



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”
Facultad de Ingeniería Mecánica y
Eléctrica



TESIS

Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Aplicación de Muro Trombe Michel para
Lograr la Comodidad Higrotérmica en una
Vivienda del Caserío el Lloque – Cajamarca

Autor:

Bach. Cueva Molina Hans Jhair

Asesor:

Dr. Ing. Carranza Montenegro Daniel

Lambayeque – Perú

2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”
Facultad de Ingeniería Mecánica y
Eléctrica**



TESIS

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Aplicación de Muro Trombe Michel para
Lograr la Comodidad Higrotérmica en una
Vivienda del Caserío el Lloque – Cajamarca**

Presentado Por:

Bach. Cueva Molina Hans Jhair

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: Ing. Tapia Asenjo, Robinson

SECRETARIO: Ing. Oviden Núñez, Héctor Antonio

MIEMBRO: Ing. Puyen Mateo, Néstor Daniel

ASESOR: Dr. Carranza Montenegro, Daniel

Lambayeque – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



TESIS

TITULO

**Aplicación de Muro Trombe Michel para Lograr la
Comodidad Higrotérmica en una Vivienda del
Caserío el Lloque – Cajamarca**

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.

CAPITULO II: MARCO TEORICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

ANEXOS.

AUTOR: Bach. Cueva Molina, Hans Jhair

Ing. Robinson Tapia Asenjo
PRESIDENTE

Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez
SECRETARIO

Ing. Néstor Daniel Puyen Mateo
MIEMBRO

Dr. Daniel Carranza Montenegro
ASESOR

Lambayeque – Perú
2023

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, con su ayuda espiritual me ha guiado para llegar al destino correcto.

“Tomado de sus manos inició mi aprendizaje en esta vida. Ahora casi todo lo que soy se lo debe a su ejemplo de tenacidad y valor. Por haber sido siempre mis más dilectos y respetables amigos, este trabajo va dedicado especialmente para ustedes mis padres, Arbey e Inés”

A todos mis hermanos, quienes siempre estuvieron de mi lado, aportando valiosas opiniones, en especial va para ti hermana Liliana.

Bach. Cueva Molina, Hans Jhair

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, me es grato agradecer a mi madre nutricia la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por haberme cobijado a lo largo de 5 años donde compartimos con mis compañeros conocimientos y momentos muy valiosos, que servirán para poder solucionar los obstáculos que se presenten en mi etapa profesional.

También agradezco de una manera especial a todos mis maestros de la Facultad de Ingeniería Mecánica y eléctrica, me impartieron sus conocimientos y experiencias con toda su voluntad y con todo el cariño de que en un mañana seamos nosotros quiénes dejemos en alto el nombre de la universidad y de la facultad que nos acompañó en nuestro proceso de formación profesional.

Agradezco principalmente a mis padres, ellos siempre estuvieron velando por mí y siempre me apoyaron y se esforzaron en darme no lo mejor del mundo, sino lo mejor de ellos y agradezco que me hayan dado educación que es la mejor arma para enfrentar la vida, también quiero agradecer a toda mi familia, amigos y algunas instituciones que de una y otra manera creyeron en mí y eso influyó mucho para lograr hacer realidad esta presente tesis.

A Dr. Carranza Montenegro Daniel, mi asesor, por sus opiniones y aportes durante toda la elaboración de este trabajo de investigación, gracias por su tiempo dedicado en el desarrollo del presente proyecto.

También a los ingenieros Tapia Asenjo Robinson y Oviden Núñez Héctor, no me negaron su apoyo cuando la he solicitado los aportes brindados me han servido mucho para llevar a cabo mi proyecto de investigación de carácter científico.

Bach. Cueva Molina, Hans Jhair

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el caserío el Lloque, ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Santa Cruz, distrito de Catache, centro poblado Udimá y se ubica a una altitud de 2369 msnm, actualmente el caserío el Lloque no cuenta con ningún tipo de sistema de calefacción, por las noches la temperatura baja hasta 7°C, lo que hace que en los dormitorios el descanso no sea óptimo, produciendo enfermedades respiratorias.

El objetivo general de la presente tesis es Diseñar muros Trombe Michel para mejorar el nivel de confort térmico a través de calefacción solar aplicado a viviendas del caserío el Lloque.

Cabe precisar que el caserío El Lloque actualmente cuenta con 31 viviendas. Todas las viviendas están construidas con Adobe, además todas cuentan con una habitación de 4,5 m x 3 m, en donde se realizó el diseño del muro Trombe Michel. Así mismo, los niveles óptimos de confort térmico humano en viviendas del caserío El Lloque, son: Temperatura 22°C, Humedad 50%, tomando como referencia el estándar ASHRAE-55.

El muro Trombe Michel, diseñado ha sido para una habitación de 4,5 m x 3 m, con un Área vertical del muro = 6,125 m² y un Área Horizontal del muro = 3,1536 m², a inclinación de 60°, empleando el Agrofilm, plástico de invernadero. Además, contará con 07 agujeros de 20 cm de diámetro.

El costo total de la implementación del muro Trombe Michel en una vivienda del caserío El Lloque es de S/. 1961,90.

PALABRAS CLAVES: Muro Trombe Michel, Confort Térmico, Radiación Solar.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the Lloque village, located in the department of Cajamarca, Santa Cruz province, Catache district, Udimá populated center and is located at an altitude of 2369 meters above sea level, currently the Lloque village does not have no type of heating system, at night the temperature drops to 7°C, which means that rest in the bedrooms is not optimal, causing respiratory diseases.

The general objective of this thesis is to design Trombe Michel walls to improve the level of thermal comfort through solar heating applied to homes in the Lloque farmhouse.

It should be noted that the El Lloque farmhouse currently has 31 dwellings. All the houses are built with Adobe, they also all have a room of 4.5 m x 3 m, where the design of the Trombe Michel wall was made. Likewise, the optimum levels of human thermal comfort in homes in the El Lloque farmhouse are: Temperature 22°C, Humidity 50%, taking the ASHRAE-55 standard as a reference.

The Trombe Michel wall, designed for a room of 4.5 m x 3 m, with a vertical area of the wall = 6.125 m² and a horizontal area of the wall = 3.1536 m², at a 60° inclination, using Agrofilm, plastic greenhouse. In addition, it will have 07 holes of 20 cm in diameter.

The total cost of implementing the Trombe Michel wall in a house in the El Lloque village is S/. 1961.90.

KEY WORDS: Trombe Michel Wall, Thermal Comfort, Solar Radiation.

INDICE

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INDICE.....	8
INDICE DE TABLAS	10
INDICE DE FIGURAS	11
INTRODUCCION	13
CAPÍTULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Realidad Problemática	16
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Delimitación de la investigación.....	17
1.4. Justificación e importancia de la investigación	17
1.5. Objetivos de la investigación	21
CAPÍTULO II.....	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes del Estudio	22
2.2. Definiciones Conceptuales	30
2.2.1 Confort Térmico	30
2.2.2 Parámetros para generar un confort térmico.....	31
2.2.3 Calidad de Vida.....	32
2.2.4 Temperatura Ambiental.....	34
2.2.5 Calefacción Solar Pasiva	35
2.2.6 Energía Solar Térmica	36
2.2.7 Sistemas Bioclimáticos	37
2.2.8 Energías Renovables.....	38
2.2.9 Muro Trombe Michel	38
2.2.10 Parámetros Termodinámicos de transferencia de calor	43
2.3 Definición Conceptual de la Terminología Aplicada.	48
CAPITULO III.....	51

MARCO METODOLÓGICO	51
3.1 Tipo y Diseño de Investigación	51
3.1.1 Tipo de Investigación.	51
3.1.2. Diseño de Investigación.....	52
3.2 Población y muestra	52
3.3 Hipótesis	53
3.4 Formulación de la hipótesis	53
3.5 Variables - Operacionalización	53
3.6 Métodos y técnicas de investigación	55
3.7 Descripción de los instrumentos utilizados	56
3.8 Análisis estadístico e interpretación de datos	56
CAPITULO IV.....	58
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	58
4.1 Diagnóstico de las viviendas ubicadas en el caserío El Lloque	58
4.2 Niveles óptimos de comodidad higrotérmica en viviendas del caserío El Lloque	59
4.3 Cálculo y selección de los componentes del muro Trombe Michel	66
4.4 Presupuesto para la implementación de este sistema en una vivienda	101
CAPÍTULO V.....	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
5.1. Conclusiones.....	103
5.2. Recomendaciones.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
Bibliografía	104
ANEXOS.....	107
Anexo 01.....	107
Anexo 02.....	120
Anexo 03.....	123
Anexo 04.....	125

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las Variables.....	54
Tabla 2: Distribución de las viviendas en el caserío El Lloque	59
Tabla 3: Condiciones de Comodidad Higrotérmica	66
Tabla 4: Temperaturas Máximas y Mínimas.....	71
Tabla 5: Radiación solar en el caserío El Lloque.....	72
Tabla 6: Resultados del Utilidad del Muro Trombe Michel como Dispositivo Independiente de la Vivienda.	89
Tabla 7: Resultados del Aporte de Energía por Muro Trombe Michel	90
Tabla 8: Presupuesto para la implementación de un muro Trombe Michel en vivienda.....	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica del caserío El Lloque-Cajamarca	17
Figura 2: Variables de confort térmico.....	31
Figura 3: Espectro Electromagnético	40
Figura 4: Muro Trombe Michel clásico	41
Figura 5: Muro Trombe Michel - Michel.....	42
Figura 6: Tipos de transferencia de calor en una vivienda	43
Figura 7: Signos para la transmisión de calor por conducción.....	45
Figura 8: Distribución de temperatura y velocidad de un fluido	47
Figura 9: Temperatura de confort de diferentes lugares y autores. Basado en Olgyay, (1998).	60
Figura 10: Diagrama bioclimático de Olgyay.	61
Figura 11: Diagrama psicométrico de Givoni.....	62
Figura 12: Estándar ASHRAE - Diagrama de cálculo de confort	64
Figura 13: Rangos de temperatura y humedad – diferentes autores.	65
Figura 14: Temperaturas Máxima y Mínima	71
Figura 15: Perfiles horarios promedio de Radiación Solar.....	72
Figura 16: Ubicación del muro Trombe Michel	74
Figura 17: Dimensiones del muro Trombe Michel	75
Figura 18: Sección del muro vertical en relación del área de la habitación de destino.	76
Figura 19: Área de la habitación en función de la Temperatura. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia.....	77
Figura 20: La inclinación en relación de la Radiación, Cajamarca, Perú	79
Figura 21: Número de orificios en función del área de la habitación.....	80
Figura 22: Diseño armazón de madera	81
Figura 23: Estructura de la armazón de madera	82
Figura 24: Eficiencia de la pared Trombe Michel como componente independiente	87
Figura 25: Gráfico para calcular la energía transmitida por la Pared Trombe Michel.	90
Figura 26: Función de pared mejorada	92
Figura 27: Efecto del Viento en relación a la altura de la pared.....	92
Figura 28: Efecto del Viento en relación a la altura de la pared.....	93
Figura 29: Malla de condiciones de contorno y elementos finitos.....	93
Figura 30: Celeridad para $t = 12000$ s (3 horas)	95
Figura 31: Celeridad para $t = 43200$ s (12 horas)	96
Figura 32: Celeridad para $t = 86400$ s (24 horas)	96
Figura 33: Temperatura $t = 12000$ s (3 horas).....	97
Figura 34: Temperatura $t = 12000$ s (3 horas).....	97
Figura 35: Temperatura $t = 86400$ s (24 horas).....	98

Figura 36: Temperatura en función del espesor para diferentes tiempos	98
Figura 37: Temperatura en función del espesor para diferentes alturas	99
Figura 38: Celeridad en función del espesor para diferentes alturas	99
Figura 39: Coeficiente convectivo del muro hacia el interior del recinto	100

INTRODUCCION

Como todos los demás seres vivos, el ser humano debe adaptarse a las restricciones impuestas por los factores climáticos y las diversas sensaciones que experimenta el cuerpo. A diferencia de las plantas, los animales, etc., los seres humanos son capaces de cambiar las condiciones ecológicas del medio ambiente a través de su forma de vida y de su vestimenta, además de poder adaptarse a una amplia gama de climas. Todas las naciones y civilizaciones tienen un interés especial en identificar las condiciones más beneficiosas para la salud y el bienestar humanos, las ubicaciones apropiadas y la arquitectura de los hogares de acuerdo con los factores ambientales. Esta influencia se conoce desde la antigüedad.

Pero a medida que la tecnología avanzó, la gente perdió sus habilidades de construcción considerando el medio ambiente y el clima. Según Konya (1981), la experiencia en arquitectura y planificación urbana se exporta como una mercancía. También señala que los edificios modernos son similares en todo el mundo en que están contruidos para aislar a sus ocupantes de los fenómenos naturales que ocurren en el exterior, dejando que las instalaciones mecánicas hagan la mayor parte del trabajo.

Una de las tareas más urgentes de la arquitectura y el urbanismo modernos es la adaptación de los edificios a su entorno, lo que exige el uso racional de los recursos. Esta adaptación sólo es posible una vez determinados los entornos ideales para el confort y el bienestar de las personas. La definición de los términos "felicidad" y "comodidad" es el primer paso, seguido de un análisis de los mecanismos por los

cuales se definen estos términos y los factores climáticos, fisiológicos y psicológicos que los afectan. (Fernández García, 1994)

La presente tesis titulada “Aplicación de muro Trombe Michel para lograr la comodidad higrotérmica en una vivienda del caserío El Lloque – Cajamarca”. Si entramos en el rubro de la ingeniería, la necesidad de la utilización de energías renovables en el planteamiento de proyectos constructivos es cada vez más indispensable. En la región Cajamarca, existe una gran diferencia de temperatura tanto en espacios abiertos expuestos al sol como en espacios cerrados, resulta ser indispensable la combinación entre la ingeniería y las energías renovables, actualmente es prioridad en todo el mundo el uso de fuentes de energía inagotables y está marcando un hito importante en la historia.

La presente investigación, tiene como finalidad, proponer e incentivar a hacer uso del muro Trombe Michel para obtener un mejor nivel de comodidad térmica en el interior de los domicilios del caserío el Lloque, ya que se conoce que en dicho lugar las temperaturas son bajas en el interior de las viviendas careciendo de un confort térmico, esto se registra en horarios y épocas extremas (noches, días nublados, temporada de invierno y madrugadas).

Este problema será analizado mediante tres puntos fundamentales como son: Conocer el incremento de temperatura dentro de las habitaciones equipadas con el sistema de la pared Trombe Michel, analizar la radiación que existe en el caserío el Lloque (Cajamarca) y evaluar las propiedades térmicas de los materiales a ser utilizados, y la construcción óptima para el buen funcionamiento del muro Trombe Michel.

El presente proyecto ofrece una propuesta muy puntual para mitigar de alguna manera los daños por el efecto de las temperaturas bajas en la sierra del Perú, concientizar a la población a hacer uso eficiente de las energías renovables, la cual estaría generando una modificación positiva del ambiente en el cuidado del medio ambiente. La alternativa que se presenta para mejorar el nivel de confort térmico en el interior de las habitaciones a través de los muros Trombe Michel es muy buena para los pobladores del lugar, ya que por muchos años se viene soportando temperaturas muy bajas, las cuales han ocasionado daños en sembríos y hasta enfermedades respiratorias en niños y adultos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

El caserío El Lloque; está ubicado en el distrito de Catache, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca – Perú, cuenta con 31 viviendas, construidas con adobe que es obtenido de la misma localidad, sus techos son de calaminas. En esta localidad las temperaturas son muy bajas alrededor de los 7°C en horarios nocturnos y se podría decir que prácticamente se marcan dos estaciones bien definidas: invierno y verano, el invierno abarca un promedio de 3 a 4 meses que va desde enero hasta abril y en algunos casos hasta mayo lo que resta del año la población comúnmente lo llama época de verano incluyendo las estaciones de otoño y primavera, en ambas épocas se vive el problema de friaje y, por lo tanto, las personas que habitan el lugar son susceptibles a sufrir enfermedades o infecciones respiratorias, en el país este problema pasa en muchas zonas alto andinas de las cuáles se puede mencionar los departamentos de Cusco y Puno.

Actualmente, las viviendas del caserío el Lloque no cuentan con ningún tipo de sistema de calefacción, especialmente para superar las noches frías, pero con lo que si cuenta es con recursos renovables como es la radiación solar, la misma que la podemos utilizar para superar esta problemática.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo lograr confort higrotérmico en el interior de las viviendas del caserío El Lloque?

1.3. Delimitación de la investigación

El caserío el Lloque, se encuentra ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Santa Cruz, distrito de Catache, centro poblado Udimá y se ubica a una altitud de 2369 msnm.

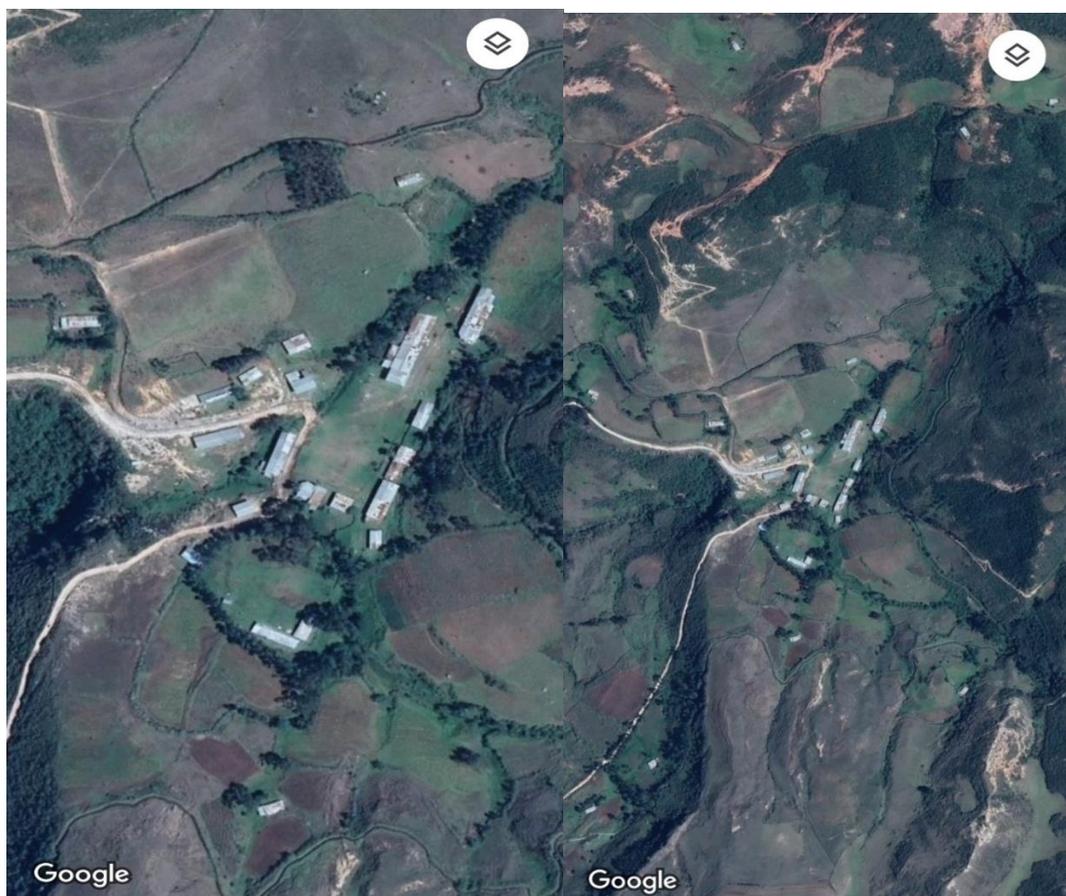


Figura 1: *Ubicación geográfica del caserío El Lloque-Cajamarca*
Nota. Imagen de la ubicación del caserío el Lloque vista de satélite, de Google Maps.

En cuanto a la Teoría a utilizar será la referida al diseño de muros Trombe Michel.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

Un plan de diseño de muros Trombe Michel proporcionará una comodidad higrotérmica en el interior de las viviendas, en efecto las personas que las habitan experimentarán un ambiente confortable, cómodo y saludable. También brinda un

ahorro económico en cuanto a lo que se podría gastar en un sistema de calefacción con energía convencional.

Dado que este sistema de calefacción depende de la energía constante que nos da el sol, el diseño de pared Trombe Michel generará rentabilidad económica y energética para prevenir una situación de emergencia o crisis energética global. Si examinamos el tema desde la perspectiva de la salud, es muy intrigante porque veremos una disminución de las afecciones respiratorias provocadas por los fuertes descensos de temperatura, lo que significa que niños, adolescentes, adultos y ancianos tendrán una vida más cómoda. con mayores niveles de confort térmico.

Conocer los parámetros de diseño de muros Trombe Michel ayudará a mejorar las viviendas a través de la calefacción solar y el bienestar de sus ocupantes. El objetivo es mejorar y aumentar el confort térmico y, como resultado, las viviendas estarán a la altura de las expectativas. Utilizando la menor cantidad de energía posible, el entorno puede volverse cómodo y acogedor para sus residentes.

Abordamos el estudio del confort higrotérmico utilizando energías renovables, como la energía solar, que ya ha sido abordada a escala global. Sin embargo, son muy pocos los estudios que se han desarrollado a escala nacional, por lo que este proyecto nos permitirá recopilar datos adecuados y específicos de la región para el diseño de los muros Trombe Michel, que se utilizarán en las viviendas locales para mejorar el pozo. -ser de sus ocupantes.

Se considera un estudio factible porque: aún no se han desarrollado investigaciones de este tipo en el país y la región; Es simple de usar; podemos encontrar literatura sobre confort térmico, calefacción solar pasiva y el diseño de muros Trombe Michel; es muy aceptable económicamente; los costos de construcción son aceptables; y

es tecnológicamente viable, por lo que pretendemos conseguir una mejor optimización de los recursos energéticos.

1.4.1. Legal

El presente proyecto de investigación estará fundamentado por algunas normas de carácter nacional e internacional.

Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma EM-110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energético. El uso de edificios representa aproximadamente un tercio de todo el consumo de energía primaria en todo el mundo. Si bien la mayor parte de la energía se produce utilizando combustibles. En Perú, el uso de energía de un edificio está influenciado por su estilo arquitectónico y los tipos de electrodomésticos que contiene (para iluminación, calefacción y refrigeración, por ejemplo) y las costumbres de las familias de los usuarios. Para garantizar que se utilice menos energía durante toda la vida útil del edificio, los profesionales deben crear edificios energéticamente eficientes desde el inicio del proceso de diseño utilizando criterios de sostenibilidad actuales. El documento creado se traduce en la primera norma nacional que tiene como objetivo mejorar las condiciones de confort térmico y lumínico en los edificios aumentando al mismo tiempo su eficiencia energética. En este sentido, a medida que la nación se desarrolla, este estándar debe mejorarse y actualizarse.

La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE, 1959) en su ítem “Calidad del Ambiente Interior” el ambiente interior es una prioridad clave en el entorno construido, con implicaciones que van más allá de la simple aceptación de la influencia de las condiciones interiores en la productividad, proceso de aprendizaje y salud.

- ***ASHRAE (Standard ASHRAE 55) Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado***
- ***NTP 779, Bienestar Térmico: Criterios de diseño para ambientes térmicos confortables.***
- ***NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-11, eficiencia energética en la construcción de Ecuador.***
- ***Norma ISO 7730, Confort Térmico.***

1.4.2. Teórica

El fin del presente estudio de investigación es reflexionar, debatir y confrontar una teoría, evaluar datos, hacer epistemología de la bibliografía existente y en base a todo ello mostrar la posible solución al problema mediante el diseño de un modelo de muros Trombe Michel y de esta manera mejorar el nivel de confort térmico interior.

1.4.3. Tecnológica

Lograr eficiencia de funcionamiento del muro Trombe Michel, reduciendo pérdidas de calor en la estructura del muro y generar un buen nivel de confort térmico a través de la calefacción solar pasiva mediante el uso de muros Trombe Michel.

1.4.4. Ambiental

Cumplir la misión global de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aprovechar al máximo las fuentes de energía renovables para salvaguardar el medio ambiente reduciendo el calentamiento global.

1.4.5. Social

Una alternativa para el uso eficiente de las energías renovables, el aprovechamiento de la energía solar ilimitada que nos brinda el sol para el funcionamiento de los muros Trombe Michel.

1.4.6. Económica

Cumplir la misión global de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aprovechar al máximo las fuentes de energía renovables para proteger el medio ambiente reduciendo el calentamiento global.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo General

Demostrar que aplicando muros Trombe Michel se logra la comodidad higrotérmica en una vivienda del caserío El Lloque

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico de una vivienda ubicada en el caserío El Lloque
- Establecer los niveles óptimos de comodidad higrotérmica humano en una vivienda del caserío El Lloque
- Calcular y seleccionar los componentes del muro Trombe Michel
- Determinar el presupuesto para la implementación de este sistema en una vivienda del caserío El Lloque

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1 Internacionales

En la tesis: “Análisis y mejoramiento del confort térmico en aulas de la Universidad La Gran Colombia” por Alzate Mojica, Iver Arled. Tesis para optar el grado de: Arquitecto, expresa que la investigación se realizó con el objetivo de poder comprobar desde lo cualitativo y cuantitativo la situación de falta de confort térmico de las aulas 202,301 y 302 del bloque D de la facultad de arquitectura y así poder verificar el grado de cumplimiento de estos espacios frente al estándar internacional ASHRAE 55 (2017). Esta actividad investigativa se llevó a cabo analizando una serie de datos recolectados en las aulas mediante estudios de sensación térmica y mediciones de variables ambientales directamente relacionadas con la temperatura térmica utilizando equipos apropiados en el laboratorio de bioclimatología de la UG. Luego de determinar el estado actual de los sujetos de estudio, esa información se utilizó como insumo clave para desarrollar un modelo tridimensional de referencia en el software DesingBuilder para evaluar diversas propuestas de mejora, modificación e implementación a través del modelado energético. Materiales como sistemas mecánicos y pasivos que pueden contribuir a mejorar el confort térmico y la calidad del aire. Finalmente, se completaron simulaciones y análisis de viabilidad económica para la propuesta híbrida, que no solo mejoró el confort térmico, sino que también mejoró el cumplimiento normativo. (Mojica y Arled, 2020)

En la Revista Española de Geriátría y Gerontología: “Confort térmico de adultos mayores: una revisión sistemática de la literatura científica” por Baquero Larriva MT, Higuera García E. Menciona En 2050, las personas mayores de 65 años representarán el 66% de la población mundial. El confort térmico es uno de los factores más relevantes e influyentes tanto en ambientes interiores como exteriores, mejorando la calidad de vida en zonas urbanas y rurales. El objetivo de este artículo es revisar sistemáticamente la literatura sobre las diferencias de temperatura de confort térmico entre las personas mayores y los grupos de edad basándose en investigaciones publicadas desde 2000 e identificar los factores que afectan esto. 2018. Los resultados muestran diferencias entre 0,2°C y 4°C en causas fisiológicas, psicológicas y físicas. Sin embargo, los estudios publicados son heterogéneos en términos de metodología y tamaño de muestra. Además, pocos estudios han definido rangos de temperatura de confort térmico para adultos mayores en climas específicos, lo que es una oportunidad abierta para futuras direcciones de investigación. (Baquero y García, 2019).

