : Universidad Nacional del Altiplano de Puno-Perú, 2018.
- INEI ATLAS. 2021.** *Sistema de consulta de Centros Poblados.* Perú : s.n., 2021.
- INVESTIGACIÓN, TALLER DE. 2016.** *Niveles de investigación 1.* s.l. : Unknown, 2016.
- KHAN, Sabrina, HOSSAIN, Tania y RAHMAN, Md Mominur. 2016.** *Development of Portable Rocket Stove and Performance Evaluation.* 2016.
- LAAR, M. y OLORTEGUI DEL CASTILLO, T. 2014.** *Ecoeficiencia en las escuelas públicas del Perú.* Perú : s.n., 2014.
- LÓPEZ, P. 2004.** *Población, muestra y muestreo.* s.l. : Punto Cero, 2004. págs. 69-74. Vol. 08.
- MANZANO, D. 2017.** *Acondicionamiento térmico de los espacios interiores en la unidad educativa General Córdoba de la ciudad de Ambato.* Ambato-Ecuador : Universidad Técnica de Ambato , 2017.
- MOLINA, J. 2017.** *Evaluación sistemática del desempeño térmico de un módulo experimental de vivienda altoandina para lograr el confort térmico con energía solar.* Lima-Perú : Universidad Nacional de Ingeniería , 2017.
- MONCAYO ROMERO, G. 2013.** *Dimensionamiento y diseño de biodigestores y plantas de biogás.* s.l. : Aqualimpia Engineering e.k., 2013.
- MONTOYA MENDOZA, L y SERRANO AGUIRRE, D. 2017.** *Diseño, análisis y construcción de una estufa de uso doméstico utilizando como fuente de combustible biomasa sólida.* s.l. : Bachelor's thesis, Espol, 2017.
- MVCS. 2014.** *Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética.* s.l. : Reglamento Nacional de Edificaciones, 2014.

- NORMA ISO 7730. 2005.** *Ergonomía del ambiente térmico.* 2005.
- PALELLA STRACUZZI, Santa. y MARTINS PESTANA, Filiberto. 2006.** *Metología de la investigación cuantitativa* . Caracas, Venezuela. : 2a. ed., 2006.
- PARSONS, K. 2010.** *Thermal confort in buildings, in: Hall, M.R.* s.l. : Woodhead publishing., 2010.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. 2014.** *EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética.* s.l. : El Peruano, 2014.
- RINCÓN, J. 2015.** *Confort térmico en bioclima Semi-Frío; Estimación a partir de los enfoques de estudio adaptivo y predictivo.* Pachuca-México : Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), 2015.
- RIVASPLATA, X. 2018.** *Modelo de vivienda climatizada para el distrito de Calana, utilizando métodos solares pasivos.* Tacna-Perú : Tesis de Grado, 2018.
- ROTOPLAS. 2019.** *Manual de biodigestores autolimpiables* . Perú : s.n., 2019.
- SAMPIERI HERNÁNDEZ, Roberto., COLLADO FERNÁNDEZ, Carlos. y LUCIO BAPTISTA, Pilar. 2003.** *Metodología de la Investigación.* México, D.F. : McGraw-Hill Interamericana, 2003.
- SERNA, F., BARRERA, L. y MONTIEL, H. 2011.** *Impacto Social y Económico en el uso de Biocombustibles.* s.l. : Journal of Technology Management-Innovation, 2011. págs. 100-114.
- SIERRA , M. 2013.** *Diseño de biodigestores.* Chile : Universidad Católica de Temuco, 2013.
- TANAKA, HIROSHI. 2016.** *Thermal distillation system utilizing biomass energy burned in stove by means of heat pipe.* s.l. : Alexandria Engineering Journal, 2016.
- TAY O, M. 2007.** *Evolución tecnológica de la fabricación de equipos domésticos para combustión de leña como consecuencia del tipo de materiales utilizados: ensayo de eficiencia.* Guatemala : Universidad de San Carlos, 2007.
- TORRES, J.L. 2010.** *Climatización considerando el ahorro de energía y confort térmico de las personas en ambientes dedicados a tareas de oficina.* Argentina : Universidad Tecnológica Nacional, 2010.
- VARNERO, M.M.T. 2011.** *Manual del Biogás FAO.* Chile : s.n., 2011.
- WESTREICHER, Guillermo. 2021.** *Variable cuantitativa.* s.l. : Economipedia.com, 2021.
- 2020.** www.puno.senamhi.gob.pe. [En línea] 2020.
- YOUNG, H. y HANDBOOK.** *Física Universitaria.* s.l. : 13era Edición. pág. 838.

