



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO
DE AGUA EN USO DOMÉSTICO”**

Autores:

Chochos Hernandez Darwin Gabriel

Veloz Muñoz Jefferson Saul

Tutor:

Mg.C. Moreano Martínez Edwin Homero

Mg.C. Gallardo Molina Cristian Fabián

Latacunga – Ecuador

Julio-2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Chochos Hernandez Darwin Gabriel y Veloz Muñoz Jefferson Saul, declaramos ser autores de la presente Propuesta Tecnológica: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN USO DOMÉSTICO”**, siendo el Mg.C. Moreano Martinez Edwin Homero tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Chochos Hernandez Darwin Gabriel
C.I. 025009174-1

Veloz Muñoz Jefferson Saul
C.I. 055003940-8



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de la propuesta tecnológica sobre el título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN USO DOMÉSTICO”**, de Chochos Hernandez Darwin Gabriel con C.I 025009174-1 y Veloz Muñoz Jefferson Saul con C.I 055003940-8, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 18 de julio del 2019



Mg.C. Moreano Martinez Edwin Homero
C.I. 050260750-0



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la carrera de INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA; por cuanto, los postulantes: Chochos Hernandez Darwin Gabriel con C.I 025009174-1 y Veloz Muñoz Jefferson Saul con C.I 055003940-8, con el título de Proyecto de titulación: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN USO DOMÉSTICO"**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 18 de julio del 2019

Para constancia firman:

Lector 1

Ms. C. Héctor Luis Laurencio Alfonso Ph. D
CC: 1758367252

Lector 2

Ms. C. Corrales Bastidas Byron Paul
CC: 050234776-8

Lector 3

MEng. Porras Reyes Jefferson Alberto
CC: 070440044-9

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Con el presente documento, hago constar que los estudiantes Chochos Hernandez Darwin Gabriel con C.I. 0250091741 y Veloz Muñoz Jefferson Saul con C.I. 055003940-8, de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, implementaron en mi propiedad un proyecto cuyo título versa; **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN USO DOMÉSTICO"**, Ubicado en la parroquia San Buenaventura, zona 3, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Autorizo a los mencionados señores para que den al presente documento el uso legal que más convenga a su interés.

Latacunga, Junio del 2019



PROPIETARIA DEL INMUEBLE
SRA. LOMA PANCHI NELLY YOLANDA
C.I. 050247103-0

DEDICATORIA

Esta propuesta tecnológica le dedico en primer lugar a Dios que día a día me ha dado la fuerza y sabiduría suficiente para lograr con mi objetivo y con la bendición siempre lograre salir adelante.

También a mis hermanos y hermanas quienes me enseñaron a ser una persona honesta y responsable.

A mi madre María Hernandez de quien aprendí a salir adelante en los momentos más difíciles que la vida nos pone, a mi padre Ángel Chochos que me enseñó que nada es imposible, y nunca hay que rendirse para poder cumplir mi objetivo de ser Ing. Electromecánico.

Darwin

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita bondad a lo largo de este caminar, por brindarme la felicidad de tener mi familia completa, por concederles la vida a todos mis seres queridos y vivirla junto a ellos cada día con felicidad.

A mi padre y madre, por sus enseñanzas de incomparable valor y quienes son la parte fundamental en esta etapa de mi vida.

A mi hermano, por sus consejos y su apoyo que me ayudó a seguir adelante con fortaleza a cada momento.

A mis abuelitos, porque son como mis padres ya que su apoyo y cariño fue de gran importancia en este proceso para la obtención de mi meta deseada.

Jefferson

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme esa oportunidad de existir y darme sabiduría para culminar exitosamente mi carrera de ingeniería junto al apoyo de mis padres.

También agradezco a mi padre y madre por ser los pilares fundamentales en mi formación y a mis hermanos, hermanas, cuñadas y cuñado quienes me apoyaron, motivaron e impulsaron para lograr mi objetivo.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi agradezco por permitirme estudiar en esta prestigiosa institución y obtener conocimientos de calidad para desenvolverme de manera exitosa en mi futura vida profesional. Al Ingeniero Edwin Moreano, Héctor Laurencio, Jefferson Porras, Byron Corrales por ser los guías de manera teórica compartiendo sus conocimientos técnicos para la aprobación de esta Propuesta Tecnológica de Titulación.

Darwin

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a Dios, por la fuerza que me brindó para no decaer durante todo este proceso y en los momentos más difíciles de mi vida y por permitirme seguir con más fortaleza.

Mi gratitud a mis amados padres, por ser el pilar fundamental en mi vida, y que a pesar de las adversidades que enfrentamos, siempre me otorgaron su apoyo incondicional en todo momento.

Igualmente, a mi hermano y a mis abuelitos ya que ellos con sus valiosos consejos de perseverancia y ánimos en todo momento han contribuido en la obtención de mi gran sueño.

Gracias a toda mi familia, amigos y demás, por sus palabras y buenos deseos que me impulsaron a cumplir una de mis metas tan anheladas.

Jefferson

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE FIGURA	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xviii
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TEGNOLÓGICA	1
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:	1
2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE:	2
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:	2
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	2
2.5.1. Objeto de estudio	2
2.5.2. Campo de acción	2
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA	3
2.6.2. Problema	3
2.6.3. Diagrama Causa- Efecto	3
2.7. HIPÓTESIS	4
2.8. OBJETIVOS	4

2.8.1. Objetivo general	4
2.8.2. Objetivos específicos	4
2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	4
3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1. Antecedentes	5
3.2. Normativas.....	7
3.2.1. Políticas generales sobre energías renovables.....	7
3.2.2. Exigencias básicas bajo la Normativa Ecuatoriana de Construcción 11 cap. 13- 14.....	9
3.2.3. Norma técnica para emisiones a la atmósfera de fuentes fijas	9
3.3. Precedente de la energía renovable	9
3.4. Recurso solar térmico en el Ecuador.....	10
3.5. Radiación solar.....	11
3.5.1. Tipos de radiación	12
3.6. Demanda energética	12
3.7. Eficiencia energética	12
3.8. Aprovechamiento térmico	13
3.9. Energía térmica	13
3.10. Colectores solares.....	13
3.11. Principio de funcionamiento.....	13
3.12. Estructura física del sistema	14
3.13. Sistema de captación	15
3.13.1. Colector Cilíndrico Parabólico (CCP).	15
3.13.2. Colector solar térmico de tubos de vacío	17
3.14. Conexión de colectores en serie.....	20
3.15. Red del sistema de calentamiento de agua	21

3.16. Materiales de la red del sistema	21
3.17. Aislamiento térmico	22
3.18. Elementos de seguridad	23
3.19. Sistema auxiliar	23
4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	23
4.1. Metodología cuantitativa	24
4.2. Métodos	24
4.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos (válidos y confiables)	24
4.4. Lectura científica.....	24
4.5. Observación.	24
4.6. Medición.....	25
4.7. Cálculo.....	27
4.7.1. Ecuaciones para la dimensión del cilindro parabólico	27
4.7.2. Cálculo del incremento de temperatura y de caudales máxicos.	28
4.7.3. Cálculo de la temperatura del cilindro parabólico.....	29
4.7.4. Distancia entre captadores.....	29
4.7.5. Ecuaciones para el dimensionamiento del colector térmico de tubos de vacío. .	29
4.7.6. DEMANDA DEL CONSUMO DEL GLP	34
4.7.7. Consumo de energía eléctrica	35
4.4. Señalización de variables	35
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	36
5.1. Análisis de datos de la radiación y temperatura del mes de febrero.	36
5.2. Dimensionamiento del colector solar cilindro parabólico	39
5.3. Dimensionamiento del colector solar de tubos al vacío	40
5.4. Cálculo del incremento de temperatura y caudales máxicos	42
5.5. DEMANDA DEL CONSUMO DEL GLP.....	42
5.6. Consumo de energía eléctrica	43

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	44
6.1. Presupuesto	44
6.1.1. Análisis de la inversión y recuperación.	45
6.2. Análisis de impactos.....	46
8.2.1. Impacto técnico	47
8.2.2. Impacto social.....	47
8.2.3. Impacto ambiental	47
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
8. REFERENCIAS.....	49

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 2.1.- Diagrama Causa - Efecto	3
Figura 3.1.- Insolación Global Promedio en Ecuador	10
Figura 3.2.- Insolación Global Promedio en Latacunga-San Buenaventura.....	11
Figura 3.3.- Curva característica de eficiencia (referida al área de absorción)	13
Figura 3.4.- Sistema para calentamiento de agua de uso residencial.....	14
Figura 3.5.- Estructura del calentador solar térmico híbrido.....	15
Figura 3.6.- Esquema del CCP	16
Figura 3.7.- La estructura metálica del cilindro parabólico	17
Figura 3.8.- Colector solar térmico de tubos al vacío	18
Figura 3.9.- Tubo de vidrio	19
Figura 3.10.- Estructura del SST	19
Figura 3.11.- acumulador	20
Figura 3.12.- Conexión de colectores en serie	21
Figura 4.1.- Piranómetro	25
Figura 4.2.- Termómetros.....	26
Figura 4.3.- Sistema de control de temperatura.....	26
Figura 5.1.- Curva eficiencia vs temperatura	37
Figura 5.2.- Curvas de eficiencia vs temperatura	39
Figura 5.3.- Perfil del canal parabólico (m)	40
Figura 5.4.- Esquema de las relaciones y distancias dentro del perfil del CP	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.- Objetivos específicos y actividades.....	4
Tabla 3.1.- Valores de aislamiento de la tubería.....	22
Tabla 4.1.- Característica del piranómetro	25
Tabla 4.2.- Características del termómetro.....	26
Tabla 4.3.- Variable independiente	35
Tabla 4.4.- Variable dependiente	35
Tabla 5.1.- Datos Radiación- Febrero	36
Tabla 5.2.- Datos radiación mes de Marzo.....	37
Tabla 5.3.- Calculo y análisis de resultados	39
Tabla 5.4.- Resultados de los cálculos del colector solar de tubos de vacío	41
Tabla 5.5.- Características técnicas del tubo de vacío	41
Tabla 5.6.- Los resultados del incremento de temperatura.....	42
Tabla 5.7.- Valores de coeficiente k	42
Tabla 5.8.- Calculo del consumo del GLP y números de cilindros de gas.....	42
Tabla 5.9.- Calculo del consumo de la energía eléctrica de la red entre la ducha y el colector	43
Tabla 6.1.- Presupuesto de la implementación del sistema solar	44

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4.1.- Cálculo de la energía solar incidente sobre el colector.....	27
Ecuación 4.2.- Cálculo del área de apertura de la superficie reflectora del colector	27
Ecuación 4.3.- Cálculo de la razón de concentración de los colectores parabólicos	27
Ecuación 4.4.- Cálculo del área del foco o receptor con un factor de concentración	28
Ecuación 4.5.- Cálculo de la longitud de la tubería del receptor y del colector	28
Ecuación 4.6.- Cálculo del diámetro de apertura del colector.....	28
Ecuación 4.7.- Caudal másico del agua proporcionado	28
Ecuación 4.8.- Incremento de temperatura.....	28
Ecuación 4.9.- Cálculo de la razón de concentración	29
Ecuación 4.10.- Distancia entre captadores.....	29
Ecuación 4.11.- Área de la superficie interior del tubo.....	29
Ecuación 4.12.- Calor Incidente	30
Ecuación 4.13.- Calor Útil.....	30

Ecuación 4.14.- Volumen del agua en el tubo	30
Ecuación 4.15.- Masa del agua en el tubo	30
Ecuación 4.16.- Energía necesaria	30
Ecuación 4.17.- Tiempo necesario de calentamiento del agua en el tubo	31
Ecuación 4.18.- Velocidad del flujo masico en el tubo.....	31
Ecuación 4.19.- Velocidad de flujo de volumen en el tubo.....	31
Ecuación 4.20.- Área trasversal del tubo interior.	31
Ecuación 4.21.- Velocidad media del agua en el tubo.	31
Ecuación 4.22.- Área requerida del colector.	32
Ecuación 4.23.- Número de tubos necesarios.....	32
Ecuación 4.24.- Tiempo necesario para calentar el agua requerida (100L).	32
Ecuación 4.25.- Velocidad del flujo total.....	32
Ecuación 4.26.- Velocidad de flujo masico total.	32
Ecuación 4.27.- Área efectiva del colector.....	33
Ecuación 4.28.- Calor incidente en el colector	33
Ecuación 4.29.- Perdidas de calor por radiación	33
Ecuación 4.30.- Calor Útil del colector.....	33
Ecuación 4.31.- Eficiencia del colector.....	34
Ecuación 4.32.- Consumo del gas licuado de petróleo	34
Ecuación 4.33.- Consumo del gas licuado de petróleo	34
Ecuación 4.34.- Consumo de energía eléctrica.....	35

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN USO DOMÉSTICO”

Autores:

Chochos Hernandez Darwin Gabriel

Veloz Muñoz Jefferson Saul

RESUMEN

La energía y su utilización en cualquiera de sus formas, han delineado el desarrollo de la sociedad humana en cada una de sus etapas evolutivas. La humanidad a lo largo de los años, ha perfeccionado el uso de la energía, pasando de los métodos más simples a los más complejos.

En el presente trabajo de titulación se analiza el desaprovechamiento de la energía solar en la parroquia San Buenaventura, y la selección del sistema solar que permita aprovechar la misma.

Considerando todos estos aspectos se dimensionó e implementó un sistema de calentamiento de agua para uso doméstico que reemplace al convencional, la cual se selecciona el colector solar cilindro parabólico (CCP) y un colector solar de tubos de vacío (heat pipe) los mismos que son: seguros, eficientes, económicos, de larga vida útil y de fácil mantenimiento.

Para la factibilidad de esta propuesta tecnológica se realiza un estudio de radiación solar en el sector, recibiendo un valor promedio de 828 Wh/m^2 con picos superiores a 1899 Wh/m^2 permitiendo el dimensionamiento del colector solar cilindro parabólico (CCP) para conjuntamente con el colector solar de tubos de vacío lograr una temperatura promedio superior de 26° C en menor tiempo, alcanzando a una eficiencia del 35% a una altura de 2750 msnm, datos obtenidos del mes de febrero que se puede observar en la tabla 5.1.

Para un mejor provecho de la radiación captada en el día por el sistema, el agua caliente se almacena en un acumulador seleccionado para satisfacer la necesidad de 5 personas, este tiene una capacidad de 100 litros y mantiene el agua caliente por 24 horas, teniendo una pérdida de temperatura del 5%, gracias a la capa de aislamiento térmico (espuma de poliuretano) que permite minimizar el flujo de calor hacia el ambiente.

Este tipo de calefacción que tiene como fuente de energía renovable contribuye en gran medida a la conservación del medio ambiente.

Palabras clave: Radiación, colector solar, eficiencia, aislamiento térmico, factibilidad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTAD OF SCIENCES AND APPLIED ENGINEERING

Research Title: "IMPLEMENTATION OF A SOLAR SYSTEM FOR WATER HEATING IN DOMESTIC USE".

Authors:

Chochos Hernandez Darwin Gabriel

Veloz Muñoz Jefferson Saul

ABSTRACT

Energy and its use in any of its forms, have delineated the development of human society in each of its evolutionary stages. Through the years, humanity has perfected the use of energy, going from the simplest to the most complex methods. In the present titling work, the waste of solar energy is analyzed at San Buenaventura parish, and the selection of the solar system that allows to take advantage of it. Considering all these aspects, a water heating system for domestic use is being dimensioned and implemented to replace the conventional one, which selects the parabolic trough solar collector (CCP) and a vacuum tube solar collector (heat pipe), which are: safe, efficient, economical, long-lasting and easy to maintain. For the feasibility of this technological proposal, a solar radiation research is carried out in the sector, receiving an average value of 828 Wh / m² with peaks greater than 1899 Wh / m² allowing the sizing of the parabolic trough solar collector (CCP) to jointly with the solar collector of vacuum tubes achieve an average temperature higher than 26 ° C in less time, reaching an efficiency of 35% at a height of 2750 masl, data obtained for the month of February which can be seen in table 5.1. For a better use of the radiation captured in the day by the system, the hot water is stored in a selected accumulator to satisfy the need of 5 people, it has a capacity of 100 liters and keeps the hot water for 24 hours, having a 5% temperature loss, thanks to the thermal insulation layer (polyurethane foam) that allows to minimize the flow of heat to the environment. This type of heating that has a renewable energy source contributes greatly to the environment caring.

Keywords: Radiation, solar collector, efficiency, thermal insulation, feasibility.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la Propuesta Tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, Chochos Hernandez Darwin Gabriel y Veloz Muñoz Jefferson Saul, cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN USO DOMÉSTICO”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, julio del 2019

Atentamente,


Lic.-M.-Sc. Pacheco Pruna Edison Mareclo
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C 050261735-0



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Chochos Hernandez Darwin Gabriel.

Veloz Muñoz Jefferson Saul.

TEMA APROBADO:

“Implementación de un sistema solar para el calentamiento de agua en uso doméstico”.

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

Ing. Mg.C. Moreano Martínez Edwin Homero.

EQUIPO DE TRABAJO:

Ing. Mg.C. Moreano Martínez Edwin Homero.

Ing. Mg.C. Gallardo Molina Cristian Fabián.

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Sierra zona 3, provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia San Buenaventura.

TIEMPO DE DURACION DEL PROYECTO:

6 meses.

FECHA DE ENTREGA:

Julio del 2019.

LÍNEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

SUB LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Se define nuestra propuesta tecnológica como una innovación ya que mediante la investigación realizada se implementa un sistema de calentamiento de agua para uso doméstico, el mismo que reemplazara los sistemas convencionales y aprovecha la energía solar.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Implementación de un sistema solar para el calentamiento de agua en uso doméstico.

2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE:

Multipropósito: Se propone tener un aprovechamiento energético en la zona al implementar el sistema. Se propone mantener la temperatura del agua para el confort de los beneficiados, utilizando la energía solar.

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:

Áreas de conocimiento:

Carrera de Electromecánica:

Ingeniería, industria y construcción.

Sub áreas de Conocimiento:

Carrera de Electromecánica: Ingeniería y profesiones afines.

Línea de investigación:

Carrera de Electromecánica: Procesos Industriales, energías alternativas.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Los recursos renovables son elementos que se encuentra en nuestro medio en abundancia y por el mal aprovechamiento, descuido, desconocimiento de las personas no los explotan ni los aprovecha en su totalidad, ya que la mayoría prefiere consumir o gastar los recursos no renovables para diferentes actividades como el calentamiento de agua por calefones usando el GLP (gas licuado de petróleo). Se realizó la investigación correspondiente del presente proyecto, el mismo que se enfoca a implementar un sistema híbrido para el calentamiento de agua en uso doméstico y tener un aprovechamiento de los recursos renovables, en este caso la energía solar, la misma que según datos obtenidos en años pasados es de gran abundancia en la zona, es decir existe una eficiencia considerable en el lugar y no existe una aplicación para dicha energía, como tal el proyecto busca a dar confort mediante esta energía permitiendo cambiar el sistema tradicional de calentamiento de agua.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Sistema de calentamiento de agua con un colector térmico cilindro parabólico y un colector térmico de tubos al vacío para uso doméstico.