En el artículo: “Niveles de confort térmico” elaborado por Benito, Agnoli y Fontela. Señala que la investigación se realizó El objetivo principal es determinar las condiciones ambientales, horizontes temporales y niveles de confort térmico local para diferentes actividades. El objetivo es proporcionar a las personas un ambiente confortable optimizando el clima del entorno laboral. Esto reduce los riesgos laborales, aumenta la productividad y mejora la calidad de vida. Para establecer los valores de diseño óptimos de sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación se suelen utilizar tablas de temperatura de bulbo seco, humedad relativa y velocidad del viento obtenidas de estudios

experimentales realizados en países con diferentes climas, modos de funcionamiento y tiempos de funcionamiento. Estas configuraciones le permiten anular las convenciones locales y adaptar objetos a otras realidades. La actividad consistió en seleccionar empresas industriales representativas, investigar y analizar sus datos para crear sus propios gráficos de confort y brindar recomendaciones de temperatura y humedad relativa según el horizonte temporal y las actividades en la región cuyana. Además, para generalizar los resultados de este estudio a todas las regiones, se seleccionó un algoritmo que puede determinar el confort térmico según la temperatura interior utilizando un programa de evaluación y procesamiento de modelos gráficos probabilísticos. Temperatura exterior, humedad relativa, velocidad del viento, latitud, longitud, tipo de actividad y tiempo de funcionamiento. (Benito; Agnoli y Fontela, 2018).

En la tesis: “El confort térmico en distintos ambientes (urbano-aplicada rural)”. Hernández (2020), para optar el título profesional en la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Los factores atmosféricos son una parte importante del medio ambiente, por lo que es importante saber cómo cambia cada factor climático cuando cambian las condiciones. Todos estos factores ambientales claramente tienen un impacto en el bienestar humano y, en casos extremos, en la salud pública, que a menudo se ve exacerbado en las zonas urbanas. El propósito de este trabajo es comparar el comportamiento de factores meteorológicos que determinan diferentes niveles de confort en ambientes urbanos y rurales en función del índice bioclimático. Los datos de temperatura y humedad relativa se obtuvieron de estaciones meteorológicas en el centro de la ciudad y en el campo cerca de la ciudad. La distribución espacial

de los valores de calor y humedad se determinó mediante mediciones móviles realizadas en el habitáculo del vehículo. La distribución mensual de las categorías de confort en las zonas urbanas y rurales muestra el efecto urbano. De octubre a marzo se clasifican como días muy calurosos, mientras que en el sector rural no se define esta categoría para ninguno de los meses. La sensación de confort es mayor en verano cuando el contraste entre el sueño y la noche es mayor, y la influencia de la topografía determina diferencias importantes entre los entornos urbanos, suburbanos y rurales y juega un papel importante en la reducción de las diferencias en la textura del suelo. efecto calor. (Hernández C. , 2020).

En la tesis: “Optimización del confort térmico en clima ecuatorial con tecnologías pasivas en fachadas: el caso de las viviendas de interés social de Cali”. Giraldo (2018). Tesis para optar el grado de: Doctor en arquitectura, Universidad Nacional de la plata, Sostiene: En este estudio, las viviendas sociales construidas en Cali desde 1990 hasta la actualidad mostraron un bajo confort térmico dependiendo del sistema constructivo, materiales utilizados y dimensiones espaciales. El problema de insatisfacción térmica incentiva a hacer usos de sistemas de climatización mecánica, los cuales consumen energía eléctrica convencional y estaría empeorando el calentamiento global y directamente impacta en la situación económica de los usuarios. El objetivo principal fue evaluar la reducción de la temperatura superficial en las envolventes verticales opacas y la optimización del confort térmico que pueden alcanzar en las viviendas de interés social de Cali. Se planteó la hipótesis de que el confort térmico en las viviendas sociales de Cali podría optimizarse mediante la implementación de estrategias pasivas que pudieran reducir la

proporción de insatisfechos. La metodología fue experimental y constó de cinco pasos. En la primera etapa se evaluó la temperatura superficial y el confort térmico de las viviendas estudiadas, en la segunda etapa se pudo reducir la temperatura superficial y en la tercera se evaluó el confort térmico. Se determinó la conductividad. En el cuarto paso, se realizaron simulaciones para evaluar el nivel de optimización del confort térmico logrado mediante el índice de Fanger. Finalmente se evaluó la relación costo-beneficio. Los resultados mostraron que ambas combinaciones redujeron la temperatura de la superficie del sobre en aproximadamente un 74% y que el 60% de las personas infelices en la sala hicieron la investigación en los momentos más inconvenientes. Era más económico de implementar que instalar aire acondicionado, que era una solución común a este problema. (Giraldo, 2018).

2.1.2 Nacionales

En la Revista Española de Geriátría y Gerontología en su ítem titulado: “Confort térmico y el riesgo de infecciones respiratorias en los adultos mayores en la sierra rural del Perú” por Ángel Canales Gutiérrez y Germán Belizario Quispe (2020), El presente estudio evalúa el confort térmico del Perú rural y afirma que el riesgo de las condiciones térmicas incide en el riesgo de infecciones respiratorias. Para ello se utiliza el modelo de regresión de Probit. La unidad de análisis son los adultos de 60 años o más. Las fuentes de datos provienen de la Encuesta Nacional de Hogares y del Instituto Meteorológico Nacional del Perú (SENAMHI). Además, se utilizaron termohigrómetros para monitorear la temperatura interna y la humedad relativa de los cuatro dormitorios y compararlas con los estándares de índice de confort térmico requeridos. Los resultados mostraron que una caída promedio de un grado (1°C) en la

temperatura ambiente aumentaba el riesgo de infecciones respiratorias en adultos mayores en 0,18, mientras que la humedad relativa y la velocidad del viento no. Esto fue estadísticamente significativo al nivel de significancia del 1%. Finalmente, los cuatro tipos de dormitorios evaluados carecen del confort térmico necesario y aumentan el riesgo de infecciones respiratorias. (Canales y Belizario, 2020)

En el artículo de revista titulado: “Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú” por Antonio Holguino Huarza, Luis Olivera Marocho y Katterine Ursula Escobar Copa (2018), El principal objetivo del estudio fue evaluar las condiciones de confort térmico de materiales como cámaras de lodo y andesita, una masa térmica proveniente de la región andina del Perú. Este estudio experimental encontró que los valores de conductividad térmica de la arcilla, el yeso y la paja eran 0,176, 0,149 y 0,118 W/μ, respectivamente. En comparación con el agua, que es una buena fuente de energía, es 29,55. 57,81%, respectivamente 52,94%. El sistema de baterías de HP almacena 8.305 MJ de energía térmica y, debido al exceso de energía térmica, la temperatura interna de HP en invierno es un 63,83% y un 68,83% superior a las temperaturas medias de HC y MAC, respectivamente. (Antonio Holguino Huarza, Luis Olivera Marocho y Katterine Ursula Escobar Copa, 2018)

En la tesis: “Influencia de la temperatura y humedad ambiental en las infecciones respiratorias agudas (ira) en Huaraz, periodo 2012 – 2016, 2018” por Robles Sánchez, Danny Emerson para optar el título profesional de Ingeniería Ambiental menciona en su tesis que tuvo como objetivo principal Analizar el impacto de la humedad ambiental y temperatura en la incidencia de infecciones respiratorias agudas (IRAV) en la ciudad de Huaraz durante el

período 2012 a 2016. Este estudio es de naturaleza ecológica, descriptiva, correlacional y longitudinal y es consistente con hallazgos no experimentales. planes de investigación. Las metodologías incluyen análisis de correlación, regresión lineal múltiple, análisis estacional y análisis de tendencias. El análisis de la incidencia de IRA, los datos promedio, máximo, mínimo y de rango de temperatura y humedad relativa se realizó semanal y anualmente, el análisis de tendencias se realizó durante 261 semanas y el análisis estacional se realizó con resolución mensual. El análisis estacional mostró que el aumento de la incidencia del SARS en junio estuvo más influenciado por la situación de este mes, y la incidencia aumentó en otoño e invierno según la estación seca. En resumen, los valores de humedad relativa mostraron una correlación inversa significativa con la frecuencia de IRA y, al igual que la temperatura, una correlación débil, mientras que los rangos de temperatura mostraron una correlación directa significativa. (Danny, 2019).

En la tesis: “Acondicionamiento térmico en viviendas de adobe Ubicados a más de 3800 m.s.n.m. en la Región Puno” por Flores Cervantes, Néstor Rolando, en su tesis para obtener el título de Ingeniero civil, en su proyecto de investigación El objetivo principal es construir una casa de adobe con materiales térmicamente eficientes, al igual que mejorar la capacidad de los residentes para vivir cómodamente. La metodología utilizada es la siguiente: en una primera etapa se evalúan residencias rurales situadas a altitudes por encima de los 3800 m.s.n.m. Las áreas de estudio en la región Puno incluyeron los siguientes distritos: Juli, Ajoyani y Vilquechico. En particular, se realizó un diagnóstico situacional en tres comunidades: Palermo Río Salado, Alto de la Alianza y San Salvador de Llachacata Ayllu Uthata. Como resultado del

diagnóstico, fue posible determinar las condiciones actuales de la vivienda rural, incluyendo los tipos de materiales de construcción utilizados, el clima local y las técnicas de construcción. Para realizar el diagnóstico se eligió una casa rural ubicada en el barrio Palermo Río Salado del Distrito de Juli. Luego de un análisis de las características de la casa, se realizó un diagnóstico térmico de la casa, arrojando una lectura de temperatura promedio de 4.9920. °C. Como segundo paso, se probaron las muestras de K'esana Totorá para determinar la conductividad térmica de las tres muestras. La primera muestra mide 53,5 cm x 32 cm y 3,0 cm de espesor, la segunda muestra mide 54 cm x 31 cm y 3,5 cm de espesor y la tercera muestra mide 51 cm. Y en la tercera fase de la investigación, construimos K'esana, un proyecto de casa de barro, controlamos la temperatura utilizando nuestros materiales térmicos locales, cubrimos las paredes y el techo con una capa de yeso y elementos del piso. Ejemplos: plástico para evitar capilares, una habitación de piedra y virutas de madera, un suelo adecuado con tablas de madera, puertas y ventanas de madera instaladas en las aberturas. La orientación de la casa se determinó mediante un software en 2011. (Flores, 2018).

2.1.3 Locales

En el contexto local aún no se han desarrollado trabajos de investigación acerca del tema en estudio, es por ello que la presente tesis da un inicio a futuras investigaciones de la misma naturaleza e incentiva a los futuros profesionales a seguir investigando y de esta manera reforzar el conocimiento que se da a conocer en este proyecto.

2.2. Definiciones Conceptuales

2.2.1 Confort Térmico

El confort térmico se puede definir como una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Es el estado en el cual una persona se encuentra en equilibrio fisiológico dado que no existe un malestar. Para lograr la sensación de confort, el balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo, conservando de esta forma una temperatura normal, es decir que se ha alcanzado un equilibrio térmico. Evaluar la sensación de confort térmico resulta ser una tarea difícil ya que, supone tener en cuenta otras sensaciones con una importante carga subjetiva. Según la norma ISO 7730 el confort térmico se define como: “esa condición de la mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. El confort térmico depende del calor producido por el cuerpo y los intercambios entre el mismo y el medio ambiente.

El hombre siempre ha deseado y se ha esforzado por crear un ambiente interior y exterior técnicamente cómodo. Esto se refleja en las construcciones tradicionales alrededor del mundo desde los comienzos de la vida hasta el día de hoy. A nuestros días, crear un ambiente térmicamente cómodo todavía es uno de los parámetros más importantes a ser considerado en el diseño de edificaciones. (Solarizate, 2012)

El confort térmico se puede estudiar de diversas formas, incluido el aire acondicionado, la arquitectura y la ergonomía, aunque cada una tiene una aplicación única, aunque todas apuntan al mismo objetivo. La arquitectura se centra en utilizar el clima y las condiciones meteorológicas, mientras que el aire acondicionado realiza un análisis termodinámico teniendo en cuenta los factores ambientales. Intentaremos valorar el nivel de confort del hogar en términos de

ergonomía. Se tomarán medidas correctivas si no se cumplen los parámetros establecidos en las normas.

El confort térmico depende de varios parámetros globales externos e internos, como la temperatura del aire, velocidad del mismo, humedad relativa entre otros factores específicos internos como la actividad física desarrollada por la persona, la cantidad de ropa o vestimenta que utiliza y/o el metabolismo de cada individuo.

2.2.2 Parámetros para generar un confort térmico

En la norma (NTP 779) encontramos algunos alcances generales acerca de los parámetros que se deben cumplir para considerarse o generar un buen nivel de confort térmico, señalamos una parte de esta norma: “la valoración del ambiente térmico se basa en la respuesta humana a las diferentes situaciones provocadas por la combinación de las seis variables que definen el ambiente térmico, tanto ambientales como ligadas estrictamente al individuo”.



Figura 2: Variables de confort térmico
Nota. La figura muestra las variables de las cuáles determinan el confort térmico. Fuente: NTP 74 (1983).

2.2.3 Calidad de Vida

La calidad de vida es algo que la gente siempre persigue y a veces se esconde en el sueño duradero de la felicidad y a veces se presenta como una tarea obligatoria para los estados sociales modernos. Se trata de un campo multidisciplinar donde políticos, psicólogos, economistas, médicos y muchos otros expertos expresan sus opiniones sobre la calidad de vida. Los conceptos adquiridos en los últimos años parten de dos hechos importantes. El primero se refiere a una conciencia colectiva establecida de responsabilidad compartida por el medio ambiente y los acontecimientos ambientales, lo que le da al concepto un valor planetario, social, comunitario y colectivo. La segunda parte surge de la preocupación por la calidad de vida y los aspectos cotidianos que no pueden garantizarse únicamente con el desarrollo económico, dándole a este concepto el aspecto más humano, centrándose en los detalles más pequeños y los aspectos más personales, como el sufrimiento humano y felicidad. La reflexión sobre la calidad de vida no puede realizarse racionalmente sin compartir la satisfacción, el bienestar subjetivo, la felicidad y la abundancia, pero sus inevitables desventajas son el dolor, las limitaciones funcionales, la enfermedad y el escudo del envejecimiento. Un desastre que destruye ciudades y personas. (Moreno & Ximénez, 1996).

Al hablar de calidad de vida, nos referimos a un concepto que hace alusión a varios niveles en general, desde el bienestar social o comunitario hasta aspectos específicos de carácter individual o grupal.

“No existe, por tanto, una forma de medición única y un criterio absoluto para determinar un nivel de calidad de vida, porque todo, en este sentido, es relativo, y aquello es una vida con calidad para unos, para otros no lo es.” (Cañedo, Guerrero y Salmán, 2012)

Así, queda claro que la calidad de vida de una persona está influenciada por el tipo de vivienda que posee. Este estudio tiene como objetivo mejorar el entorno en el que residen las personas para mejorar su calidad de vida y aumentar su bienestar y conformidad.

“Hoy en día calidad de vida la podemos vincular con los grandes avances en la biotecnología, la cual ha permitido contar con nuevas perspectivas de la vida, ya que anteriormente no se tenía acceso tan amplio como actualmente lo tenemos. Esto permite cubrir las necesidades más básicas como son en el ámbito emocional, económico, social y educacional.” (Galván, 2014).

Factores de la calidad de vida

Los factores que inciden son los siguientes:

- ° **Bienestar físico:** se refiere a la salud y a la integridad física de la persona. Por ejemplo: el acceso a un hospital de calidad, tener acceso a una buena alimentación.
- ° **Bienestar material:** se refiere al nivel de ingreso y a la posesión de bienes. Esto implica, que una persona debería ganar al menos lo indispensable para con ello poder cubrir sus necesidades básicas.
- ° **Bienestar social:** es todo aquello que está relacionado directamente a la interacción del ser humano con sus semejantes. Por ejemplo, gozar de un grupo sólido de amistades y un ambiente familiar saludable.
- ° **Bienestar emocional:** se trata del aspecto psicológico, además, se relaciona con el desarrollo de una alta autoestima y la estabilidad mental.
- ° **Desarrollo personal:** es donde la persona siente que está cumpliendo sus aspiraciones, sintiéndose realizada. Por ejemplo: estudiar la profesión que desee y pueda desempeñarse en el campo laboral de su interés.

Enfoques para determinar una calidad de vida

Son muchos los factores que intervienen en la determinación de la calidad de vida de una persona, por lo que para centrar el estudio lo dividimos en cuatro bloques:

La primera sección se centra en elementos que se consideran cruciales para el bienestar general de una persona, incluidos el trabajo, la educación, la salud, la vivienda y el equipamiento.

La calidad ambiental está representada en el segundo bloque por factores como la reducción del ruido, la calidad del agua y la calidad del aire.

El tercer bloque está vinculado y trata el aspecto interactivo de la materia, así como el ocio, el tiempo libre y otros temas.

La participación social, las cuestiones políticas y la seguridad personal y jurídica forman parte del cuarto bloque.

2.2.4 Temperatura Ambiental

La temperatura del aire que rodea a una persona se denomina entorno. Los dos factores que determinan el intercambio de calor convectivo entre una persona y el aire son la discrepancia entre dicha temperatura y la temperatura de la piel de esa persona. Además, existe transferencia por radiación de calor entre áreas del ambiente (como piel, paredes, vidrio, máquinas, etc.).

“El calor es una energía que no vemos pero que podemos sentir. En las casas llega del exterior a través de la temperatura del aire y de la radiación solar y puede ayudar o empeorar a que la casa mantenga una temperatura que se considere aceptable térmicamente.” (Solarizate, 2012).

2.2.5 Calefacción Solar Pasiva

Se trata de una estrategia bioclimática que permite aprovechar la radiación solar mediante sistemas y materiales pasivos (sin incluir sistemas mecánico-eléctricos) en el exterior de la vivienda. Se recoge una gran cantidad de calor solar y se permite que la radiación solar directa pase y quede atrapada en el interior mediante el uso de cubiertas y ventanas transparentes. Una ventana que conecta ambos volúmenes se puede utilizar para transferir aire caliente de forma natural por convección al interior de la vivienda, permitiendo aprovechar la ganancia de calor procedente de la radiación solar indirecta. En los invernaderos anexos a la casa, el aire puede alcanzar temperaturas máximas de hasta 45°C y una temperatura media diaria de 15°C. Cabe señalar que, si bien la temperatura del aire interior del invernadero aumenta significativamente durante el día, por la noche disminuye en la misma cantidad que la temperatura exterior. Las ventajas incluyen la capacidad de calentar particiones durante el día, almacenar calor en forma de masa y luego transferirlo al hogar de forma natural por conducción y radiación, y la capacidad de llevar aire caliente al hogar por medios naturales o forzados.

La calefacción solar pasiva se explica a través de la energía proveniente del sol. Este tipo de energía es una técnica de beneficio de la energía solar, a través de un conjunto de procedimientos en la edificación se puede transformar el calor y usarlo independientemente, se menciona calentadores de gas o calderas y permitiendo que la comodidad térmica en los domicilios sea superior al de una casa común. Una vivienda pasiva permite aprovechar todo el calor posible.

2.2.6 Energía Solar Térmica

Tipo de energía y tecnología utilizada para aprovechar la energía solar y que a su vez genera energía térmica o eléctrica, los sistemas térmicos solares son una forma de satisfacer las necesidades de calor al capturar la energía térmica del sol para aplicaciones de calefacción en viviendas, edificios, agua o piscinas. La energía solar térmica es la forma más fácil y directa para aprovechar la energía del sol, con mecanismo simples se logra un aumento formidable de la temperatura.

La energía solar es recibida por la tierra de forma constante en los días soleados y llega a través del fenómeno llamado radiación, con el paso del tiempo se han realizado estudios para medir aproximadamente a cuánto asciende la energía que recibe la tierra a lo largo de su superficie terrestre, se ha conseguido un valor aproximado a 1353 W/m² a este valor se denomina constante solar.

En el Perú, la topografía, el clima y las condiciones oceanográficas determinan específicamente la existencia de tres zonas naturales: costera, sierra y selva. Las áreas con mejor potencial anual de energía proveniente del sol en el Perú se ubican principalmente en la parte sur de la costa peruana (16°-18°S), con 6,0-6,5 kWh/m² disponibles. Otras zonas con alta disponibilidad solar térmica diaria, entre 5,5 y 6,0 kWh/m², son la costa norte (3°-8°S) y partes importantes de las cordilleras por encima de los 2.500 m con respecto al nivel del mar. Importancia regional: Sierra Sur, Sierra Central y Sierra Norte. La zona con valores bajos de energía solar en la región es la selva, donde se registran valores de 4,5 a 5,0 kWh/m², y el valor mínimo se registra al norte del ecuador (~0°. 2°S). Además, es importante señalar que el mayor cambio anual (desviación estándar) en los valores de energía solar obtenidos de la superficie terrestre es la costa sur, seguida de la costa central, la selva norte y la costa norte. y la costa sur. baja Las áreas con la variación anual

más baja incluyen las selvas centrales y del sur, la sierra central y partes de la sierra del norte. Es casi seguro que la energía solar es la fuente de energía más barata del país. Existen promedios anuales basados en la ubicación geográfica. Costa Sur: 6,0 - 6,5; Costa Central: 5,5 - 6,0; Clasificación: 5,5 - 6,0; Selva Sur: 5.0 – 5.5, Selva Norte: 4.5 – 5.0. La mayor variación anual (desviación estándar) en los valores de la energía solar obtenida de la superficie terrestre se presenta en la costa sur, seguida de la costa central, la selva norte, la costa norte y la sierra sur. (SENAMHI , 2003)

2.2.7 Sistemas Bioclimáticos

“Los sistemas bioclimáticos pueden definirse como un sistema que está sabiamente diseñado para lograr un máximo confort dentro del edificio con el mínimo gasto energético. Para ello aprovecha las condiciones climáticas de su entorno, transformando los elementos climáticos externos en confort interno gracias a un diseño inteligente.” (Huaylla y Saavedra, 2009).

“El clima determina de manera considerable, la forma construida. La arquitectura vernacular refleja la comprensión y reflexión sobre las condiciones locales, antes de construir y habitar. Son el resultado de aplicaciones y tradiciones ancestrales, mejoradas con el transcurrir del tiempo y las necesidades de la época. Hablar de arquitectura bioclimática, más allá de los ahorros energéticos y protección del medio ambiente que pueda procurar, es antes que todo lograr el bienestar del ocupante.” (Bustamante y Gutiérrez, 2015).

“La gran mayoría de los edificios construidos actualmente suplen de un pésimo diseño bioclimático de aire” (García D. , 2012).

2.2.8 Energías Renovables

Hoy en día se tiene una visión muy objetiva sobre los recursos energéticos renovables porque el uso eficiente de la energía y el ahorro energético implican una reducción del impacto en nuestro medio ambiente, tanto local como global. La energía renovable o convencional también llamadas energías limpias son aquellas que se producen a grandes caudales naturales en el planeta, constituyen fuentes inagotables de flujo energético, renovándose constantemente y son ilimitadas en cantidad.

“La noción de energía renovables hace mención al tipo de energía que puede obtenerse de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya que contienen una inmensa cantidad de energía o pueden regenerarse naturalmente.” (Pérez y Gardey, 2014).

2.2.9 Muro Trombe Michel

“El muro Trombe Michel es un sistema de captación solar pasivo que no tiene partes móviles y que no necesita casi ningún mantenimiento. Esta alternativa tiene por finalidad potenciar la energía solar que recibe un muro y así convertirlo en un sencillo sistema de calefacción, su componente principal es un muro orientado hacia la posición del sol más favorable a lo largo del día – variando según el hemisferio – construido con materiales que le permiten absorber el calor como masa térmica, como el hormigón, la piedra o el adobe.” (Tomás, 2011).

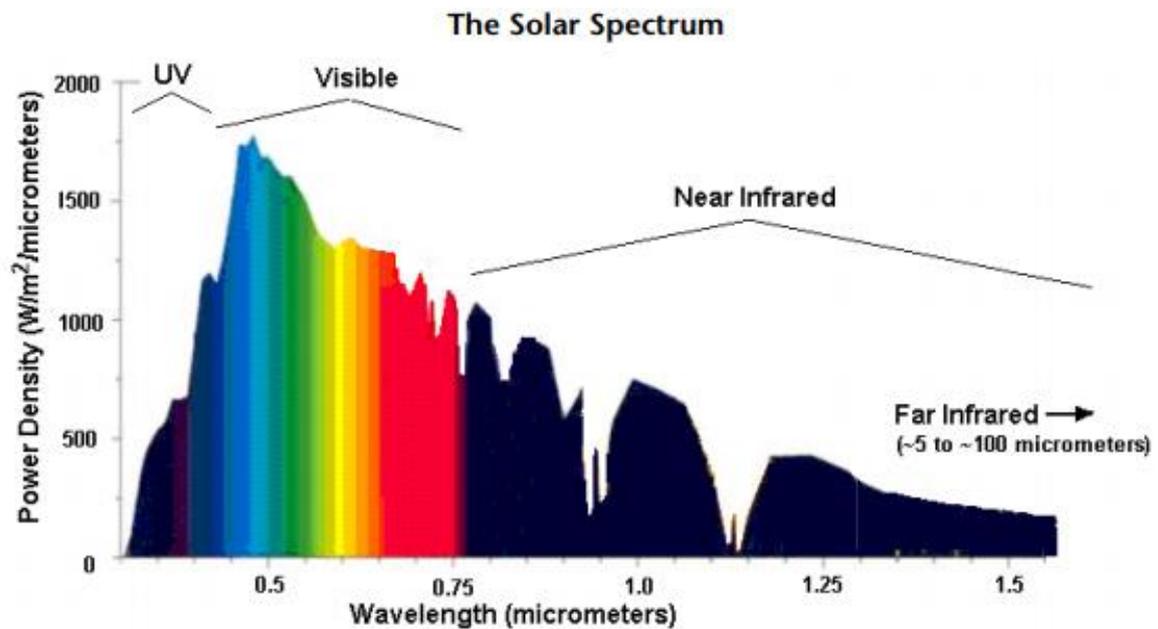
Principios de Funcionamiento de un Muro Trombe Michel

El rango de longitud de onda de los rayos que atraviesan el vidrio está dentro del rango de 0,3 a 3,0 (μm). Del espectro electromagnético se puede deducir que la luz visible constituye la mayor parte del mismo, y una pequeña porción cae en los espectros ultravioleta e infrarrojo.

El vidrio transparente deja pasar los rayos solares, que forman parte del espectro de longitudes de onda, y son absorbidos por la superficie receptora de la pared. Debido a su alta absorción de energía solar, los muros de hormigón que son opacos y oscuros se desempeñan muy bien; sin embargo, el "Cuerpo Negro" de la física es el absorbente solar ideal.

Después de atravesar el vidrio, los rayos del sol son absorbidos por la pared sólida, que se calienta y emite radiación electromagnética en el rango de longitud de onda de 4-30(μm). De media, el vidrio absorbe el 7% de la radiación solar que recibe, el 7% se refleja y el 86% restante se transfiere a las paredes interiores (masa térmica), por lo que la temperatura de la masa se considera térmicamente alta. temperatura del vidrio. (Zamora; Molina y Viedma, 2002).

Cuando la masa térmica dentro de la pared Trombe Michel se calienta, emite energía térmica radiante no visible, pero el vidrio, que es impermeable a ese tipo de radiación, impide que esa energía escape. Como resultado de que el aire se vuelve más ligero cuando se calienta, circula naturalmente de abajo hacia arriba en el espacio entre el vidrio y la pared, calentando el área. Luego, la conducción permite que el calor almacenado en la pared se libere al interior de la casa y a la habitación que necesita calentarse.



Far-infrared radiation is largely outside the solar spectrum; that is, solar radiation is very low at such long wavelengths.

Figura 3: Espectro Electromagnético

Nota. Se muestra la clasificación del espectro solar en términos de ondas electromagnéticas. Fuente: Energy Efficiency fact sheet (Roos, 2008).