ANEXOS

ANEXO 1. Ubicación bioclimática

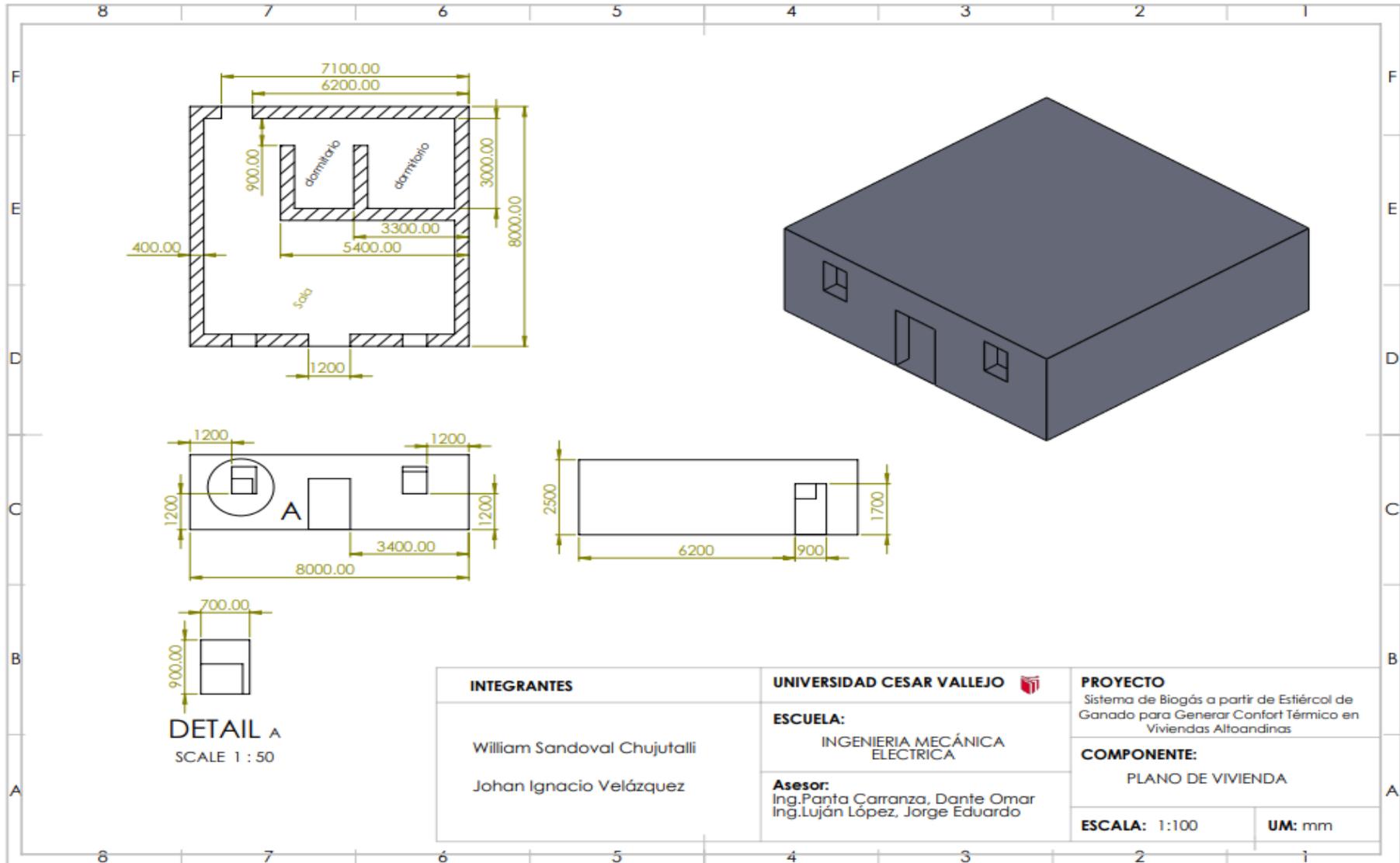
UBICACIÓN DE PROVINCIAS POR ZONA BIOCLIMÁTICA									
Departamento	1 Desértico Marino	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado	7 Ceja de Montaña	8 Subtropical Húmedo	9 Tropical Húmedo
Amazonas							Chachapoyas		Bagua
							Utcubamba		Condorcanqui
							Bongará		
							Luya		
							Rodríguez de Mendoza		
Ancash	Casma			Asunción	Bolognesi	Mariscal Luzuriaga			
	Huamey			Pomabamba	Huaraz		Pallasca		
				Aija					
	Santa			Antonio Raimondi	Pomabamba				
				Carhuaz	Recuay				
				Carlos Fermín Fitzcarrald					
				Huari					
				Corongo					
				Huaylas					
				Mariscal Luzuriaga					
				Ocos					
				Pallasca					
Apurímac				Abancay	Antabamba	Cotabambas	Abancay		
				Andahuaylas	Grao		Chincheros		
				Aymaraes					
				Cotabambas					