2.5.2. Campo de acción

Implementación de sistemas de calentamiento de agua con energía solar.

2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática:

El no aprovechamiento de la energía solar térmica ha sido un factor relevante en la zona a implementar, ya que no existen estadísticas de implementaciones de sistemas similares de calentamiento de agua. Lo que ocasiona un desaprovechamiento de una fuente de energía, la misma que podría servir para aplicaciones residenciales y podría sustituir en un porcentaje considerable a las energías no renovables.

La motivación en la sociedad al uso de la energía renovable ha sido un factor escaso ya que existen estadísticas de muy pocos sistemas que tienen aprovechamiento de la energía renovable, por ende, es necesario estudiar, analizar y dimensionar sistemas solares térmicos para aplicaciones residenciales, como el calentamiento de agua.

2.6.2. Problema

¿Cómo aprovechar la energía solar térmica en la parroquia San Buenaventura, para el calentamiento de agua en uso doméstico?

2.6.3. Diagrama Causa- Efecto

Mediante el diagrama de la figura 2.1, se representa varias causas que ocurren en la parroquia y los efectos que este produce para el calentamiento de agua.

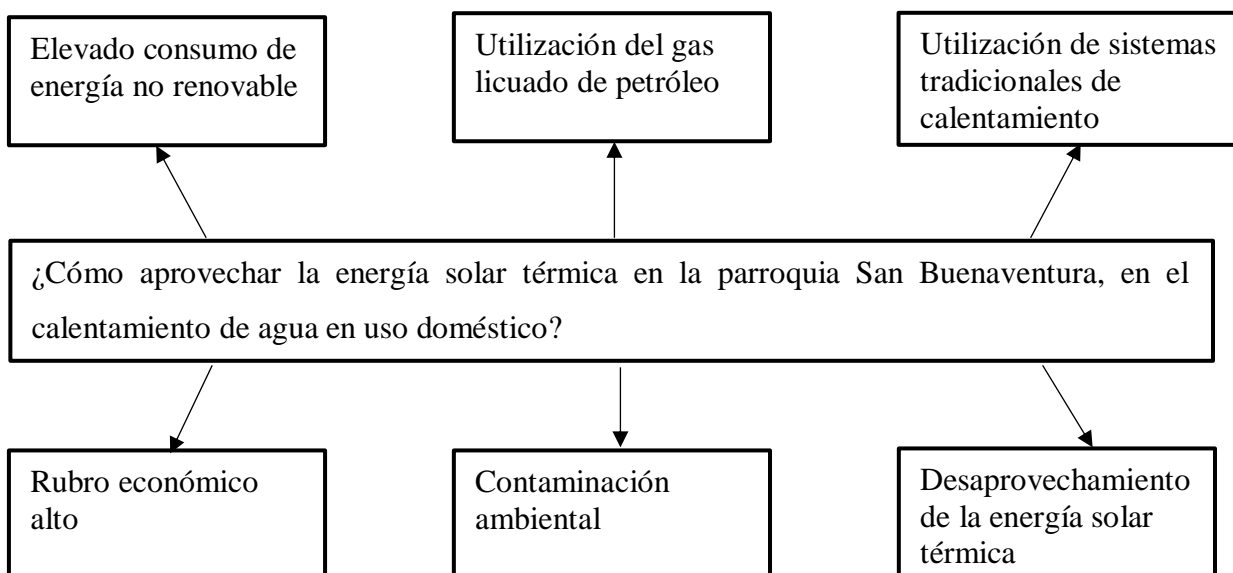


Figura 2.1.- Diagrama Causa – Efecto

Fuente: [1]

2.7. HIPÓTESIS

La implementación de un sistema solar híbrido para el calentamiento de agua en uso doméstico potenciará el aprovechamiento de la energía solar térmica, este sistema estará conformado por un colector cilindro parabólico (CCP) y un colector solar de tubos al vacío, que permitirán tener una mayor eficiencia al momento de la captación de energía y la elevación de la temperatura del fluido desde rangos inferiores a 21 °C a rangos superiores de 38° C, con el objetivo de brindar confort a las personas usando energías alternativas, las mismas que serán aprovechadas en su máxima expresión por el sistema solar híbrido de calentamiento.

2.8. OBJETIVOS

2.8.1. Objetivo general

- Implementar un sistema solar híbrido mediante un colector térmico de tubos al vacío y de cilindro parabólico para el calentamiento de agua en uso doméstico.

2.8.2. Objetivos específicos

- Realizar una investigación bibliográfica sobre el aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua.
- Determinar las variables necesarias para el dimensionamiento del sistema solar híbrido de calentamiento de agua.
- Seleccionar los elementos necesarios del sistema para su eficiente funcionamiento en cada una de sus condiciones climáticas de baja radiación.
- Implementar el sistema solar híbrido para el calentamiento de agua de uso doméstico mediante los elementos seleccionados.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Para cada uno de los objetivos específicos establecidos se les asigna las actividades correspondientes que permita realizarlos, utilizando técnicas e instrumentos y así tener los resultados esperados en cada uno de ellos como se puede observar en la tabla 2.1.

Tabla 2.1.- Objetivos específicos y actividades

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Técnica e instrumentos
Realizar una investigación bibliográfica sobre el	Recopilación de información, sobre los colectores	Permitir la selección del colector de mayor eficiencia.	Investigación y observación.

aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua.	térmicos de mayor eficiencia.		
Determinar las variables necesarias para el dimensionamiento del sistema solar.	Toma de datos con el instrumento de medición (piranómetro).	Tabulación de la variable medida (radiación).	Piranómetro (W/m ²)
Seleccionar los elementos necesarios del sistema para su eficiente funcionamiento en cada una de sus condiciones.	Analizar cada uno de los elementos que cumpla los parámetros deseados.	Selección de elementos con mayor eficiencia.	Análisis Eficiencia
Implementar el sistema solar para el calentamiento de agua de uso doméstico mediante los elementos seleccionados.	Adecuación de los colectores según la latitud y dirección del lugar	Mayor captación de la radiación hacia los colectores térmicos	Piranómetro (W/m ²) Termómetro °C

Fuente: [1]

3. MARCO TEÓRICO

Se presenta la investigación técnica que sustenta los conocimientos para la realización de un sistema con los colectores térmicos con la finalidad de calentar agua en uso doméstico a partir de la energía solar.

3.1. Antecedentes

Ecuador cuenta en la actualidad con potencial capaz de implementar el desarrollo energético sostenible, transformar la matriz energética y a defender un conjunto de estrategias y proyectos integrados en el Plan Nacional del Buen Vivir que inciden en el aumento de la generación de energías renovables, la reducción de la importación de productos derivados del petróleo y el consumo energético eficiente. Los proyectos eléctricos que usan energías renovables van a

evitar que se expulse al medio ambiente millones de toneladas de CO₂ por año y el ahorro por la compra de combustibles [2].

Hoy en día, como resultado del acelerado desarrollo industrial y socioeconómico, uno de los problemas de mayor trascendencia, y que ha afectado a las economías nacionales, es la problemática que prestan los energéticos. La limitación de los recursos petrolíferos - principal fuente de hidrocarburos y su encarecimiento, permiten prever que en países en vía de desarrollo la posibilidad de ascender a niveles de vida más alto estará cada vez más condicionada.

Por otra parte, a fines del siglo XVIII, el científico francés Antoine Lavoisier casi llegó a fundir platino, logrando una temperatura cercana a los 1750° C, por medio de poderosos lentes que enfocaban los rayos del Sol [3].

En 1767, de Saussure se dispuso a determinar la efectividad de los captadores calóricos de vidrio para acumular energía del sol, iniciando así la comprensión científica de un fenómeno cuya utilidad técnica venía siendo empleada desde lo antiguo como hemos visto, la cual hasta la actualidad se ha empleado para realizar los tubos de vacío en los colectores térmicos alcanzando una temperatura elevada para dicha utilidad [4].

El inventor del calefón, o calentador de agua es un inglés de apellido Maughan en la década de 1870, pero este no tenía las características del calefón moderno [4].

“En 1872 en el desierto de Atacama, en Chile se construyó un solar de agua salada, con una superficie de 5000 m², que produjo para una mina de nitrato de sodio un caudal de 20000 litros de agua dulce por día”

“En 1878, Auguste Mouchot, profesor del Liceo de Tours, inventó una máquina de vapor accionada por un gran espejo cóncavo, y que sirvió para impulsar una imprenta en la Exposición Universal”

La invención se asocia con el inglés, Maughan quien diseñó el primer calentador instantáneo de agua en la década de 1870. Esta idea influyó en Noruega el ingeniero mecánico Edwin Ruud. Él desarrolló el acumulador de agua automático en 1889, y fundó la compañía de fabricación Ruud en Estados Unidos [5].

A partir de 1973, la energía solar ha sido motivo de múltiples investigaciones, y sin necesidad de técnicas complicadas, cada vez encuentra más aplicaciones sumamente prácticas y atractivas en la calefacción y enfriamiento de edificios, calentamiento de agua para consumo doméstico e industrial, bombeo de agua en áreas rurales apartadas [3].

Los orígenes de las duchas o conocidas las regaderas fue en la Grecia Antigua y el Antiguo Egipto, pero la ducha moderna llegó en el siglo XIX por el Doctor Merry Delabost, la misma

que en la actualidad es la más utilizada, pero con un riesgo al momento de no tener una adecuada instalación, bajo normativas que le ampare a la protección de los usuarios y también afecta el costo.

Calentadores de agua a un principio tenía un quemador de gas con una inclinación de tuberías de agua en forma de espiral. Cuando el agua del grifo se abre el quemador de gas se encendió, para calentar el agua que fluía a través de la bobina [6].

Estas plantas se componen de lazos o hileras de espejos de forma parabólica que concentran la radiación solar en un tubo colector central por el que circula un aceite térmico, que lo calienta para alcanzar una temperatura cercana a los 400 °C [7].

El sistema de captador cilindro parabólicos SENER trough®, patentado por SENER, incorpora mejoras de diseño que permiten reducir el tiempo de montaje y el peso de la estructura de los captadores respecto a otros similares [4].

Se estima que en Ecuador existen 1800000 duchas y 400000 calefones destinados para el calentamiento de agua sanitaria con una tasa de crecimiento del 50 % anual, en el caso del gas licuado de petróleo (GLP), es un combustible subvencionado por el Estado Ecuatoriano con fines de cocción. El presente proyecto se centra en el estudio de factibilidad y verificación de un sistema que integre tanto las energías renovables como la energía solar con un colector térmico como sistema principal de aporte de energía y las energías no renovables con el uso del calefón por gas licuado de petróleo (GLP), como sistema auxiliar de aporte a través de una válvula termostática [8].

Entre las ventajas obtenidas se logra un sistema más estable, con menor impacto ambiental, automatizado, así como una temperatura de 3 a 4 veces la temperatura de salida.

3.2. Normativas

3.2.1. Políticas generales sobre energías renovables

En La Constitución de la República del Ecuador en el capítulo segundo en derechos del buen vivir, sección segunda en la que habla del ambiente sano, el artículo 14 “garantiza a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”. El artículo 15 habla que “el estado promoverá ya sea en el sector público y privado al uso de tecnologías ambientalmente limpia y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto” [9].

En el Título VI del régimen de desarrollo en el capítulo quinto de los sectores estratégicos, servicios y empresas públicas el artículo 317 dice que “los recursos naturales no renovables pertenecen al patrimonio inalienable e imprescriptible del Estado. En su gestión, el Estado

priorizará la responsabilidad intergeneracional, la conservación de la naturaleza, el cobro de regalías u otras contribuciones no tributarias y de participaciones empresariales; y minimizará los impactos negativos de carácter ambiental, cultural, social y económico” [9].

En la sección octava de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales en el artículo 385 el sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como:

“Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir” [9].

En la sección séptima de biosfera, ecología urbana y energías alternativas en el artículo 413 “el Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua” [9].

En el título VI de eficiencia energética del artículo 74 de los objetivos se habla de la eficiencia energética tendrá como objetivo general la obtención de un mismo servicio o producto con el menor consumo de energía, en particular, los siguientes:

1. Fomentar la eficiencia en la economía y en la sociedad en general, y en particular en el sistema eléctrico.
2. Promover valores y conductas orientados al empleo racional de los recursos energéticos, priorizando el uso de energías renovables.
3. Propiciar la utilización racional de la energía eléctrica por parte de los consumidores o usuarios finales.
4. Incentivar la reducción de costos de producción a través del uso eficiente de la energía, para promover la competitividad;
5. Disminuir el consumo de combustibles fósiles.
6. Orientar y defender los derechos del consumidor o usuario final.
7. Disminuir los impactos ambientales con el manejo sustentable del sistema energético.

Art. 76.- Mecanismo de promoción a la eficiencia energética. – “El Estado a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), promoverá la eficiencia energética mediante incentivos o castigos, que se definirán en el reglamento general de esta ley, y las regulaciones correspondientes” [9].

3.2.2. Exigencias básicas bajo la Normativa Ecuatoriana de Construcción 11 cap. 13-14

Norma ecuatoriana de la construcción, NEC-11 en el capítulo 13 sobre la eficiencia energética en la construcción en Ecuador es “elaborada para fomentar el diseño y construcción de edificaciones bajo puntos de vista de sostenibilidad, eficiencia y buen manejo de los recursos en el Ecuador, disminuyendo de esta manera el consumo de combustibles fósiles y recursos no renovables y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas” [10].

Norma ecuatoriana de construcción, NEC-11 capítulo 14 de energías renovables “ha sido elaborada para promover y estandarizar la fabricación y utilización de sistemas solares térmicos (SST), como fuente alterna y renovable de energía primaria en calentamiento de agua de uso sanitario, que permita disminuir el consumo de combustibles fósiles y las emisiones inherentes” [11].

3.2.3. Norma técnica para emisiones a la atmósfera de fuentes fijas

La norma técnica para emisiones a la atmósfera establece los valores máximos permitidos en el país para emisiones de fuentes fijas de combustión y de procesos, además establece los métodos de determinación cuantitativa.

3.3. Precedente de la energía renovable

La energía solar se puede aprovechar activamente mediante dos vías: la térmica, que transforma la energía procedente del sol en energía calorífica, y la fotovoltaica, que convierte directamente la energía solar en energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico [12].

La utilización de la energía térmica para fines sanitarios y de climatización es, afortunadamente ya, una realidad. No cabe duda de que la actual sensibilidad colectiva hacia las energías renovables, capaces de mantener el bienestar sin degradar el medio ambiente, y el importante incremento en el rendimiento de los equipos que permiten la utilización de la energía solar ha contribuido mucho a que se empleen este tipo de instalaciones [13].

Los sistemas de aprovechamiento de la energía solar basados en la vía térmica pueden ser de baja (menores a 65°C), media (entre 100 a 300°C) y alta temperatura (mayores a 500°C). Los de baja temperatura se emplean sobre todo para calefacción, climatización de locales, producción de agua caliente sanitaria [4].

Medioambientalmente, la energía solar térmica, además de ser una fuente de energía no contaminante, contribuye a mejorar la eficiencia energética de las instalaciones al reducir el consumo de energía y, desde el punto de vista económico a largo plazo [14].

3.4. Recurso solar térmico en el Ecuador

Ecuador está ubicado entre las latitudes 1°30'N (Carchi) y 5°0'S (Zamora) y entre las longitudes 72°0'W (Salinas) y 75°10'W (Orellana) es decir al oeste del meridiano de Greenwich. El Archipiélago de Galápagos se encuentra entre las latitudes 1°40'N y 1°30'S y entre las longitudes 89°10'W y 92°0'W. Al estar atravesado por la Línea Equinoccial, el Ecuador tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año, lo cual favorece la aplicación de la energía solar para producir electricidad y calor [6].

La radiación solar directa sumada con la radiación solar difusa que impacta sobre el colector solar, se ve afectada por la nubosidad del día, o lo que se conoce como índice de claridad. Un índice de claridad 1 se da en un día soleado sin nubes, y se puede observar la radiación promedio del Ecuador en la figura 3.1.

Uno de los factores que se debe tener muy en cuenta es el ángulo de inclinación del colector para tener una mayor eficiencia todo el año, y por labores de limpieza este ángulo puede ser hasta 15° en el Ecuador. La orientación deberá ser hacia la línea equinoccial, para tener la mayor energía anual del sol [10].

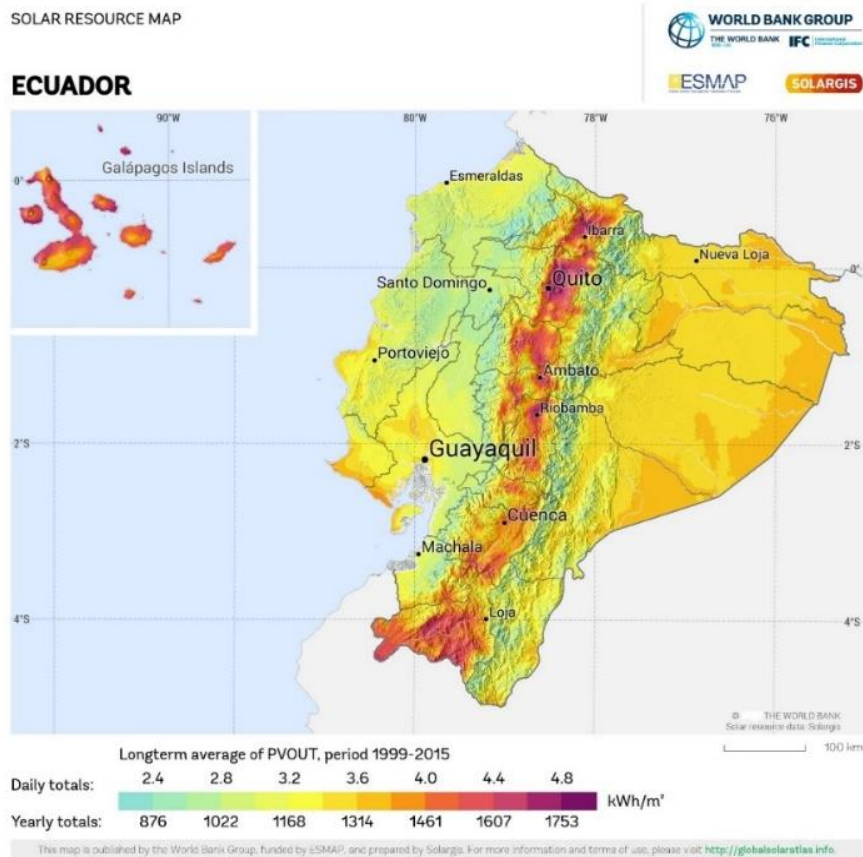


Figura 3.1.- Insolación Global Promedio en Ecuador

Fuente: [6]

Determina global solar atlas, la irradiación solar promedio al día en la Provincia de Cotopaxi está a 5270 Wh/m^2 , como se puede observar en la figura 3.1 datos obtenidos de la global wind atlas.