Tipos de muros Trombe Michel

Muro Trombe Michel Clásico

Se trata de una masa térmica que está controlada por un aislamiento de vidrio en el exterior y un canal de aire en el centro; el vidrio no contiene un sistema de control. Gracias al aislamiento de vidrio transparente. El interior de la casa recibe parte de esta energía y se calienta por conducción a través de las paredes. Por el contrario, la ventilación en la pared inferior permite que el aire fluya hacia el conducto desde la habitación más fría, y el efecto de flotabilidad hace que el calentamiento de la pared fluya hacia arriba. (Hidalgo, 2011)

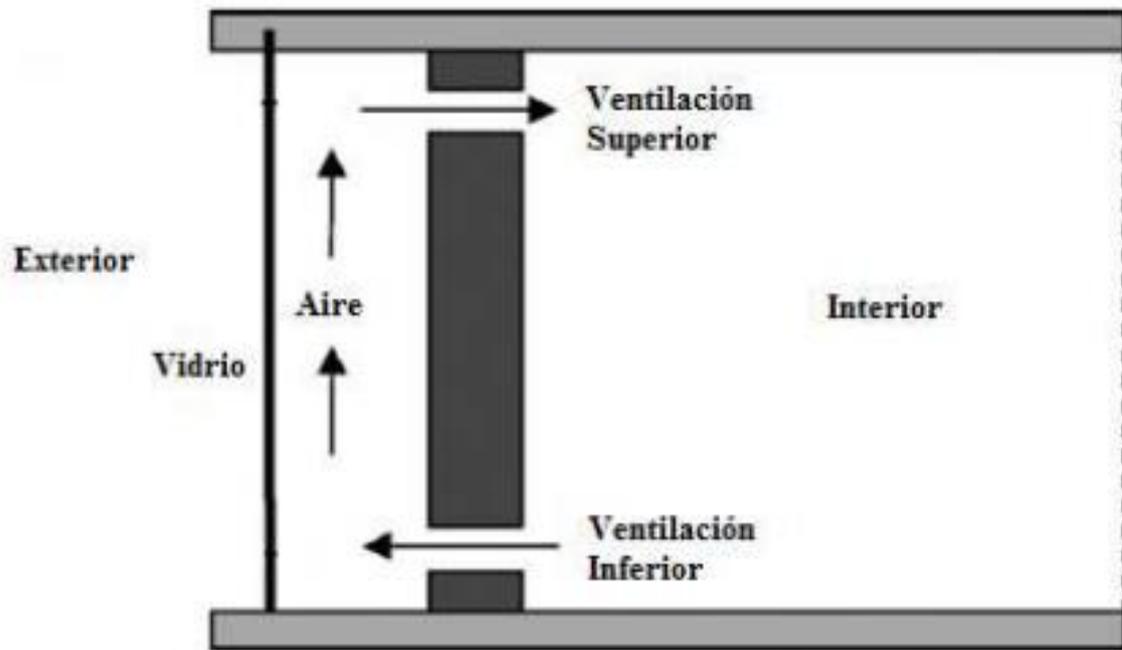


Figura 4: Muro Trombe Michel clásico

Nota. Se ilustra el diagrama esquemático del muro Trombe Michel clásico.

Fuente: Hidalgo (2011)

Tienen algunas complicaciones de diseño que son las siguientes:

- Baja resistencia térmica: Esto se demuestra por el hecho de que hay una pérdida cuando incluso una pequeña cantidad de energía solar es absorbida por el muro, ya sea de noche o en días nublados, provocando que algo de calor fluya desde el interior hacia el exterior. Salida de calor excesivamente alta del espacio calentado.
- El fenómeno inverso del termosifón, que ocurre en invierno, de noche o en días nublados. La circulación se produce a la inversa, lo que provoca que el aire se enfríe y posteriormente baje la temperatura del espacio calentado si la pared que recibe la incidencia de la energía solar está más fría que la temperatura de la habitación.
- El proceso de convección se ve afectado por el tamaño de los orificios de entrada y salida, lo que reduce el rendimiento general de la calefacción.

- Transferencia de calor imprecisa causada por el movimiento del aire en espacios cerrados calentados por energía solar. Cualquier cambio podría provocar cambios en la temperatura de las paredes porque la intensidad de la energía solar no es constante y periódica.

Muro Trombe Michel – Michel

La diferencia entre la pared Trombe Michel - Michel y la pared Trombe Michel clásica o tradicional es que la pared aislante en este diseño se coloca detrás de la concurrencia térmica. Como resultado, la pérdida de calor interna de la casa disminuye.

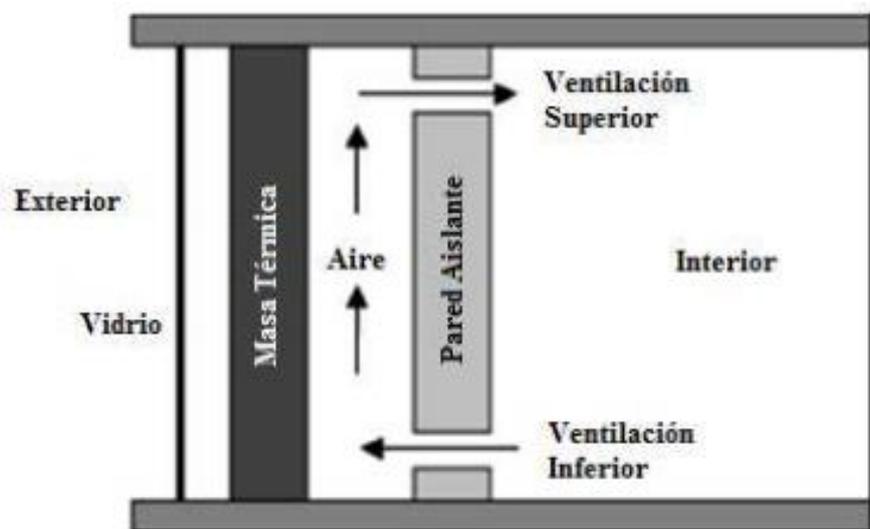


Figura 5: Muro Trombe Michel - Michel

Nota. Se ilustra un diagrama esquemático del tipo de muro Trombe Michel – Michel.
Fuente: Hidalgo (2011)

Los conductos de la pared aislante que proporcionan ventilación permanecen cerrados en los días nublados y durante los meses de invierno. El flujo térmico desde el interior hacia el exterior disminuye porque hay una mayor resistencia térmica en ese punto.

Un muro Trombe Michel hecho de hormigón y PCM es un muro de almacenamiento de energía eficiente, según algunos estudios, y puede utilizarse para construir viviendas de bajo consumo energético.

2.2.10 Parámetros Termodinámicos de transferencia de calor

Para los propósitos de este proyecto, comprender la transferencia de calor es crucial. Al estudiar la transferencia de calor, puede aprender sobre cosas como las pérdidas de calor a través de las paredes de la casa, el impacto de la radiación solar, la pérdida de calor en los materiales utilizados para construir el muro Trombe Michel, etc.

Se define como “energía térmica en movimiento debido a una diferencia de temperaturas”. Proceso por el cual se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura.

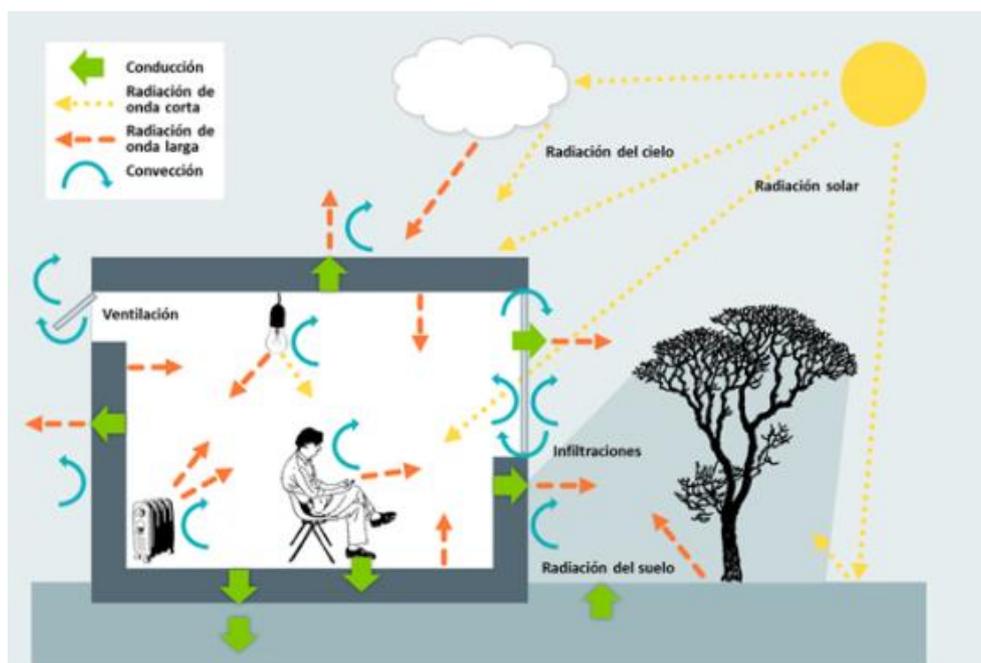


Figura 6: Tipos de transferencia de calor en una vivienda

Nota. La figura muestra los distintos tipos de transferencia de calor en una vivienda. Fuente: Arquitectura e Ingeniería (2015).

Estudiamos los tipos de transferencia de calor que tenemos presentes en el proyecto de investigación:

Por Conducción

A través de colisiones o acoplamientos entre las moléculas del sistema (algunas en áreas más calientes, con mayor energía térmica, y otras en áreas más frías, con menor energía térmica), la energía térmica se transfiere cuando los cuerpos (o partes de ellos) entran en contacto directo a diferentes niveles. temperaturas, aunque no se produzca ningún movimiento macroscópico de las moléculas. Este proceso es muy importante en los sólidos, pero es menos importante en los líquidos y gases porque normalmente ocurre junto con la convección y esencialmente queda cubierto por ella.

La conducción, es el único mecanismo posible para que haya una transmisión de calor en medios sólidos opacos, cuando en estos cuerpos existe un gradiente de temperatura. El calor se transmite de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura, debido al movimiento cinético o el impacto directo de las moléculas como en el caso de los fluidos en reposo o por el arrastre de los electrones como sucede en los metales.

La ley básica de la conducción del calor (Joseph Fourier), establece: “la tasa de transferencia de calor por conducción en una dirección dada es proporcional al área normal a la dirección del flujo de calor y al gradiente de temperatura en esa dirección” (Panana, 2009).

$$Q_x = -k \cdot A \frac{\partial T}{\partial x} \left(\frac{BTu}{h}, w \right)$$

Donde:

Q_x : Tasa de flujo de calor a través del área A en la dirección positiva.

k : Conductividad térmica (w/m, k; BTu/h).

A : Área de sección transversal de la transferencia de calor.

$\frac{\partial T}{\partial x}$: Gradiente de temperatura.

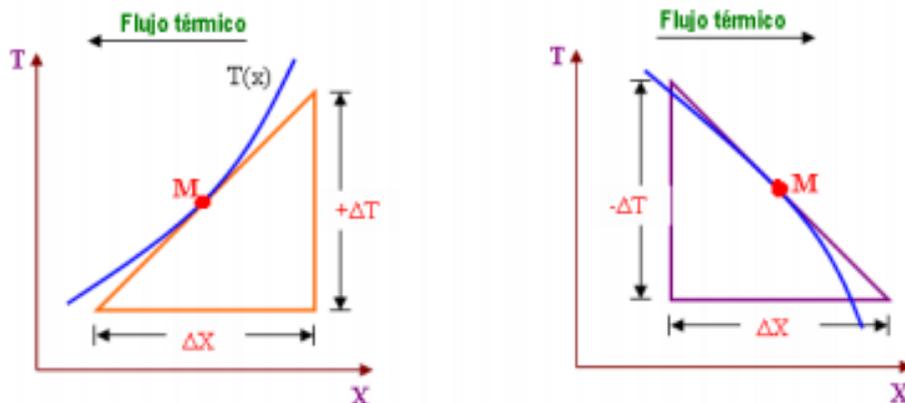


Figura 7: Signos para la transmisión de calor por conducción

Nota. La figura muestra la transmisión de calor por conducción. Fuente: Panana Emilio (2009).

Por Convección

Este proceso equilibra las temperaturas moviendo físicamente moléculas "calientes". Dado que el paso de calor entre la superficie de un material y un fluido está dado con la conducción mediante una fina capa de fluido que se localiza junto a la superficie, este proceso, que también se conoce como conducción superficial, es muy significativo en los fluidos. el exterior. Esta diferencia de temperatura conduce a una diferencia en la densidad del fluido, lo que resulta en un desplazamiento físico. Convección natural, el movimiento de materia a varias temperaturas de un lugar a otro.

La transferencia de calor por convección puede ser forzada cuando es ayudada por el movimiento de las superficies en contacto con el fluido o libre (también llamada natural) cuando ocurre únicamente como resultado de una diferencia de

densidades provocada por una diferencia de temperaturas. Además de intercambios de calor muy intensos, también puede ir acompañado de un cambio de fase, como el que se observa durante la condensación o la ebullición.

Existen dos tipos de transferencia de calor por convección:

Convección libre o natural

Este tipo de convección ocurre cuando la fuerza motriz produce una variación en las densidades de los fluidos. El fluido que se encuentra cerca de la superficie adquiere velocidad únicamente como resultado de la diferencia de densidades, sin la presencia de una fuerza externa.

Convección forzada

Este tipo de convección ocurre cuando una fuerza impulsora externa mueve un líquido con una cierta velocidad sobre una superficie que es mayor o menor que la temperatura del líquido porque en la convección forzada la velocidad del líquido es mayor que la de la convección natural. Entonces, la convección natural proporciona más calor a una temperatura determinada. Ya sea que la convección sea natural o forzada, la cantidad de calor transferido se puede escribir como Q_c . (Ley de enfriamiento de Newton) (Panana, 2009).

$$Q_c = h \cdot A (T_s - T_f)$$

Donde:

Q_c : Cantidad de calor transmitido.

h : Coeficiente de transmisión de calor por convección en la interface líquido-sólido ($W/m^2 \cdot K$).

A : Área superficial en contacto con el fluido.

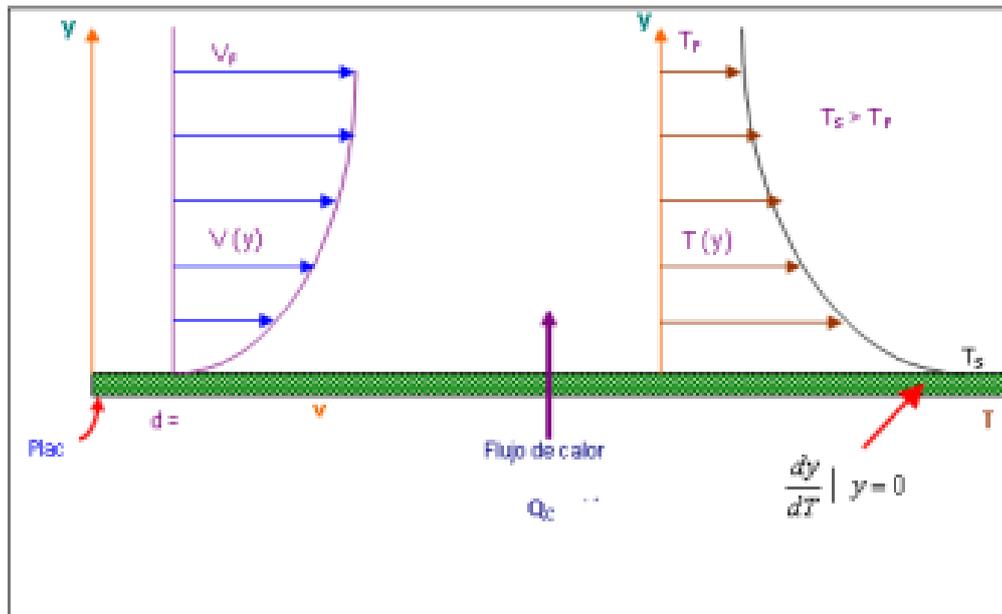


Figura 8: *Distribución de temperatura y velocidad de un fluido*
 Nota. La figura muestra el comportamiento de la temperatura y velocidad de un fluido en una convección forzada. Fuente: Panana Emilio (2009).

Por Radiación

Debido a que todos los cuerpos tienen una temperatura T , emiten energía de radiación electromagnética, que viaja a la velocidad de la luz (ya que es luz con diferentes longitudes de onda) y puede ser absorbida por los objetos para elevar su temperatura. A altas temperaturas, la radiación puede ser crucial porque es el único método de transferencia de calor cuando se produce a través del vacío. (Martín, 2011).

Debido a cambios en la configuración electrónica. Ya sea que esté formado por átomos o moléculas, se mueve a la velocidad de la luz. La cantidad de energía que irradia una superficie en forma de calor depende de la temperatura absoluta de su ubicación y del tipo de superficie. Ya sea una carcasa negra o un radiador completo, cualquier superficie emite energía radiante.

Físicamente la radiación es la transferencia de energía en forma de fotones.

$$Q_r = \sigma \cdot A \cdot T^4 = A \cdot E_b$$

Donde:

E_b : Poder emisivo del radiador.

σ : Constante dimensional de Stefan – Boltzmann

$5,67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}^4$ (SI)

2.3 Definición Conceptual de la Terminología Aplicada.

Eficiencia Energética:

Se dice que un dispositivo, proceso o dispositivo es energéticamente eficiente si utiliza una cantidad de energía inferior al promedio para realizar su trabajo. Nuestro objetivo es proteger el medio ambiente reduciendo el consumo de energía y acostumbrando a los usuarios a un consumo esencial en lugar de un consumo excesivo. A medida que aumentan las emisiones atmosféricas de CO₂, la eficacia energética se ha transformado en una alternativa de proteger nuestro planeta.

Calidad de vida:

“En una entidad vaga y etérea, algunas cosas sobre las que muchas personas hablan, pero de las que nadie sabe muy claramente qué hacer con ellas”. Sin embargo, se ha definido como una evaluación subjetiva de la satisfacción con la vida o un componente que representa el nivel percibido de bienestar personal. Muchos autores creen que estas valoraciones subjetivas están estrechamente relacionadas con los objetivos de los indicadores biológicos, psicológicos y sociales y forman parte de su estructura. Por lo tanto, la calidad de vida se interpreta como la presencia o ausencia de satisfacción con la vida subjetiva y de indicadores objetivos y estándar que las personas generalmente definen como una buena vida.

Calefacción solar pasiva:

Se trata de una estrategia bioclimática que permite utilizar sistemas y materiales pasivos (sin sistemas mecánico-eléctricos) en el exterior de la vivienda, acumulando grandes cantidades de calor solar y aprovechando la radiación solar que puede atravesarla. De la radiación solar directa. Estás atrapado dentro. Para aprovechar la ganancia indirecta de calor a través de la radiación solar, utilice un invernadero adjunto a una casa con calefacción por aire. La ventaja es que se puede introducir aire caliente en la casa durante el día mediante convección forzada o natural, así como calentando la pared divisoria, que luego almacenará el calor en su masa y lo transferirá naturalmente por conducción. por la radiación producida en el interior de la casa.

Energías renovables:

Son aquellas energías que provienen de recursos naturales que no se agotan y a los que se puede recurrir de manera permanente. Su impacto ambiental es nulo en la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂.

Se consideran energías renovables la energía solar, eólica, geotérmica, hidráulica y eléctrica.

Rentabilidad:

Describe la capacidad de una inversión para generar retornos superiores a los obtenidos después de esperar pacientemente un cierto tiempo. Como implica tomar decisiones acertadas, es un componente crucial de la planificación económica y financiera.

Muro Trombe Michel:

Un sistema que utiliza ganancia indirecta de energía solar es este. Se trata de una pared orientada al sur, normalmente de piedra, ladrillo o mampostería, pintada de negro y colocada detrás del cristal. La enorme cantidad de calor acumulada entre el vidrio y las paredes actúa como un acumulador de calor para calentar el interior de tu hogar en invierno y enfriar el flujo de aire en verano. También puede describirse como un sistema de calefacción indirecto pasivo con mecanismos de control simples y alto rendimiento del sistema. También presenta pequeñas fluctuaciones térmicas.

Radiación solar:

La radiación solar es el flujo de energía que nos llega del sol en forma de luz visible, infrarroja y ultravioleta en varias frecuencias.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación.

Investigación Científica.

Se categoriza como investigación científica porque incluye una serie de pasos lógicos y sistemáticos que incorporan todos estos procesos, así como muchos más, con el objetivo de encontrar soluciones a cuestiones específicas del tema en estudio. Este trabajo también incluye recopilación de datos, imaginación, ideación, vivencias y/o vivencias. Nos esforzamos en encontrar información veraz y pertinente sobre el diseño de los muros de Trombe Michel mediante una estrategia de búsqueda metódica.

Además, tiene un enfoque cualitativo, esto porque está orientado al diseño óptimo de los muros Trombe Michel para el caserío El Lloque teniendo en cuenta las variaciones de temperatura que tiene el lugar, variaciones en la velocidad del viento, variaciones de horas sol, entre otras.

Investigación Bibliográfica.

Por el contexto de la presente tesis se realizó la aplicación de investigación bibliográfica por el hecho de que requiere fuentes de libros, tesis, artículos de revistas, publicaciones, artículos técnicos de internet, material multimedia, sitios web, informes y más para su desarrollo.

3.1.2. Diseño de Investigación.

Investigación Exploratoria.

Cuando un tema o problema no se comprende bien o no se estudia lo suficiente, se realizan estudios exploratorios; los resultados proporcionan una imagen aproximada del problema que se está estudiando. El nivel de este proyecto de investigación es exploratorio, porque actúan para mejorar los niveles de confort térmico y que en este caso no han sido analizados ni estudiados en detalle por nuestra parte. Para estudiar el tema y su entorno, este proyecto de investigación tiene como objetivo específico recopilar datos sobre los aspectos climatológicos de la zona, el impacto que producen, su importancia y características.

Investigación Descriptiva.

El objetivo del estudio fue describir el origen, características, funcionalidad y aporte de mejora que realizan los muros Trombe Michel. También se describió el aumento de temperatura ambiental en una habitación provocado por la instalación de una pared Trombe Michel.

3.2 Población y muestra

Población: 31 Viviendas del caserío el Lloque.

Muestra: 01 Vivienda del caserío el Lloque.

Para determinar la muestra, se ha tenido en cuenta que todas las viviendas tienen características constructivas y dimensiones similares, de ahí que se ha tomado 01 vivienda.

3.3 Hipótesis

La comodidad higrotérmica en una vivienda del caserío El Lloque – Cajamarca se logra mediante la aplicación de muro Trombe Michel

3.4 Formulación de la hipótesis

Con la determinación de las condiciones ambientales del lugar, se realizará un estudio de los muros Trombe Michel que permita a los pobladores del lugar, tener una excelente calidad de vida en cuanto a confort térmico se refiere, y en efecto se reduzca el impacto de enfermedades que generan las bajas temperaturas.

3.5 Variables - Operacionalización

Variable Independiente: Aplicación de Muro Trombe Michel

Variable Dependiente: Comodidad Higrotérmica

Tabla 1: Operacionalización de las Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Independientes						
<i>Aplicación de Muro Trombe Michel</i>	Es un sistema que hace uso de la ganancia de energía solar indirecta. Es una pared, normalmente hecha de piedra, ladrillo, o adobe, pintado de negro y se coloca detrás de un cristal con una orientación al sur (UNE-EN 13306, 2017)	Esta variable se operacionalizó mediante dimensiones e indicadores, esto posibilitó la aplicación de diferentes tipos de instrumentos utilizando las dimensiones como la ubicación, la forma y la función para poder analizar mejor la variable.	Zona Climática Orientación Conductividad Térmica Inercia Térmica	Temperatura, Velocidad viento, Incidencia solar Radiación Solar Transmitancia térmica Conductividad Calor Especifico Masa Densidad	Búsqueda de información bibliográfica	Ficha de búsqueda de información bibliográfica
Dependientes						
<i>Comodidad Higrotérmica</i>	Entendemos por comodidad hidrotérmica cuando los seres que lo habitan no perciben sensación de calor ni frío, dicho en otras palabras, cuando los escenarios de humedad, temperatura y movimiento de aire es agradable y apropiado a la acción que se ejecuta en su interior.	Determinar: Temperatura media del aire: Passivhaus interpreta un valor mínimo de confort en invierno de 20° y en verano un valor máximo de 25°. Humedad: Humedades entre el 40 y 70% nos pueden dar sensación de confort. .	Temperatura Humedad	Temperatura media del aire Humedad relativa del aire	Recopilación de información	Ficha de recopilación de información

Fuente: Elaborado por el autor

3.6 Métodos y técnicas de investigación

3.6.1 Método de investigación

Método Inductivo.

El método inductivo es una estrategia de razonamiento que se basa en la inducción, para ello, procede a partir de premisas particulares para generar conclusiones generales. En este sentido, el método inductivo opera realizando generalizaciones amplias apoyándose en observaciones específicas. Esto es así porque en el razonamiento inductivo las premisas son las que proporcionan la evidencia que dota de veracidad una conclusión. Para ello, luego de diseñar los muros Trombe Michel se podrá concluir si se logra obtener mejores niveles de confort térmico.

Método Deductivo.

El método deductivo es una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de premisas o principios. En este sentido, es un proceso de pensamiento que va de lo general (leyes o principios) a lo particular (fenómenos o hechos concretos). Según el método deductivo, la conclusión se halla dentro de las propias premisas referidas, dicho de otro modo, la conclusión es consecuencia de las premisas. Se toman los objetivos como punto de inicio para explicar hechos particulares.

Método Descriptivo.

Aquella orientación que se centra es responder la pregunta acerca de cómo es una determinada parte de la realidad objeto de estudio.

3.6.2 Técnicas de investigación

a. Análisis Documental

Un conjunto de procedimientos seguidos para obtener documentos relacionados con un tema con la intención de mejorar la condición de conocimiento, que se considera faltante o inadecuado de alguna manera. (Sánchez, et. al., 2018)

b. Recopilación de datos

Conjunto de actividades que permiten recopilar información del problema a investigar.

3.7 Descripción de los instrumentos utilizados

a. Ficha de análisis documental

Los conceptos que previamente se han examinado en la técnica de la firma quedan reflejados en el documento físico. (Ruiz, 2014)

b. Ficha de recopilación de información

Es el documento físico que permite en campo recopilar la información necesaria para realizar nuestra investigación.

3.8 Análisis estadístico e interpretación de datos

Como se demuestra en esta tesis, las estadísticas se derivan de la recopilación de datos. Para organizar los datos en gráficos de barras, columnas y otros formatos de análisis e interpretación, se utilizan medidas o estadísticas resumidas, como la media aritmética. Para el procesamiento se utilizan principalmente Word y Excel del paquete Office.

Se debe utilizar estadística descriptiva para estudiar los muros de Trombe Michel, su efecto sobre el confort térmico y la viabilidad del sistema. Este análisis limita la posibilidad de errores en el ingreso de datos, lo que permite la detección de valores

Organizar estos datos en gráficos y/o tablas puede ayudarle a identificar tanto características importantes como resultados inesperados.

El sistema de pared Trombe Michel se utiliza para evaluar la rentabilidad económica y la eficiencia energética después del período de recopilación de datos. Los resultados del proceso de la información se muestran gráficamente en gráficos de frecuencia, varios tipos de gráficos, tablas y otras herramientas de visualización de datos, además de tablas dobles, tablas y otras herramientas de visualización de datos.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de las viviendas ubicadas en el caserío El Lloque

El caserío El Lloque, se encuentra ubicado en el distrito de Catache, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca – Perú, en las coordenadas UTM WGS 84: Este 710257.00 Norte 9250365.00, y su equivalente en coordenadas geográficas Latitud: 6°46'41.30", Longitud: 79° 5'51.38". A una altitud de 2450 msnm.

Actualmente el caserío El Lloque, presenta 31 viviendas clasificadas de la siguiente manera.

Las viviendas de acuerdo a la normatividad de la Dirección General de Electrificación Rural se han clasificado en 03 grupos:

Viviendas con Uso Doméstico, son aquellas donde su uso es para vivienda. En el caserío El Lloque existen un total de 24 viviendas, todas están construidas con adobe y sus medidas promedio son de 6 m de ancho por 15 m de largo.