Carpintería o marco de madera y:

ANEXO 2. Resumen de datos de temperatura en el año 2021-Recuay

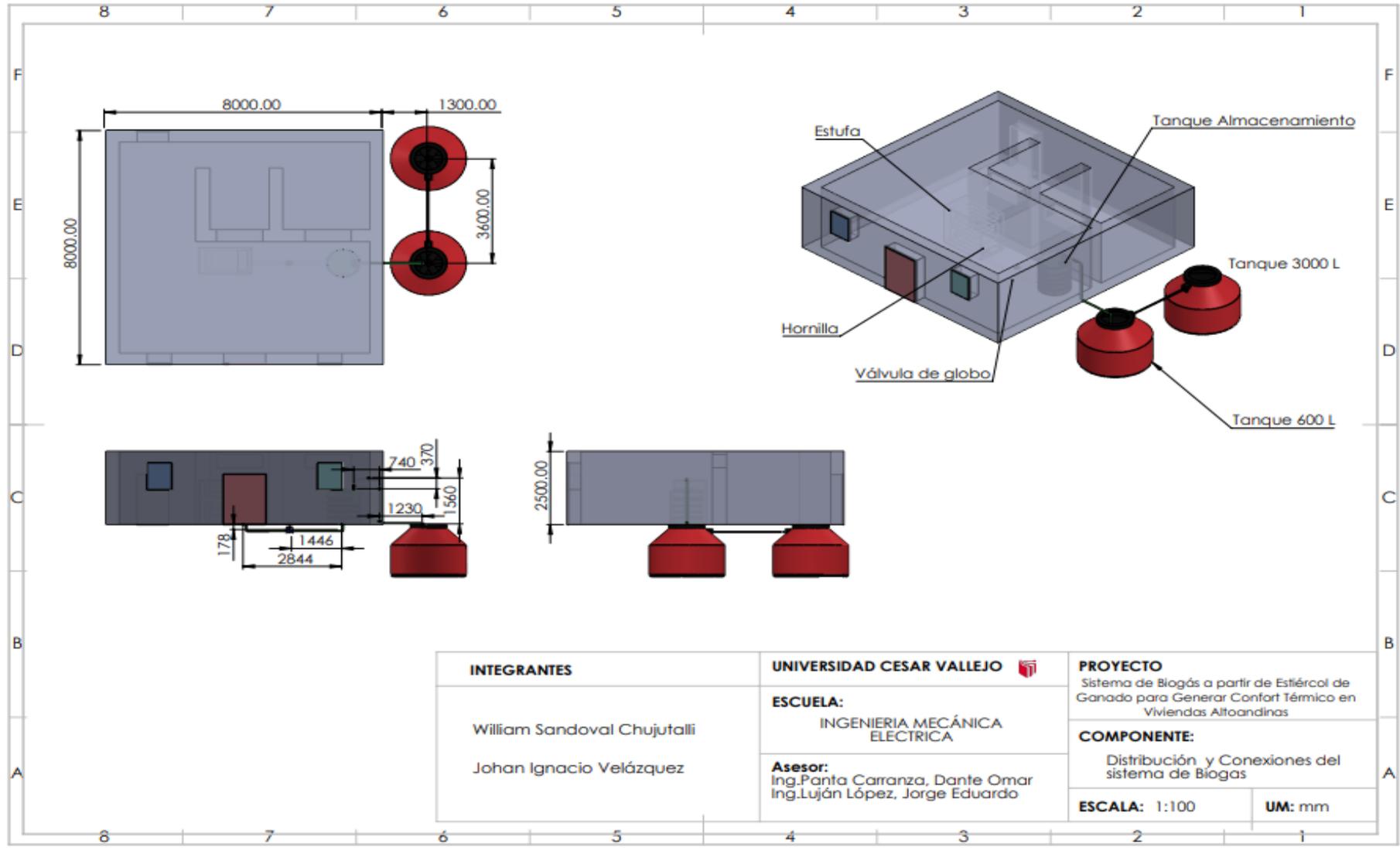
Meses	Temperaturas		Humedad	Presión atmosférica
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	%	Kpa
enero	5.00	19.00	81.25	30.00
febrero	4.00	18.00	63.00	30.40
marzo	4.00	18.00	72.25	34.53
abril	3.00	18.00	67.50	23.20
mayo	2.00	18.00	76.50	15.87
junio	-3.00	17.00	71.50	9.60
julio	-4.00	17.00	58.25	8.67
agosto	-1.00	18.00	61.25	11.87
setiembre	1.00	19.00	61.00	22.80
octubre	3.00	19.00	69.50	30.40
noviembre	5.00	19.00	62.25	27.20
diciembre	5.00	19.00	64.00	30.93
Promedio	2.00	18.25	67.35	22.95