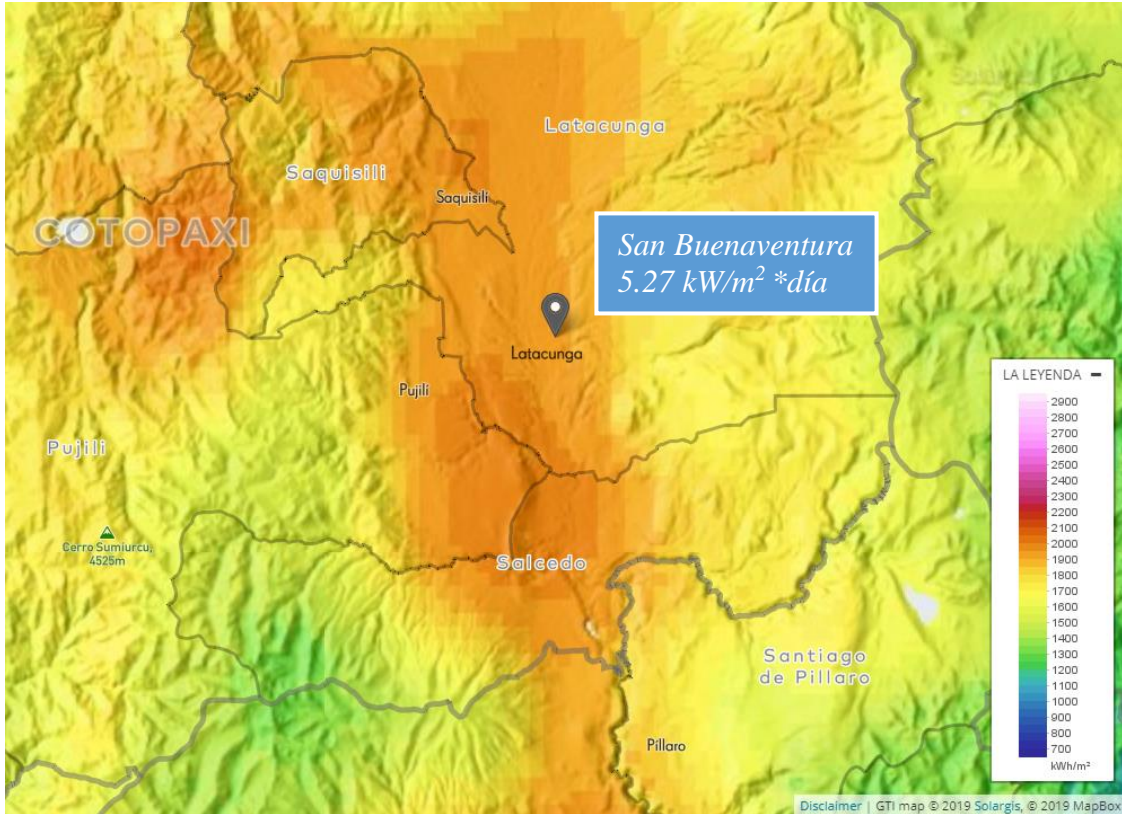


Figura 3.2.- Insolación Global Promedio en Latacunga-San Buenaventura

Fuente: [6]

La figura 3.2 representa el lugar de implementación del sistema siendo sus coordenadas $0^{\circ}53'57.2''\text{S}$, $78^{\circ}36'38.5''\text{W}$ - $(-0.899229, -78.610689)$ siendo en latitud y altitud consecutivamente.

3.5. Radiación solar

Se trata de un flujo de energía en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias: luz visible, infrarroja y ultravioleta. Parte de esta radiación incidente es reflejada por la atmosfera de vuelta al espacio, es absorbida por la humedad presente en el aire o es dispersada por las nubes o por objetos en su paso. La radiación que alcanza directamente la tierra se conoce como radiación directa y la radiación dispersa, como radiación difusa. También se dice que el ojo humano sólo detecta la luz visible [15].

“La radiación solar se encuentra comprendida entre un rango de $0,4 \mu\text{m}$ y $0,7 \mu\text{m}$ como luz visible las que son detectadas inmediatamente por humano.”

3.5.1. Tipos de radiación

Radiación directa. - Es la radiación que nos llega directamente del Sol, sin haber incidido con nada por el camino y, por lo tanto, sin haberse desviado ni cambiado de dirección. Esta radiación es la que produce las sombras. Es el tipo de radiación predominante en un día soleado [16].

Radiación difusa. - Es la radiación que nos llega después de haber incidido con cualquier elemento de la atmósfera (polvo, nubes, contaminantes y otros), por lo que ha cambiado de dirección, se conoce como el tipo de radiación predominante en un día nublado [16].

Radiación reflejada o albedo. - Es la radiación reflejada por la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, con agua (como cerca del mar o de una presa) o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante [16].

La radiación global. - Es la suma de la radiación directa y la radiación difusa [16].

3.6. Demanda energética

La energía necesaria para mantener en el interior del edificio a una condición de confort definidas reglamentariamente en función de uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique [17].

“El consumo de sistema energético dispuesto para una edificación se forma a partir de una demanda energética de calefacción y de refrigeración, propios a los meses de la temporada de cada demanda”.

3.7. Eficiencia energética

La eficiencia de un colector solar se define como la relación entre la energía absorbida (densidad de energía) por el fluido portador del calor y la energía incidente (densidad de energía solar) sobre su superficie como se muestra en la figura 3.3 [18].

“Podemos decir que la eficiencia es el aprovechamiento máximo de un recurso en uso, sin cambiarlo de forma ni valor si no, optimizar su funcionamiento”.

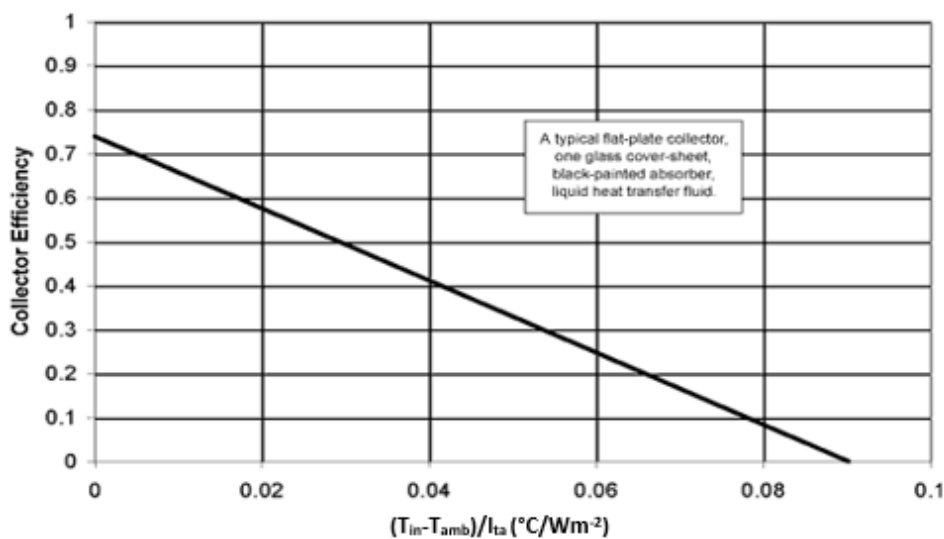


Figura 3.3.- Curva característica de rendimiento (referida al área de absorción).
Fuente: [8].

3.8. Aprovechamiento térmico

Se trata de que los colectores solares capturen toda la energía proveniente del sol en forma térmica donde el fluido será el que aproveche toda esa energía.

3.9. Energía térmica

La energía térmica es aprovechada mediante paneles solares térmicos (tubos de vacío, cilindro parabólico), elevando la temperatura del líquido, y usarla de diferentes maneras ya sea para uso doméstico, calentar el agua de piscinas o uso industrial, la eficiencia del colector depende de los materiales que fueron construidos [19].

“La energía termo-solar, consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para generar calor mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos. Esta energía solar se encarga de calentar el agua u otro tipo de fluido a temperaturas que podrán oscilar entre 40° y 50° Celsius, con un rendimiento aceptable, y no debiendo superar los 80° Celsius, con un rendimiento menor”

3.10. Colectores solares

Los colectores solares son uno de los sistemas más usados para el calentamiento de agua ya que este dispositivo capta casi toda la energía del sol convirtiéndola en energía térmica con poca pérdida de calor, gracias a sus materiales con las que están diseñadas.

3.11. Principio de funcionamiento

Por el efecto invernadero que se produce dentro del colector solar se puede generar energía en forma de calor para elevar la temperatura de un fluido en este caso el agua, el principio de funcionamiento es sencillo, se basa en el aprovechamiento de la Energía Calórica que emiten

los rayos solares directo, indirecto o la global. Durante un día despejado, es decir, sin nubosidad, los rayos solares penetran la atmósfera casi sin dificultad conociendo como radiación directa. El colector posee en su interior una cubierta de color negro como se muestra en la figura 3.4, con el fin de absorber la mayor cantidad de la energía emitida por el sol.

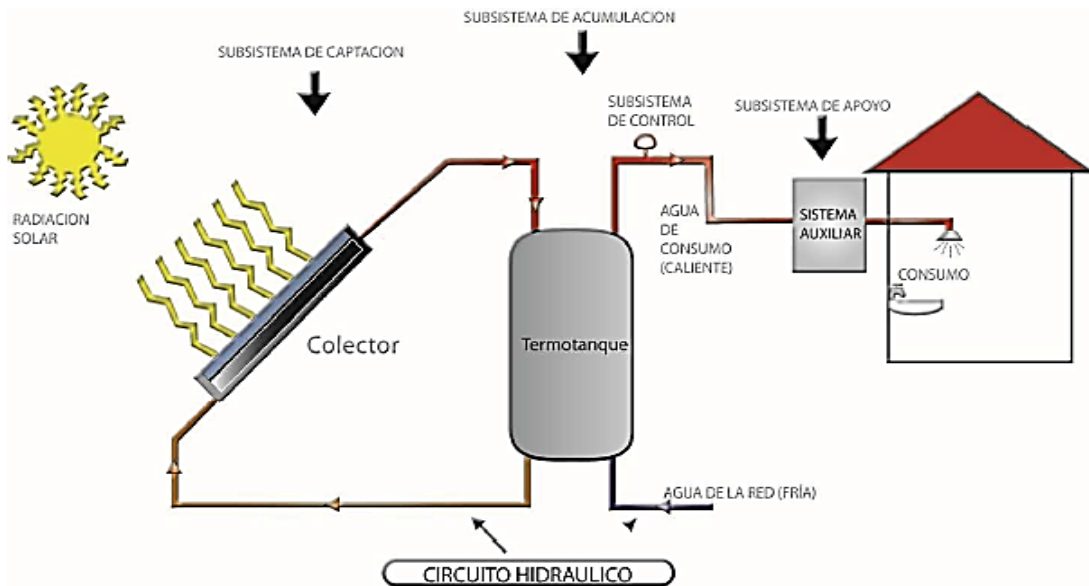


Figura 3.4.- Sistema para calentamiento de agua de uso residencial
Fuente: [11]

3.12. Estructura física del sistema

Está compuesto por un colector de tubos de vacío, colector cilindro parabólico, termo tanque, sistema de control y acumulador como se puede observar en la figura 3.5, las misma que se puede decir que se tratan de los sistemas de captación. Por medio de este sistema se aprovechará de la mejor manera toda esa radiación solar directa para el calentamiento de agua en uso doméstico.

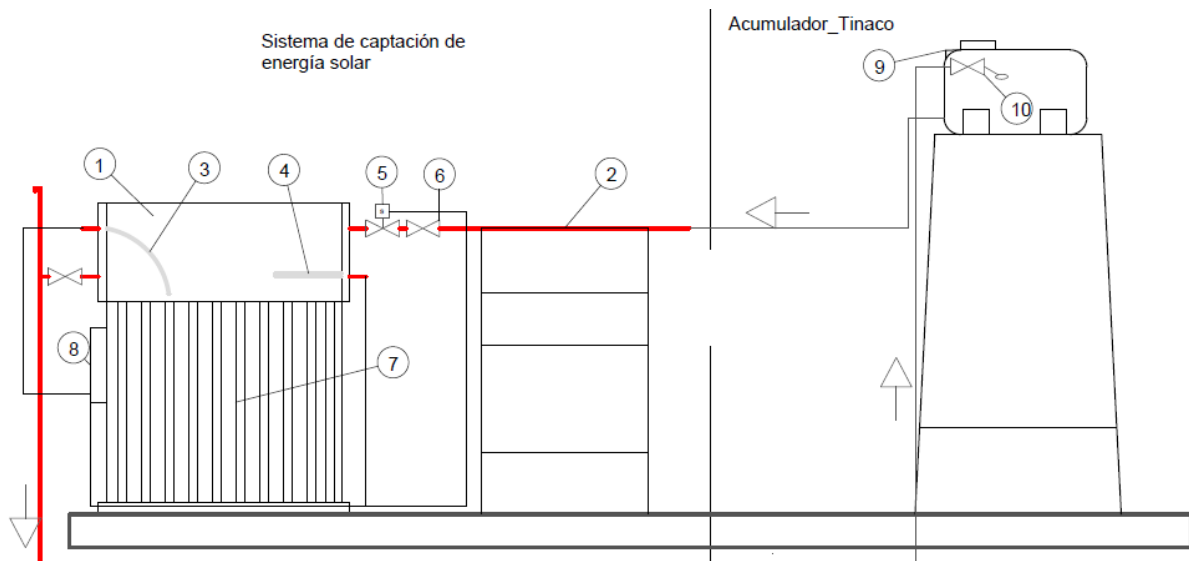


Figura 3.5.- Estructura del calentador solar térmico híbrido
Fuente: [1]

- 1.- Acumulador 100 L
- 2.- Cilindro parabólico
- 3.- Sensor de nivel y temperatura
- 4.- Resistencia eléctrica
- 5.- Electroválvula
- 6.- Llave de paso
- 7.- Tubos de vacío
- 8.- Sistema de control.
- 9.- Tinaco
- 10.- sensor de nivel mecánico

3.13. Sistema de captación

Un sistema solar térmico (SST) para calentamiento de agua en uso doméstico, está conformado por diferentes equipos como son:

3.13.1. Colector Cilíndrico Parabólico (CCP).

Existen muchos campos solares que utilizan esta tecnología como medio de generación de energía térmica y eléctrica, ejemplos de ellos son la Plataforma Solar de Almería Andasol 1 y Andasol 2. Es por ello que esta tecnología está muy avanzada, la información y exactitud es amplia y detallada. Los colectores cilíndricos parabólicos (CCP) como se muestra en la figura 3.6 son captadores concentradores solares de foco lineal, que transforman la radiación solar directa en energía térmica, gracias al calentamiento de un fluido de trabajo que puede llegar

hasta los 400 °C en casos muy favorables. Por tanto, están englobados dentro de los colectores solares de media temperatura.

“Además, se tiene que la eficiencia en este tipo de colector tiene valores que van del 12,5% al 17% de la radiación solar, y son de las tecnologías de concentración más desarrolladas y con más aplicaciones comerciales actualmente” [5].

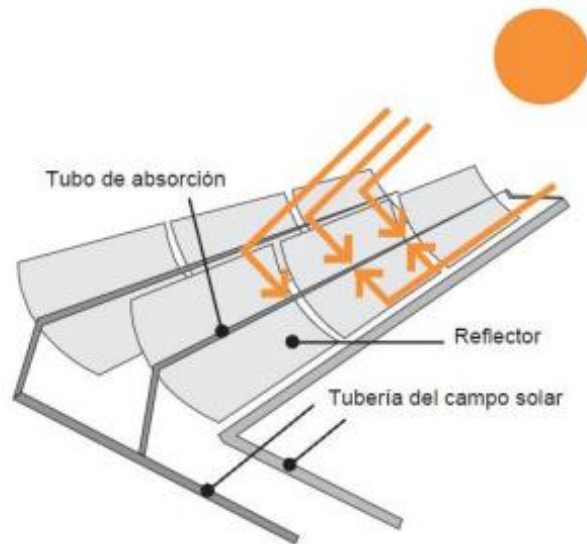


Figura 3.6.- Esquema del CCP
Fuente: [3]

- **Componentes**

En la figura 3.6 se ve las partes principales del colector y a continuación se detallada y se define de la siguiente manera:

- **El tubo de absorción o receptor**

Es un elemento fundamental en un colector cilíndrico parabólico (CCP), pues el rendimiento global del colector depende en gran parte de la calidad termodinámica del absorbente. Puede constar de un solo tubo o de dos tubos concéntricos. En este último caso, el tubo interior es metálico de elevada absorvidad (>90%) y de baja emisividad (<30) en el espectro infrarrojo, lo que se traduce en un elevado rendimiento térmico. Por otro lado, el tubo exterior es de cristal y tiene el objetivo de reducir las pérdidas térmicas por convección del tubo metálico, así como de protegerlo frente a las condiciones meteorológicas adversas. Ambos tubos suelen llevar un tratamiento para aumentar la transmisividad de la radiación solar, lo que causa un aumento del rendimiento óptico del colector.

- **El Reflector Cilíndrico Parabólico**

Su misión es la de reflejar y concentrar sobre el receptor la radiación solar directa incidente sobre la superficie. A grandes rasgos es un espejo curvo que forma en una de sus dimensiones

una parábola, de forma que concentra sobre su línea focal toda la radiación reflejada. Entre los materiales usados para la reflexión, encontramos plásticos recubiertos con películas de plata o aluminio, chapas metálicas, o el más usado: vidrio sobre los que se depositan una capa de plata junto con un protector de base de cobre y pintura epoxi.

- **La estructura metálica del cilindro parabólico**

La misión de la estructura del colector es la de dar rigidez al conjunto de elementos que lo componen, para así dar una sensación de seguridad a los usuarios, se entiende por estructura del colector cilíndrico parabólico a todo el conjunto mecánico del sistema como se muestra en la figura 3.7, el mismo que brinda soporte y rigidez a los componentes del sistema.