Viviendas con Uso Comercial, son aquellas donde su uso es para comercio, acá encontramos a los restaurantes, bares, bodegas. En el caserío El Lloque, existen 05 viviendas destinadas a este uso, de las cuales 03 son bodegas y 02 son restaurantes. Son construidas de adobe y sus medidas promedio son de 6 m de ancho por 15 m de largo.

Viviendas con Usos Generales, son aquellas viviendas donde hay afluencia del público. En el caserío El Lloque, existen 02 viviendas destinadas a este uso, de las cuales 01 es uno es un local comunal y el otro es un PRONOEI. Son construidas de adobe y sus medidas promedio son de 8 m de ancho por 20 m de largo.

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Doméstico	24
2	Comercial	5
3	Usos Generales	2
	Total	31

Tabla 2: *Distribución de las viviendas en el caserío El Lloque*
Nota: Elaboración propia

Cabe precisar que como el problema radica en las noches, básicamente por que las temperaturas bajan alrededor de los 7° C, **se ha tomado como referencia una habitación de 4,5 m x 3 m, en donde propondremos nuestro diseño.** Así mismo las 31 viviendas, todas poseen una habitación con dichas medidas aproximadamente.

Así mismo, el material por excelencia para la construcción es el adobe el mismo que es obtenido de la misma localidad. Además, el techo es de calaminas.

4.2 Niveles óptimos de comodidad higrotérmica en viviendas del caserío El Lloque

Comprender las complejidades y la confiabilidad requerida para calcular los rangos de confort a partir de los distintos estándares consultados. (ANSI/ASHRAE Standard, 2010)

Los métodos de cálculo del confort térmico utilizados en el modelado y el software basado en el clima se exploran a través de varias referencias utilizadas como herramientas técnicas para apoyar la investigación y el desarrollo de Design Builder e IDEAM. Para la clasificación climática utilizamos la columna ASHRAE 55, la psicometría de Givony y las tablas bioclimáticas de Olgia.

Diagrama Bioclimático de Olgay

En el libro *Arquitectura y clima*, Olgay brinda una descripción general de los rangos de confort disponibles en algunos países y muestra cómo los parámetros o rangos de confort varían según la región donde se ubica el proyecto. (Olgay, 1998)

PAIS-REGION-ENTIDAD	AUTOR	RANGOS DE CONFORT
Departamento Británico de Investigaciones Científicas e Industriales	Dr. H.M. Vernon	con viento menor a 0,25 m/s sera de 19°C en verano y 17°C en invierno
	Dr. T. Bedford	Tem. Interior Ideal en 18°C en invierno y zona de confort entre los 13 y los 23°C
Alemania		20,8°C con 50% de Humedad Relativa
	S.F. Markham	margen de temperatura entre los 15,6 y los 24,4°C
Zona de Confort Británica	C.E.P. Brooks	oscila entre los 14 y 21,1°C
Estados Unidos		Se situa entre los 20,56 y los 26,7°C con una Humedad Realtiva entre el 30 y 70%

Figura 9: *Temperatura de confort de diferentes lugares y autores. Basado en Olgay, (1998).*

Nota: Elaboración propia.

La Figura 12 muestra que, no hay una verdad absoluta acerca de la técnica de cálculo del confort térmico. Esto se debe a que depende de las condiciones climáticas y culturales y de las características del lugar, así como de las características constructivas y arquitectónicas del proyecto que se implemente. ejecutar, analizar.

La Figura 3 muestra el diagrama bioclimático de Olgay mostrando las variables consideradas para establecer el rango de confort térmico.

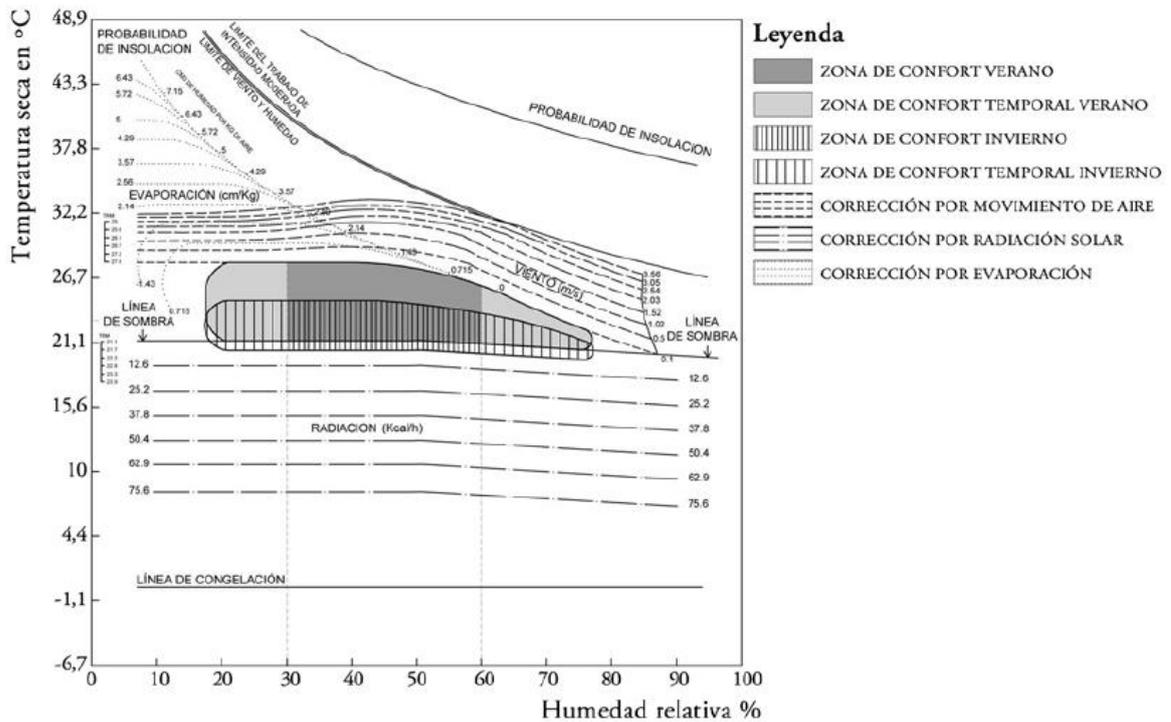


Figura 10: Diagrama bioclimático de Olgay.

Fuente: Fernández, (1994). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10017/1030>

La temperatura y la humedad relativa se incluyen en el análisis y cálculo del confort realizado por el autor. Estas variables adicionales sirven como elementos correctivos cuando las variables principales no se encuentran en el marco del rango ideal. (Fernández García, 1994)

Diagrama Psicométrico de Givoni

Por otro lado, Baruch Givoni define su diagrama Psicométrico en la Figura 13 y propone una alternativa que permite calcular y analizar el rango de confort de un edificio.

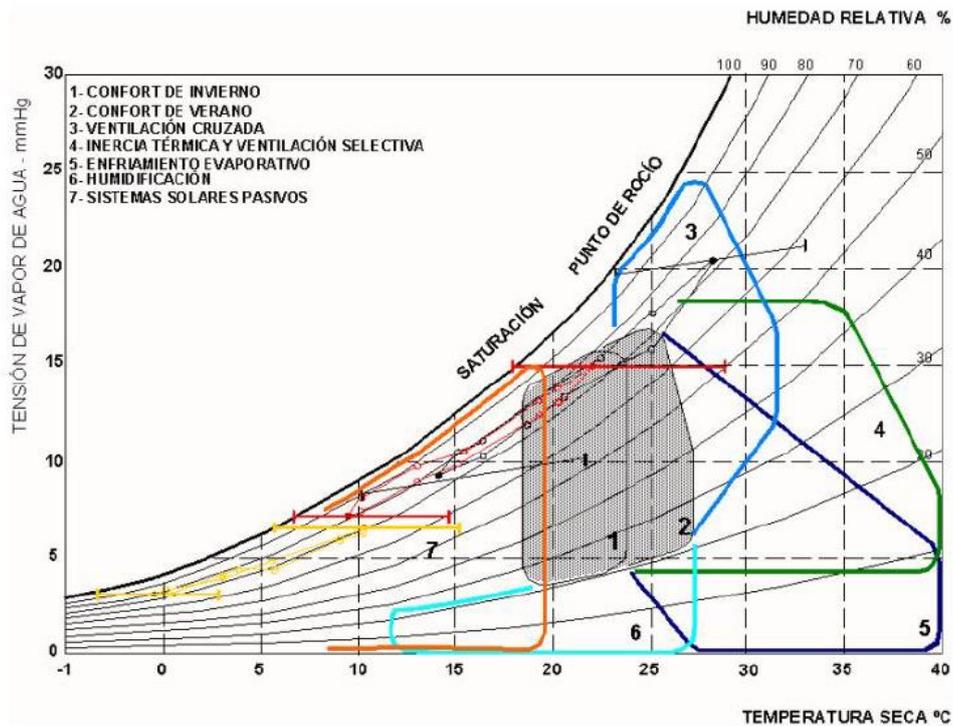


Figura 11: Diagrama psicrométrico de Givoni.

Fuente: Fernández, (1994). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10017/1030>

Como afirma Fernández García (1994) en el volumen 4 de la serie de publicaciones Geographica: La influencia del propio edificio en el ambiente interior se introduce como una variable en los mapas arquitectónicos bioclimáticos de Givoni. Los edificios se encuentran entre las condiciones externas e internas, y el foco principal del clima en los mapas bioclimáticos es el uso de materiales individuales. Y las estructuras constructivas permiten la creación de un ambiente interno, incluida la salud térmica, en respuesta a condiciones externas específicas. Este cuadro se basa en un diagrama psicrométrico y se identifican diferentes áreas características. Por ejemplo, la zona de confort térmico está determinada por la humedad relativa y la temperatura de bulbo seco sin considerar otros factores. La influencia de otros factores como la masa térmica de los edificios y los sistemas de refrigeración por evaporación ha llevado a la expansión del campo médico. Fuera de estos límites y a la derecha del diagrama, las condiciones adecuadas sólo se pueden conseguir

mediante ventilación mecánica y deshumidificación. Este esquema combina estrategias pasivas y activas para alcanzar o lograr el rango de confort establecido interviniendo en el edificio desde la importancia del edificio a nivel de sistemas de ventilación (ventilación natural, y ventilación mecánica de equipos). Se puede elegir ambas estrategias.

Estándar ASHRAE-55

Como en nuestro análisis, ASHRAE-55 requiere utilizar la temperatura operativa promedio anual como punto de referencia y considerar el porcentaje de horas de confort anuales que se desea lograr al calcular la gama de comodidades dentro de un edificio. Ventilación natural, Dependiendo de la ubicación, el rango óptimo de confort térmico para los edificios se puede estimar entre el 80% y el 90%. También deja claro que seis variables clave (tasa metabólica, aislamiento de la ropa, temperatura del aire, temperatura radiante, velocidad del aire y humedad) se tienen en cuenta al evaluar qué tan bien o en qué medida las personas se sienten cómodas. Como variables de cálculo principales, la temperatura externa de bulbo seco y la temperatura de funcionamiento se muestran en la Figura 5 como las líneas límite del 80 por ciento y el 90 por ciento de horas de comodidad que esperamos lograr durante todo el año.

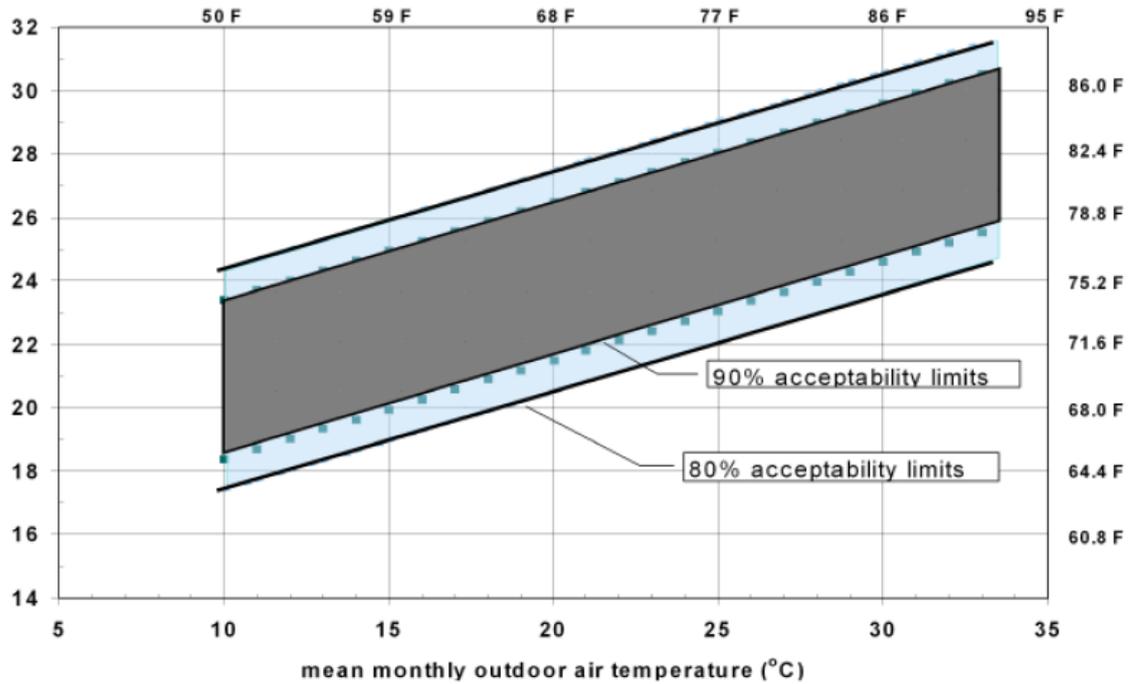


Figura 12:. *Estándar ASHRAE - Diagrama de cálculo de confort*

Nota: con base en ANSI/ASHRAE Standard, (2010).

Recuperado de: <http://comfort.cbe.berkeley.edu/>

Identificar los factores que influyen en el estado y nivel de confort térmico de una vivienda, y a partir de los distintos métodos de cálculo del confort se ve claramente la importancia de elementos como la humedad relativa, la sequedad térmica, la temperatura radiante, la temperatura de funcionamiento, etc. Valores asociados. Se pueden gestionar o controlar elementos adicionales, como la velocidad del viento, para reducir la influencia de estas otras variables, que deben tenerse en cuenta al desarrollar un estudio.

Autores	temperatura	humedad	
Givoni	21°C/26°C	5/17 mmhg.	
Olgyay	23.9/29.5	20%/75%	trópicos
ASHRAE	22.2/26.6	4 mmhg	
	21.6/25	14 mm hg	
Yaglou	18.8/23.8	30%/79%	USA
Venezuela(*)	22°C	27%/25%	límite inferior
	29°C	20%/40%	límite superior

(Fuente: González y otros, 1986).

Figura 13: Rangos de temperatura y humedad – diferentes autores.

Fuente: Fernández, (1994). Recuperado de: <http://hdl.handle.net>

Dado que no existe un método que sea mejor o peor que otro, podemos comparar los diversos valores obtenidos usando cada método usando la información de la figura 13 y reconocer que las condiciones deben tomarse en consideración al elegir un estándar para determinar el rango de comodidad. el clima único de cada ubicación, así como la accesibilidad de los datos necesarios para realizar los análisis adecuados.

La Norma ASHRAE 55 para el cálculo de rangos de confort, teniendo en cuenta las variables utilizadas y teniendo en cuenta la eficiencia permitida al calcular los rangos, según el análisis realizado a la Norma de Cálculo de Confort Térmico sirve como referencia. En todo caso. Cómo se correlacionan las variables modales y de posición.

La herramienta online CBE Confort Térmico se basa en la norma ASHRAE-55 para el cálculo de rangos de confort térmico y establece requisitos específicos para la aplicación e implementación de la norma en pleno cumplimiento del proyecto en estudio. (Villa Mara tema vivienda social fase I), justificando la decisión de utilizar este método como base para futuras investigaciones.

Condiciones y recomendaciones de implementación de ASHRAE-55. Solo los espacios que están alineados naturalmente mediante el control del usuario y cumplen con todos los requisitos siguientes pueden utilizar este método:

- (a) Inexistencia de un sistema de refrigeración mecánico instalado;
- (b) Tasas metabólicas entre 1 y 3 MET; y.
- (c) Dentro de un rango de al menos 0,5-1,0 ciclo. (Hoyt, Schiavon, Piccioli, Cheung, & Moon, 2017)

De lo mencionado anteriormente, podemos concluir que las condiciones de Confort Térmico que se va a considerar en el presente trabajo de investigación son:

Temperatura (°C)	22
Humedad (%)	50

Tabla 3: *Condiciones de Comodidad Higrotérmica*
Nota: (Fernández García, Clima y Confortabilidad Humana. Aspectos Metodológicos, 1994)

4.3 Cálculo y selección de los componentes del muro Trombe Michel

4.3.1. Elección del modelo apropiado

Una pared térmica negra y vidriada reduce significativamente las fluctuaciones de temperatura en las habitaciones ventiladas. El concepto fue patentado por primera vez en los Estados Unidos por E.L. Morse en 1881 y luego revivido y patentado por Trombe Michel (1977, 1974) (Sodha, Bansal, Bansal, & Malik, 1986).

La pared Trombe Michel es el tipo de pared de almacenamiento de calor más utilizado. Consiste básicamente en una pared de vidrio simple o doble montada en su superficie.

Estos muros tienen la función de almacenar el calor solar y transferir el calor acumulado al espacio interior mediante mecanismos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación). Las paredes Trombe Michel están optimizadas para la temporada de calefacción y refrigeración gracias a los orificios de ventilación en las paredes y las superficies de vidrio. (Ruiz et al., 2005; Gan, 1998; Jie et al., 2008).

Podemos alternar entre varios modelos antes de seleccionar la mejor opción para la circunstancia, sus condiciones de funcionamiento e instalación, en base a la información proporcionada en cada modelo y tablas y gráficos comparativos anteriores:

- Podemos descartar el modelo vertical si se considera que tiene un rendimiento deficiente. No tiene sentido instalar un colector solar con una inclinación de 90° en Cajamarca, Perú, donde el sol brilla con una inclinación de 83° , que es casi vertical. Esto hará que el sistema no reciba casi radiación directa, lo que hará que su rendimiento sea muy pobre.

Cabe añadir que la mayoría de las viviendas de la comunidad disponen de toldos lo que dificulta aún más la captación de estos sistemas.

Se excluye el modelo horizontal por su baja eficiencia, ya que si bien su inclinación es la más óptima, al no estar adosado a la vivienda, la contribución de la inercia térmica resultante no aumenta respecto a la de la vivienda antes de la obra. Cabe recordar que el efecto que produce la existencia de una gran masa de calor es el factor decisivo para evitar grandes variaciones de temperatura en el interior de la vivienda.

Además, debido a que el sistema está en la superficie, podría ser más propenso a sufrir daños, más difícil de limpiar y mantener, y podría obstaculizar las tareas habituales de los beneficiarios.

- Al sopesar los inconvenientes y ventajas de instalar un modelo de invernadero, descubrimos que cumple plenamente con la mayoría de las especificaciones técnicas, incluido el mejor ángulo de inclinación, suficiente financiación para el proyecto, la capacidad de la comunidad para montarlo, la presencia de colchón de aire adecuado y facilidad de reparación.

Son dos aspectos fundamentales en la cual se sustenta la decisión de ceder este sistema:

- El problema del espacio alrededor de la casa. En general, las viviendas para estos sistemas tienen muy poco espacio útil en su entorno, ya que a menudo se encuentran elementos naturales o construidos a su alrededor. También notamos que algunos de estos espacios se utilizan para tareas domésticas, transporte de animales u otras tareas domésticas. Por lo tanto, la instalación del modelo de invernadero, que requiere mucho espacio, es en la mayoría de los casos bastante complicada.
- No es una exclusión, el costo influyeron en nuestra decisión. Se estima que cuesta alrededor de 200 soles más que el modelo lea, o un tercio del salario mensual promedio de la comunidad. En términos de complejidad, la fabricación de estos modelos a dos aguas requiere más cuidado en el diseño y montaje.

Por las siguientes razones, la "humedad" y la "toxicidad" son dos factores adicionales que deben tenerse en cuenta al analizar el modelo Greenhouse-Trombe Michel:

- Humedad: Es necesario regar las plantas de la chimenea porque produce humedad en el interior de la pared Trombe Michel, lo que contribuye al clima y la circulación del aire de la casa. Lógicamente, este hecho podría tener un impacto negativo en la población.
- Toxicidad: el proceso de inhibición de la fotosíntesis nocturna que ejecutan las plantas, que implica la captación de oxígeno y la liberación de dióxido de carbono, los cuales ingresan al hogar junto con la humedad.

Por último, pero no menos importante, la ventilación constante provocada por la apertura de la puerta del invernadero para realizar el mantenimiento de las plantas reducirá significativamente nuestra eficiencia térmica.

- El modelo Stones and Wire ocupa mucho espacio dentro de la casa, considerando el tamaño de las casas donde se implanta el sistema, no parece adecuado. Por lo general, una ventana pequeña para reducir la pérdida de calor dentro de la casa, debido a que este sistema necesita un área grande para permitir que la radiación pase a la casa, su aplicación es poco práctica.

Se eligió el modelo sesgado para su disposición en la finca El Lloque en Cajamarca, Perú, teniendo en cuenta todos los factores antes mencionados. Tiene una inclinación ideal, es asequible, sencillo, renovable y reparable, transportable, seguro y ocupa poco espacio utilizable.

4.3.2. Elección del material de la superficie de captación

No se debe elegir vidrio a pesar de tener propiedades ópticas y mecánicas superiores al plástico de invernadero por las siguientes razones:

- La dificultad de montaje y entrega en lugares remotos (como en nuestro proyecto).
- Estas instalaciones se realizan en zonas frecuentadas por personas o animales por motivos de seguridad, como espacios abiertos donde los niños puedan jugar y correr. El vidrio templado presenta riesgos importantes a pesar de que no puede provocar cortes profundos.
- Debido a su alto coste (el vidrio templado puede ser hasta 60 veces más caro), su inaccesibilidad y, en consecuencia, su escasa capacidad renovable, ni siquiera vale la pena considerar el vidrio no templado.

Así, se eligió para su construcción el **agrofilm**, un plástico de invernadero de amplia disponibilidad en Cajamarca.

4.3.3. Estudio climatológico y territorial del caserío El Lloque

A.- Temperatura

Para determinar las temperaturas existentes en el caserío El Lloque, hemos utilizado los datos de la Estación Meteorológica UDIMA, ubicada en Departamento: CAJAMARCA, Provincia: SANTA CRUZ, Distrito: CATACHE, Latitud: 6°48'53.08", Longitud: 79°5'37.56", Altitud: 2466 msnm.

Mes	T máx	T min
Ene-21	21.4	8.4
Feb-21	20.8	7.6
Mar-21	20.4	7.2
Abr-21	21.6	9.8
May-21	21.4	9.6
Jun-21	20.8	9.6
Jul-21	21.6	8.8

Ago-21	23.2	9.2
Set-21	20.8	10.2
Oct-21	21.4	9.8
Nov-21	21.2	7.4
Dic-21	20.6	9.6
T máx	23.2	
Tmin		7.2

Tabla 4: Temperaturas Máximas y Mínimas

Nota: Estación meteorológica UDIMA

En atención a ello, presentamos la siguiente gráfica:

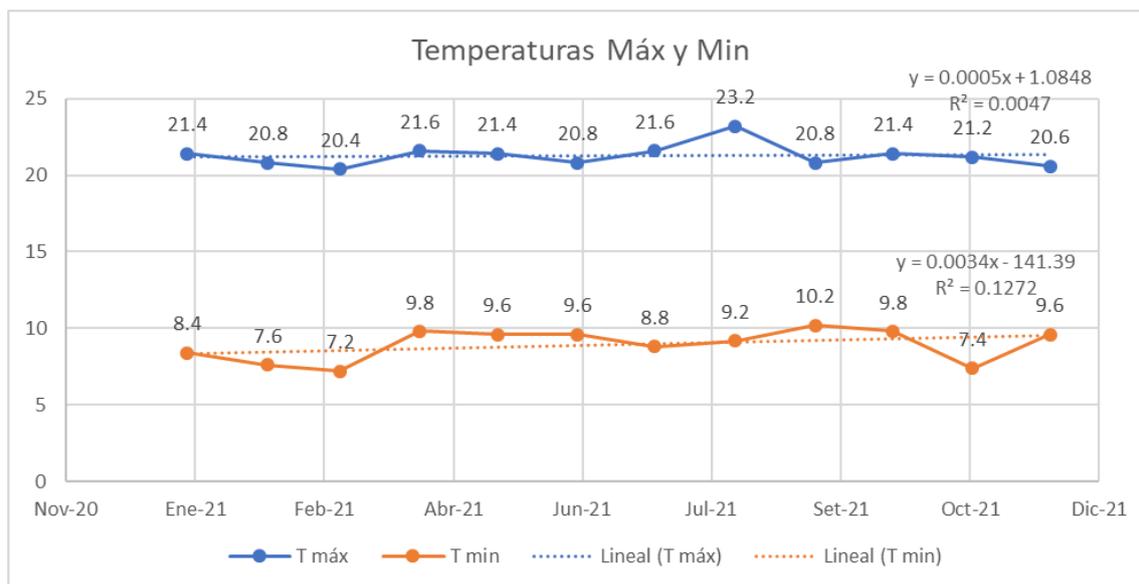


Figura 14: Temperaturas Máxima y Mínima

Nota: Estación meteorológica UDIMA

B. Radiación Solar

Para determinar la radiación solar, se tomó como referencia la información proporcionada por Global Solar Atlas:

Mes	kWh/m ²
Jan	87.1
Feb	67.8
Mar	75.8
Apr	87.4
May	135.3
Jun	167
Jul	188.3
Aug	188.5
Sep	144.8
Oct	138.8

Nov	148.8
Dec	111.5
Yearly	1541.1
Dayly	4.22

Tabla 5: Radiación solar en el caserío El Lloque

Nota: Información obtenida de Global Solar Atlas
<https://globalsolaratlas.info/map?s=-6.777935,-79.097413&m=site&c=-6.778297,-79.097844,17>

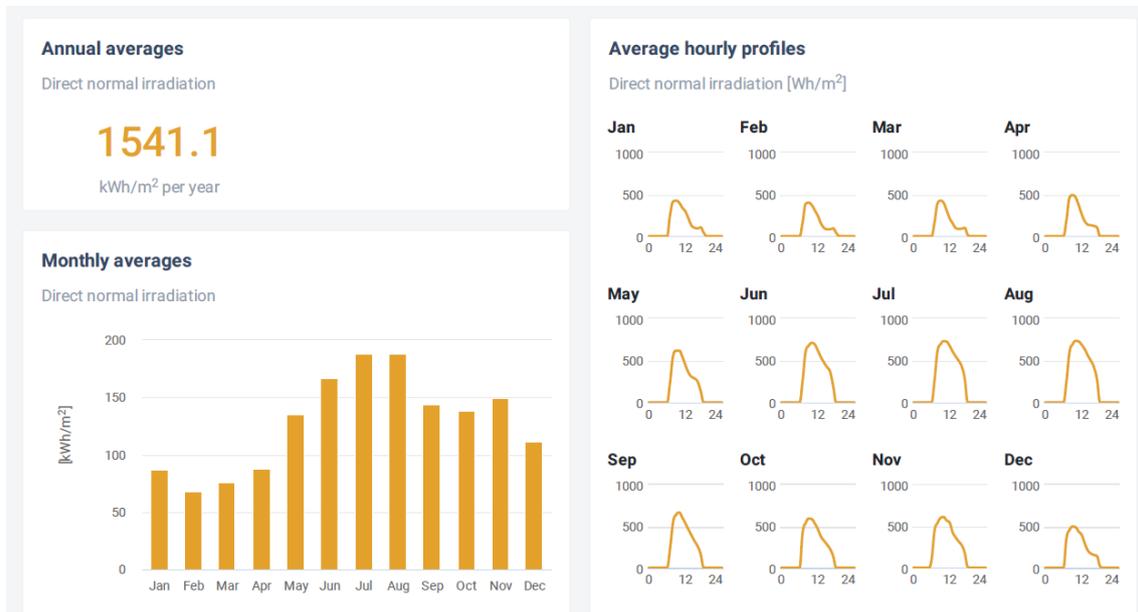


Figura 15: Perfiles horarios promedio de Radiación Solar

Nota: Información obtenida de Global Solar Atlas
<https://globalsolaratlas.info/map?s=-6.777935,-79.097413&m=site&c=-6.778297,-79.097844,17>

C. Precipitaciones

Asimismo, sobre todo en el periodo de junio a noviembre se producen fuertes heladas, cuando comienza el "verano", como llaman los lugareños a la época del año en la que llueve con mayor frecuencia en la localidad de El Lloque. justo cuando comenzaba la estación seca.