ANEXO 3: Plano de vivienda altoandina en Recuay

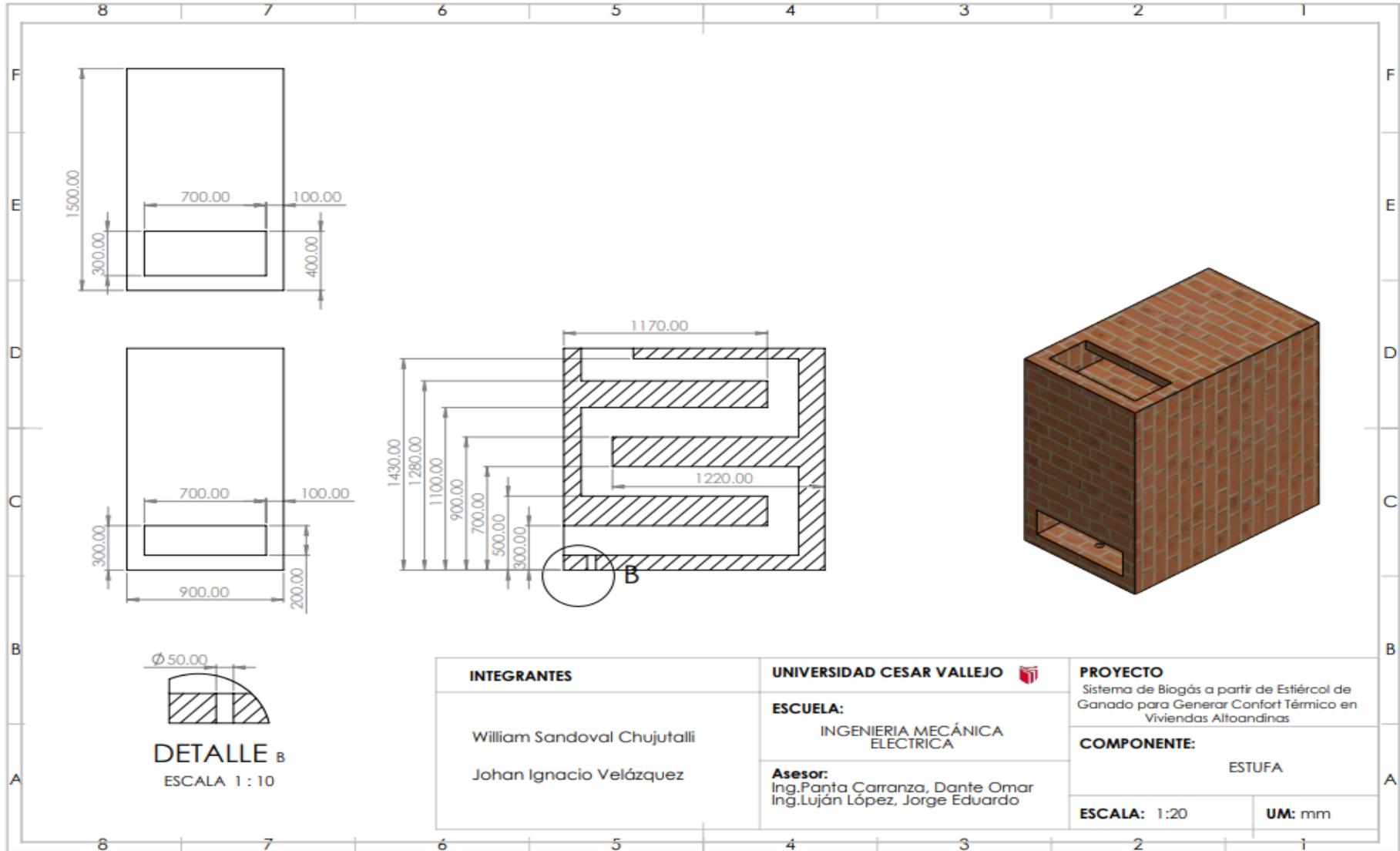


INTEGRANTES	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO 	PROYECTO	
	William Sandoval Chujutalli	ESCUELA:	Sistema de Biogás a partir de Estiércol de Ganado para Generar Confort Térmico en Viviendas Altoandinas
Johan Ignacio Velázquez	INGENIERIA MECÁNICA ELECTRICA	COMPONENTE:	
	Asesor: Ing. Panfa Carranza, Dante Omar Ing. Luján López, Jorge Eduardo	PLANO DE VIVIENDA	
		ESCALA: 1:100	UM: mm

ANEXO 4: Distribución de equipos (biodigestores, estufa) en casa.



ANEXO 5: Plano de construcción de la estufa



ANEXO 6: Cp del Aire

866
APÉNDICE 1

TABLA A-1

Masa molar, constante de gas y calores específicos de ciertas sustancias

Sustancia	Masa molar M , kg/kmol	Constante de gas R , kJ/kg · K*	Calores específicos a 25°C		
			c_p , kJ/kg · K	c_v , kJ/kg · K	$k = c_p/c_v$
Aire	28.97	0.2870	1.005	0.7180	1.400
Amoniaco, NH ₃	17.03	0.4882	2.093	1.605	1.304
Argón, Ar	39.95	0.2081	0.5203	0.3122	1.667
Bromo, Br ₂	159.81	0.05202	0.2253	0.1732	1.300
Isobutano, C ₄ H ₁₀	58.12	0.1430	1.663	1.520	1.094
<i>n</i> -Butano, C ₄ H ₁₀	58.12	0.1430	1.694	1.551	1.092
Carbono, bióxido de, CO ₂	44.01	0.1889	0.8439	0.6550	1.288
Carbono, monóxido de, CO	28.01	0.2968	1.039	0.7417	1.400