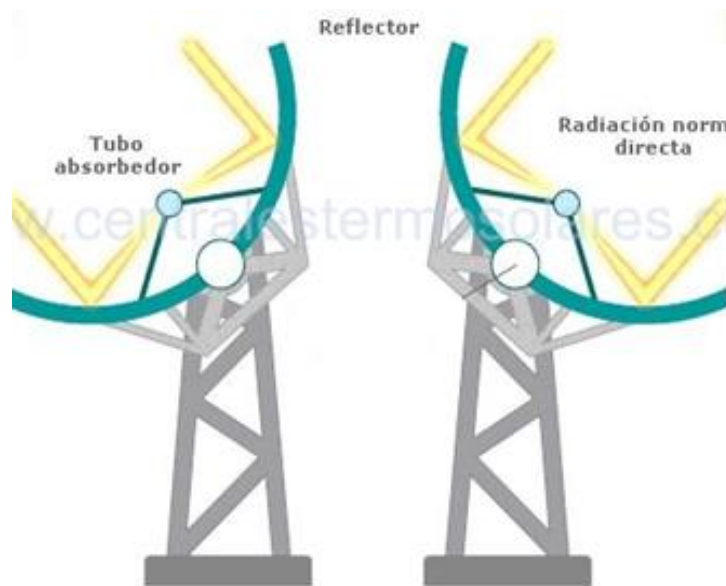


Figura 3.7.- La estructura metálica del cilindro parabólico

Fuente: [20]

- **El tipo de sistema es de media temperatura**

Los sistemas están comprendidos entre los 80°C y hasta los 250°C, utilizados usualmente para procesos industriales como generación de fluidos térmicos desalinización de agua de mar, etc.

3.13.2. Colector solar térmico de tubos de vacío

Un colector solar de tubos de vacío es un tipo de panel solar que aprovecha la energía solar térmica. El objetivo de los captadores solares es convertir la radiación solar en energía térmica. Este sistema de energía solar renovable utiliza un tipo de panel solar, está formado por colectores lineales alojados en tubos de vidrio al vacío.

El colector solar de tubos de vacío consta de un conjunto de tubos cilíndricos. Los tubos están formados por un absorbedor selectivo, situado sobre un asentamiento reflector y rodeado de un cilindro de vidrio transparente como se muestra en la figura 3.8.

Entre el tubo exterior transparente y el absorbedor interior se ha hecho el vacío. Con ello, se evita las pérdidas termodinámicas por conducción y por convección desde la superficie absorbente y este hecho permite alcanzar temperaturas de más de 100°C y aprovechar mucho más la radiación solar [2].



Figura 3.8.- Colector solar térmico de tubos al vacío

Fuente: [2]

- **Componentes**

El principal componente de este colector es los tubos ya que deben ser de un material especial para que no exista pérdidas de calor.

- **Tubos evacuado simples**

Son tubos evacuados ensamblados directamente con el depósito acumulador y que por lo tanto contienen agua.

En la pared interior del tubo evacuado se sitúa una capa de color oscuro de material absorbente. Cuando la radiación solar incide sobre la capa de material absorbente se transforma en calor y eleva la temperatura del agua que está en contacto con él.

El agua calentada se eleva por convección y comienza a ascender siendo reemplazada por agua fría que a su vez se calienta y reinicia el proceso.

Este tipo de tubo de vacío como se muestra en la figura 3.9 ofrece la ventaja de tener las ya comentadas escasas pérdidas de calor y los inconvenientes de ser muy sensible a la presión y de no ofrecer ninguna protección contra las bajas temperaturas no siendo posible su utilización en zonas con inviernos fríos sin la inclusión de un calentador eléctrico que caliente el agua del depósito cuando esta alcanza temperaturas muy bajas.

En caso de baja temperatura la dilatación del agua al congelarse puede reventar los tubos y arruinar el equipo.

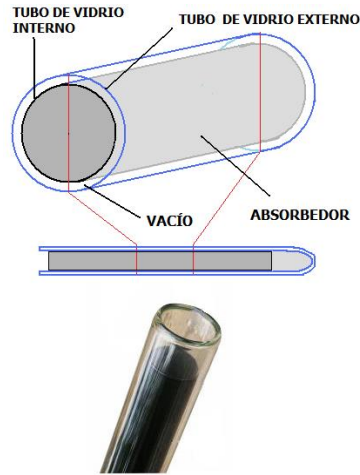


Figura 3.9.- Tubo de vidrio

Fuente: [2]

- Estructura

La estructura del colector térmico de tubos de vacío es una estructura de acero inoxidable, la misma que permite montar al acumulador para su conexión con los tubos al vacío como se muestra en la figura 3.10 es decir, la estructura viene diseñada para soportar los tubos y el acumulador de agua.



Figura 3.10.- Estructura del SST

Fuente: [2]

- **Acumulador**

Los sistemas de energía térmica solar siempre serán imposibilitados de traer consigo una producción instantánea de agua caliente que abastezca las necesidades de consumo. Por ello es imprescindible disponer de un sistema de acumulación como se muestra en la figura 3.11 que permita, además de disponer del servicio con independencia de las condiciones de irradiación a cada instante [2].

” Un acumulador es un elemento básico para la instalación de un sistema solar térmico en este caso de la producción de agua caliente sanitaria (ACS), el acumulador nos ayuda para la acumulación de agua proveniente de los captadores térmicos solares a una temperatura (T_e), para luego ser distribuida a las duchas con otra diferente temperatura (T_s).”

Los equipos solares térmicos captan la energía radiante para su aprovechamiento, almacenándola en un acumulador o depósito para su posterior utilización.

La transmisión de energía solar al agua del acumulador se lleva a cabo mediante la circulación del fluido contenido en el circuito primario; el mismo se calienta al pasar el agua través de este.

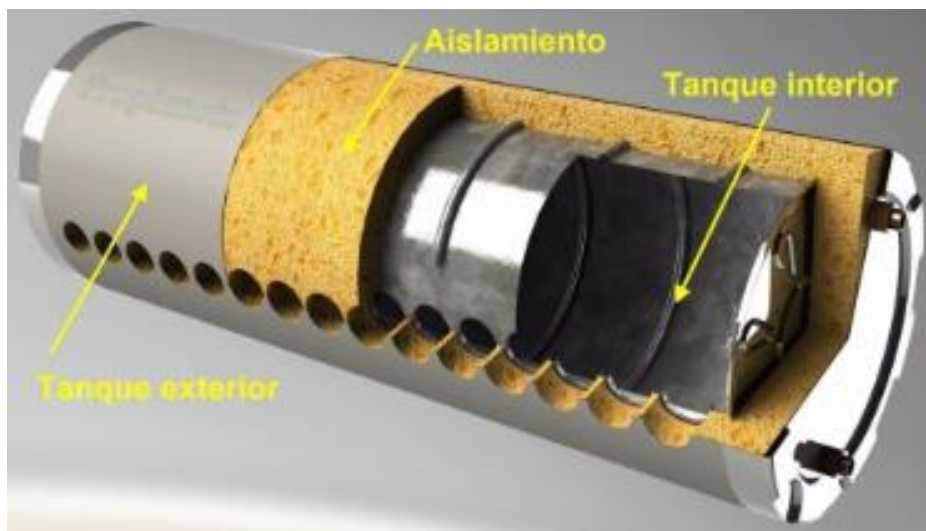


Figura 3.11.- Acumulador

Fuente: [2]

3.14. Conexión de colectores en serie

Esta conexión se lo realiza cuando queremos que su temperatura se eleve, esto decir que la temperatura se multiplicara cuando el fluido de trabajo pase por cada colector, pero hay que tomar en cuenta que su rendimiento se reduce como se muestra en la figura 3.12.

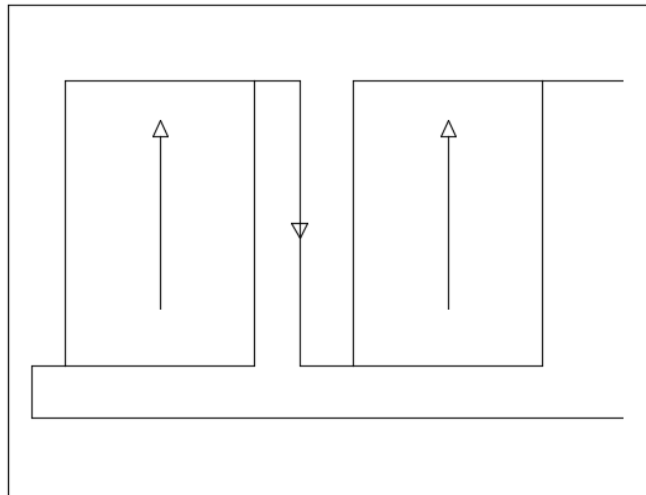


Figura 3.12.- Conexión de colectores en serie

Fuente: [7]

3.15. Red del sistema de calentamiento de agua

Para un sistema de producción de agua caliente sanitaria mediante una instalación térmica solar una de las partes fundamentales es el diseño adecuado de la parte hidráulica, desde el sistema de captación hasta el consumo, para eso mencionaremos los más principales:

- **Caudal.** - Dependiendo de la aplicación del fluido de trabajo, los valores del caudal por cada colector pueden variar al momento de su cálculo, pero se toma un valor de circulación de 50l/h/m^2 . Los valores ideales se encuentran entre 42 a 60l/h/m^2 .
- **Longitud.** - En lo que se refiere a la longitud, debe ser lo menos distante posible para reducir la cantidad de pérdidas de calor, pérdidas por carga de fluido y de rozamiento en la tubería.
- **Seguridad.** - La importancia de dispositivos de seguridad es imprescindible en este tipo de sistemas, dispositivos que controlan las variaciones de temperatura y sobrepresiones son importantes para asegurar la integridad de la instalación. Es importante integrar purgadores de aire para evitar que existan bolsas de aire en el sistema ya que esto será perjudicial para la instalación del sistema.

3.16. Materiales de la red del sistema

Para el óptimo funcionamiento del sistema hidráulico mencionaremos los elementos que lo conformaran detallando cada uno de ellos.

- **Tubería**

Para la utilización de materiales específico de tuberías se debe basarse a normativas que aseguren su durabilidad, en este caso será necesario la utilización de cobre o acero inoxidable o también tuberías de material plástico que sean aptos para este sistema.

En los sistemas indirectos, para el abastecimiento de agua caliente sanitaria (ACS) en este caso el circuito secundario se podrá utilizar cobre, acero inoxidable o acero galvanizado, se considera también el plástico que soporte temperaturas máximas del sistema, que cumplan las normativas UNE, las tuberías pueden o tienen que estar cubiertas por pintura anticorrosiva. Ay que tomar en cuenta que mucha tubería y accesorios aumentarían en gran proporción las pérdidas en el sistema, por lo general las pérdidas por convección son las más importantes.

Siguiendo la normativa vigente para el aislamiento será diferente según el material al que se aislará, a continuación, se muestra en la tabla 3.1 donde veremos los espesores según los diámetros de tuberías en mm, para material genérico el coeficiente de conductividad térmica será de 0.040 [W/(m.°C)] a 20 (°C).

Tabla 3.1.- Valores de aislamiento de la tubería

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40..60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Fuente: [21]

Se utilizó tubería según a las normas y especificaciones técnicas del acumulador y del panel solar, en este caso ½” tanto en el circuito primario y secundario.

3.17. Aislamiento térmico

Aislamiento térmico es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción. Se evalúa por la resistencia térmica que tienen, la medida de la resistencia térmica o, lo que es lo mismo, de la capacidad de aislar térmicamente, se expresa, en el Sistema Internacional de Unidades (SI) en m².K/W (metro cuadrado y kelvin por vatio).

Se considera material aislante térmico cuando su coeficiente de conductividad térmica: λ es inferior a $\lambda < 0,085$ kcal / m² °C medido a 20°C (obligatorio) o 0,10 W/m²K. La resistencia térmica es inversamente proporcional a la conductividad térmica [22].

La normativa RITE: ITE 03.1. Espesores mínimos de aislamiento térmico el cual, especifica que en las tuberías de hasta 40 mm situadas en el interior de un edificio se aislarán con 20 mm de grosor. Para las tuberías situadas en el exterior, el grosor se incrementará en 10 mm y se

protegerán contra la radiación ultravioleta y los agentes atmosféricos mediante un recubrimiento de aluminio.

3.18. Elementos de seguridad

Es importante la ubicación de válvulas de seguridad se instalen en el sistema para que garantice cada parte del circuito apto para ser protegida y que no dificulten cualquier labor de mantenimiento. En sistemas sencillos se puede instalar un elemento de seguridad por cada colector, y a la entrada del sistema de acumulación.

Existen varios tipos de válvulas según su función como son:

- Válvulas de esferas: para aislamiento y llenado
- Válvulas electromagnéticas: para seguridad

3.19. Sistema auxiliar

Al momento que la temperatura del agua es inferior a los 40°C la ideal, el sistema de energía auxiliar se encargará de realizar el calentamiento adicional hasta recompensar la temperatura perdida y llegar a la deseada o ideal.

En la instalación del sistema de producción de agua de consumo sanitario mediante paneles solares térmicos será necesario incorporar un sistema auxiliar de energía, esto para la ayuda en temporadas de invierno, en donde la temperatura no cubrirá la energía necesaria para elevar la temperatura en el fluido de trabajo.

El sistema solar para el calentamiento de agua en uso doméstico es un sistema confiable y amigable con el medio ambiente, según la normativa de construcción del Ecuador es un sistema que brindara un aprovechamiento máximo de un recurso renovable, en este caso la energía solar.

4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Dentro de la metodología se detalla las variables, ecuaciones, materiales, equipos e instrumentos y el diseño experimental que permitirá un enfoque más amplio para la realización de esta propuesta tecnológica.

- **Investigación bibliográfica**

Para lograr el objetivo del trabajo conlleva a revisar trabajos similares, como artículos, libros, revistas que permita el mejoramiento del sistema de calentamiento de agua.

- **Investigación de campo**

Con esta investigación permite al investigador trabajar el lugar in situ, para determinar las condiciones necesarias para la implementación del sistema solar

- **Investigación experimental**

En esta investigación permite realizar a los investigadores la tabulación de datos de radiación solar para la construcción del colector cilindro parabólico, y para la implementación del sistema de solar híbrida del calentamiento de agua, posteriormente la tabulación de la temperatura del agua y el tiempo que se demora en incrementar la temperatura de la misma, con la finalidad de poder realizar los cambios respectivos para su óptimo funcionamiento

4.1. Metodología cuantitativa

Permite la aplicación de los instrumentos evaluado y validado por los expertos, permitió obtener la información numérica, procesada con técnicas estadísticas para determinar la cantidad de radiación solar existente en el sector, la temperatura del agua y el tiempo que se demora en el calentamiento de agua, estas mediciones se lo realizo en cada una de las variaciones climáticas.

4.2. Métodos

Se aplicó el método científico, inductivo, sintético y analítico.

Científico porque se aplicó en todo el proceso de la investigación es decir desde el problema hasta el desarrollo de la propuesta, a la vez se aplicó el método inductivo-deductivo en el momento de la toma y registro de datos de la radiación solar a través de un piranómetro además se determinó la temperatura del agua mediante un termómetro y finalmente el tiempo de calentamiento de agua mediante un cronometro.

Esto permitirá proponer el tipo de sistema solar para el calentamiento de agua alternativo de solución para el uso eficiente de la energía solar, también se aplicó el método analítico para contrastar con normas NEC 11 que son aplicadas en la utilización de energías renovables.

4.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos (válidos y confiables)

El trabajo de investigación demanda datos cuantitativos, como técnica se utiliza la lectura científica, la observación y la medición, como instrumento de recolección de datos se aplicó la tabla de datos aplicados a la radiación solar, temperatura del agua y el tiempo que se demora al calentar el agua para la implementación del sistema solar.

4.4. Lectura científica.

Es utilizada en la fundamentación teórica de la investigación, ya que permite a los investigadores realizar una valoración de carácter científico de la información bibliográfica realizada.

4.5. Observación.

Se podrá tomar en consideración todas las situaciones visibles en la implementación del sistema solar.

4.6. Medición.

Permite recopilar información mediante la toma de datos con los siguientes instrumentos:

Piranómetro: Instrumento de medición para la radiación solar como se muestra en la figura 4.1, cuyas características se presenta en la tabla 4.1.



Figura 4.1.- Piranómetro

Fuente: [23]

Tabla 4.1.- Característica del piranómetro

Código	306211
Referencia	SM-206
Rango	1-3999 W/m ² (BTU)
Resolución	0.1 W/m ²
Exactitud	± 5% de la lectura
Funciones	Memoria pico, congelación lectura
Características	Display LCD
Alimentación	Materia 9 VDC

Fuente: [23]

Con este equipo se realizó la medición de la radiación cuya unidad de medición es W/m².

Termómetro:

Instrumento que permite medir la temperatura del agua como se muestra en la figura 4.2, cuyas características se encuentran en la tabla 4.2.



Figura 4.2.- Termómetros

Fuente: [1]

Tabla 4. 2.- Características del termómetro

Rango	-20 +150
Unidad	°C
Div.	1
Precisión	± 2
Inmersión	76 mm
Longitud mm	305

Fuente: [1]

Cronometro:

Para la toma del tiempo se utilizó como cronometro la aplicación del celular.

Sistema de control de temperatura

En los sistemas de circulación forzada casi siempre se incorporan una parte de control electrónico llamado central de regulación o reguladora diferencial, como se muestra en la figura 4.3, donde su función es del arranque o parada, el control de la velocidad del caudal de circulación en el primario de acuerdo a la diferencia de temperatura entre la salida del colector y de acumulador en nuestro caso nos permitirá saber la temperatura exacta del acumulador.

Las características técnicas de este sistema se encuentran en el **ANEXO IV**.



Figura 4.3.- Sistema de control de temperatura

Fuente: [1]

4.7. Cálculo

Permite determinar el área de absorción de los colectores solares, el punto focal céntrico del colector parabólico, el diámetro y la longitud de la cañería o plancha receptora, el número de tubos al vacío, el acumulador para el colector del sistema de tubos de vacío, mismo que se realizan mediante la cantidad de agua al ser utilizada. Además, se lo realiza la comparación en relación al consumo eléctrico y del gas licuado de petróleo (GLP).

Ecuaciones:

4.7.1. Ecuaciones para la dimensión del cilindro parabólico

Ecuación 4.1.- Cálculo de la energía solar incidente sobre el colector.

$$Q_{sol} = \frac{A_c \cdot I_o \cdot \cos \alpha}{h_{\text{horas de trabajo}}} \quad (4.1)$$

Donde:

Q_{sol} : Energía solar incidente sobre el colector; [W].

A_c : Área de recolección; [m].

I_o : Radiación promedio en pésimas condiciones climáticas; [W/m²].

$\cos \alpha$: Angulo de incidencia solar.

$h_{\text{horas de trabajo}}$: Horas de trabajo optimo del sistema; [h].

Ecuación 4.2.- Cálculo del área de apertura de la superficie reflectora del colector.

$$A_c = \frac{Q_{sol} \cdot h}{I_o} \quad (4.2)$$

Donde:

A_c : Área de apertura; [m].

Q_{sol} : Energía solar incidente sobre el colector; [W].

h : Horas de trabajo optimo del sistema; [h].

I_o : Radiación promedio en pésimas condiciones climáticas; [W/m²].