Durante la etapa de instalación de tecnología, el estudio de la precipitación en la zona mencionada se vuelve crucial. Es fundamental que su aplicación se realice cuando llueva lo menos posible porque un exceso de lluvia puede complicar la instalación y dañar el yeso o la madera.

El gráfico muestra que de mayo a septiembre son las épocas ideales para instalar Trombe Michel Walls porque el resto del año se caracteriza por lluvias persistentes. Para minimizar el tiempo de instalación y maximizar la efectividad de estas tecnologías, se recomienda evitar en la medida de lo posible instalarlas fuera del período de tiempo antes mencionado.

D. Viento

Es fundamental diseñar teniendo en cuenta las características del viento local. Por lo tanto, es posible analizar las propiedades del material requerido para la construcción de Trombe Michel, de acuerdo con los esfuerzos que debe soportar.

El SENAMHI, Servicio Hidrometeorológico Nacional del Perú, proporcionó mapas de viento que muestran que el valor máximo para nuestra área de aplicación es de 75 km/h.

E. Orientación

La orientación es sin duda uno de los elementos clave para que Trombe Michel Walls funcione correctamente.

La Figura 16 ilustra cómo maximizar la captación solar ya sea construyendo linealmente si la pared está en buen estado de orientación ideal o aprovechando el ángulo, dependiendo de las condiciones y la orientación. Además, es importante investigar las habitaciones que queremos calentar. Por lo general, estos sistemas están diseñados para usarse en dormitorios porque esas son las áreas que requieren más calor (y generalmente son las menos ocupadas durante el día). Además, ésta es el área donde la prevención de enfermedades puede tener la mayor influencia.

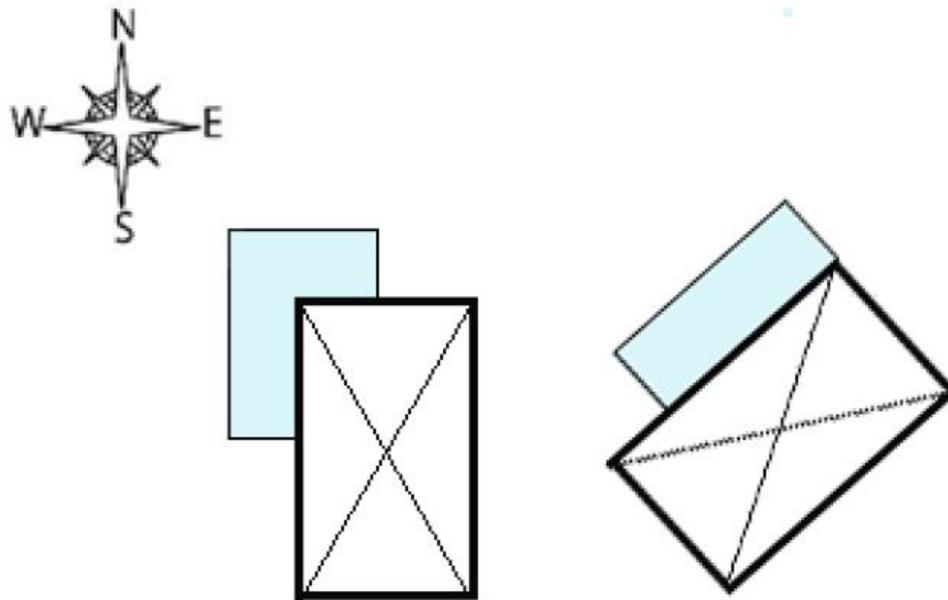


Figura 16: *Ubicación del muro Trombe Michel*

F. Sombreamientos

Es importante investigar el vecindario y los diversos elementos naturales y artificiales que podrían ensombrecer a nuestro coleccionista.

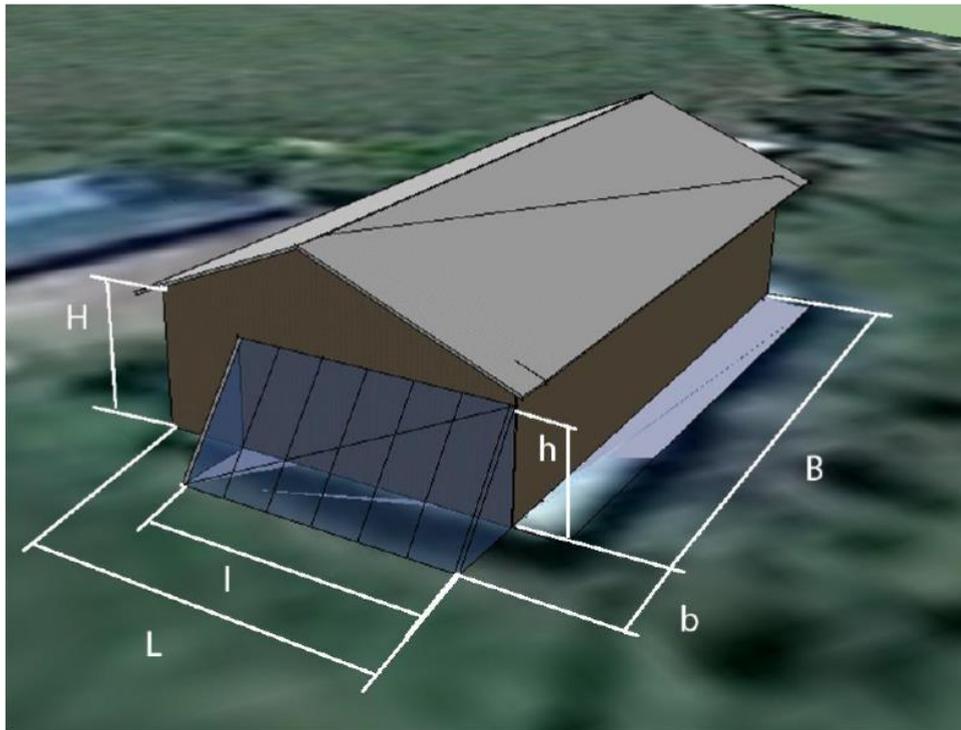
4.3.4. Dimensionado

El grupo que se ofreció a mostrarnos sus instalaciones y responder nuestras preguntas mientras se preparaba este documento proporcionó este de forma voluntaria.

Las capacidades de nuestra tecnología también están severamente limitadas por las características del hogar, su entorno y los hábitos que allí surgen. Tres aspectos del tamaño serán donde se encontrarán las mayores restricciones:

- La altura de la pared de instalación (H), así como cualquier alero u otras estructuras que puedan dar sombra al área de recolección, determinarán la altura que puede tener nuestro sistema (h).

- Las características de la carcasa también limitan a lo largo de la pared seleccionada para la aspiración (l)..
- La longitud de la base es (b). Una serie de factores, incluyendo la presencia de depresiones o elevaciones del terreno y el movimiento de personas y/o animales, pueden imponer restricciones a este parámetro.



<p><i>Área horizontal de la habitación = $B \times L$</i></p> <p><i>Área horizontal encerrada por el muro Trombe = $b \times l$</i></p> <p><i>Área pared vertical de la pared = $H \times L$</i></p> <p><i>Área pared vertical encerrada por el muro Trombe = $h \times l$</i></p>
--

Figura 17: Dimensiones del muro Trombe Michel

A.- Sección horizontal y vertical del muro:

Es un gran desafío estandarizar el tamaño de un Trombe Michel debido a la amplia gama de estos números. Podemos obtener las dimensiones ideales para el diseño una vez que sepamos cuáles serán los factores limitantes para el diseño.

Para lograr una inercia térmica superior, también es fundamental asegurarse de que la superficie de la pared vertical cerrada por nuestro sistema sea lo suficientemente grande como para calentar la habitación objetivo.

Conociendo el tamaño de la habitación, podemos obtener el tamaño óptimo de la pared cerrada de la siguiente tabla.

Área habitación (m ²)	Área de la pared vertical del Muro Trombe (m ²)		
	Lugares Templados	Lugares Fríos	Lugares muy Fríos
9 a 11	5	7	8,5
12 a 14	6,5	9	11
15 a 17	8	11	13,5
18 a 20	9,6	13,5	16,5

Figura 18: Sección del muro vertical en relación del área de la habitación de destino.

Nota: Material del GRUPO de apoyo al sector rural de la Pontifica Universidad Católica de Perú.

Sección de la habitación (m²)

Aunque en algunos lugares pueden ocurrir condiciones climáticas extremas, es importante prestar atención a las temperaturas promedio. Esto se debe a que las dimensiones ideales de las paredes verticales están cambiando.

Temperatura media exterior de invierno	Superficie de pared necesaria por unidad de superficie útil
	<i>Muro</i>
<i>Climas frío</i>	
-10°C	0.72>1.0
-7°C	0.60-1.0
-4°C	0.51-0.93
-1°C	0.43-0.78
<i>Climas templados</i>	
+2°C	0.35-0.60
+5°C	0.28-0.46
+7°C	0.22-0.35

Figura 19: Área de la habitación en función de la Temperatura.
Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia

A continuación, se describe el efecto de la intervención prevista en la habitación:

Planta = 4,5 m x 3 m

Altura = 2,20 m.

Sección de la planta de la vivienda = 4,5 x 3 = 13,5 m²

Según la Tabla, corresponde una superficie de pared vertical cerrada por el Trombe Michel de 9 m², para un lugar frío.

La amplia superficie del muro vertical permite acomodar las dimensiones requeridas por las mesas de diseño. Por nuestra parte, tomamos una decisión.:

Base = 3,5 m

Altura = 1,75 m

Sección del muro encerrado = 1,75 x 3,5 = 6,125 m²

Área muro encerrado = 6,125 m² > Área según tablas = 9 m²

A pesar de la altura total de la casa de 2,20 m, elegimos una altura de 1,75 m para minimizar las sombras (Sección Investigación de sombras).

Luego realizamos una verificación de validez, vinculando la región delimitada por Trombe Michel, a la región útil (Tabla 05). En nuestra comunidad la temperatura rondará los 2° en las noches de invierno, entonces jugamos con esta temperatura y nos da un factor de 0,35 y lo multiplicamos por la superficie cerrada (13,5) y obtuvimos la superficie recomendada de 4,725 m². Al hacer esto, nos aseguramos de que nuestras mediciones estén dentro de los parámetros de la investigación.

B.- Longitud e Inclinación de la base:

La inclinación de la superficie receptora es otro factor que afectará el tamaño que debe tener nuestro sistema. Dependiendo de la latitud de nuestra ubicación, este factor es fundamental para conseguir el buen funcionamiento de nuestra instalación.

La posición horizontal de los sensores normalmente esto se considera óptimo en los trópicos entre 15° y -15° de latitud, pero en principio puede derivarse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Angulo de inclinación} = 3,7 + (0,69 \times \text{latitud})$$

Ecuación 1: Angulo de inclinación

En todo caso, para mayor confiabilidad, se realizó una simulación de la energía obtenida bajo diferentes inclinaciones, para saber cuál es la óptima para nuestro sitio.

Para nuestro caso la Latitud es: 6.778138, por lo tanto:

$$\text{Angulo de inclinación} = 3,7 + (0,69 \times 6,778)$$

$$\text{Angulo de inclinación} = 8,37$$

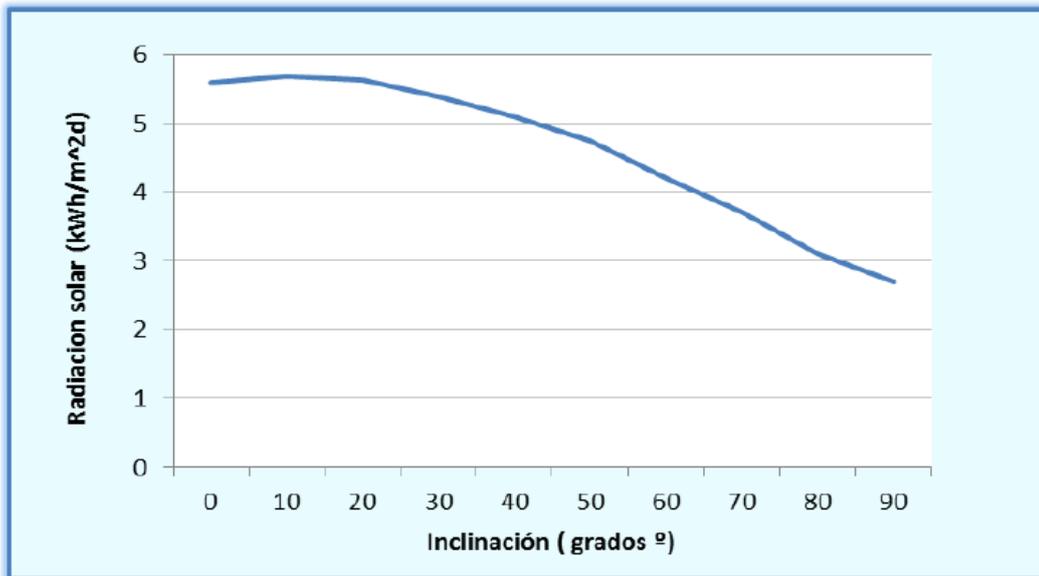


Figura 20: *La inclinación en relación de la Radiación, Cajamarca, Perú*

La inclinación ideal, según la tabla anterior, es de 10 grados, pero es obvio que instalar un sistema con esta inclinación sería poco práctico porque un sistema con esta inclinación requeriría una base de más de 11 metros de largo para soportar una altura de 2 metros. Por ello debemos buscar la inclinación que esté entre 10° y 90° y sea la menos viable.

Como se dijo anteriormente, lo que hay que tener en cuenta es la longitud del pedestal, que será la medida que se extienda más allá de los límites de la casa, normalmente estará condicionada por el entorno o por las actividades que se realicen. allí, a lo lejos. Puede experimentar con las distintas posiciones inclinadas y seleccionar la mejor después de conocer el tamaño y la altura de la pared.

Finalmente, concluimos que se tomará como ángulo de inclinación 60°.

C.- N° de orificios y diámetro:

El invernadero produce aire caliente durante el día que puede ser transferido a la habitación a través de los agujeros en la pared. La diferencia de temperatura, la

sección transversal de los orificios y la diferencia de altura entre ellos juegan un papel importante en el flujo de aire, que se ve aún más enfatizado por estos factores. El número de perforaciones es el único parámetro que se puede ajustar, gracias al cual se utilizan botellas con un diámetro de 20 cm, y el sistema de cierre limita la diferencia de altura al tamaño del invernadero. Esta situación puede considerarse una limitación arquitectónica porque los muros suelen ser muros de carga hechos de tierra vertida.

Área habitación (m ²)	Numero de orificios de 10 cm de diámetro.		
	Lugares Templados	Lugares Fríos	Lugares muy Fríos
9 a 11	8	10	12
12 a 14	10	14	16
15 a 17	12	16	20
18 a 20	14	20	24
21 a 23	16	24	28

Figura 21: *Número de orificios en función del área de la habitación.*
Material del GRUPO de apoyo al sector rural de la Pontificia Universidad Católica de Perú.

Seguimos eligiendo el número de huecos y su diámetro según lo mostrado anteriormente, en este caso según nuestra tabla deberíamos hacer 14 huecos, pero como explicamos arriba nos limitamos por el muro de carga, de adobe, que no nos permitirá hacer tantos agujeros como queramos. Combinando las ideas anteriores, decidí perforar 7 agujeros con un diámetro de 20 cm (la superficie será la misma que cuando hice 14 agujeros con un diámetro de 10 cm). Esta botella de refresco de plástico de 20 cm de diámetro es de 3 litros. Este objeto actuará como tapadera del agujero.

Entonces al compilar las extensiones de la pared Trombe Michel, tenemos:

- *Sección vertical de la pared* = 6,125 m²

- *Área Horizontal del muro* = 3,1536 m²
- *Orientación* = Noroeste
- *Cantidad de perforaciones* = 7
- *Diámetro de las perforaciones* = 20 cm (equivalente al diámetro de una botella de gaseosa de 3L)

D.- Cálculo Estructural:

Todo lo que queda es el plano estructural que creará nuestro muro Trombe Michel.

Un diseño consta de una longitud de 4,50 m:

- Tres triángulos de pino principales (izquierda, centro, derecha) con una sección transversal de 3" x 3" están unidos a barras horizontales y verticales-
- barras inclinadas equidistantes de sección 2" x 2" (módulo = 0,8 m).
- 6 barras horizontales (2 de las cuales son cóncavas) sostienen los vértices del triángulo, como se muestra en la figura.
- Para las juntas involucradas se utilizan secciones transversales de 3" x 3" y clavos de 6".

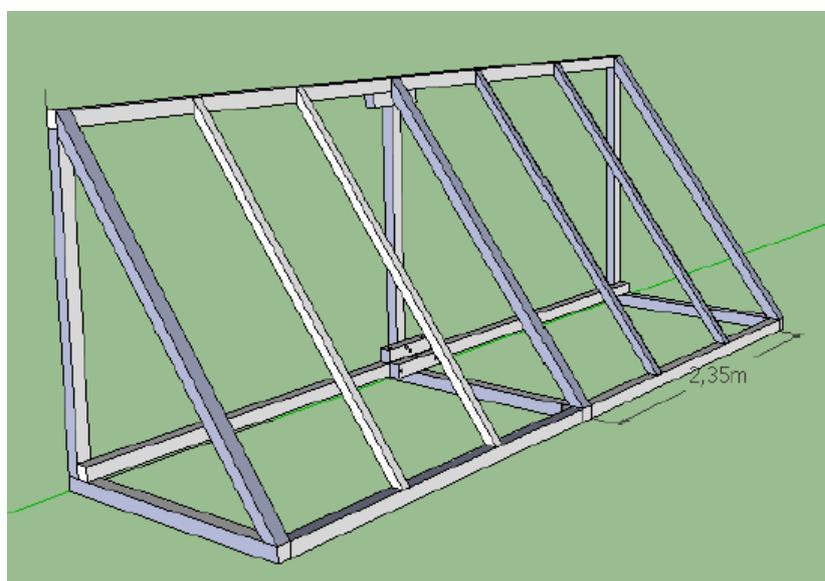


Figura 22: *Diseño armazón de madera*

Una vez redactada la propuesta, era importante asegurarse de que el edificio pudiera soportar las exigencias que se le imponían. El siguiente plano permitirá instalar la estructura entre el terreno y la casa. Tiene un módulo de 0,8 y una cadena de triángulos.

Como puedes ver, nuestro sistema es apto tanto para paredes verticales como para suelos de la casa. Para crear un espacio vertical, clave piezas de hierro forjado de 0,5 pulgadas de espesor al muro de contención. Por otro lado, para crear un espacio horizontal, es necesario cavar una zanja, combinar piedras y fijar madera en las esquinas. y ladrillos cocidos.

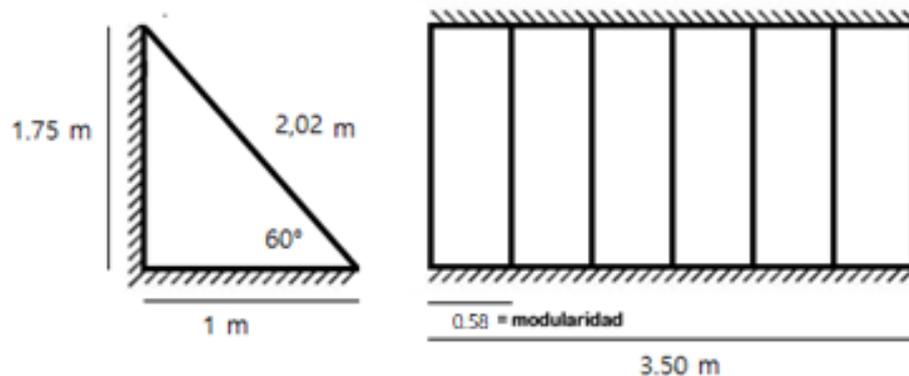


Figura 23: Estructura de la armazón de madera

Al no verse sobrecargado por la nieve ni por el uso, se debe prestar especial atención a la influencia del viento al tiempo de determinar las distintas cargas y fuerzas a las que está sometido. En los cálculos se aplican normas técnicas de

construcción peruanas para garantizar la precisión. Normas Técnicas de Construcción Peruanas 020.

Ahora, se observa cómo se clasifican los diferentes edificios según sus efectos del viento (Pto. A 5 puntos 2 NTE. 020). En nuestro caso, los edificios Tipo 1 se refieren a estructuras que se ven menos afectadas por el viento y las ráfagas, como estructuras bajas, estrechas y cerradas con techos que pueden soportar cargas sin cambiar su forma.

En ese sentido se procede a calcular la velocidad de diseño, utilizaremos la fórmula siguiente (Pto. 5.3 NTE.020).

$$V_h = V (h / 10)^{0,22}$$

Ecuación 2: Velocidad de diseño

Donde V_h = es la velocidad de diseño en la altura (h) en Km/h, V = es la velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h y h es la altura sobre el terreno en metros

La norma limita la aplicabilidad de esta ecuación a altitudes inferiores a diez metros. En nuestro caso, esto corresponde a una altura de 1,75 m; sin embargo, todos los valores enumerados a continuación se expresarán como una altura de 10 m. Usaremos 130 km/h como la velocidad máxima del viento jamás registrada en el país. La fórmula será:

$$V_h = 130 (1,78/10)^{0,22}$$

$$V_h = 130 \text{ Km/h}$$

Finalmente, debemos determinar la carga del viento externo (presión o succión), suponiendo que el viento es estático y actúa perpendicular a la superficie. La siguiente expresión determinará esta presión:

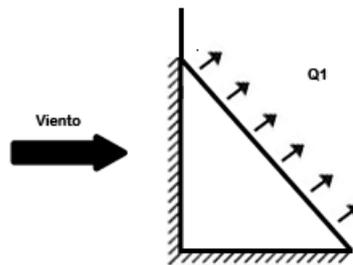
$$Ph = 0,005 C Vh^2$$

Ecuación 3: Presión del viento

Donde Ph es la presión o succión del viento en Kg/m², C es el factor de forma (Tabla 5.4 NTE.020) y Vh = Velocidad definida en el punto anterior.

La tabla que se muestra se utiliza para obtener los factores de forma. Por lo tanto, en nuestra situación se aplican los coeficientes para estructuras con una inclinación de 15° a 60°:

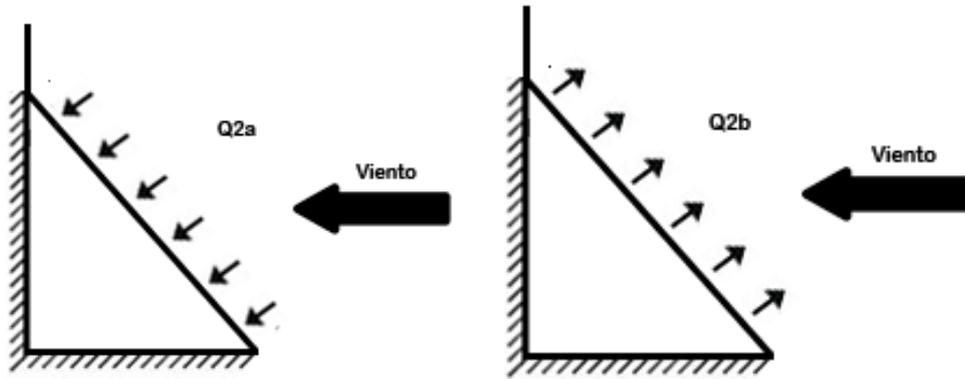
- Sotavento C = -0.6



$$Q1 = 0,005 \times 0,6 \times 130^2 = 50,7 \text{ Kg/m}^2$$

Ecuación 4: Coeficientes para estructuras

- Barlovento C = +0.7 y -0.3

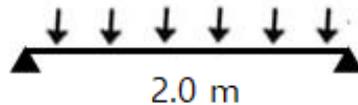


$$Q2a = 0,005 \times 0,7 \times 130^2 = 59,15 \text{ Kg/m}^2$$

$$Q2b = 0,005 \times 0,3 \times 130^2 = 25,35 \text{ Kg/m}^2$$

Ecuación 5: Coeficientes para estructuras

Con tres opciones, nos quedamos con el escenario más restringido, que es una presión de 59,1 kg/m². El problema se reduce a la siguiente estructura:



Propondremos un estudio con una carga de aproximadamente 60 Kg/m² y con un módulo de 0,8 m.

$$Q \text{ lineal} = 60 \times 0,8 = 48 \text{ Kg/m}$$

$$M \text{ flector} = q \times (L^2 / 8) = 24 \text{ Kgm}$$

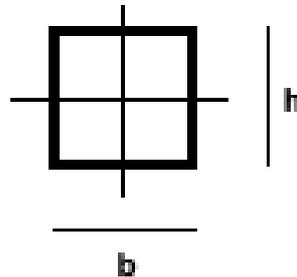
Ecuación 6: Momento Flector

Considerando un factor de seguridad de 1,5:

$$M = 24 \times 1,5 = 36 \text{ Kgm}$$

Ahora es necesario que investiguemos los rasgos de la sección que es más vulnerable en el contexto del cálculo. Usaremos la medida de 2 pulgadas, que

equivale a 5 cm, ya que la madera que tenemos tiene un perfil cuadrado constante y mide 2 y 3 pulgadas de cada lado.



$$A = h \times b = 25 \text{ cm}^2$$

Ecuación 7: Sección

$$\text{Inercia} = I = b \times h^3 / 12$$

Ecuación 8: Momento de Inercia

$$W = I / (h/2) = b \times h^2 / 6 = 20,83 \text{ cm}^3$$

Ecuación 9: Volumen

Sólo resta determinar los valores de tensiones que pueden soportar las piezas en cuestión y compararlos con los datos que indica el Código Europeo de Ingeniería Civil, con el objetivo de armonizar y ampliar la legislación peruana. Está fabricado en pino C27 y tiene una tensión máxima permitida de 270 Kg/cm².

$$M = 36 \times 100 = 3600 \text{ Kg-cm}$$

$$\sigma = M / W = 3600 / 20,83 = 172.83 \text{ Kg/cm}^2$$

$$172.83 \text{ Kg/cm}^2 < 270 \text{ Kg/cm}^2$$

Ecuación 10: Esfuerzo que soporta la pieza

Así pudimos comprobar que nuestra estructura teóricamente resistiría más que las fuerzas a las que estaría sometida.

E.- Eficiencia del Muro Trombe Michel como Dispositivo Independiente de la Vivienda:

Así pudimos comprobar que nuestra estructura teóricamente resistiría más que las fuerzas a las que estaría sometida.