Cloro, Cl ₂	70.905	0.1173	0.4781	0.3608	1.325
Clorodifluorometano (R-22), CHClF ₂	86.47	0.09615	0.6496	0.5535	1.174
Etano, C ₂ H ₆	30.070	0.2765	1.744	1.468	1.188
Etileno, C ₂ H ₄	28.054	0.2964	1.527	1.231	1.241
Fluoruro, F ₂	38.00	0.2187	0.8237	0.6050	1.362
Helio, He	4.003	2.077	5.193	3.116	1.667
<i>n</i> -Heptano, C ₇ H ₁₆	100.20	0.08297	1.649	1.566	1.053
<i>n</i> -Hexano, C ₆ H ₁₄	86.18	0.09647	1.654	1.558	1.062
Hidrógeno, H ₂	2.016	4.124	14.30	10.18	1.405
Kriptón, Kr	83.80	0.09921	0.2480	0.1488	1.667
Metano, CH ₄	16.04	0.5182	2.226	1.708	1.303
Neón, Ne	20.183	0.4119	1.030	0.6180	1.667
Nitrógeno, N ₂	28.01	0.2968	1.040	0.7429	1.400
Óxido nítrico, NO	30.006	0.2771	0.9992	0.7221	1.384
Nitrógeno, bióxido de, NO ₂	46.006	0.1889	0.8060	0.6171	1.306
Oxígeno, O ₂	32.00	0.2598	0.9180	0.6582	1.395
<i>n</i> -Pentano, C ₅ H ₁₂	72.15	0.1152	1.664	1.549	1.074
Propano, C ₃ H ₈	44.097	0.1885	1.669	1.480	1.127
Propileno, C ₃ H ₆	42.08	0.1976	1.531	1.333	1.148
Agua, H ₂ O	18.015	0.4615	1.865	1.403	1.329
Sulfuro, bióxido de, SO ₂	64.06	0.1298	0.6228	0.4930	1.263
Tetraclorometano, CCl ₄	153.82	0.05405	0.5415	0.4875	1.111
Tetrafluoroetano (R-134a), C ₂ H ₂ F ₄	102.03	0.08149	0.8334	0.7519	1.108
Trifluoroetano (R-143a), C ₂ H ₃ F ₃	84.04	0.09893	0.9291	0.8302	1.119
Xenón, Xe	131.30	0.06332	0.1583	0.09499	1.667