Ecuación 4.3.- Cálculo de la razón de concentración de los colectores parabólicos.

$$C = \frac{\text{Area del colector}}{\text{Area del receptor}} = \frac{D \cdot L}{d \cdot L} \quad (4.3)$$

Donde:

C : Razón de concentración.

D : Diámetro externo del colector; [m].

d : Diámetro interno del colector; [m].

L: Longitud del colector; [m].

Ecuación 4.4.- Cálculo del área del foco o receptor con un factor de concentración.

$$\text{Area del receptor} = \frac{\text{Area del colector}}{C} \quad (4.4)$$

Donde:

C: Razón de concentración.

Ecuación 4.5.- Cálculo de la longitud de la tubería del receptor y del colector.

$$L = \frac{\text{Area del receptor}}{d} \quad (4.5)$$

Donde:

L: Longitud de la tubería absolvedora; [m].

d: Distancia focal del colector; [m].

Ecuación 4.6.- Cálculo del diámetro de apertura del colector.

$$D = \frac{\text{Area del colector}}{L} \quad (4.6)$$

Donde:

D: Diámetro de apertura del colector; [m].

L: Longitud de la tubería absolvedora; [m].

4.7.2. Cálculo del incremento de temperatura y de caudales máxicos.

Ecuación 4.7.- Caudal máxico del agua proporcionado.

$$\dot{m} = \frac{\rho \cdot v \cdot \pi \cdot D^2}{4} \quad (4.7)$$

Donde:

m: Caudal máxico; [kg/s].

p: Densidad; [m/V].

D²: Diámetro; [m].

Ecuación 4.8.- Incremento de temperatura.

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (4.8)$$

Donde:

Q: Incremento de temperatura; [°C].

\dot{m} : Caudal másico; [kg/s].

C_p : Calor específico del agua; [kJ/kg].

ΔT : Variación de temperatura; [°C].

Ecuación 4.9.- Cálculo de la razón de concentración.

$$C = \frac{4 \cdot A}{L \cdot \pi \cdot D^2} \quad (4.9)$$

Son dos los parámetros básicos de un CCP: la razón de concentración geométrica [C] y el ángulo de aceptación [ϕ].

Donde:

A: área de apertura; [m].

L: longitud del colector; [m].

D: diámetro del tubo receptor; [m].

4.7.3. Cálculo de la temperatura del cilindro parabólico.

Para un cilindro parabólico hueco con fuentes de calor uniformemente distribuidos, las condiciones de contorno apropiadas serían.

$$T = T_1 \text{ * (superficie interior)}$$

$$T = T_t \text{ * (superficie exterior)}$$

4.7.4. Distancia entre captadores.

La distancia mínima entre la fila de captadores respecto a la horizontal se tomará con respecto a una altura referida con el plano horizontal y la elevación del panel eso será h, a continuación, veremos la ecuación que nos ayudará de mejor manera el cálculo de la distancia.

Ecuación 4.10.- Distancia entre captadores.

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} \quad (4.10)$$

Donde:

d: distancia entre captadores; [m].

h: altura entre la superficie plana y la elevación del panel térmico; [m].

4.7.5. Ecuaciones para el dimensionamiento del colector térmico de tubos de vacío.

Ecuación 4.11.- Área de la superficie interior del tubo.

$$A_{S \text{ Tubo}} = \pi \cdot D \cdot L_T \quad (4.11)$$

Donde:

D: Diámetro interno del tubo; [m].

L_T: Longitud del tubo para la captación de energía solar; [m].

Ecuación 4.12.- Calor Incidente.

$$Q_{inc} = \alpha \cdot \tau \cdot G_{solar \text{ promedio}} \cdot A_{S \text{ Tubo}} \quad (4.12)$$

Donde:

τ : Transmitancia de la cubierta de vidrio.

α : Coeficiente de absorción de la placa.

G: Radiación solar necesaria [W/m].

Ecuación 4.13.- Calor Útil.

$$Q_{util} = Q_{inc} - Q_{per} \quad (4.13)$$

Donde:

Q_{inc}: Calor incidente; [W].

Q_{per}: Calor perdido; [W].

Ecuación 4.14.- Volumen del agua en el tubo.

$$V_{agua} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L_T}{4} \quad (4.14)$$

Donde:

D²: Diámetro interno del tubo; [m].

L_T: Longitud del tubo para la captación de energía solar; [m].

Ecuación 4.15.- Masa del agua en el tubo.

$$m_{agua} = V_{agua} \cdot \rho_{agua} \quad (4.15)$$

Donde:

V_{agua}: Volumen del agua en el tubo; [m³].

ρ_{agua} : Densidad; [m/V].

Ecuación 4.16.- Energía necesaria.

$$Q_{nec} = m_{agua} \cdot C_p \cdot (T_f - T_i) \quad (4.16)$$

Donde:

C_p : Calor específico del agua; [kJ/kg].

T_f: Temperatura final del sistema; [°C].

T_i : Temperatura inicial del sistema; [°C].

Ecuación 4.17.- Tiempo necesario de calentamiento del agua en el tubo.

$$t = \frac{Q_{nec}}{Q_{util}} \quad (4.17)$$

Donde:

Q_{nec} : Calor necesario; [J].

Q_{util} : Calor útil; [W].

Ecuación 4.18.- Velocidad del flujo másico en el tubo.

$$\dot{m}_{agua} = \frac{m_{agua}}{t} \quad (4.18)$$

Donde.

m_{agua} : Masa de agua en el tubo; [kg].

t : Tiempo; [s].

Ecuación 4.19.- Velocidad de flujo de volumen en el tubo.

$$\dot{V}_{agua} = \frac{\dot{m}_{agua}}{\rho_{agua}} \quad (4.19)$$

Donde:

\dot{m}_{agua} : Velocidad del flujo másico; [kg/s].

ρ_{agua} : Densidad; [m/V].

Ecuación 4.20.- Área transversal del tubo interior.

$$A_{C\ Tubo} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (4.20)$$

Donde:

D : Diámetro interno del tubo; [m].

Ecuación 4.21.- Velocidad media del agua en el tubo.

$$V_{agua} = \frac{\dot{V}_{agua}}{A_{C\ Tubo}} \quad (4.21)$$

Donde:

\dot{V}_{agua} : Velocidad de flujo de volumen en el tubo; [m³/s].

$A_{C\ Tubo}$: Área transversal del tubo interior; [m²].

Ecuación 4.22.- Área requerida del colector.

$$A = \frac{m_{\text{agua}} \cdot C_p \cdot (T_f - T_i)}{G_{\text{solar promedio}} \cdot n \cdot t_{\text{TC}}} \quad (4.22)$$

Donde:

m_{agua}: Masa de agua en el tubo; [kg].

C_p: Calor específico del agua; [kJ/kg].

T_f: Temperatura final del sistema; [°C].

T_i: Temperatura inicial del sistema; [°C].

n: Rendimiento.

t_{TC}: Tiempo de calentamiento; [h].

Ecuación 4.23.- Número de tubos necesarios.

$$N_{\text{tubos}} = \frac{A_{\text{col}}}{\pi \cdot D \cdot L_T} \quad (4.23)$$

Donde:

A_{col}: Área del colector; [m].

D: Diámetro de tubo; [m].

L_T: Longitud del tubo; [m].

Ecuación 4.24.- Tiempo necesario para calentar el agua requerida (100L).

$$t_{\text{TC}} = \frac{V_{\text{total}}}{V_{\text{total}} - \text{agua}} \quad (4.24)$$

Donde:

V_{total}: Volumen total.

Ecuación 4.25.- Velocidad del flujo total.

$$\dot{V}_{\text{TA}} = \dot{V}_{\text{agua}} \cdot N_{\text{tubos}} \quad (4.25)$$

Donde:

\dot{V}_{agua} : Velocidad del flujo de volumen; [m³/s].

N_{tubos}: Numero de tubos.

Ecuación 4.26.- Velocidad de flujo másico total.

$$\dot{m}_{\text{TA}} = \dot{m}_{\text{agua}} \cdot N_{\text{tubos}} \quad (4.26)$$

Donde:

\dot{m}_{agua} : Velocidad del flujo másico; [kg/s].

N_{tubos} : Número de tubos.

Ecuación 4.27.- Área efectiva del colector.

$$A_{ef} = \pi \cdot D \cdot L_T \cdot N_{tubos} \quad (4.27)$$

Donde:

D : Diámetro de tubo; [m].

L_T : Longitud del tubo; [m].

N_{tubos} : Número de tubos.

Ecuación 4.28.- Calor incidente en el colector.

$$Q_{inc} = \alpha \cdot \tau \cdot G_{solar\ promedio} \cdot A_{ef} \quad (4.28)$$

Donde:

τ : Transmitancia de la cubierta de vidrio.

α : Coeficiente de absorción de la placa.

G : Radiación solar necesaria [W/m].

Ecuación 4.29.- Pérdidas de calor por radiación.

$$Q_{rad} = \frac{\sigma \cdot A_{ef} \cdot (T_f^2 - T_i^2)}{\frac{1}{E_p} + \frac{1 - E_y}{E_y} \left(\frac{D_1}{D_2}\right)} \quad (4.29)$$

Donde:

E_p : Emisividad de la superficie de la cubierta.

E_y : Emisividad de la superficie de la placa.

D_1 : Diámetro del tubo interior; [m].

D_2 : Diámetro del tubo exterior; [m].

Ecuación 4.30.- Calor Útil del colector.

$$Q_{util} = Q_{inc} - Q_{per} \quad (4.30)$$

Donde:

Q_{inc} : Calor incidente; [W].

Q_{per} : Calor perdido; [W].

Ecuación 4.31.- Eficiencia del colector.

$$\eta_{col} = \frac{Q_{util}}{A_{ef} \cdot G_{solar\ promedio}} \quad (4.31)$$

Donde:

Q_{inc} : Calor incidente; [W].

A_{ef} : Área efectiva de colector; [m^2].

$G_{solar\ promedio}$: Radiación solar necesaria [W/m].

4.7.6. DEMANDA DEL CONSUMO DEL GLP

- **Consumo de GLP**

El gas está compuesto de moléculas pequeñas de una cómoda y práctica gasificación, tiene una combustión limpia con valores de emisión contaminante muy bajos, pero esto no quiere decir que no es nocivo para el medio ambiente.

A continuación, en la ecuación obtendremos la energía que fue consumida por el cilindro GLP.

Ecuación 4.32.- Consumo del gas licuado de petróleo.

$$E_{util} = m_{util} \cdot PCI \quad (4.32)$$

Donde:

E_{util} : Energía útil del cilindro de gas.

m_{util} : Masa útil del cilindro.

PCI : Poder calorífico inferior.

n : Eficiencia del cilindro.

E_{fin} : Energía final utilizado por el cilindro de gas.

- **Cálculo del consumo de GLP**

El uso de gas para el cambio de temperatura del agua en el domicilio, conlleva que la emisión de grandes cantidades de propano y butano las que son muy nocivas para el medio ambiente para ello se procederá a realizar el cálculo del consumo exacto del gas licuado de petróleo con la siguiente ecuación:

Ecuación 4.33.- Consumo del gas licuado de petróleo.

$$consumo\ de\ glp = \frac{Q}{P \cdot CGLP} \quad (4.33)$$

Donde:

Q : Cantidad De Calor.

P. CGLP: Poder calorífico del GLP.

4.7.7. Consumo de energía eléctrica

El medidor de energía eléctrica registra el consumo en su residencia. Ese consumo, que corresponde a un período determinado, es expresado en kilovatios-hora (kWh/mes) [24].

Se puede calcular el consumo de la energía eléctrica con la ecuación (4.34).

Ecuación 4.34.- Consumo de energía eléctrica.

$$Cm = \frac{P \cdot h \cdot d}{1000} \quad (4.34)$$

Donde:

Cm: Consumo mensual (kWh/mes).

P: Potencia (W).

h: Horas de uso por día (h).

d: Días del mes (días).

4.4. Señalización de variables

Variable independiente: Radiación solar y tiempo de calentamiento

Variable dependiente: Temperatura

- **Operacionalización de variables**

El disponer de un buen sistema de variables es importante en el proceso de investigación ya que facilita todo un diseño, desarrollo y posterior análisis estadístico de los resultados, observar la tabla 4.3 que indica las variables independientes.

Tabla 4.3.- Variables independientes

VARIABLES	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Radiación	Radiación solar	Radiación en el sistema	W/m ²	Medición	Piranómetro
Tiempo	Tiempo de calentamiento de agua	Elevación de temperatura	Seg.	Medición	Cronómetro

Fuente: [1]

Se representa la variable dependiente en la tabla 4.4

Tabla 4.4.- Variable dependiente

VARIABLE	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Temperatura	De 0 grados a 38 grados	Grados Celsius	°C	Medición	Termómetro

Fuente: [1]

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Análisis de datos de la radiación y temperatura del mes de febrero.

La radiación emitida del sol por día es un dato importante para justificar la eficiencia que presenta los colectores térmicos solares a un determinado tiempo del día, los datos tomados se presentan en el anexo II-1. También nos ayuda a reconocer el salto térmico que produce al momento de circular por los tubos de vacío y almacenar en el acumulador el agua caliente.

En la tabla 5.1 se presenta los datos de radiación promedio por día, variación de temperatura y eficiencia.

Tabla 5.1.- Datos Radiación- febrero

DATOS – MES FEBRERO			
LATITUD:0°56'00"S	LONGITUD: 78°37'00"O		ALTURA:2750 msnm
DÍAS DEL MES	PROM. W/m2	ΔT (°C)	n_g(%)
1	790	24	73
2	895	27	80
3	987	26	87
4	846	27	78
5	930	27	87
6	830	23	85
7	756	25	80
8	943	26	94
9	801	28	85
10	845	25	84
11	980	26	85
12	906	29	88
13	856	28	84
14	967	25	90
15	812	26	83
16	956	26	87
17	907	27	85
18	834	27	86
19	845	25	86
20	923	26	87
21	950	26	85
22	768	23	89

23	856	29	74
24	945	28	85
25	845	26	83
26	1028	27	84
27	983	28	87
28	845	24	85
29	906	25	80
30	996	28	85
31	1106	28	98
PROM.	898	26	85

Fuente: [1]

Para el mes de febrero la radiación promedio se tiene como 898 W/m^2 , teniendo como pico más alto el ultimo día con 1106 W/m^2 por lo cual se puede decir que el 31 es con mayor eficiencia. Una vez obtenido estos valores se puede representar en forma gráfica la misma que se muestra en la figura 5.1.

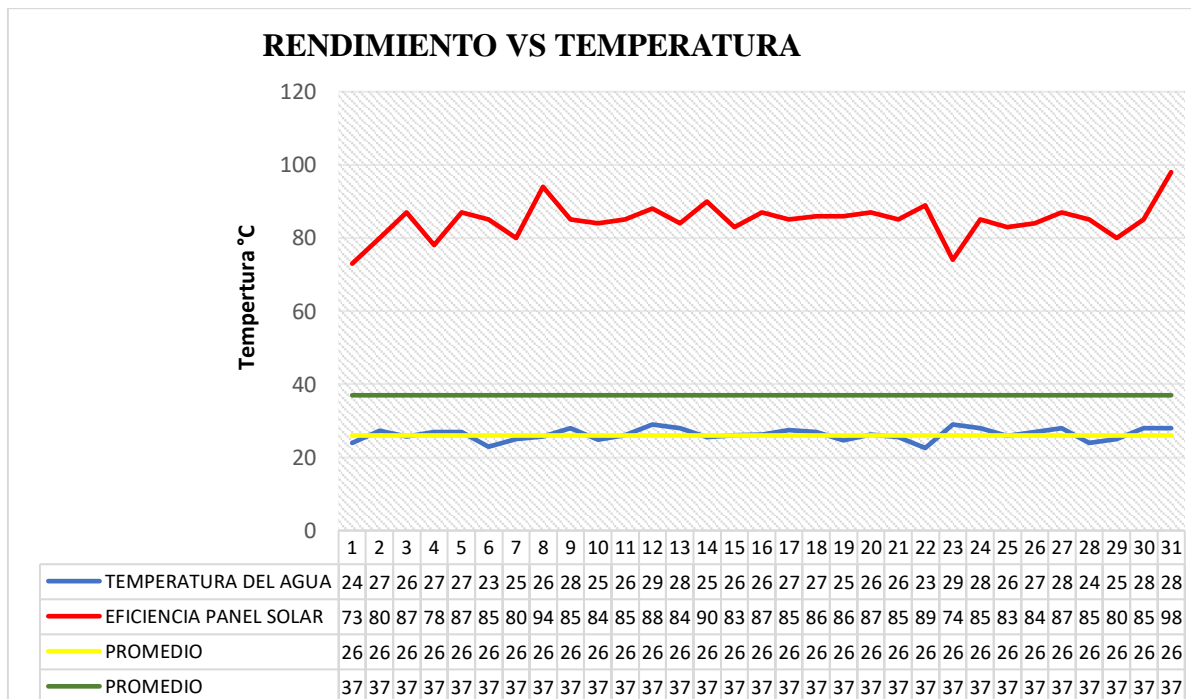


Figura 5.1.- Curva rendimiento vs temperatura

En la siguiente tabla 5.2 se presenta la radiación promedio por día del mes de marzo, cuyos datos diarios tomados en un tiempo establecido se presenta en el anexo II-2, con estos datos podemos hacer referencia a la cantidad de radiación que emite cada día en el lugar de estudio.

Tabla 5. 2.- Datos radiación mes de marzo

UBICACIÓN	SAN BUENVENTURA
MES	MARZO

IRRADIACIÓN, TEMPERATURA, EFICIENCIA			
DÍAS	PROM. W/m2	ΔT (°C)	ng(%)
1	896	27	28
2	878	27	38
3	654	26	34
4	786	26	48
5	987	27	33
6	435	23	26
7	773	25	25
8	976	26	33
9	799	28	32
10	845	25	31
11	923	26	33
12	844	29	35
13	798	28	33
14	805	25	32
15	869	24	29
16	855	26	35
17	952	27	39
18	790	27	32
19	765	25	33
20	879	26	36
21	841	26	34
22	674	23	28
23	765	29	33
24	834	28	85
25	877	26	33
26	987	27	37
27	1243	25	37
28	785	24	29
29	791	25	35
30	118	28	37
31	1256	28	38
PROM.	828	26	35

Fuente: [1]

Se pudo definir como una radiación promedio pico de 1256 W/m² y la más baja de 118 W/m², la misma que se puede presentar en la siguiente figura 5.2.