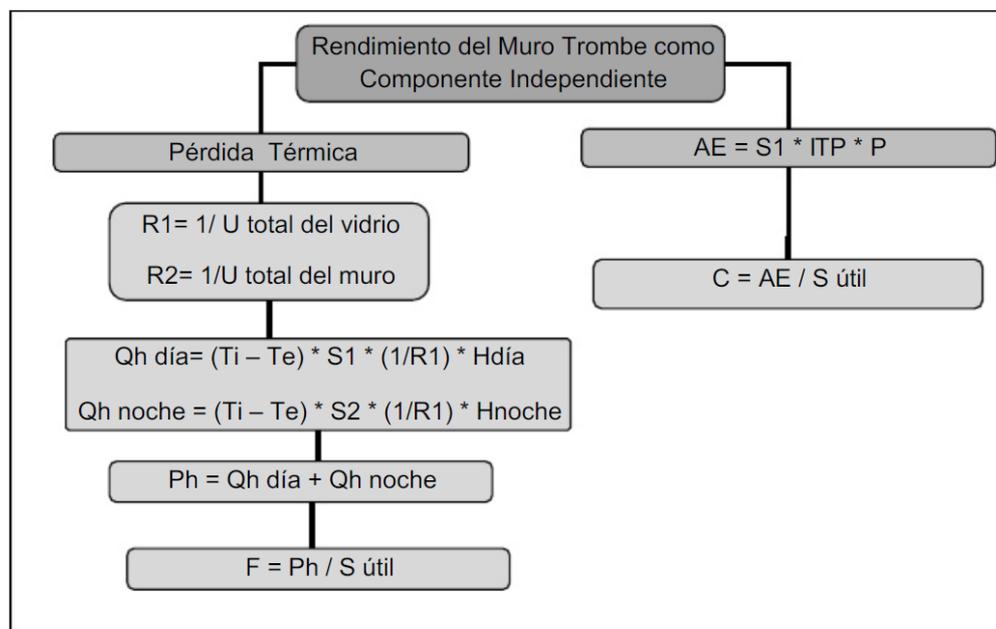


Figura 24: Eficiencia de la pared Trombe Michel como componente independiente

a.- Cálculo de Pérdidas de Calor en el recinto.

Para ello se tiene en cuenta la pérdida de calor durante la noche y el día, lo que se conoce como pérdida de tiempo.

Cómputo 1: Resistencia al paso de calor.

Calcule la resistencia a la transferencia de calor del vidrio (R1) y la pared (R2).

$$R1= 1 / U \text{ total del vidrio}$$

Ecuación 11: Resistencia a la transferencia de calor del vidrio

$$R_2 = 1 / U \text{ integral del muro}$$

Ecuación 12: Resistencia a la transferencia de calor de la pared

Cómputo 2: Pérdidas horarias del día.

$$Q_h \text{ día} = (T_i - T_e) * S_1 * (1 / R_1) * H \text{ día}$$

Ecuación 13: Pérdida horaria del día

Qh día: pérdida horaria del día (Wh/día)

Ti: temperatura interior = 18,3°C

Te: temperatura promedio diaria fuera de la habitación durante el día (°C).

S1: área del vidrio (m²)

H día: períodos del día

Cálculo 3: Pérdidas horarias de la noche.

$$Q_h \text{ noche} = (T_i - T_e) * S_2 * (1 / R_1) * H \text{ noche}$$

Ecuación 14: Pérdida horaria de la noche

Qh noche: pérdida horaria en la noche (Wh/día)

Te: temperatura media diaria al exterior de la habitación durante la noche (°C).

Ti: temperatura interior = 18,3°C

S₂: Área del muro (m²)

H noche: horas de la noche

Cómputo 4: Total de pérdidas horarias.

$$P_h = Q_h \text{ día} + Q_h \text{ noche}$$

Ecuación 15: Pérdida horaria totales

Ph: pérdidas horarias totales (Wh/día).

Cómputo 5: Coeficiente global por mermas específicas.

$$F = Ph / S \text{ útil}$$

Ecuación 16: Factor global por mermas específicas

F: factor global por mermas específicas (Wh/día*m²).

S útil: Área útil de la habitación (m²).

De acuerdo a la información del presente trabajo de investigación obtenemos:

R2	R1	Qh día	Qh noche	Ph	F
Resistencia Térmica Muro (m ² °K/W)	Resistencia Térmica Muro Trombe Michel (m ² °K/W)	Pérdidas horarias del día (Wh/día)	Pérdidas horarias de la noche (Wh/día)	Pérdidas horarias Totales del día (Wh/día)	Coeficiente global por mermas locales (Wh/día*m ²).
1.69	0.80	490.00	297.36	787.36	58.32

Tabla 6: Resultados del Utilidad del Muro Trombe Michel como Dispositivo Independiente de la Vivienda.

G. Cómputo de Contribución de Energía por Muro Trombe Michel.

Se computa teniendo en cuenta el área del vidrio, cuánta energía solar hay durante el día y cuánto calor se transfiere a través de la pared como resultado de la radiación incidente.

Cómputo 6: Aporte del elemento.

$$AE = S1 * ITP * P$$

Ecuación 17: Aporte del elemento

P: proporción de energía entregada por el muro (%).

ITP: insolación general en el plano (Wh/m² *día)

AE: aporte del elemento (Wh/día)

La cantidad de energía transmitida por la pared se calcula por medio de la figura

25.

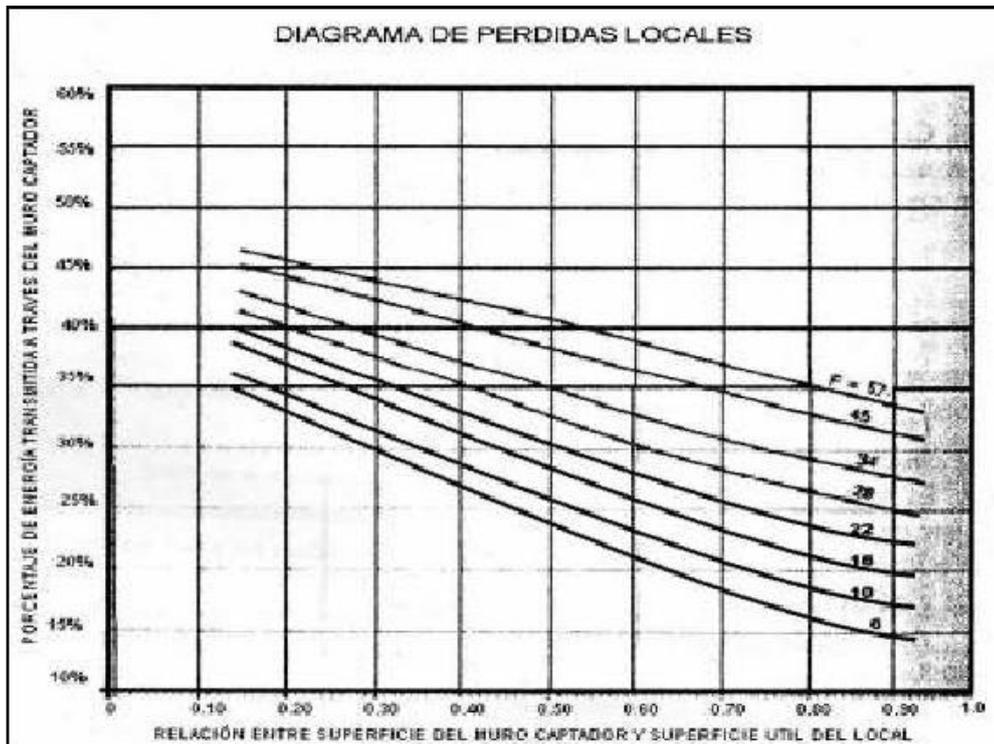


Figura 25: Gráfico para calcular la energía transmitida por la Pared Trombe Michel.

Cómputo 7: Coeficiente de aporte térmico.

$$C = AE / S_{util}$$

Ecuación 18: Coeficiente de aporte térmico

C: Coeficiente de contribución térmico (Wh/m²*día).

De acuerdo a la información del presente trabajo de investigación obtenemos:

AE	ITP	P	C
Aportación del elemento (Wh/día)	Insolación total en el plano (Wh/m ² *día)	Proporción de energía entregada por el muro (%)	Coeficiente de aporte térmico (Wh/m ² *día)
85075.20	33760.00	36.00	9452.80

Tabla 7: Resultados del Aporte de Energía por Muro Trombe Michel

H. Eficiencia del Muro Trombe Michel para enfriamiento.

La humedad relativa del aire aumenta dentro del recinto o utilizar ventilación son los dos métodos principales mediante los cuales funciona la pared de enfriamiento Trombe Michel.

La evidencia experimental muestra que la humedad relativa del aire que pasa a través del humidificador aumenta aproximadamente un 10%, produciendo más enfriamiento cuando más se necesita. Como se explicó, la humedad relativa del aire afecta la sensación de calor de una persona, al igual que la ventilación que ocurre entre el registro del humidificador y el registro inferior del Muro Trombe Michel. El criterio de aumentar la humedad del aire es útil cuando, durante las horas más calurosas, la humedad relativa es muy baja (inferior al 30%), en estos casos la humedad del aire aumenta hasta dentro del 30,0% para permitir un buen calor. - presente.

Para la finca El Lloque, en las horas matinales, al mediodía y tarde, la relación de humedad relativa media mensual es entre el 50% y el 80%, zona de buena temperatura en la que un aumento de la humedad no hará más que agravar la sensación de calor en las horas más calurosas.

I. Efecto del viento en el Muro Trombe Michel

Para determinar el efecto del viento en la Pared Trombe Michel, se usa la función de pared combinada (BWF), también conocida como función de pared mejorada (EWF), que muestra un rendimiento mucho mejor que la función de pared estándar (SWF). Por lo tanto, en general, puede estar seguro de que recibirá resultados precisos para la amplia gama de números y +. El BWF no es una función simétrica. Tenemos una línea negra continua (como se muestra en la Figura 26), que es la

Simulación Numérica Directa (DNS) que estamos intentando reproducir. Lo que puede ver de inmediato es que el EWF está definitivamente mucho más cerca de los datos del DNS que el SWF. Por lo tanto, en la región del búfer entre y^+ de 5 y 30, el EWF es definitivamente mucho más preciso en comparación con el SWF. Esta es la razón por la que EWF se recomienda a menudo en simulaciones de CFD.

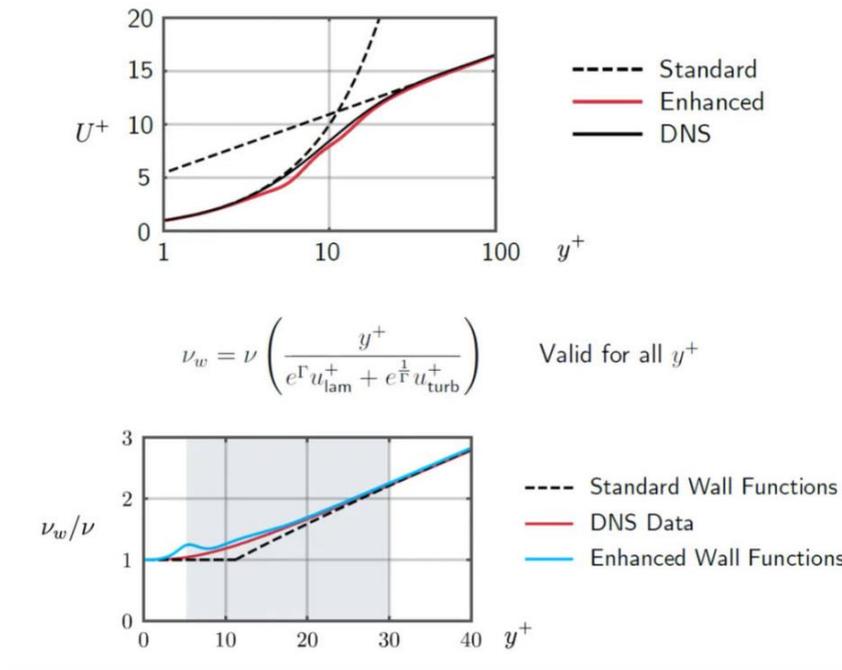


Figura 26: *Función de pared mejorada*



Figura 27: *Efecto del Viento en relación a la altura de la pared*

J. Simulación térmica y fluidodinámica del comportamiento del muro trombe

Este método se aplicó en un sistema que incluía una pared "Trombe" y una habitación. La Figura 28 muestra un diagrama que ilustra cómo funciona este tipo de muro. Hay una cámara de aire calentada por energía solar en el espacio entre el vidrio y la propia pared. A medida que el área se calienta, el aire ascendente y más denso puede entrar a través de la ventana superior de la pared. El aire se aspira hacia arriba en esa parte de la pared y hacia abajo por todo el edificio a través de la ventana inferior, que también actúa como salida de aire para la habitación.

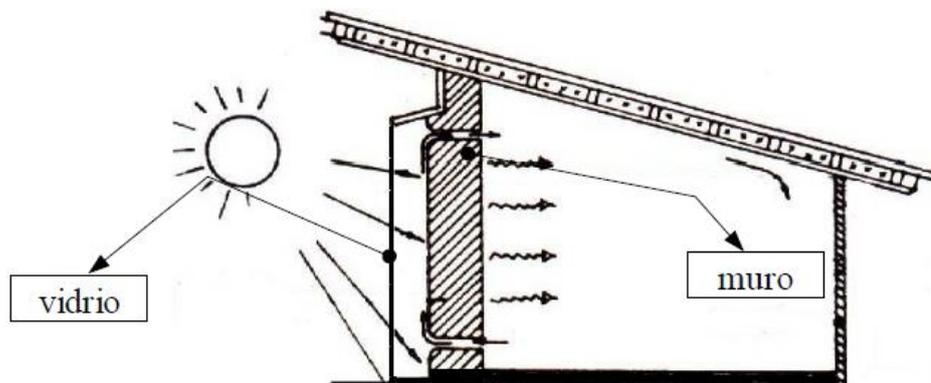


Figura 28: Efecto del Viento en relación a la altura de la pared

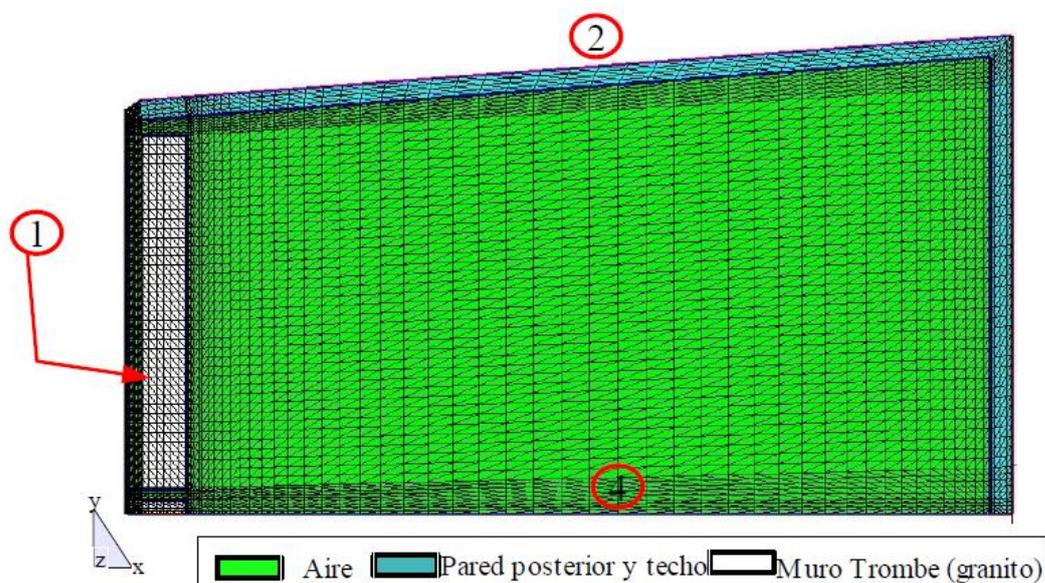


Figura 29: Malla de condiciones de contorno y elementos finitos.

Las ecuaciones resultantes sirven como ilustración de las condiciones de contorno del muro:

- **Condición de borde sobre la cara exterior del muro Trombe**

$$T < 43200 \text{ s: } [700\text{W/m}^2 \cdot \text{sen}((\Gamma \cdot t)/43200) - 2 \text{ W/m}^2 \cdot T_m + 30\text{W/m}^2 \cdot \text{sen}((\Gamma \cdot t)/43200)) + 10\text{W/m}^2]$$

$$T > 43200 \text{ s: } - 2\text{W/m}^2 (T_m - 5)$$

- **Condición de contorno sobre el techo de la vivienda**

$$T < 43200 \text{ s: } [300\text{W/m}^2 \cdot \text{sen}((\Gamma \cdot t)/43200) - 1 \text{ W/m}^2 \cdot T_m + 15\text{W/m}^2 \cdot \text{sen}((\Gamma \cdot t)/43200)) + 5\text{W/m}^2]$$

$$T > 43200 \text{ s: } - 1\text{W/m}^2 (T_m - 5)$$

- **Condición pérdida de energía en pared sin radiación**

$$T < 43200 \text{ s: } [(-1/2)\text{W/m}^2 \cdot T_m + 7,5\text{W/m}^2 \cdot \text{sen}((\Gamma \cdot t)/43200)) + 2,5\text{W/m}^2]$$

$$T > 43200 \text{ s: } - (1/2)\text{W/m}^2 (T_m - 5)$$

- **Condición pérdida de energía en piso**

$$- (1/2)\text{W/m}^2 (T_m - 7,2)$$

El siguiente conjunto de ecuaciones diferenciales, que también toma la temperatura y la velocidad como condiciones iniciales, representa el problema. Añade las condiciones anteriores. $T = 7,2 \text{ }^\circ\text{C}$ y $u = 0$.

ecuacion de continuidad $\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$ \mathbf{u} campo de velocidad

Ecuacion de Navier Stoke

$$\rho [\partial_t \mathbf{u} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} + 2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{u}] - 2 \nabla \cdot [\boldsymbol{\tau}_R + \mu \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u})] + \nabla P + \sigma \mathbf{u} + \rho \beta \mathbf{g} \vartheta = \rho \mathbf{f}$$

$\mathbf{f} = \mathbf{g} + \beta \mathbf{g} \vartheta_0$ fuerzas volumetricas

$\boldsymbol{\tau}_R = \mu_t \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u})$ $\mu_t =$ viscosidad de remolino

ϑ Temperatura

Ecuacion de conservacion de Energia

$$\rho C_p [\partial_t \vartheta + \mathbf{u} \cdot \nabla \vartheta] - \nabla \cdot [\kappa \nabla \vartheta] = S \quad S = \text{fuente o sumidero}$$

Modelo de Viscosidad cinematica Turbulenta de Smagorinsky

$$v_t = C h^2 \sqrt{2 \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u}) : \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u})} \quad C \text{ Constante experimental} \quad h \text{ Tamaño del Elemento}$$

Los valores de velocidad y temperatura sirven como representación de los hallazgos sobre la dinámica de fluidos y el comportamiento térmico del habitáculo. Se realiza un análisis espacial y temporal de los datos. La simulación representa un día completo con hora de inicio a las 8 de la mañana ($t = 0s$) y hora de finalización a las 8 de la mañana del día siguiente ($t = 86400s$).

La distribución de la velocidad del aire para varios tiempos se muestra en las Figuras 30 (3 horas), 31 (12 horas) y 32 (24 horas). A medida que pasa el tiempo, muestran claramente núcleos de recirculación dispersos por todo el espacio. Las figuras 4 y 5 muestran el efecto del muro frío en el lado opuesto del recinto, que hace que el aire alrededor de la pared se enfríe bruscamente y aumente la velocidad de declive del aire.

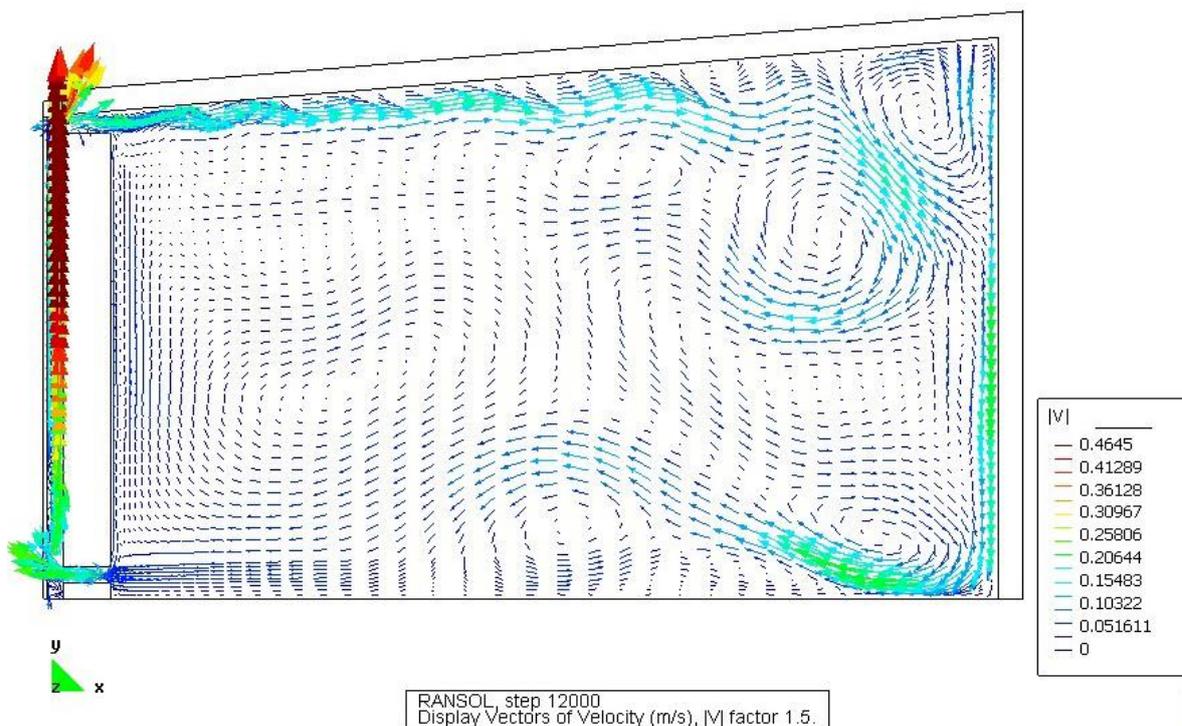


Figura 30: Celeridad para $t = 12000 s$ (3 horas)

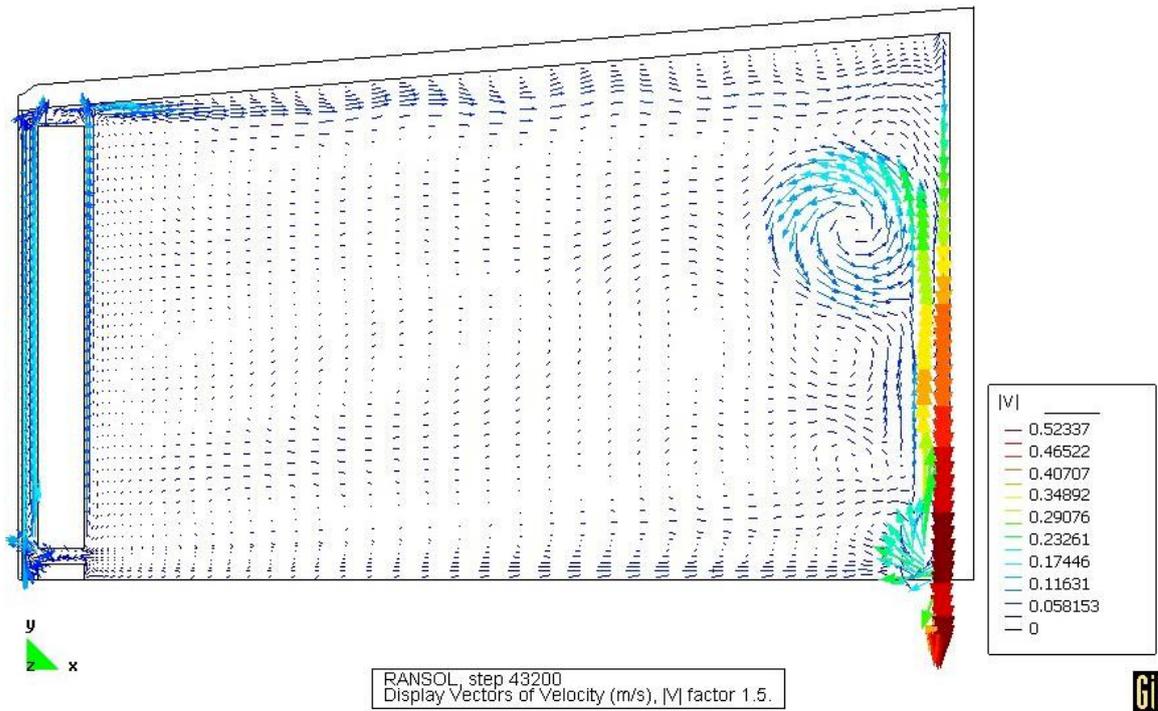


Figura 31: Celeridad para $t = 43200$ s (12 horas)

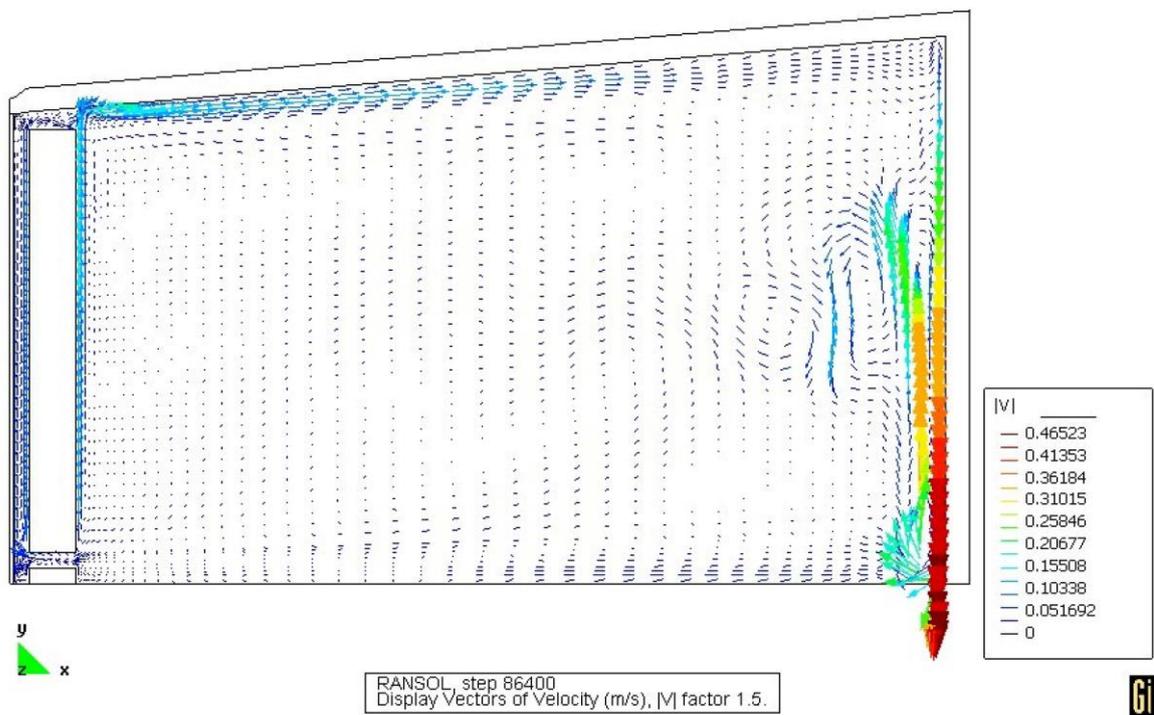


Figura 32: Celeridad para $t = 86400$ s (24 horas)

Las Figuras 33, 34 y 35 Representa la distribución de temperatura dentro del recinto y dentro de los muros de Tromba real para los mismos tiempos que las figuras anteriores.