*La unidad kJ/kg · K es equivalente a kPa · m³/kg · K. La constante de gas se calcula de $R = R_u/M$, donde $R_u = 8.31447$ kJ/kmol · K es la constante de gas universal y M la masa molar.

Fuente: Valores de calores específicos se obtuvieron principalmente de rutinas de propiedad preparadas por The National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, MD.

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T, °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, c_p , J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α , m ² /s ²	Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν , m ² /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades c_p , k , μ y Pr son independientes de la presión. Las propiedades ρ , ν y α a una presión P (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de ρ , a la temperatura dada, por P y al dividir ν y α entre P.

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 1984, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermann, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

ANEXO 7: VIVIENDA ALTOANDINA DEL ANÁLISIS



Cuestionario sobre La viabilidad de la implementación de un sistema de biogás para mejorar el confort térmico en una vivienda altoandina

1. **¿Tiene conocimiento alguno sobre el biodigestor?**
 - a) Si, sirve para_____
 - b) No, desconozco
2. **¿Ha escuchado hablar sobre el biogás o de donde se genera?**
 - a) Si, _____
 - b) No
3. **Sabiendo usted que el biodigestor es un sistema para la producción de biogás a raíz de los desechos orgánicos ¿Cree usted que puede ser de gran aporte en su vivienda para la generación de calor en tiempos de friaje?**
 - a) Si
 - b) No
 - c) Es peligroso
4. **Conociendo para qué sirve el biodigestor ¿Con que tipo de desechos orgánicos cuenta usted?**
 - a) Estiércol de bovino
 - b) Estiércol de porcino
 - c) Desechos agrícolas (frutos, hojas, etc.)
 - d) Todos los anteriores
 - e) Ninguno
5. **¿Cuántos kilogramos de desechos orgánicos generan los animales y subproductos al día?**
 - a) 20 kg/d
 - b) 30 kg/d
 - c) Más de 50 Kg/d
6. **En cuanto a la construcción de la casa, ¿De qué tipo de material este compuesto?**
 - a) Ladrillos
 - b) Acero
 - c) Madera
 - d) Adobe
7. **Aproximadamente ¿cuánto mide su casa?**
 - a) Entre 20 a 40m²
 - b) Entre 40 a 60m²
 - c) Entre 60 a 90m²
8. **¿Cuántas personas habitan en su hogar?**
 - a) De 2 a 5
 - b) De 5 a mas
 - c) Habitan_____