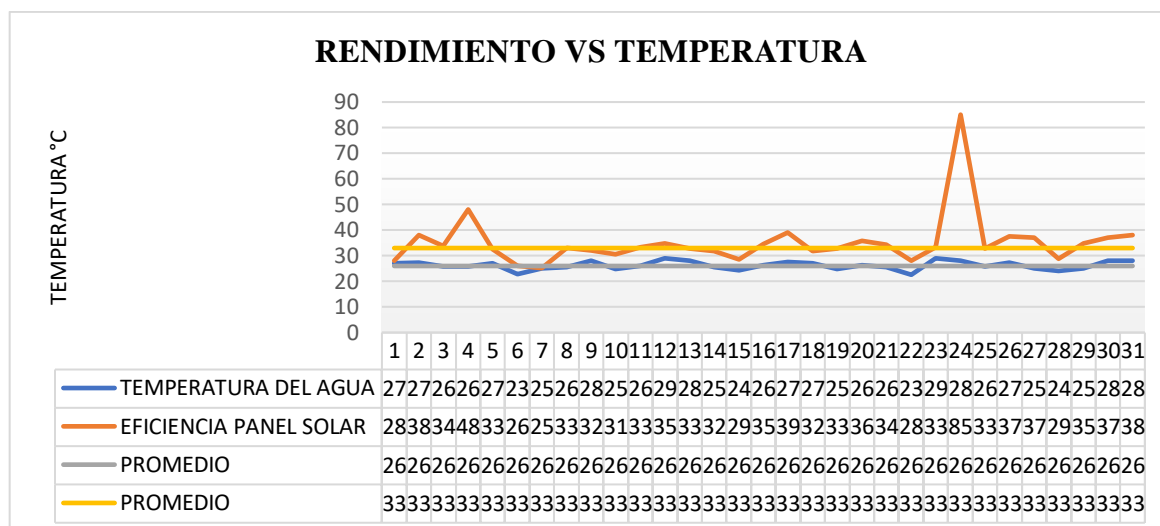


Figura 5.2.- Curvas de rendimiento vs temperatura

Fuente: [1]

Las radiaciones solares según los estudios correspondientes cumplen con los requerimientos del INAMHI como se puede observar en el ANEXO III.

5.2. Dimensionamiento del colector solar cilindro parabólico

Para el cálculo se considera la temperatura de entrada o ambiente 18° y la temperatura deseada es de 45 ° teniendo un salto térmico de 27°, la cantidad de agua que consume cada persona está determinado por la normativa NEC11 que por persona consume 30 litros de agua sanitario al día (ACS/día).

Por lo cual el calor específico (Cp) tenemos el valor de $1,16 \cdot 10^{-3}$ kWh.

En el cálculo de la radiación en una superficie plana se toma la latitud del lugar que en nuestro sistema es - 09352100 y para el valor de radiación (H) del mes de julio del 2018 es 486,69 W/m² lo que nos permite aplicar las siguientes ecuaciones como se presenta en la tabla 5.3.

Energía de calor a calentar en este caso el agua es de 1 kcal/kg°C o 1 termia/tonelada °C.

Tabla 5.3.- Cálculo y análisis de resultados.

Variable a cálculo	Ecuación	Resultado
Cálculo de la energía solar incidente sobre el colector.	(4.1)	72,52 W
Cálculo del área de apertura de la superficie reflectora.	(4.2)	0,9 = 1m ²
Cálculo de la razón de concentración del colector parabólico.	(4.3)	1
Cálculo del área del foco o receptor con un factor de concentración de 40.	(4.4)	1 m ²
Cálculo de la longitud de la tubería del receptor y del colector.	(4.5)	1,10 m
Cálculo del diámetro de apertura del colector.	(4.6)	1 m

Fuente: [1]

El uso de las ecuaciones para el dimensionamiento del colector cilindro parabólico nos permite establecer las dimensiones del material reflejante para el colector, para este caso es de 1 m^2 .

Según las ecuaciones de dimensionamiento:

Foco= 0.263 metros,

lado curvo= 1.2 metros.

lado recto= 1 metros.

Vértice en [0; 0] y foco en [0; 0,30].

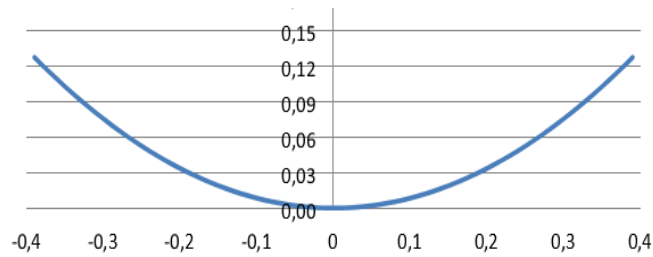


Figura 5.3.- Perfil del canal parabólico (m).

Fuente: [1]

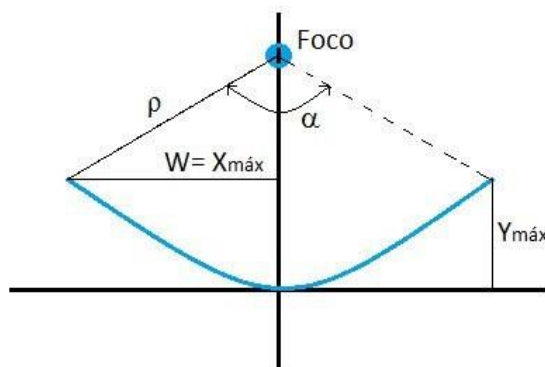


Figura 5.4.- Esquema de las relaciones y distancias dentro del perfil del CP

Fuente: [1]

5.3. Dimensionamiento del colector solar de tubos al vacío

El cálculo y el análisis en el colector solar de tubos al vacío es de gran importancia por el impacto económico que este tiene, ya que si se dimensiona de una manera errónea se perdería recurso económico en una manera considerable ya que los tubos calculados son los tubos que se emplearan en el sistema. Por ende, se presenta en la tabla 5.4 los resultados, la misma que detalla la cantidad de tubos que se va a utilizar en el sistema y la capacidad que van a tener estos.

Tabla 5.4.- Resultados de los cálculos del colector solar de tubos de vacío

Variable a cálculo	Ecuación	Resultado
Área de la superficie interior del tubo.	(4.11)	0,246 m ²
Calor incidente.	(4.12)	96,38 W
Calor Útil.	(4.13)	91,7 W
Volumen del agua en el tubo.	(4.4)	2,70 *10 ⁻³ m ³
Masa del agua en el tubo.	(4.15)	2,67 kg
Energía necesaria.	(4.16)	613833 J
Tiempo necesario de calentamiento del agua en el tubo.	(4.17)	6693,92 seg
Velocidad del flujo másico en el tubo.	(4.18)	3,98 *10 ⁻³ $\frac{kg}{seg}$
Velocidad de flujo de volumen en el tubo.	(4.19)	4,01 *10 ⁻⁷ $\frac{m^3}{seg}$
Área transversal del tubo interior.	(4.20)	1,52 *10 ⁻³ m ²
Velocidad media del agua en el tubo.	(4.21)	1,57 $\frac{cm}{min}$
Área requerida del colector.	(4.22)	2,51 m ²
Número de tubos necesarios.	(4. 23)	10,2 tubos
Tiempo necesario para calentar el agua requerida (100L).	(4.24)	7 horas
Velocidad del flujo total.	(4.25)	4,01 *10 ⁻⁷ $\frac{m^3}{seg}$
Velocidad de flujo másico total.	(4.26)	3,98 *10 ⁻³ $\frac{kg}{seg}$
Área efectiva del colector.	(4.27)	2,46 m ²
Calor incidente en el colector.	(4.28)	963,84 W
Perdidas de calor por radiación.	(4.29)	495,45 W
Calor Útil del colector.	(4.30)	432,35 W
Rendimiento del colector.	(4.31)	38,37 %

Fuente: [1]

Una vez obtenido las magnitudes de cada una de las variables se selecciona los elementos necesarios para el calentamiento de agua cuyas características se presenta en la tabla 5.5. En esta tabla se detalla las características del sistema como número de tubos y capacidad.

Tabla 5.5.- Características técnicas del tubo de vacío

# de tubos	Tamaño del tubo	Capacidad del tanque	Absorción	Dimensión
8	Φ 58 mmX1800mm	80L	0,68	1250X1800X760mm

10	Φ 58 mmX1800mm	100L	0,85	1250X1800X760mm
12	Φ 58 mmX1800mm	120L	1,01	1250X1800X760mm
15	Φ 58 mmX1800mm	150L	1,27	1250X1800X760mm
18	Φ 58 mmX1800mm	180L	1,52	1250X1800X760mm
20	Φ 58 mmX1800mm	200L	1,69	1250X1800X760mm
25	Φ 58 mmX1800mm	250L	2,12	1250X1800X760mm

Fuente: [1]

Una vez seleccionado el calentador que cumpla con las características necesarias para cubrir la necesidad requerida por los usuarios de la familia se implementa como se muestra en el **ANEXO II**.

5.4. Cálculo del incremento de temperatura y caudales máxicos

Mediante los procesos de cálculo se puede definir las siguientes respuestas en la tabla 5.6.

Tabla 5.6.- Los resultados del incremento de temperatura

Variable a cálculo	Ecuación	Resultado
Caudal máxico del agua proporcionado	(4.7)	0,0035 kg/s
Incremento de temperatura	(4.8)	2,5 °C
Cálculo de la razón de concentración	(4.9)	1,27
Distancia entre captadores	(4.10)	0,62 m

Fuente: [1]

Los resultados con más relevancia en esta tabla es el incremento de temperatura en el colector cilindro parabólico que es de 2,5° C y la distancia entre captadores que es de 0,62 m.

5.5. DEMANDA DEL CONSUMO DEL GLP

La demanda en el consumo de GLP en el país es algo que se debe analizar con la máxima exactitud posible ya que es una fuente de energía no renovable que día a día se va agotando por ende se realiza el cálculo y el análisis correspondiente mediante las siguientes ecuaciones de cálculo, en las mismas que ya se señalan las respuestas, para ello se elaboró una tabla de respuestas.

Para el cálculo del consumo del GLP tendremos en cuenta que un cilindro posee 15 kg de las cuales el 13,64 kg es aprovechable, el mismo que tiene un poder calorífico de 45,7952 kJ y un rendimiento del 87%. Con los datos de la tabla 5.7 y podemos ver los resultados en la tabla 5.8.

Tabla 5.7.- Valores de coeficiente k

Inclinación (°)	20	25	30	35	40	45	50	55
Coeficiente k	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,97	1,992

Fuente: [1]

El coeficiente k nos permite realizar los cálculos correspondientes al consumo del GLP.

Tabla 5.8.- Calculo del consumo del GLP y números de cilindros de gas

Variable a Calcular	Modelo Matemático	Resultado
Consumo del GLP	$consumo\ de\ glp = \frac{Q}{P.CGLP}$	24258,32 kJ
Número de cilindros de gas	Consumo del GLP/ 1 mes	1.14 = 2 cilindro
Contaminación entre sistemas	Contaminación CO2	Rendimiento
GLP	43225.8 (g/ cilindro)	0,87
Colector solar	0	0,85

Fuente: [1]

Bajo las ecuaciones utilizadas tenemos como resultado al consumo del GLP y el número de cilindros a utilizar en el mes.

5.6. Consumo de energía eléctrica

Para estos cálculos se toma en cuenta el costo del kWh de la red para el consumo subsidiado y el costo industrial como se refleja en la tabla 5.9.

Tabla 5.9.- Calculo del consumo de la energía eléctrica de la red entre la ducha y el colector

	Ducha	Colector	
COSTO	\$	\$	
Subsidiada	\$ 0,04	0,04	
Industrial	\$ 9,33	9,33	
Tiempo de uso (min)	30	30	
EQUIPOS	POTENCIA (W)	TIEMPO DE USO POR DIA (h)	DIAS DE USO AL MES (Días)
Ducha	5500	0,5	30
Colector	1500	0,5	30
	kWh/mes	COSTO \$	
CONSUMO MENSUAL DUCHA	82,5	\$ 3,30	
CONSUMO MENSUAL COLECTOR	22,5	\$ 0,90	
AHORRO	60	\$ 2,40	

Fuente: [1]

Se realiza una comparación entre los sistemas de calentamiento de agua y se logra identificar el sistema de menor gasto que llega a ser el solar.

Tabla 5. 10.- Análisis de demanda económica

GLP	Ducha eléctrica	Colector
\$24	\$3,30	\$ 0,90

Fuente: [1]

En esta tabla se demuestra el consumo entre los tres sistemas para el calentamiento de agua.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuesto

Durante la investigación para la implementación de la propuesta tecnológica se incluyó los gastos de la implementación en términos de precios y cantidades de acuerdo a los rubros directos e indirectos que intervinieron en la implementación del sistema como se puede ver en la tabla 6.1.

Tabla 6. 1.- Presupuesto de la implementación del sistema solar

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Tubos de vacío 180cm calentador solar	10	\$25,00	\$250,00
2	Acumulador de 100 litros	1	\$70,00	\$70,00
3	Estructura de soporte de bastidor de acero inoxidable	1	\$70,00	\$70,00
4	Controlador-7	1	\$80,00	\$80,00
5	Resistencia eléctrica	1	\$20,00	\$20,00
6	Válvula magnética eléctrica	1	\$10,00	\$10,00
7	150 cm de ángulo	1	\$6,00	\$6,00
8	500 cm de tubo de 1/2" galvanizada	1	\$20,00	\$20,00
9	100 cm* 100cm de Tol inoxidable	1	\$55,00	\$55,00
10	150 cm cañería de cobre de 1/2"	1	\$9,00	\$9,00
11	accesorios	1	\$84,02	\$84,02

12	Termómetro de alcohol tipo varilla -20°C +150°C	1	\$4,46	\$4,46
13	Taladro	1	\$20,00	\$20,00
14	Transporte	2	\$30,00	\$60,00
15	Alimentación	2	\$20,00	\$40,00
SUBTOTAL				\$798,48
MANO DE OBRA				\$73,80
IVA %				\$95,82
TOTAL				\$968,10

Fuente: [1]

Para el costo total de la inversión de la implementación del sistema solar térmico es la suma de 968.10 dólares americanos.

6.1.1. Análisis de la inversión y recuperación.

- **Análisis técnico-económico.**

Para el siguiente análisis técnico económico se utilizará los siguientes métodos para la valuación del proyecto:

VAN: es el valor actual neto, es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizado en la evaluación de proyectos de inversión, el cual se base en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo que genera un proyecto y compararlas con el desembolso inicial. Para su cálculo es importante conocer la tasa de descuento que para nuestro caso según el Banco Central del Ecuador es de 7,86 %.

- Si el VAN < 0: se rechaza el proyecto
- Si el VAN = 0: el proyecto es indiferente
- Si el VAN > 0: se acepta el proyecto.

TIR: conocido como tasa interna de rendimiento, también como tasa interna de retorno, es un indicador financiero que mide el rendimiento de los fondos que se pretende invertir en un proyecto. El TIR nos permite conocer el rendimiento real de una inversión.

- Si la TIR < TMAR: se rechaza el proyecto
- Si la TIR = TMAR: el proyecto es indiferente
- Si la TIR > TMAR: se acepta el proyecto.

TMAR: tasa mínima atractiva de retorno

$TMAR = \%pasivo + \%inflacion + \%premio\ al\ riesgo$

$TMAR = 0,06\% + (-0,002\%) + 10\%$

$TMAR = 10,06\%$

A esto también se suma el ahorro energético anual de la propuesta tecnológica la cual es de 288 dólares.

Tabla 6. 2.- Valor actual neto y Tasa interna de rendimiento

Flujo de Caja				
Periodos	Inversión Inicial	Ingresos	Egresos	Flujo Neto
0	968,1			-968,1
1		288,00	50,00	238,00
2		302,40	52,50	249,90
3		317,52	55,13	262,40
4		333,40	57,88	275,51
5		350,07	60,78	289,29
Tasa	10%			
			COSTO / BENEFICIO	
VAN	140,09		\$ 1.195,37	\$ 987,84
TIR	11%		1,016791618	

Fuente: [1]

Se estima una vida útil de 25 años para el sistema solar de calentamiento de agua, lo cual nos permite recuperar la inversión en los años establecidos, tomando en consideración que los valores del TIR son bajos alcanzando el valor de 11 %.

El remplazo de los sistemas tradicionales por el sistema solar híbrido de calentamiento de agua, permite realizar un gasto enfocándose que en menos de 5 años se recupera la inversión inicial, teniendo una tasa interna de rendimiento (TIR) del 11%, siendo mayor a tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) que a su vez es 10%, con estos datos se acepta la propuesta tecnológica, ya que a su vez el sistema tiene una vida útil de 25 años que permite una confiabilidad al 100% al usuario.

6.2. Análisis de impactos

Para el análisis de los impactos en esta propuesta tecnológica se involucra los siguientes aspectos:

8.2.1. Impacto técnico

Con el sistema solar implementado se alcanza temperaturas superiores a la de confort, estas temperaturas alcanzan valores de hasta 70° C dependiendo de la radiación incidente, lo que permite el remplazo de los sistemas tradicionales.

8.2.2. Impacto social

El hecho de implementar el sistema solar para el calentamiento de agua en uso doméstico en la sociedad tiene un 100% de seguridad comparado al peligro que se tiene con los sistemas tradicionales ya sea el sistema eléctrico o de uso del gas licuado de petróleo (GLP).

8.2.3. Impacto ambiental

Cuando se aplica energías renovables en sistemas domiciliarios no existe una contaminación ambiental, el sistema solar tiene un 0% de contaminación hacia el ambiente. La necesidad de cuidar al medio ambiente al reducir las emisiones del CO₂ que produce los sistemas tradicionales y la utilización de la energía eléctrica de la red son los principales objetivos del sistema solar para el calentamiento de agua en uso doméstico.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Tras el estudio y análisis de la incidencia de la radiación solar en la vivienda se concluye que la implementación del sistema solar de calentamiento de agua con uso de energía solar es factible ya que la radiación solar promedio del sector es de 828 Wh/m^2 según los datos calculados y promediados del mes de marzo que se encuentra en la tabla 5.2.
- Con los datos obtenidos se procedió al estudio y dimensionamiento del sistema de calentamiento de agua, así como de sus componentes adicionales lo que permite concluir, que para una familia de 5 personas se utiliza un sistema con 10 tubos de vacío y un acumulador de 100L de capacidad, esto se logró determinar gracias a un modelo matemático detallado en la tabla 5.4.
- Con la toma de medidas de la radiación solar una vez implementado el sistema, se realizó la práctica que se concluyó que el sistema en días críticos de funcionamiento con radiación menores de 413.3 Wh/m^2 tarda aproximadamente 15 minutos en elevar 1° C a la temperatura del agua como se puede observar en el anexo V.1.
- La implementación del sistema híbrido con los elementos seleccionados, brinda una seguridad, la misma que su autonomía de almacenar agua a mayor de 40° Celsius por 24 horas con una pérdida del 5% en temperatura del fluido hace que los beneficiarios tengan agua caliente en todo instante.