Figura 33: *Temperatura $t = 12000$ s (3 horas)*



Figura 34: *Temperatura $t = 12000$ s (3 horas)*



Figura 35: Temperatura $t = 86400$ s (24 horas)

Los gráficos de la Figura 36 demuestran cómo la temperatura dentro de la pared cambia a medida que aumenta o disminuye el tiempo de simulación.

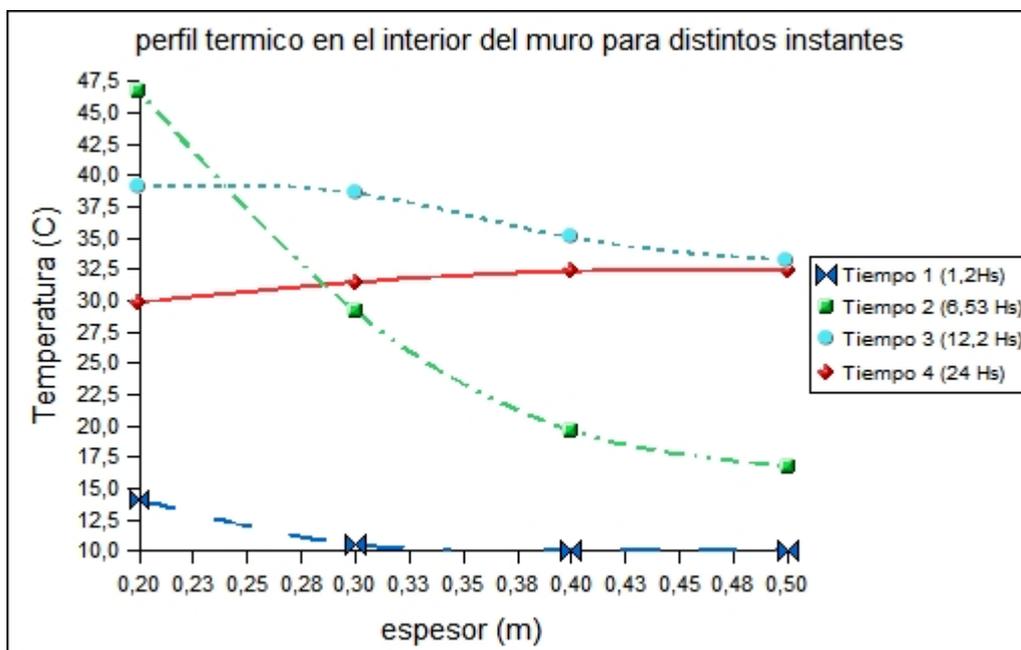


Figura 36: Temperatura en función del espesor para diferentes tiempos

En $t = 52320$ s, aproximadamente 15 horas después de que comenzó el proceso (durante la noche), las Figuras 37 y 38 representan la distribución de la temperatura y la velocidad en el área unida a la pared, pero dentro de la habitación. Debido al efecto de la convección natural, se puede apreciar claramente el calentamiento de la estancia.

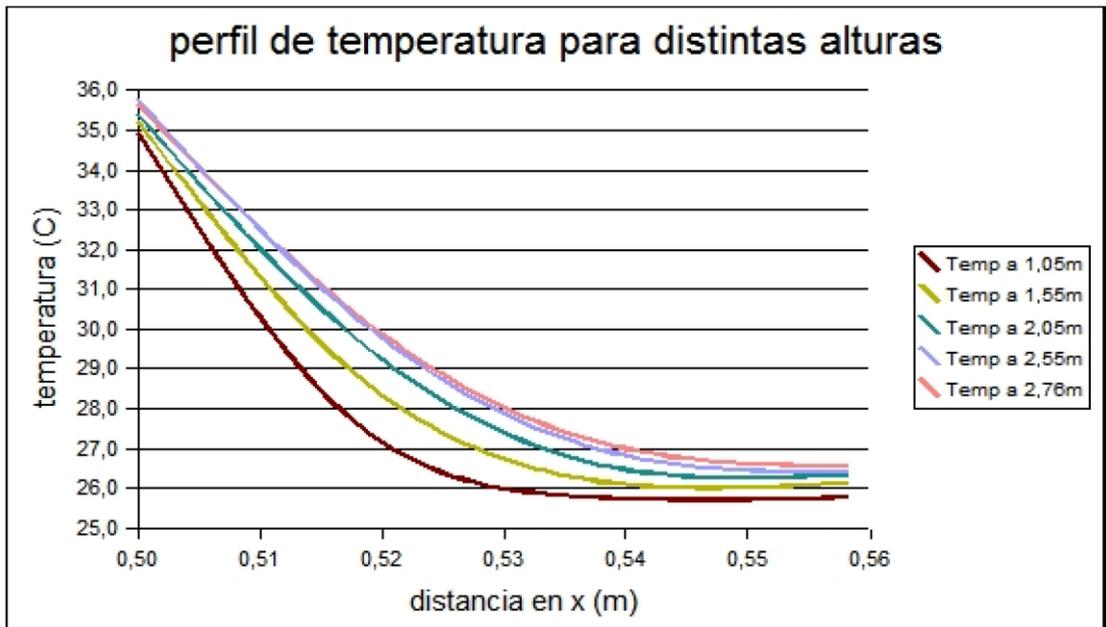


Figura 37: Temperatura en función del espesor para diferentes alturas

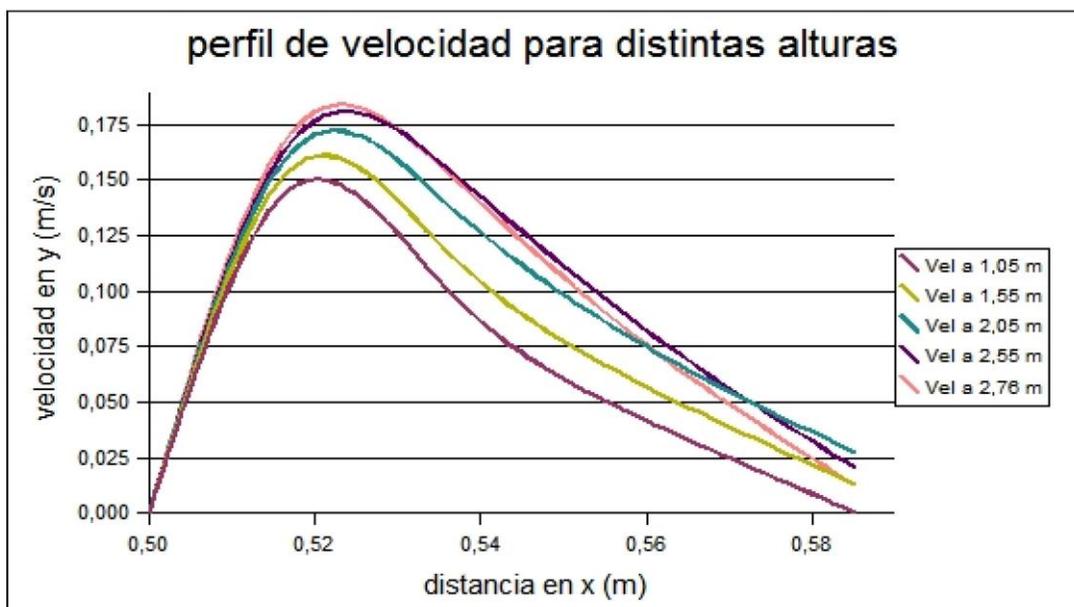


Figura 38: Celeridad en función del espesor para diferentes alturas

La Figura 39 ilustra cómo el coeficiente convectivo, h , varía con la altura. Para placas verticales con convección natural, h se estimó mediante la correlación. La correlación propuesta por Eckert (1950) es razonable según una revisión de la literatura:

$$Nu_L = 0,555 (Gr Pr)^{1/4} \text{ para } Gr Pr < 10^9$$

$$Nu_L = 0,0210 (Gr Pr)^{2/5} \text{ para } Gr Pr > 10^9$$

Ecuación 19: Correlación propuesta por Eckert

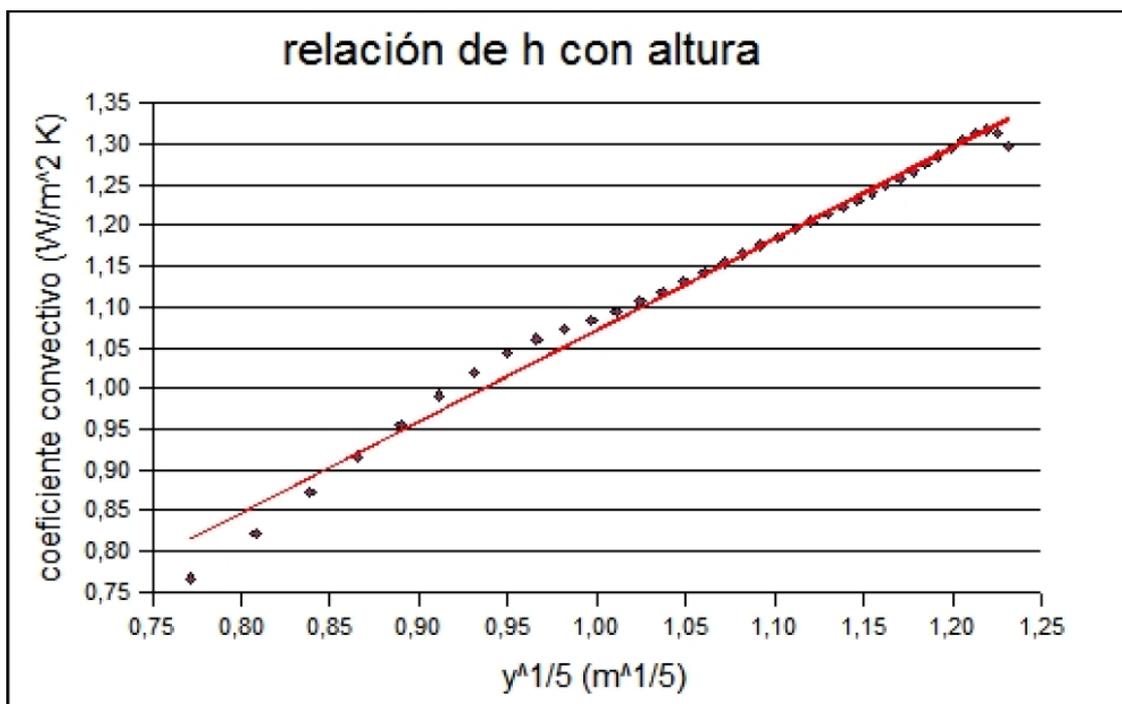


Figura 39: Coeficiente convectivo del muro hacia el interior del recinto

Para los datos que resultaban de la simulación $Gr Pr > 10^9$ por lo tanto operando con lo que representa cada número adimensional se obtiene para el coeficiente convectivo una relación con la altura elevada al exponente 1/5. De esta forma se ajustaron los valores para los nodos que se encuentran en el recinto, adyacentes al muro y a lo largo de toda su longitud vertical. Se obtuvo para la correlación la siguiente ecuación:

$$h = 1,122 y^{1/5} - 0,05$$

Ecuación 20: Coeficiente convectivo medio

con un coeficiente de correlación $R = 0,9939$. La integración de la ecuación anterior arrojó un valor para el coeficiente convectivo promedio:

$$h = 109 W/m^2 K$$

Esta cifra representa el área total del muro Trombe. Es necesario validar este valor del coeficiente convectivo mediante la experiencia, pero proporciona una idea general de la cantidad de energía proporcionada al medio por unidad de tiempo.

4.4 Presupuesto para la implementación de este sistema en una vivienda

A continuación, se enumeran los precios de los suministros para la construcción de paredes que se utilizaron, así como el equipo que se requirió (o al menos se sugirió) durante la instalación. Estos precios pueden variar como resultado de la creciente variabilidad de precios en la región.

ITEM	MATERIAL	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
1.00	SUMINISTRO DE MATERIALES				1461.90
1.10	Yeso en saco 10 kg	Sacos	10	3.5	35
1.11	Clavo 4" (1kg)	kg.	5	5	25
1.12	Cola blanca	Gln.	1	19.5	19.5
1.13	Aceite de linaza	Und.	1	26	26
1.14	Sacos vacío de arpillera de 50 kg	Und.	1.2	1.5	1.8
1.15	Tornillo p/ aglomerado 6x120	Kg.	1.2	0.5	0.6
1.16	Latex Negro	Gln.	21	21	441
1.17	Listones de 3"x3"x2.5 m	Und.	17	18	306
1.18	Listones de 3"x3"x1.5 m	Und.	11	11	121
1.19	Listones de 3"x3"x1.85 m	Und.	11	11	121
1.20	Listones de 2"x2"x2 m	Und.	6	6	36
1.21	Listones de 2"x2"x 2.5 m	Und.	8	8	64
1.22	Tapajuntas de 2.5 m	Und.	4	4	16

1.23	Jebe de cámara de bicicleta	Und.	6	6	36
1.24	Saco de 50 kg. de Cal	Und.	1	30	30
1.25	1/2 kg. De clavos de 1/2"	Und.	1	3	3
1.26	Plástico de Invernadero (3 x 10 m)	Und.	1	180	180
2.00	MANO DE OBRA				150
2.10	Obrero	Glb.	1	200	150
3.00	TRANSPORTE				100
3.10	Traslado de material	Glb.	1	200	100
COSTO TOTAL					1961.90

Tabla 8: *Presupuesto para la implementación de un muro Trombe Michel en vivienda*

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las conclusiones de esta investigación son:

- El caserío El Lloque, se encuentra ubicado en el distrito de Santa Cruz, actualmente cuenta con 31 viviendas. Todas las viviendas están construidas con Adobe, además todas cuentan con una habitación de 4,5 m x 3 m, en donde se propondrá nuestro diseño.
- Los Niveles óptimos de comodidad higrotérmica humano en viviendas del caserío El Lloque, son: Temperatura 22°C, Humedad 50%, tomando como referencia el estándar ASHRAE-55
- El muro Trombe Michel, ha sido diseñado para una habitación de 4,5 m x 3 m, con un Área vertical del muro = 6,125 m² y un Área Horizontal del muro = 3,1536 m² a inclinación de 60°, utilizaremos el Agrofilm, plástico de invernadero. Además, contará con 07 agujeros de 20 cm de diámetro.
- El costo total de la implementación del muro Trombe Michel en una vivienda del caserío El Lloque es de S/. 1961,90.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda así mismo realizar un estudio de cómo utilizar otras fuentes de energías renovables para solucionar problemas energéticos en el caserío El Lloque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- ANSI/ASHRAE Standard, A. (2010). *Thermal environmental conditions form human ocupancy*. USA.
- Baquero y García. (2019). Confort térmico de adultos mayores: una revisión sistemática de la literatura científica. *Revista Española de Geriátria y Gerontología*, 280-295.
- Benito; Agnoli y Fontela. (2018). *Niveles de confort térmico*. Argentina: Universidad de Morón.
- Bustamante y Gutiérrez. (2015). *Sistemas bioclimáticos*.
- Cañedo, Guerrero y Salmán. (2012). *Calidad de vida y trabajo: algunas consideraciones útiles para el profesional de la información*. 2006. Facultad de Ciencias Médicas "Mariana Grajales Coello".
- Corredor, Ortiz, & Venegas, R. y. (2006). *Auditoria de mantenimiento empresa Snacks América Latina SRL*. Tachira, Venezuela.
- Danny, R. (2019). *Influencia de la temperatura y humedad ambiental en las infecciones respiratorias agudas (ira) en la ciudad de Huaraz, periodo 2012 – 2016, 2018*. Huaráz: Repositorio Institucional UNASAM.
- Dixon, R., & Arnold, P. (2012). *Business process reengineering: Improving in new strategic directions*. USA.
- DuffuA, S. O. (2009). *Sistemas de mantenimiento: Planeación y Control*. México D.F.: Limusa Wiley.
- Fernández García, F. (1994). *Clima y Confortabilidad Humana. Aspectos Metodológicos*. Alcalá: Universidad de Alcalá.
- Flores, N. (2018). *Acondicionamiento térmico en viviendas de adobe Ubicados a más de 3800 m.s.n.m. en la Región Puno*. Juliaca: Repositorio de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velasquez.
- Galván, M. (2014). *Tratado general de la salud en las sociedades humanas*. Prensa Médica Mexicana.
- García, D. (2012). *Viviendas bioclimáticas en Galicia*. Asociación Touda.

- García, F. y. (2008). *Estrategias de mantenimiento durante el ciclo de vida en los procesos de concesión administrativa de edificios (PFI)*. Mexico.
- Giraldo, W. (2018). *Optimización del confort térmico en clima ecuatorial con tecnologías pasivas en fachadas: el caso de las viviendas de interés social de Cali*. Colombia: Repositorio Institucional de la UNLP. doi:<https://doi.org/10.35537/10915/68080>
- Hansen, T. (2005). *Track safety audit and maintenance planning pay off*. Texas.
- Hernández, C. (2020). *El confort térmico en distintos ambientes (urbano-aplicada rural)*. Argentina.
- Hernández, E., & Navarrete, E. (2012). *Sistema de cálculo de indicadores para el Mantenimiento*. Cuba: Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
- Hernández, O., & Chávez, R. (2012). *Factores de riesgo en las Cactaceae amenazadas de una Región semiárida en el sur del desierto Chihuahuense*. México.
- Hidalgo, A. (2011). *Creación de un modelo fluidodinámico del sistema de calentamiento residencial llamado muro Trombe Michel*. Chile : Universidad de Chile.
- Hoyt, T., Schiavon, S., Piccioli, A., Cheung, T., & Moon, D. (2017). *CBE Thermal Comfort Tool*. California: University of California.
- Huaylla y Saavedra. (2009). *Arquitectura bioclimática con énfasis en viviendas altoandinas*.
- J, J., C, K., & H., L. (2011). *Measuring efficiency of total productive maintenance (TPM): a three-stage data envelopment analysis (DEA) approach*. *Total Quality Management & Business Excellence*. Michigan: Business Source Complete, Ipswich, MA.
- L, C., & B., M. (2011). *The Three-stage Method for Chinese Enterprises to Deploy TPM*. Academic Search Complete, Ipswich, MA.
- Martín, A. (2011). *Apuntes de transmisión del calor*. Madrid : Universidad Politécnica de Madrid.
- Martínez, L. (2007). *Organización y planificación de sistemas de mantenimiento*. Caracas, Venezuela: Instituto Superior de Investigación y Desarrollo.

- Mojica y Arled. (2020). *Análisis y mejoramiento del confort térmico en aulas de la universidad de la gran Colombia*. Colombia.
- Moreno, B., & Ximénez, C. (1996). *Evaluación de la calidad de vida*. Madrid : Gualberto Buela Casal y Col (Eds).
- Olgay, V. (1998). *Arquitectura y clima manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona, España: Gustavo Gili.
- Panana, A. (2009). *Diseño de un intercambiador de calor compacto de placas con aletas para fluidos gas - gas*. Lima: SolidDocuments.
- Pérez y Gardey. (Agosto de 2014). *Energía Renovable*. Obtenido de Energía Renovable Web site: <https://definicion.de/energia-renovable.com>
- SENAMHI . (2003). *Atlas de energía solar del Perú* . Lima .
- Sharma, A., Yadava, G. S., & Deshmukh, S. G. (2006). *A literature review and future perspectives on maintenance optimization. Journal of Quality in Maintenance future perspectives on maintenance optimization. Journal of Quality in Maintenance*. USA.
- Sodha, M., Bansal, N., Bansal, P., & Malik, A. K. (1986). *Solar Passive Building Science*. Oxkord, Inglaterra.
- Solarizate. (2012). *Los materiales y el confort de las casas*. Solarizate.
- Tomás, J. (5 de Enero de 2011). *Archdaily*. Obtenido de Archdaily Web site: <https://www.archdaily.pe/pe/02-68622/en-detalle-muro-Trombe-Michel> .com
- Zamora; Molina y Viedma. (2002). *Estudio numérico del flujo inducido por convección natural en una pared Trombe Michel* . España: Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería.

ANEXOS

Anexo 01

Información de la Estación Meteorológica UDIMA del SENAMHI

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SANTA CRUZ

Distrito : CATACHE

Latitud : 6°48'53.08"

Longitud : 79°5'37.56"

Altitud : 2466 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

106068

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/01/2021	18.4	9.6	87.1	1.8
2/01/2021	19.4	10.2	92.6	11.6
3/01/2021	17.4	10.4	91.1	0
4/01/2021	16.4	8.4	93.7	0
5/01/2021	16.8	9.2	90.2	0
6/01/2021	16.6	9.8	89.8	0
7/01/2021	19.4	9.2	90	0
8/01/2021	18.2	10.6	87.6	18.3
9/01/2021	17.4	10.4	90	22.7
10/01/2021	19.8	10.8	91.5	0
11/01/2021	19.6	10.6	92.1	0
12/01/2021	19.2	11.4	92.5	14.7
13/01/2021	18.4	11.6	93.2	2.8
14/01/2021	19.4	10.4	91.4	4.6
15/01/2021	17.4	10.2	91.7	10.4
16/01/2021	17.8	10.6	90.5	4.4
17/01/2021	19.2	10.2	89.2	4.4
18/01/2021	19.6	10.8	93.2	0
19/01/2021	19.4	10.6	86.7	3.2
20/01/2021	17.2	11.6	90.6	1.4
21/01/2021	19.6	12.2	88.6	0
22/01/2021	18.6	10.6	90.1	0
23/01/2021	18.2	11.6	89.5	1.8
24/01/2021	20.2	10.6	91.3	36.4
25/01/2021	19.6	11.6	91	7.4
26/01/2021	18.8	10.8	91.3	7.8
27/01/2021	19.4	11.2	90.9	1.8
28/01/2021	20.4	11.6	87.5	0
29/01/2021	18.2	10.2	89.9	0
30/01/2021	20.4	10.8	85.5	0
31/01/2021	21.4	10.6	82.5	0
T promedio	18.8	10.6		
T min	21.4	8.4		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SANTA CRUZ

Distrito : CATACHE

Latitud : 6°48'53.08"

Longitud : 79°5'37.56"

Altitud : 2466 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

106068

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/02/2021	20.8	11.6	86.9	0
2/02/2021	20.4	11.2	86.6	0
3/02/2021	19.6	12.2	85.2	0
4/02/2021	18.6	10.6	88.9	3.2
5/02/2021	18.2	11.2	91.9	1.6
6/02/2021	20.2	11.4	86.3	0
7/02/2021	19.2	10.6	91.6	0
8/02/2021	18.6	11.6	87.9	0
9/02/2021	20.2	11.2	90.4	0
10/02/2021	18.2	9.6	91	0
11/02/2021	17.8	9.2	90.7	0
12/02/2021	17.4	9.8	90.3	0.7
13/02/2021	19.6	10.8	88.5	0
14/02/2021	16.8	11.4	93.1	0
15/02/2021	17.2	10.2	93	6.7
16/02/2021	17.2	9.8	90.5	16.5
17/02/2021	19.4	9.6	90.2	0
18/02/2021	20.4	10.2	86.4	0
19/02/2021	19.8	9.2	84.2	0
20/02/2021	17.2	7.6	84.4	0
21/02/2021	17.6	8.6	85.9	0
22/02/2021	19.2	9.2	86.3	0
23/02/2021	18.8	10.6	87.3	0
24/02/2021	20.2	11.6	85.4	0
25/02/2021	19.6	11.8	86.7	3.2
26/02/2021	20.2	10.8	84.1	3.9
27/02/2021	18.2	9.6	87	13.6
28/02/2021	16.8	10.8	91.2	12.7
T promedio	18.8	10.4		
Tmin	20.8	7.6		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA				
Departamento : CAJAMARCA		Provincia : SANTA CRUZ		Distrito : CATACHE
Latitud : 6°48'53.08"		Longitud : 79°5'37.56"		Altitud : 2466 msnm.
Tipo : CO - Meteorológica		Código : 106068		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/03/2021	17.4	11.2	92.4	8
2/03/2021	17.8	10.4	93.7	22.7
3/03/2021	17.2	10.6	92.2	9.6
4/03/2021	18.2	10.4	91.1	14.7
5/03/2021	17.6	11.2	92.5	8.9
6/03/2021	20.2	10.8	88	0
7/03/2021	18.6	10.4	87.2	10.9
8/03/2021	17.2	11.8	86.6	54.4
9/03/2021	18.2	10.6	92.4	43.1
10/03/2021	17.6	10.4	91.2	5.9
11/03/2021	17.4	10.2	92.6	16
12/03/2021	18.4	10.6	91.1	0.7
13/03/2021	16.8	7.2	86.4	1.3
14/03/2021	16.6	9.2	92.2	0
15/03/2021	17.2	9.8	92.8	8.1
16/03/2021	18.4	10.2	91.3	0
17/03/2021	18.8	9.4	89.8	1.3
18/03/2021	18.2	9.6	87.7	0
19/03/2021	19.2	9.4	90.8	0
20/03/2021	19.6	8.6	87.8	0
21/03/2021	19.4	9.2	88.8	0
22/03/2021	18.6	9.8	88.8	0
23/03/2021	18.4	9.4	93	0
24/03/2021	19.4	10.8	89.6	0
25/03/2021	19.6	11.4	92.2	23.7
26/03/2021	20.2	10.2	91.6	3
27/03/2021	18.8	10.8	88.5	8
28/03/2021	19.8	11.2	90.9	0
29/03/2021	18.4	11.8	95.6	3.3
30/03/2021	19.6	11.6	92.1	9.2
31/03/2021	20.4	11.8	91.6	1.4
T promedio	18.5	10.3		
T min	20.4	7.2		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SANTA CRUZ

Distrito : CATACHE

Latitud : 6°48'53.08"

Longitud : 79°5'37.56"

Altitud : 2466 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

106068

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/04/2021	21.6	11.2	87.5	9.8
2/04/2021	20.4	11.6	90.6	6.7
3/04/2021	18.6	12.2	90.2	8.7
4/04/2021	19.6	11.4	92	21.3
5/04/2021	20.8	11.2	88.9	12.8
6/04/2021	20.4	12.4	86.4	0.6
7/04/2021	20.6	11.4	86.9	19.3
8/04/2021	18.2	10.8	91.3	14.2
9/04/2021	19.2	10.6	91	42.7
10/04/2021	18.8	10.4	89.5	0
11/04/2021	20.2	12.2	91.5	0
12/04/2021	20.6	12.4	91.8	0
13/04/2021	21.2	11.8	88.6	0
14/04/2021	19.6	12.4	92.2	12.6
15/04/2021	18.6	11.8	89	0
16/04/2021	19.6	10.8	92.5	7.7
17/04/2021	18.8	10.6	88.4	0
18/04/2021	19.2	10.4	88.2	10.5
19/04/2021	18.6	10.8	90.2	9.8
20/04/2021	19.4	10.6	88.4	0
21/04/2021	21.2	10.2	89.3	2.3
22/04/2021	20.2	11.4	89.7	1.6
23/04/2021	20.6	11.4	87	15.1
24/04/2021	20.2	10.6	92.8	0
25/04/2021	18.4	10.4	92.1	0.2
26/04/2021	19.6	10.2	90.8	0
27/04/2021	19.2	10.8	90.1	1
28/04/2021	19.6	10.2	88.7	0
29/04/2021	17.6	9.8	89.3	3.6
30/04/2021	17.4	10.4	93.6	0.5
T promedio	19.6	11.1		
T min	21.6	9.8		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SANTA CRUZ

Distrito : CATACHE

Latitud : 6°48'53.08"

Longitud : 79°5'37.56"