9. **¿Ha realizado cambios en su vivienda por las heladas o frío intenso? ¿en la parte?**
- a) Si, en _____
 - b) No, cuento con calefacción
10. **¿La falta de recursos económicos le dificultan adquirir sistemas de calefacción por su alto costo y energía eléctrica?**
- a) Si
 - b) No
 - c) ¿Por qué? _____
11. **¿Cómo considera su casa en invierno?**
- a) Templado
 - b) Fría con humedad
 - c) Muy Fría con humedad
12. **¿Se puede decir qué la temperatura en la vivienda es?**
- a) Menor a -5°C
 - b) 0°C
 - c) Entre 1°C a 10°C
13. **¿Qué realiza normalmente para mejorar el clima interior en su vivienda?**
- a) Genera calor con abrigos gruesos
 - b) Usa calefacción
 - c) Quemamos materiales para generar calor por corto tiempo
 - d) Hermetizas la casa
14. **¿A cuántos m.s.n.m. (altitud) se encuentra ubicada la vivienda?**
- a) 2000 m.s.n.m
 - b) 3000 m.s.n.m
 - c) 4000 m.s.n.m
15. **Cree usted que, aprovechando los desechos orgánicos para generar el biogás y utilizarlo para generar calor mediante la combustión (fuego), pueda mejorar el confort o temperatura interior en la vivienda**
- a) Sí, porque es una fuente renovable
 - b) No, puede generar incendios o accidentes
 - c) Desconozco, pero sería interesante aprovechar los residuos orgánicos
16. **Brindándole los conocimientos necesarios sobre el sistema de biogás para generar confort térmico en su vivienda. ¿Estaría dispuesto a una capacitación previa a la implementación en la vivienda? Por supuesto, así se reduce la inversión en un sistema más caro**
- a) Si, porque colaboramos con el medio ambiente
 - b) No, prefiero seguir en las mismas condiciones
 - c) No, prefiero comprar un sistema de calefacción

ANEXO 9: Operacionalización de variable

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
VI: Sistema de biogás	Existen diversos tipos de biodigestores de bajo costo, considerando los tipos propuestos que en gran parte no necesitan de mecanismos o sistemas activos para calefacción. (SIERRA , 2013)	Tecnología apropiada por su bajo costo, fácil manejo, poco mantenimiento y accesible.	Características del biodigestor.	Volumen y carga orgánica del biodigestor.	Razón
			Verificación de gas constante.	Temperatura y tiempo de retención.	Razón
VD: Confort térmico	El confort térmico está sujeto a la ausencia al malestar o irritación térmica. La norma ISO 7730 explica como: Condición de la mente que muestra satisfacción con el ambiente”. (GIVONI, 1998)	Parámetros físicos y condiciones medioambientales	Áreas de friaje extremo.	Temperatura interna de la vivienda.	Razón
			Altitud (m.s.n.m).	Humedad relativa en el interior de la vivienda.	Razón
			Condiciones climatológicas.	Superficie interna de la vivienda.	Razón

ANEXO 10: Matriz de Consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
<p>¿En qué medida un sistema de biogás a partir de estiércol de ganado genera confort térmico en viviendas altoandinas?</p>	<p>diseñar un sistema de biogás a partir de estiércol de ganado para generar confort térmico en viviendas altoandinas</p>	<p>El sistema de biogás teniendo como insumo el estiércol de ganado ayudará a mejorar significativamente el confort térmico en la vivienda y a su vez, las condiciones de salubridad de las familias en el distrito de Recuay en la Región Ancash.</p>
	<p>Objetivos específicos</p>	
	<p>determinar las condiciones térmicas actuales de las viviendas altoandinas</p>	
	<p>diseñar un sistema biogás para atender los requerimientos de confort térmico</p>	
	<p>determinar el confort térmico posterior a la implementación</p>	
<p>evaluar el costo-beneficio de la implementación del sistema de biogás</p>		

ANEXO 11: Validación de instrumentos por expertos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Nombre del instrumento	Cuestionario
Objetivo del instrumento	La viabilidad que tiene la implementación de un sistema de biogás para mejorar el confort térmico en una vivienda altoandina
Nombres y apellidos del experto	Vilchez Peche, Julio César
Documento de identidad	17562382
Años de experiencia en el área como ingeniero	5 años
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	I.E.S. "República Federal de Alemania"
Cargo	Ingeniero Mecánico Electricista
Número telefónico	978817234
Firma	 JULIO CÉSAR VILCHEZ PECHÉ ING. MECÁNICO ELECTRICISTA REG. CIP. 190666
Fecha	12 /11/2021