Recomendaciones

- Poner recubrimientos en las tuberías de agua caliente para que no exista perdidas en la temperatura del fluido.
- Tras el estudio de radiación se recomienda tomar las medidas correspondientes con un instrumento calibrado y teniendo en cuenta las sombras sobre la superficie de medición.
- Manipular los tubos de vacío con la precaución correspondiente ya que deben encajar perfectamente en el acumulador para sellar de una manera correcta y así no existan fugas de agua.
- Se recomienda colocar un tubo de vacío en el punto focal del colector cilindro parabólico para elevar de una manera más eficiente la temperatura en el colector ya mencionado.
- El sistema híbrido alcanza a temperaturas mayores a 40° Celsius lo cual es preciso que la instalación tenga un mezclador para regular la temperatura del agua al momento de utilizar.

8. REFERENCIAS

- [1] D. G. CHOCHOS HERNANDEZ y J. S. VELOZ MUÑOZ, *Autores*, Iatacunga, 2019.
- [2] J. M. Fernández Salgado, GUÍA COMPLETA DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y TERMOELÉCTRICA (Adaptada al Código Técnico de la Edificación y al nuevo RITE), Madrid: AMV EDICIONES, 2010.
- [3] C. P. VELASCO, DISEÑO DE CAPTADOR SOLAR CILÍNDRICO PARABÓLICO, Paraguay, 2012.
- [4] C. Isenberg, «The science of soap films and bubbles,» Tieto ltd, Clevedon, 1978. [En línea].
- [5] J. Fabara, Desarrollo experimental de un sistema de seguimiento solar, Sangolqui, 2016.
- [6] GSA, «Solar Global Atlas,» 2019. [En línea]. Available: <https://globalsolaratlas.info/?c=-0.991467,-78.751346,9&s=-0.9268,-78.6099&m=sg:gti&e=1&h=1>. [Último acceso: 15 mayo 2019].
- [7] I. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Ener, «Instalaciones de Energía Solar Térmica,» de *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*, 2017, p. MADRID.
- [8] F. Struckmann, «Analysis of a Flat-plate Solar Collector,» Dept. of Energy Sciences, Faculty of Engineering,, Lund, 2008.
- [9] Asamblea Nacional del Ecuador, Constitución de la República del Ecuador, Montecristi, 2008.
- [10] Norma Ecuatoriana de Contrucción 11-CAP13, Energías Renovables, Quito, 2011.
- [11] Norma Ecuatoriana de Contrucción 11, CAP14, Energías Renovables, Quito , 2011.
- [12] J. J. Capel Molina, NIMBUS nº 13-14, Almería: Universidad de Almería, 2015.
- [13] B. TOMAS PERALES, INSTALACIONES DE PANELES SOLARES TERMICOS, ESPAÑA: CREACIONES COPYRIGHT, 2007.
- [14] I. Y. E. ENERGÉTICA, 2015. [En línea].
- [15] La Información, «¿Qué radiación emite el sol y cómo la recibimos?,» La información, 15 abril 2016. [En línea]. Available: https://www.lainformacion.com/espana/salud/radiacion-emite-sol-recibimos_0_908010352.html.

- [16] P. J. Hernandez, «ARQUITECTURA Y DISEÑO,» 8 03 2014. [En línea]. Available: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>. [Último acceso: 22 05 2019].
- [17] M. D. VIVIENDA, CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN, ESPAÑA, 2013.
- [18] C. Minelli y M. Prospero, «CECU, Proyecto RES & RUE Dissemination,» [En línea]. Available: <http://cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/3%20solar%20termica.htm>. [Último acceso: 09 12 2016].
- [19] M. Barrera, Energía Solar. En Sistemas Térmicos para ACS, Madrid: Liberfactory, 2013.
- [20] C. I. E. renovables, «NEC11,» Quito, 2011.
- [21] E. Y. T. MINISTERIO DE INDUSTRIA, REGLAMENTO DE INSTALACIONES TERMICAS DE LAS EDIFICACIONES, MADRID, 2013.
- [22] Norma Ecuatoriana de Contrucción, Energías Renovables, Quito, 2011.
- [23] H. Instruments, «Medidores de radiaciones de energia solar,» Via industrial , [En línea]. Available: <http://www.viaindustrial.com/producto.asp?codigo=306211>.
- [24] CENTROSUR, «Calculo de consumo,» [En línea]. Available: <http://www.centrosur.gob.ec/calculador-consumo>. [Último acceso: 27 05 2019].
- H. Instruments. [En línea].

Firma 
Chochos Hernandez Darwin Gabriel
Proponente 1
Email: darwin.chochos1@utc.edu.ec
Telf.: 0990452719

Firma 
Veloz Muñoz Jefferson Saul
Proponente 2
Email: jefferson.veloz8@utc.edu.ec
Telf.: 0995940824

Firma 
Mg.C. Edwin Homero Moreano
Martínez
PROFESOR TUTOR
Email: edwin.moriano@utc.edu.ec
Telf.: 0984568934

Firma 
Mg.C. Cristian Fabian Gallardo Molina
ASESOR O CONSULTOR
Email: cristian.gallardo@utc.edu.ec
Telf.:0984698851

9. ANEXOS

ANEXOS

HOJA DE VIDA

APELLIDOS Y NOMBRES: Chochos Hernández Darwin Gabriel

ESTADO CIVIL: Soltero

CEDULA DE IDENTIDAD: 025009174-1

DOMICILIO: Vinchoa, antigua vía a Riobamba (Guaranda)

TELÉFONO:032011942

CELULAR: 0990452719

EMAIL: darwin.chochos1@utc.edu.ec



ESTUDIOS REALIZADOS

SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi carrera de Ingeniería Electromecánica

SECUNDARIA: Unidad Educativa Comunitaria Intercultural Bilingüe “Rumiñahui”

PRIMARIA: Escuela “Bartolomé de las casas” (Guaranda)

CURSOS REALIZADOS

II CONGRESO INTERNACIONAL DE ELECTROMECAÁNICA Y ELÉCTRICA

HOJA DE VIDA

APELLIDOS Y NOMBRES: Veloz Muñoz Jefferson Saul

ESTADO CIVIL: Soltero

CEDULA DE IDENTIDAD: 055003940-8

DOMICILIO: Parroquia Poalo-Barrio Luz De America-plaza centro

TELÉFONO: 032 257 014

CELULAR: 0995940825

EMAIL: jefferson.veloz8@utc.edu.ec



ESTUDIOS REALIZADOS

SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi carrera de Ingeniería Electromecánica

SECUNDARIA: Unidad Educativa “Juan Abel Echeverría”- TITULO: Mecánico Automotriz

PRIMARIA: Escuela Fiscal Mixta “Pantaleón Estupiñan”

CURSOS REALIZADOS

Certificación por competencias laborales, prevención en riesgos laborales y riesgos eléctricos

Primer congreso internacional de electromecánica y eléctrica UTE (Santo Domingo)



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

ANEXO II-1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA



Ingeniería
Electromecánica

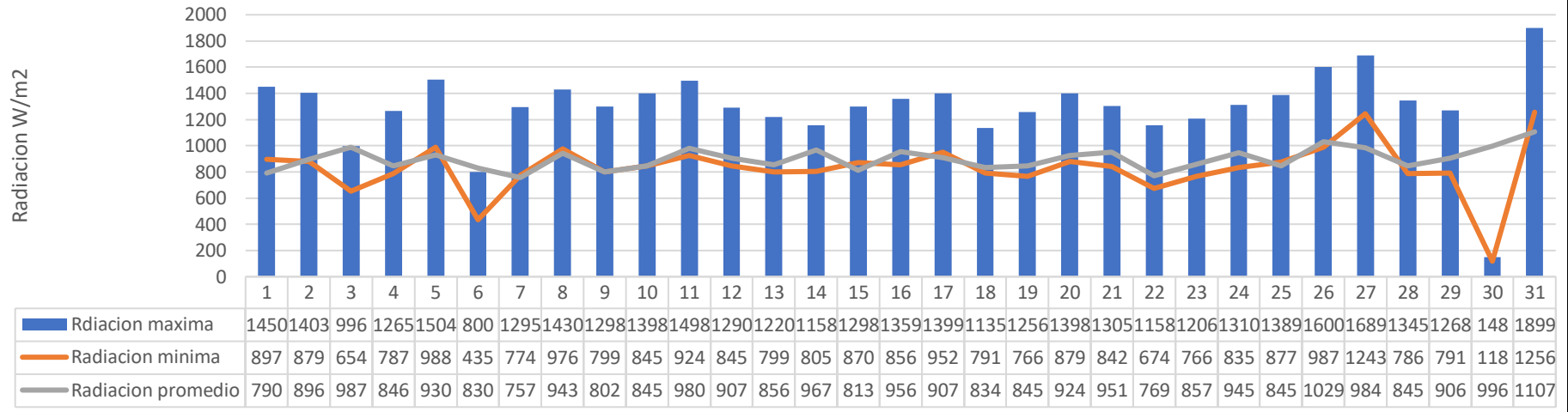
Casa de los Beneficiarios

UBICACIÓN	San Buenaventura
LATITUD	0°56'00"S
LONGITUD	78°37'00"O
ALTURA	2750 m
MES	FEBRERO DEL 2019

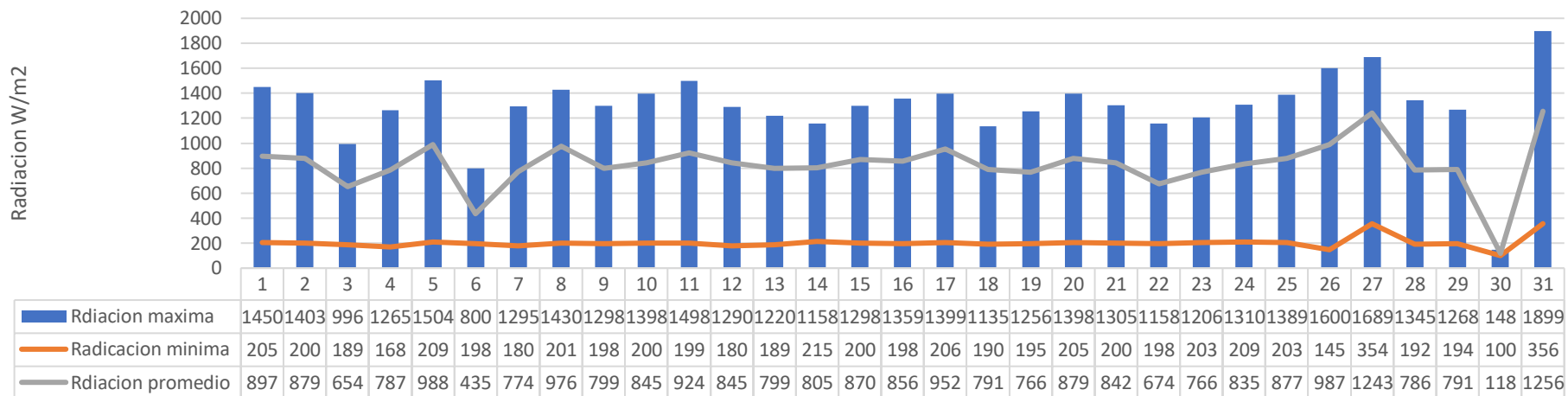
RADIACIÓN (W/M2)

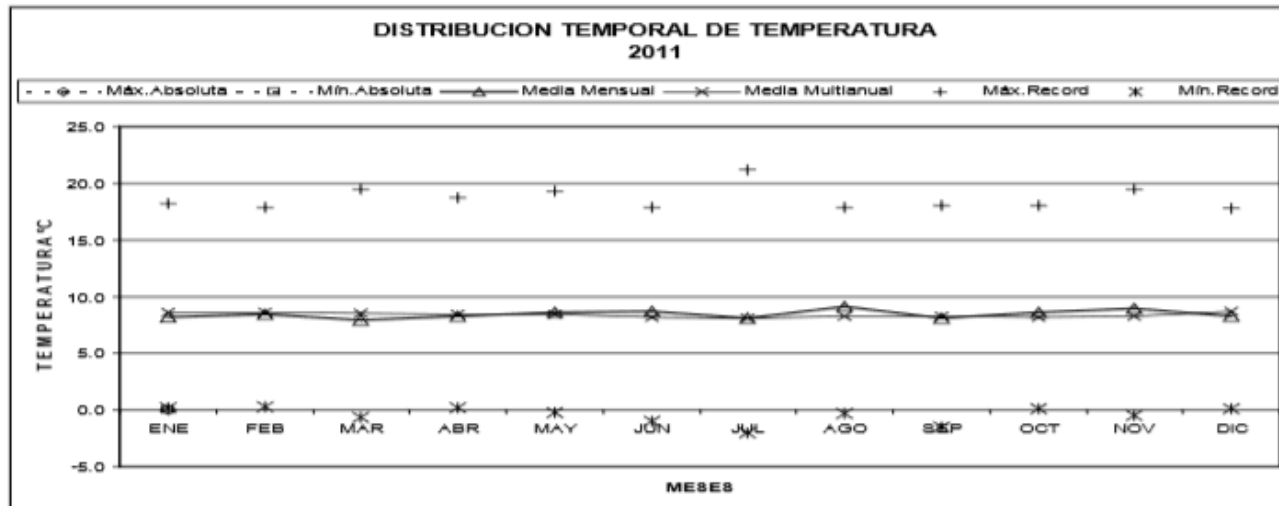
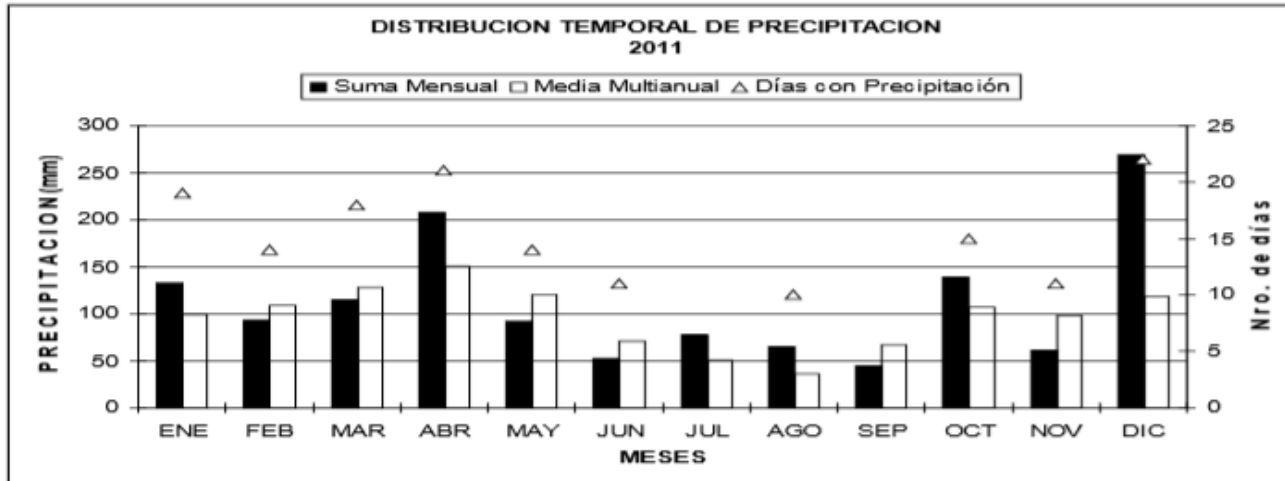
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
7:30	890	889	897	897	898	788	456	678	876	786	765	866	876	764	766	657	676	877	868	878	867	789	768	768	879	979	867	878	976	786	768	
8:00	878	788	799	789	787	878	665	576	788	676	793	757	987	787	768	665	676	878	876	989	868	878	887	875	789	899	797	766	878	954	979	
8:30	988	897	909	997	787	877	786	665	989	788	786	675	876	778	678	765	785	878	787	898	877	877	788	887	867	788	688	798	687	878	866	978
9:00	878	978	878	788	655	677	687	788	899	878	865	776	767	758	978	879	865	787	877	889	789	768	877	996	997	1134	877	796	799	844	1067	
9:30	767	876	809	787	656	667	765	878	988	835	869	788	793	805	778	893	986	787	877	788	876	856	766	866	789	895	973	876	899	977	1135	
10:00	987	877	1256	887	878	678	567	878	788	789	865	1235	887	865	878	895	877	877	788	778	799	757	876	989	867	991	878	877	887	1055	1236	
10:30	799	789	1098	767	889	677	778	1124	898	898	1213	1553	768	1346	879	977	989	788	877	788	895	755	888	1135	678	967	898	867	799	1234	1074	
11:00	897	789	988	877	853	887	864	1144	889	878	1145	1275	898	1136	978	869	877	878	877	1244	768	768	878	868	978	945	975	757	877	1175	1209	
11:30	879	799	986	767	875	768	876	1135	967	787	1635	1287	968	1357	865	1144	875	856	856	935	867	1244	884	875	846	1133	1199	935	797	1044	1044	
12:00	678	987	1160	768	871	678	867	1267	776	1233	1244	965	957	1275	1446	976	835	934	967	1353	1095	865	767	963	875	990	1141	935	854	1135	1197	
12:30	568	986	1090	976	1235	856	768	1893	667	1234	1748	876	856	1344	846	869	835	845	758	757	647	765	987	994	883	1087	1134	983	985	956	1166	
13:00	758	998	1467	870	1468	1146	976	986	678	863	856	945	856	992	834	1156	1297	846	868	1456	1357	467	864	1167	873	1355	1187	768	865	976	1065	
13:30	678	879	830	987	1753	957	768	898	767	987	965	957	893	935	835	897	835	884	757	876	874	799	864	885	873	1377	1154	876	835	866	1289	
14:00	656	987	901	768	1156	1180	756	898	768	543	846	853	865	987	735	1292	1165	887	838	865	1157	784	1146	1345	856	1234	1165	976	1156	1147	1185	
14:30	657	878	890	877	1165	857	778	946	688	866	846	978	865	989	978	1246	1443	846	936	745	1256	673	874	985	983	1136	1076	765	1335	1101	1157	
15:00	700	987	1156	788	820	958	896	875	796	824	846	798	876	960	851	986	735	967	985	841	1248	758	978	1125	1257	1222	1054	765	1014	1105	1064	
15:30	576	930	977	987	942	946	835	878	678	846	885	757	856	986	827	1135	1265	879	935	834	935	675	875	997	884	1145	1044	1044	957	1145	1167	
16:00	740	987	987	987	890	876	844	986	799	844	978	797	856	987	627	1289	835	885	957	1179	1176	724	868	945	925	1087	1076	1124	1143	1175	1266	
16:30	989	988	1189	857	875	976	879	887	783	872	986	723	865	978	638	988	967	986	956	876	1067	787	865	944	855	1156	1124	757	868	1156	1788	
17:00	980	879	878	789	890	789	899	986	787	732	956	701	874	889	632	1075	874	786	782	879	994	712	896	874	642	978	945	886	857	975	1157	
17:30	989	876	898	787	843	776	578	887	787	893	957	879	798	896	657	980	767	656	742	867	935	776	745	878	656	788	875	763	778	886	979	
18:00	878	790	897	789	752	634	565	787	785	763	856	721	765	776	656	812	753	731	768	879	887	659	798	757	688	788	810	710	768	678	840	
18:30	368	772	768	678	457	568	549	657	597	625	643	692	689	657	567	547	657	547	504	654	628	547	567	646	582	690	575	655	636	673	646	
R.max	989	998	1467	997	1753	1180	976	1893	989	1234	1748	1553	987	1357	1446	1292	1443	986	985	1456	1357	1244	1146	1345	1257	1377	1199	1124	1335	1234	1788	
R.min	368	772	768	678	457	568	456	576	597	543	643	675	689	657	567	547	657	547	504	654	628	467	567	646	582	688	575	655	636	673	646	
R.prom	790	895.9	987.3	846.3	930.2	830.2	756.6	943.3	802	845	980	907	856	967	813	956	907.3	834	845	923.8	951	769	857	945	845	1029	983.6	845	906.1	996	1107	

Representacion grafica de la radiacion maxima, minimina y promedio por dia

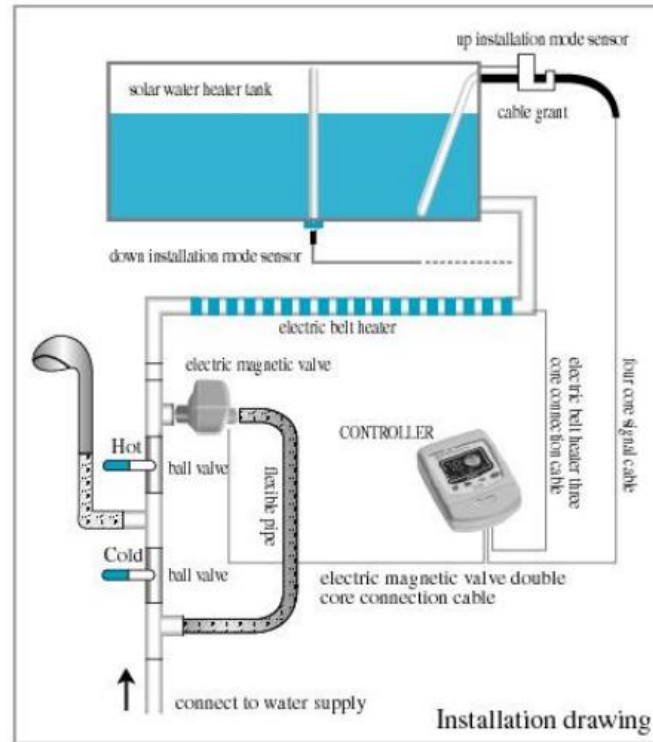


Representacion grafica de la radiacion maxima, minima y promedio por dia







Anexo IV.- Características técnicas del sistema de control de temperatura.