Altitud : 2466 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

106068

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/05/2021	17.8	10.2	94.9	2.5
2/05/2021	18.4	9.8	91.2	0
3/05/2021	17.2	9.6	91.9	0.4
4/05/2021	18.6	9.8	92.4	1.5
5/05/2021	20.2	10.6	91.1	4.7
6/05/2021	18.6	12.2	90.3	4.2
7/05/2021	18.2	11.2	93.8	6.6
8/05/2021	19.2	11.4	90.4	1.8
9/05/2021	20.4	12.2	92.4	0
10/05/2021	21.2	12.8	88.2	0
11/05/2021	20.4	11.4	89.9	0
12/05/2021	19.8	10.6	92.3	0
13/05/2021	20.2	12	94	0
14/05/2021	20.8	12.2	91.1	5.5
15/05/2021	18.6	11.6	92.1	16.1
16/05/2021	20.2	11.4	90.9	6.5
17/05/2021	19.6	12.4	92.3	1.7
18/05/2021	18.4	11.6	91.4	7.7
19/05/2021	20.6	11.4	92.3	0
20/05/2021	21.2	11.8	89.9	0
21/05/2021	21.4	12.2	92.4	2.8
22/05/2021	18.8	12.4	92.2	13.4
23/05/2021	20	12.2	92.2	5.5
24/05/2021	18.6	11.6	93.2	0.7
25/05/2021	19.6	11.4	90.3	0
26/05/2021	21.4	12.4	92.5	0
27/05/2021	20.2	10.2	91	0
28/05/2021	20.4	9.8	89	0
29/05/2021	20.4	10.8	93.3	0
30/05/2021	19.6	9.6	91.7	0
31/05/2021	19.2	10.8	90.4	0
T promedio	19.7	11.3		
T min	21.4	9.6		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SANTA CRUZ

Distrito : CATACHE

Latitud : 6°48'53.08"

Longitud : 79°5'37.56"

Altitud : 2466 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

106068

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/06/2021	20.4	11.2	89.8	0
2/06/2021	19.8	12	90.5	0.7
3/06/2021	20.6	11.2	91.6	0
4/06/2021	19.2	10.8	92.7	0
5/06/2021	20.2	10.2	92.2	0
6/06/2021	19.8	11.6	89.5	1.1
7/06/2021	18.6	10.8	93.1	19.9
8/06/2021	18.8	11.4	91.5	4.8
9/06/2021	17.6	10.2	90.6	0
10/06/2021	19.2	9.8	89.7	0
11/06/2021	20.6	10.7	89.6	0
12/06/2021	19.2	10.6	86.2	5.4
13/06/2021	19.2	11.2	93.2	0
14/06/2021	19.4	9.8	87.2	0
15/06/2021	18.2	10.2	86.5	1.1
16/06/2021	19.8	10.6	88	0
17/06/2021	20.2	11.8	87.8	0
18/06/2021	20.6	11.2	84.8	0
19/06/2021	18.6	12.2	86.2	0.5
20/06/2021	19.2	11.6	86.9	0
21/06/2021	20.8	10.6	84.2	0
22/06/2021	20	10	90.7	10
23/06/2021	20.2	9.8	87.8	0
24/06/2021	20.4	9.6	85.7	0
25/06/2021	19.6	10.2	88.9	1
26/06/2021	19.2	10.2	90.1	0.3
27/06/2021	20.6	10.6	90.5	0
28/06/2021	19.6	11.2	90	0.2
29/06/2021	19.2	12.6	90.8	16.3
30/06/2021	20.2	11.6	91	1.1
T promedio	19.6	10.9		
T min	20.8	9.6		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SANTA CRUZ

Distrito : CATACHE

Latitud : 6°48'53.08"

Longitud : 79°5'37.56"

Altitud : 2466 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

106068

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/07/2021	18.6	9.4	88.2	0.4
2/07/2021	20.6	9.2	81.9	0
3/07/2021	20.4	10.6	84	0
4/07/2021	19.2	9.6	91.9	0
5/07/2021	20.6	9.8	83.6	0
6/07/2021	20.2	10	81.8	0
7/07/2021	20.4	10.6	82.9	0
8/07/2021	21.4	10.6	79	0
9/07/2021	18.6	9.8	84.6	0
10/07/2021	18.2	10.2	85.5	0
11/07/2021	19.6	11.2	90.4	1.3
12/07/2021	18.8	9.4	84.3	0.4
13/07/2021	20.4	9.8	83.2	0
14/07/2021	20.8	8.8	84.6	0
15/07/2021	20.2	10.6	88.6	0
16/07/2021	18.8	9.8	86.9	8.3
17/07/2021	18.4	10	90	10.7
18/07/2021	21.2	10.6	89.5	1.3
19/07/2021	20.6	10.4	86.4	0
20/07/2021	21.4	10.2	83.1	0
21/07/2021	21.6	11.2	89.4	0
22/07/2021	20.6	10.4	87.3	0
23/07/2021	21.2	11.2	86	0
24/07/2021	21.6	10.6	86.1	0
25/07/2021	21.4	10.8	87.6	0
26/07/2021	20.6	11.4	87.7	0
27/07/2021	20.4	10.8	88.6	0
28/07/2021	20.4	11.2	88.8	0
29/07/2021	20.2	11.6	88.2	0
30/07/2021	20.6	11.2	91.2	0
31/07/2021	20.8	11.2	89.3	0
T promedio	20.3	10.4		
T min	21.6	8.8		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SANTA CRUZ

Distrito : CATACHE

Latitud : 6°48'53.08"

Longitud : 79°5'37.56"

Altitud : 2466 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

106068

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/08/2021	19.6	11.6	89.1	0
2/08/2021	20.6	11.2	87	0
3/08/2021	21.2	10.8	87.2	0
4/08/2021	20.6	11.6	86.6	0
5/08/2021	21.4	11.2	84.3	0
6/08/2021	20.4	10.8	85.7	0
7/08/2021	21.2	11.8	82.6	0
8/08/2021	20.4	11.4	87.1	0
9/08/2021	19.2	9.4	83.6	0
10/08/2021	20.8	10.2	82.8	0
11/08/2021	21.4	11.2	83.9	0
12/08/2021	19.2	10.8	87.1	0.2
13/08/2021	19.6	10.4	87.6	0
14/08/2021	18.4	11.2	87.5	0.5
15/08/2021	20	11.4	93.1	6.1
16/08/2021	20.4	11.6	87.8	0
17/08/2021	21.2	10.8	88.8	6
18/08/2021	19.2	10.8	88.8	3.2
19/08/2021	20.2	10.6	86.8	3.3
20/08/2021	19.6	10.8	83.4	0
21/08/2021	21.2	11.4	83.6	0
22/08/2021	23.2	10.8	79.8	0
23/08/2021	20.2	10.2	89.1	0
24/08/2021	18.8	10.2	89.9	1
25/08/2021	17.8	9.2	84.1	2.6
26/08/2021	18.4	11.2	92.4	0
27/08/2021	18.8	11.2	92.5	0
28/08/2021	20.2	11.4	83	5.8
29/08/2021	18.6	10.8	89	13.7
30/08/2021	19.2	10.4	91.1	9.2
31/08/2021	20.8	11.2	89.6	19.2
T promedio	20.1	10.9		
T minima	23.2	9.2		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SANTA CRUZ

Distrito : CATACHE

Latitud : 6°48'53.08"

Longitud : 79°5'37.56"

Altitud : 2466 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

106068

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/09/2021	20.8	10.8	86.3	0
2/09/2021	19.4	11.4	87.3	0
3/09/2021	19.2	10.6	89.1	1.8
4/09/2021	19.2	11.2	87.3	0
5/09/2021	19.4	11.6	84.5	5.5
6/09/2021	19	10.6	87.3	0
7/09/2021	18.2	11.2	87.9	0
8/09/2021	18.8	12.2	88.2	0.7
9/09/2021	20	11.8	89.4	0
10/09/2021	20.4	11.4	86.6	11.2
11/09/2021	20	10.6	88.7	5.7
12/09/2021	20.2	11.8	92.1	0
13/09/2021	20.4	11.8	90.7	0.4
14/09/2021	19.8	11.2	89.7	0
15/09/2021	18.6	10.6	88.9	0
16/09/2021	18.2	11.4	91.4	0.3
17/09/2021	20.4	11.6	85.5	0
18/09/2021	20.2	10.2	83	0
19/09/2021	19.8	10.6	84	0
20/09/2021	20.6	11.2	87.1	0
21/09/2021	18.6	10.6	87.5	1.6
22/09/2021	19.4	10.8	88.8	0
23/09/2021	19.6	11.2	85.8	0
24/09/2021	20.6	10.2	84.3	0
25/09/2021	20.2	10.6	89.7	0
26/09/2021	19.8	10.2	86	0
27/09/2021	20.8	10.6	86.9	0
28/09/2021	19.2	10.4	84.3	0
29/09/2021	18.6	10.8	91.2	8.3
30/09/2021	19.2	10.2	86.4	0
T promedio	19.6	11.0		
T minimo	20.8	10.2		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SANTA CRUZ

Distrito : CATACHE

Latitud : 6°48'53.08"

Longitud : 79°5'37.56"

Altitud : 2466 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

106068

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/10/2021	19.8	10.8	85.6	16.7
2/10/2021	19.4	11.6	86.8	0.3
3/10/2021	19.2	11.8	85.5	0.4
4/10/2021	20.4	12.2	87.2	12
5/10/2021	20.2	11.6	89.3	23.3
6/10/2021	19.8	12	88.5	0.8
7/10/2021	19.4	11.4	88.5	6.4
8/10/2021	20.8	12.2	89.5	54.3
9/10/2021	19.4	12.2	92.2	5.1
10/10/2021	18.8	11.4	93.8	27.6
11/10/2021	19.4	10.6	92	1.6
12/10/2021	20.4	11.8	89	3.4
13/10/2021	21.4	12.2	85.5	0.5
14/10/2021	20.4	11.4	87.8	0.6
15/10/2021	20.4	10.4	92.4	4.4
16/10/2021	18.4	10.8	90.7	4.2
17/10/2021	19.6	10.6	89	0
18/10/2021	20.2	10.6	87.7	3.5
19/10/2021	18.4	10.4	88.3	1.5
20/10/2021	18.8	11.6	91.4	9.8
21/10/2021	17.8	10.4	92.4	4.2
22/10/2021	19.4	10.2	89.5	0.7
23/10/2021	17.6	9.8	91.8	2.4
24/10/2021	19.2	10	87.2	2.5
25/10/2021	19.4	9.8	92.8	0
26/10/2021	19.6	10.6	89.6	0
27/10/2021	20.4	10.4	86.6	0
28/10/2021	19.2	10.8	89	0
29/10/2021	19.8	11.4	89.6	5
30/10/2021	19.4	11.4	89.6	6.1
31/10/2021	18.6	10.4	94.4	1.8
T promedio	19.5	11.1		
T min	21.4	9.8		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SANTA CRUZ

Distrito : CATACHE

Latitud : 6°48'53.08"

Longitud : 79°5'37.56"

Altitud : 2466 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

106068

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/11/2021	17.8	11.2	91.2	2.9
2/11/2021	18.6	9.8	90.6	0
3/11/2021	20.2	10.6	88.5	0
4/11/2021	17.4	11.2	88.2	0
5/11/2021	18.2	10.2	88.8	0.2
6/11/2021	21.2	10.8	84	0
7/11/2021	20.6	11.4	86	0
8/11/2021	17.6	10.6	90.5	0
9/11/2021	16.8	10.8	89.2	0
10/11/2021	19.4	10.6	85.5	0
11/11/2021	19.2	9.4	86.5	0
12/11/2021	20.2	10.2	86	0
13/11/2021	20.4	10.4	88.7	0
14/11/2021	19.8	9.2	86.6	0
15/11/2021	19	9.8	89.1	0
16/11/2021	18.4	10.6	87.1	0
17/11/2021	18.8	10.4	87.2	0
18/11/2021	16.8	8.8	89.7	0
19/11/2021	18.2	7.4	86.7	0
20/11/2021	20.2	8.4	89.5	0
21/11/2021	19.2	10.8	86.2	0
22/11/2021	19.6	10.6	85.3	0.5
23/11/2021	18.2	10.4	87.4	0.8
24/11/2021	17.4	10.8	89.5	0.8
25/11/2021	19.2	10.2	87.1	0.9
26/11/2021	20.2	11.2	91.5	0.7
27/11/2021	18.4	11.4	87.9	0
28/11/2021	19.8	10.6	87.1	0
29/11/2021	19.8	10.2	88.3	0
30/11/2021	20.4	10.2	85.1	0
T promedio	19.0	10.3		
T min	21.2	7.4		

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : UDIMA				
Departamento : CAJAMARCA		Provincia : SANTA CRUZ		Distrito : CATACHE
Latitud : 6°48'53.08"		Longitud : 79°5'37.56"		Altitud : 2466 msnm.
Tipo : CO - Meteorológica		Código : 106068		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/12/2021	18.8	9.8	88.2	0
2/12/2021	19.2	10.6	86.6	0
3/12/2021	20.2	11.4	88.2	0
4/12/2021	19.8	11.8	93.2	0.8
5/12/2021	19.4	11.2	87	3.8
6/12/2021	20.4	11.8	89.8	0
7/12/2021	19.4	12	90	0
8/12/2021	20.6	10.4	87.4	0.8
9/12/2021	18.6	11.4	92	7.8
10/12/2021	18.6	11.2	95	16
11/12/2021	17.6	10.6	91.7	0
12/12/2021	17.2	10.2	92.3	0
13/12/2021	18.6	9.8	92	0
14/12/2021	19.2	10.2	89.9	0
15/12/2021	19.6	11.8	88	0
16/12/2021	18.4	11.4	92	10.6
17/12/2021	17.8	10.6	91.2	7.3
18/12/2021	18.2	10.8	90.8	17.8
19/12/2021	18.2	11.2	91.2	16.1
20/12/2021	19.6	10.2	89.1	0
21/12/2021	18.4	9.6	89.4	0
22/12/2021	19.2	10.4	90.4	0
23/12/2021	16.8	9.8	90.4	0
24/12/2021	18.6	10.4	90.6	0
25/12/2021	20.2	10.8	91	0
26/12/2021	19.2	11.4	87.9	0
27/12/2021	19.8	9.6	85.2	0
28/12/2021	18.8	9.8	89.1	0
29/12/2021	17.2	10.6	90.4	0
30/12/2021	18.4	10.8	91.5	0
31/12/2021	19.2	11.4	89.1	0
T promedio	18.9	10.7		
T min	20.6	9.6		

Anexo 02

Información de la Radiación Solar

GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

Catache

-06.777935°, -079.097413°
 CA-872, Catache, Cajamarca, Peru
 Time zone: UTC-05, America/Lima [PET]

🕒 Report generated: 27 Jul 2022

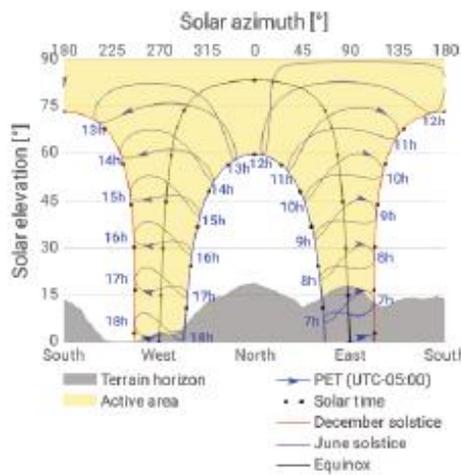
SITE INFO

Map data		Per year
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	1563.1 kWh/kWp
Direct normal irradiation	DNI	1505.2 kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHI	1891.7 kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	804.1 kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI _{opta}	1917.5 kWh/m ²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	11 / 0 °
Air temperature	TEMP	15.9 °C
Terrain elevation	ELE	2447 m

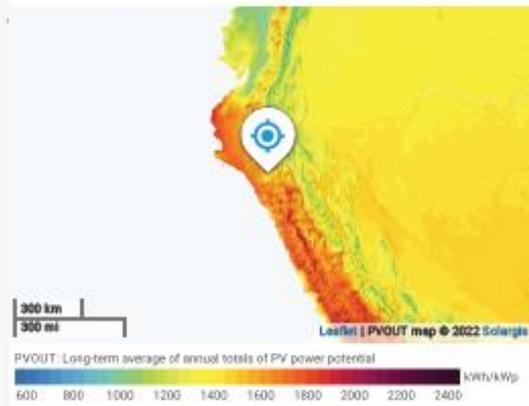
Map



Horizon and sunpath



PVOUT map



GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

Annual averages

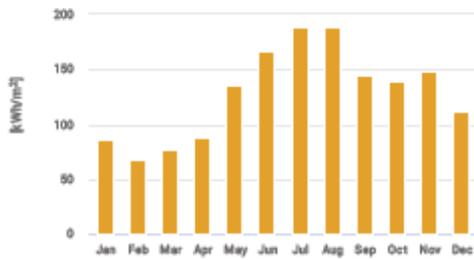
Direct normal irradiation

1541.1

kWh/m² per year

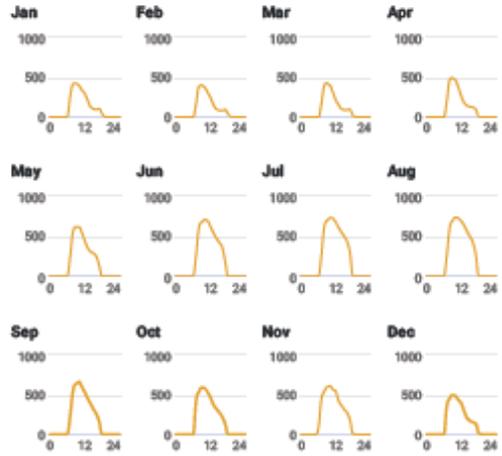
Monthly averages

Direct normal irradiation



Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]



UTC-05

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0-1												
1-2												
2-3												
3-4												
4-5												
5-6												
6-7											89	
7-8	256	163	164	194	242	259	260	253	220	422	443	355
8-9	414	395	392	452	550	608	615	622	554	540	540	455
9-10	425	400	425	490	617	678	694	694	641	592	600	497
10-11	359	372	399	452	617	711	732	735	665	585	612	488
11-12	340	308	311	370	547	692	725	728	605	533	569	435
12-13	296	242	214	261	446	619	677	687	536	464	544	393
13-14	213	153	153	177	357	541	607	635	461	376	427	291
14-15	127	100	96	138	307	476	550	559	390	325	366	206
15-16	101	83	87	130	286	421	497	496	321	278	315	170
16-17	92	83	89	122	248	365	429	419	259	225	270	152
17-18	105	93	100	102	136	197	285	272	164	139	178	138
18-19	42	39	15								8	17
19-20												
20-21												
21-22												
22-23												
23-24												
Sum	2010	2423	2445	2912	4365	5566	6073	6090	4828	4478	4961	3597

Anexo 03

Información sobre el Plástico para invernaderos AGROFILMS



AGROFILM

Plásticos para invernadero, de polietileno coextruido. Muy utilizado en invernaderos dado que eleva la temperatura aprovechando la radiación solar. Color transparente muy utilizado en el cultivo de plantaciones.

Material	Polietileno Coextruido
Calibre	6, 8, 10
Ancho	2, 2.5, 3, 3.5 m (doble ancho)
Largo	50m, 100m
Micraje	150, 200, 250 micras
Presentacion	Rollo x 50m
Color	Transparente

¡Somos Fabricantes. Envios a nivel nacional!

SOLICITA UNA COTIZACION AHORA MISMO

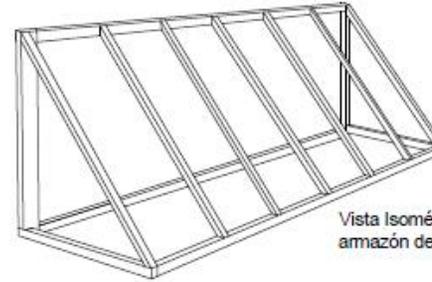
Anexo 04

Plano de detalles del Muro Trombe Michel



DIMENSIONES

H	2.20 m
L	4.50 m
B	3.00 m
l	3.50 m
h	1.75 m
b	1.00 m



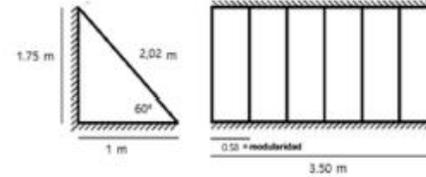
Vista Isométrica del
amazon del Muro Trombe



Vista de la Vivienda sin
Muro Trombe



Vista de la Vivienda con
Muro Trombe



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO			
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA			
Proyecto : DISEÑO DE MURO TROMBE APLICADO AL COMPORTAMIENTO TÉRMICO PARA LAS VIVIENDAS DEL CABRÍO EL LLUGUÉ - CAJAMARCA			
Tema : DISEÑO DEL MURO TROMBE		Diseño CAD	
Autor : CUEVA MOLINA HANS JHAIK		Dibujo : JZ	
Fecha : 20.10.2022		Hoja : 1	
			MT-1

TESIS 4

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

4%

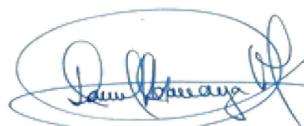
PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
2	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	zagan.unizar.es Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
6	repository.ucatolica.edu.co Fuente de Internet	1%
7	1library.co Fuente de Internet	1%
8	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	1%
9	es.scribd.com Fuente de Internet	1%



10	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
11	prevencionar.com.pe Fuente de Internet	<1 %
12	unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repository.ugc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
14	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	sgarq.com Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	www.senamhi.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
20	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %



22	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
23	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	<1 %
24	alternativarenovable.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
25	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Autonoma del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
27	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
28	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
29	Submitted to Universidad de Málaga - Tii Trabajo del estudiante	<1 %
30	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	Submitted to Universidad de Pamplona Trabajo del estudiante	<1 %
33	friocaloraireacondicionado.com Fuente de Internet	<1 %



34	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
37	acdistribucioneselectricas.com Fuente de Internet	<1 %
38	tareasseccoloso.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
39	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
41	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
43	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	 <1 %
44	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to Unviersidad de Granada	

Trabajo del estudiante

<1 %

46

Submitted to uni

Trabajo del estudiante

<1 %

47

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Trabajo del estudiante

<1 %

48

cumbrepuebloscop20.org

Fuente de Internet

<1 %

49

repositorio.uandina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

50

repositorio.utp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

51

pdfcoffee.com

Fuente de Internet

<1 %

52

ri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1 %

53

www.elsevier.es

Fuente de Internet

<1 %

54

oa.upm.es

Fuente de Internet

<1 %

55

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

56

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

57

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

<1 %

58

citecuvp.tij.uabc.mx

Fuente de Internet

<1 %

59

dspace.ucacue.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

60

repositorio.uam.es

Fuente de Internet

<1 %

61

ww1.docero.mx

Fuente de Internet

<1 %

62

Submitted to Universidad Manuela Beltrán

Trabajo del estudiante

<1 %

63

bibliotecadigital.usb.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

64

repositorio.uigv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

65

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

66

repository.unipiloto.edu.co

Fuente de Internet



<1 %

67

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

68

Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal

Trabajo del estudiante

<1 %

69

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

70

www.proexplo.com.pe

Fuente de Internet

<1 %

71

CENTRO DE CONSERVACION DE ENERGIA Y DEL AMBIENTE. "EIA del Proyecto del Reservorio de Regulación Horaria San Lorenzo-IGA0007302", R.D. N° 180-2005-MEM-AAE, 2021

Publicación

<1 %

72

Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador

Trabajo del estudiante

<1 %

73

Submitted to Universidad del Sagrado Corazon

Trabajo del estudiante

<1 %

74

alfama.sim.ucm.es

Fuente de Internet

<1 %

75

dev.scielo.org.pe

Fuente de Internet

<1 %

76

fidelity.nusaputra.ac.id

Fuente de Internet

<1 %

77	huajsapata.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
78	cienciasjuridicas.javeriana.edu.co Fuente de Internet	<1 %
79	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
80	www.akasico.wanadoo.es Fuente de Internet	<1 %
81	www.breitbart.com Fuente de Internet	<1 %
82	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1 %
83	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
84	news.un.org Fuente de Internet	<1 %
85	realidadnacional3b.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
86	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
87	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
88	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %



89

www.nxtbook.com

Fuente de Internet

<1 %

90

www.produccionbovina.com

Fuente de Internet

<1 %

91

www.solarinnova.net

Fuente de Internet

<1 %

92

"Multiphysics modeling and experimental behavior of viscous fluid dampers", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2014

Publicación

<1 %

93

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

<1 %

94

doaj.org

Fuente de Internet

<1 %

95

ein.org.pl

Fuente de Internet

<1 %

96

intra.uigv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

97

repositori.uji.es

Fuente de Internet

<1 %

98

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

99

vbook.pub

Fuente de Internet



<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 10 words

A handwritten signature in blue ink, possibly reading "D. M. ...", is circled with a blue oval. The signature is written in a cursive style.



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Hans cueva Molina
Título del ejercicio: PROY. DE TESIS
Título de la entrega: TESIS 4
Nombre del archivo: Tesis_Hans_Cueva_Final_ok_1.docx
Tamaño del archivo: 13.83M
Total páginas: 127
Total de palabras: 19,597
Total de caracteres: 103,428
Fecha de entrega: 23-nov.-2023 04:56p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2197224903

 UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica 

III PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS

TESIS

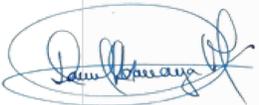
Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**"APLICACIÓN DE MURO TROMBE MICHEL
PARA LOGRAR LA COMODIDAD
HIGROTÉRMICA EN UNA VIVIENDA DEL
CASERÍO EL LLOQUE – CAJAMARCA"**

Autor:
Bach. CUEVA MOLINA HANS JHAIR

Asesor:
Dr. Ing. CARRANZA MONTENEGRO DANIEL

Lambayeque – Perú
2023



1

“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

Lambayeque, 23 de noviembre del 2023

Señor:

Dr. James Skinner CELADA PADILLA

Director de la Unidad de Investigación - FIME.

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Lambayeque.

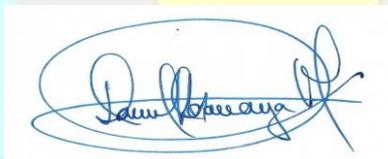
Asunto: Informa sobre conformidad de Informe Final de Tesis de Hans Jhair Cueva Molina.

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y al mismo tiempo comunicarle que en mi calidad de Asesor de Tesis, luego de haber revisado el informe final de la tesis titulada: **“APLICACIÓN DE MURO TROMBE MICHEL PARA LOGRAR LA COMODIDAD HIGROTÉRMICA EN UNA VIVIENDA DEL CASERÍO EL LLOQUE – CAJAMARCA”**. subsanadas las observaciones por parte del bachiller **Cueva Molina Hans Jhair**, **se encuentra apto para la sustentación respectiva** previo el trámite correspondiente.

Asimismo, se ha realizado la revisión de similitud en el software **TURNITIN** alcanzando un porcentaje de similitud del 20 %, que según nuestra reglamentación de investigación es aceptable.

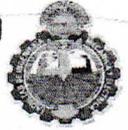
Sin otro particular me despido.

Atentamente



Dr. Ing. Carranza Montenegro Daniel
DOCENTE FIME-UNPRG **ASESOR
DE TESIS**





ACTA DE SUSTENTACION N°034-2023-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 a.m. del día lunes 18 de diciembre de 2023, Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°268-2023-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 14 de diciembre 2023, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación del Trabajo de Investigación - Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ
ING. NÉSTOR DANIEL PUYEN MATEO
Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO

PRESIDENTE
SECRETARIO
MIEMBRO
ASESOR

Se recibió del Trabajo de Investigación - Tesis titulado:

"APLICACIÓN DE MURO TROMBE MICHEL PARA LOGRAR LA COMODIDAD HIGROTÉRMICA EN UNA VIVIENDA DEL CASERÍO EL LLOQUE - CAJAMARCA."

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **CUEVA MOLINA HANS JHAIR.**

Finalizada la sustentación de Trabajo de Investigación - Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (15) en la escala vigesimal, mención Regular.

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:50 am del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
PRESIDENTE

ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ
SECRETARIO

ING. NÉSTOR DANIEL PUYEN MATEO
MIEMBRO

Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
ASESOR