Dimensión	Indicador	Ítem (Preguntas del cuestionario)	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Características del biodigestor.	Volumen y carga orgánica del biodigestor.	1, 2, 4, 15	1	1	1	1	Ninguna
Verificación de gas constante.	Temperatura, Tiempo y retención.	3,5	1	1	1	1	Ninguna
Áreas de friaje extremo.	Temperatura interna de la vivienda.	6, 12, 13, 16	1	1	1	1	Ninguna
Altitud (m.s.n.m).	Humedad relativa en el interior de la vivienda.	9, 11, 14	1	1	1	1	Ninguna
Condiciones climatológicas.	Superficie interna de la vivienda.	7, 8, 10,	1	1	1	1	Ninguna

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Viernes , 12 de noviembre del 2021


JULIO CÉSAR VILCHEZ PECHÉ
ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
REG. CIP. 190666

Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Nombre del instrumento	Cuestionario
Objetivo del instrumento	La viabilidad que tiene la implementación de un sistema de biogás para mejorar el confort térmico en una vivienda altoandina
Nombres y apellidos del experto	Peláez Chávez, Víctor Hugo
Documento de identidad	47026994
Años de experiencia en el área como ingeniero	7 años
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Nacional de Trujillo
Cargo	Ingeniero Mecánico
Número telefónico	951603668
Firma	
Fecha	10 / 11 / 2021

Víctor Hugo Peláez Chávez
 ING. MECANICO
 R. C.I.P. N° 197130

Dimensión	Indicador	Ítem (Preguntas del cuestionario)	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Características del biodigestor.	Volumen y carga orgánica del biodigestor.	1, 2, 4, 15	1	1	1	1	Ninguna
Verificación de gas constante.	Temperatura, Tiempo y retención.	3,5	1	1	1	1	Ninguna
Áreas de friaje extremo.	Temperatura interna de la vivienda.	6, 12, 13, 16	1	1	1	1	Ninguna
Altitud (m.s.n.m).	Humedad relativa en el interior de la vivienda.	9, 11, 14	1	1	1	1	Ninguna
Condiciones climatológicas.	Superficie interna de la vivienda.	7, 8, 10,	1	1	1	1	Ninguna

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

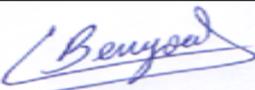
Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Miércoles, 10 de noviembre del 2021


 Víctor Hugo Peláez Chávez
 ING. MECANICO
 R. C.I.P. N° 197130

Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

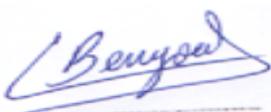
Nombre del instrumento	Cuestionario
Objetivo del instrumento	La viabilidad que tiene la implementación de un sistema de biogás para mejorar el confort térmico en una vivienda altoandina
Nombres y apellidos del experto	Juan Carlos Bengoa Seminario
Documento de identidad	41908170
Años de experiencia en el área como ingeniero	11 años CIP 121515
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Pontificia Universidad Católica de Chile
Cargo	Ing. Mecánico
Número telefónico	949738469
Firma	 Juan C. Bengoa Seminario ING. MECANICO R. CIP. 121515
Fecha	13 / 11 / 2021

Dimensión	Indicador	Ítem (Preguntas del cuestionario)	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Características del biodigestor.	Volumen y carga orgánica del biodigestor.	1, 2, 4, 15	1	1	1	1	ninguna
Verificación de gas constante.	Temperatura, tiempo y retención.	3, 5	1	1	1	1	ninguna
Áreas de friaje extremo.	Temperatura interna de la vivienda.	6, 12, 13, 16	1	1	1	1	ninguna
Altitud (m.s.n.m.)	Humedad relativa en el interior de la vivienda.	9, 11, 14	1	1	1	1	ninguna
Condiciones climatológicas.	Superficie interna de la vivienda.	7, 8, 10	1	1	1	1	ninguna

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Trujillo, 13 de noviembre de 2021


 Juan C. Bengoa Seminario
 ING. MECANICO
 R. CIP. 121515

 Firma del Experto Informante

ANEXO 12: Ficha de Registro

Ficha Registro de Vivienda Altoandina					
Propietario				Fecha	
Departamento		Provincia		Distrito	
Dirección					
Presión atmosférica					
Temperatura Vivienda					
Altura Casa					
Ancho de Casa					
Largo de Casa					
Materiales de Casa					
Artefactos					
Número de habitantes					
Material de las puertas					
Material de las ventanas					
Material del techo					