1. Voltaje de alimentación:	220VAC, disipación de potencia <5W
2. Precisión de medición de temperatura:	± 1 ° C
3. Rango de medición de temperatura:	0-102 ° C
4. Precisión de control de temperatura:	± 1 ° C
5. Pantalla de nivel de agua:	Cinco clases

6. Potencia de la bomba de refuerzo controlada / potencia del calentador de cinta:	220V CA, $\leq 750W$
7. Potencia del calentador eléctrico controlado:	220V CA, $\leq 1, 500W, 3000W$ se pueden personalizar
8. Corriente de fuga:	$\leq 10mA / 0.1s$
9. Parámetro de la válvula electromagnética:	12V DC, presurizado o no presurizado
10. Presión de operación de la válvula presurizada:	0.02 a 0.8MPa, se aplica al suministro de agua directo
11. Válvula no presurizada:	0.0MPa, se aplica al suministro del tanque de agua o al suministro de baja presión de agua.

Anexo V.1.- toma de tiempo para el incremento de la temperatura.

TOMA DE DATOS					
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
	FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS				
	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA				
Fecha:	Miércoles 16 de mayo del 2019	Hora:	12:42 pm		
Condiciones atmosféricas:		Cielo nublado con presencia de lluvia			
Tiempo (horas)	Radiación solar (W/m2)	T. del agua en el tanque (°C)	T. en la salida del parabólico °C	T. del agua en el acumulador (°C)	T. ambiente °C
12:42	763,2	19	19	19	18
13:00	286,1	19	19	20	18
13:15	425,2	19	19	21	18
13:30	527,4	19	20	22	18
13:45	727,3	19	20	24	18
14:00	509,2	19	20	25	18
14:15	221,5	19	20	26	18
14:30	284,8	19	20	26	18
14:45	296,3	19	20	16	18
15:00	300,1	19	20	27	18
15:15	300,5	19	20	27	18
15:30	317,7	19	20	28	18
15:45	202,2	19	20	28	18
16:00	147,7	19	20	28	18

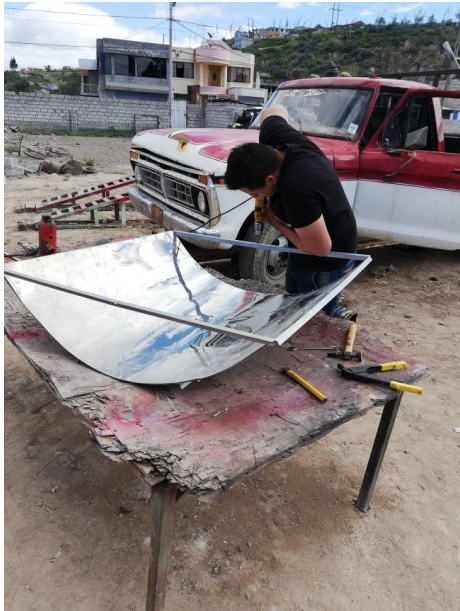
Anexo VI.1.- Fotografías de respaldo

Ensamble



Anexo VI.1.- Plancha de tol en acero inoxidable

Anexo VI.2.- Estructura de la zona reflectora



Anexo VI.3.- Ensamble de la zona reflectora

Anexo VI.4.- Construcción de la estructura del CCP



Anexo VI.5.- Lijado de la estructura del CCP

Anexo VI.6.- Pintado de la estructura



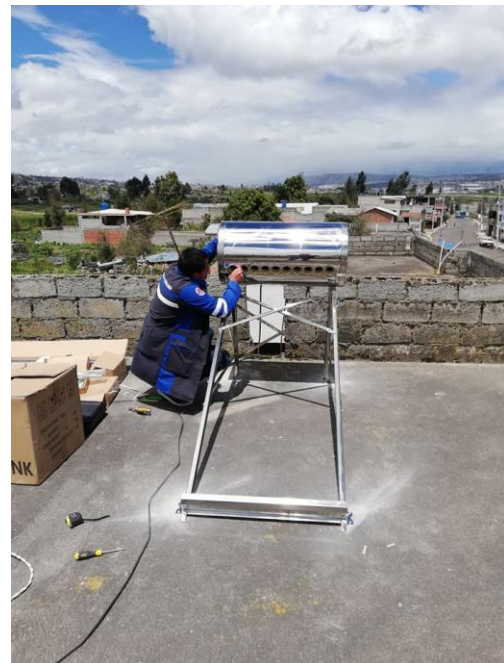
Anexo VI.7.- Tubos al vacío



Anexo VI.8.- Estructura del colector de tubos al vacío



Anexo VI.9.- Armado de la estructura



Anexo VI.10.- Ensamble de la estructura



Anexo VI.11.- Estructura emsamblada



Anexo VI.12.- Acoplamiento de Colectores



Anexo VI.13.- Ubicación de la cañería de cobre



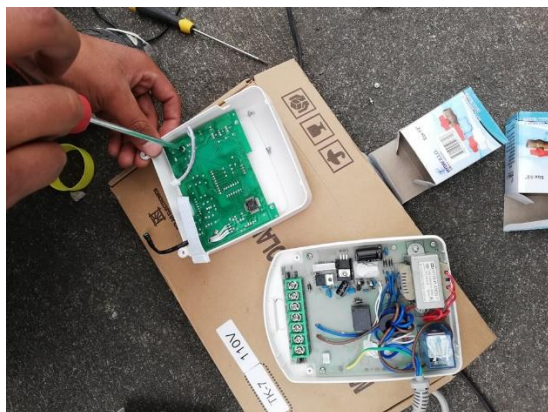
Anexo VI.14.- Ubicación de accesorios



Anexo VI.15.- Ubicación de los tubos de vacío



Anexo VI.16.- Conexión de tubería para el abastecimiento de caudal



Anexo VI.17.- Conexión interna del sistema de control eléctrico



Anexo VI.18.- Conexión externa del sistema de control eléctrico



Anexo VI.19.- Pruebas de funcionamiento al sistema ya implementado

Anexo VII.- Toma de datos en los colectores solares

Mediciones



Anexo VII.1.- Pirómetro



Anexo VII.2.- Medición de radiación solar



Anexo VII.3.- Termómetro



Anexo VII.4.- Medición de la temperatura interior del tubo de vacío



Anexo VII.5.- Medición de la temperatura interna del termo tanque



Anexo VII.6.- Recolección de datos de temperatura



Anexo VII.7.- Recolección de las principales variables influyentes del sistema (Radiación y Temperatura)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Manual de Mantenimiento

**MANUAL DE MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA SOLAR PARA EL
CALENTAMIENTO DE AGUA EN USO DOMÉSTICO**

Nombres:

Chochos Hernandez Darwin Gabriel

Veloz Muñoz Jefferson Saul

Latacunga – Ecuador

Julio-2019

Instrucciones de seguridad

Instalación

- Se recomienda que el montaje del sistema solar híbrido, así como las modificaciones en la instalación las realice personal técnico autorizado y capacitado.

Mantenimiento

Se recomienda llevar a cabo una inspección o un mantenimiento anual al equipo a través del personal técnico autorizado para así darle al sistema las correcciones necesarias para su óptimo funcionamiento.

- El instalador es responsable de la seguridad y de la correcta instalación del sistema solar híbrido.
- El equipo deberá recibir, al menos, un mantenimiento anual.
- Solamente deberán emplearse piezas de repuesto originales.

Información sobre el sistema solar híbrido

- Material del sistema solar híbrido
- Estructura del colector parabólico
- Placa reflectora
- Tubería de cobre
- Termo tanque
- Tubos de vacío
- Base para el soporte de los tubos
- Soporte del sistema de control

Descripción del sistema solar híbrido

El sistema solar híbrido es un conjunto de colectores que calienta el agua por medio de la energía solar.

Funcionamiento del colector parabólico

Un concentrador solar parabólico es un tipo de colector solar capaz de concentrar la energía solar en un área reducida, aumentando la intensidad energética. Similar a una lupa enfocando su luz en un punto, los concentradores reflejan la luz solar por medio de un arreglo de espejos alineados hacia un objetivo capaz de captar dicha energía para su aprovechamiento.

Funcionamiento del tubo de vacío

El tubo de vacío se compone de dos tubos de cristal (boro silicato). El interior almacena el agua y su parte externa contiene una capa selectiva de absorción. Entre el tubo interior y el exterior se encuentra el espacio al vacío que sirve como aislante térmico, el cual mantendrá la temperatura generada por la radiación.

Los tubos de vacío no requieren de medidas especiales de seguridad en temperaturas de hasta -10°C.

Los tubos están fabricados de vidrio de boro silicato, material altamente resistente que soporta el impacto de granizos de hasta 25 mm de diámetro. En caso de que algún tubo se llegara a romper es fácil de cambiar y su precio es accesible.

Su alta eficiencia permite que aun en días nublados los tubos de vacío absorban radiación (denominada radiación difusa).

Mantenimiento anual del sistema solar híbrido

Luego de una reseña breve en cuanto a funcionamiento de nuestro sistema trata, procedemos a describir el mantenimiento del mismo.

Mantenimiento del colector solar cilindro parabólico

El mantenimiento anual del colector solar cilindro parabólico es el más simple en todo el proceso de mantenimiento, ya que lo único que debemos de tener en cuenta es tener limpio la zona reflectora del colector, es decir se debe limpiar esta zona ya que con el pasar del tiempo se acumula polvo y otros elementos que perjudican al elemento reflector de este colector.



Fig. 1.- Limpieza de zona reflectora

Se debe acotar al mantenimiento del colector parabólico la limpieza y verificación de la cañería de cobre ya que con el pasar del tiempo esta cañería acumula suciedad.



Fig. 2.- Limpieza y ajuste de la cañería de cobre

Mantenimiento del termo tanque

Para realizar un mantenimiento programado de los tubos de vacío y/o del termo tanque, una reubicación o una reparación del calentador se requiere sea drenado. El drenado general del sistema se recomienda cada 12 meses, en este proceso se verificará la acumulación de lodos o la suciedad depositada en el fondo de los tubos evacuados o en el termo tanque.



Fig. 3.- Drenado del termo tanque para su limpieza

Para la limpieza del termo tanque (se recomienda hacerla junto con la de los tubos evacuados) se deberá cerrar la entrada de agua fría y esperar que baje el nivel del agua. Posteriormente se deberá cerrar la salida de agua caliente del termo tanque y se tendrá que abrir la válvula de drenado para que se empiece a vaciar el termo tanque. Si sólo considera necesario enjuagar el termo tanque, tendrá que cerrar la válvula de drenado y abrir la entrada de agua fría. Después de que se llene el termo tanque al nivel deseado deberá cerrar la válvula de entrada y abrir la válvula de drenado para que se enjuague el termo tanque. Cuando haya terminado de enjuagar el termo tanque deberá cerrar perfectamente la válvula de drenado.

Mantenimiento de los tubos de vacío

El mantenimiento del colector solar de tubos al vacío es un poco más complejo que el colector cilindro parabólico ya que los tubos por estar compuestos de materiales frágiles, estos pueden romperse o simplemente trisarse si se realiza un mantenimiento erróneo.

Se debe realizar la limpieza de los tubos de vacío cada año ya que el agua sanitaria contiene químicos que se acumulan y percuden el interior de estos elementos, por ende, se los debe de limpiar según el tiempo indicado.

Para sacar los tubos de manera correcta se lo debe realizar de una manera delicada con una suave fuerza perpendicular hacia fuera al termo tanque.



Fig. 4.- Extracción de los tubos de vacío para realizar la limpieza correspondiente

Una vez fuera los tubos se procede a realizar la limpieza para esto primero debemos verificar la temperatura interior del tubo para no ocasionarnos quemaduras.

Para lavar internamente los tubos evacuados se deberán desinstalar con cuidado. Se les agregará una solución de agua jabonosa (añadir poco jabón líquido y agitar hasta que se disuelva

completamente en el agua hasta obtener una consistencia muy espumosa) o agua avinagrada, se enjuagarán muy bien y se volverán a instalar.

NOTA: Por ningún motivo el calentador solar se deberá llenar si los tubos de vacío no están fríos. No seguir estas indicaciones provocará un choque térmico en los tubos y la rotura de los mismos, perdiendo la garantía del equipo.



Fig. 5.- Verificación de la temperatura interior del tubo

Una vez realizada la limpieza se colca los tubos de la siguiente manera.

La reubicación de los tubos de vacío es una maniobra delicada que requiere ser ejecutada de forma sistemática y meticulosa.

Manipular cada tubo con cuidado y limpiarlo con un trapo seco. Posteriormente, sumerja los cubre polvos en una solución de agua jabonosa, e insértelos aproximadamente 20 cm en la parte posterior del tubo.

Introduzca el tubo en el orificio del termo tanque y gírelo lentamente en dirección a las manecillas del reloj. Aplicar presión uniforme hasta que el tubo entre en el orificio (aproximadamente 5 cm).

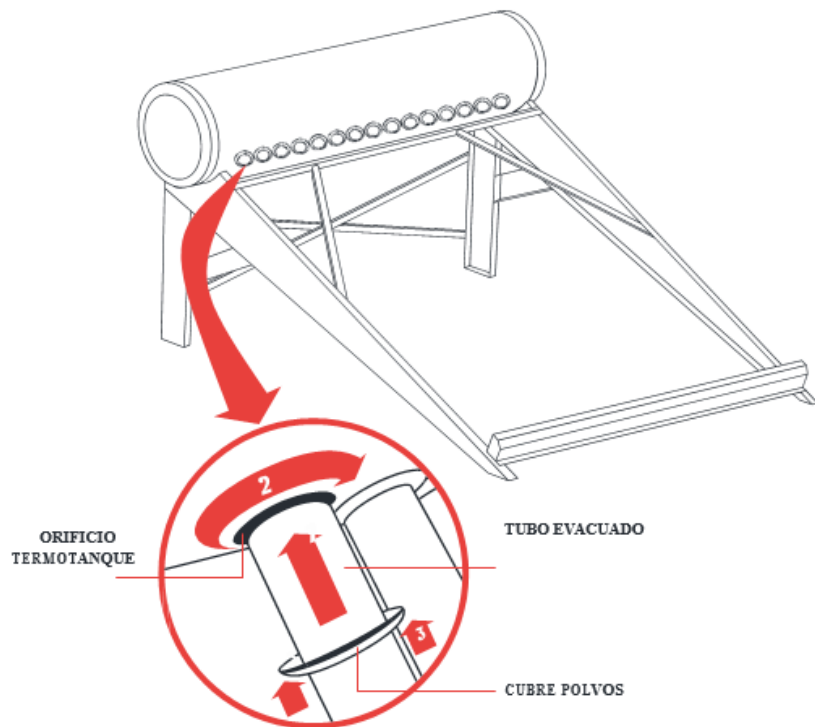


Fig. 6.- Reubicación del tubo dentro del termo tanque

Para reubicar el tubo en la base para tubos hay que deslizar y girar lentamente éste en sentido opuesto a las manecillas del reloj. Posteriormente, asignar presión hacia abajo hasta asentar el tubo en la base. Procure no dañar la punta del tubo, pues se perderá el vacío.

Para reubicar los tubos se recomienda iniciar del centro del calentador solar hacia los lados. Lo anterior es para evitar algún accidente en el momento de colocar los tubos, es decir se lo realiza con presión hacia abajo como se muestra en la figura.

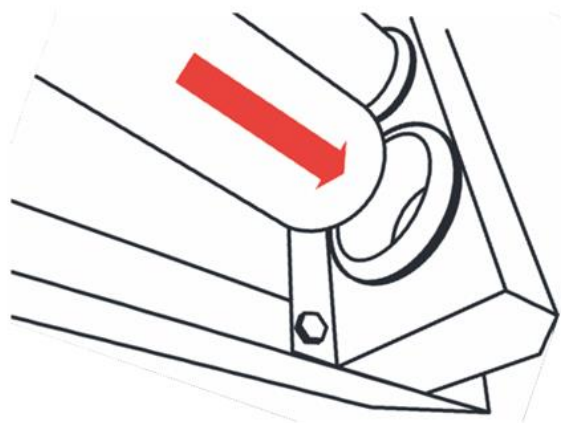


Fig. 7.- Reubicación del tubo de vacío en el soporte inferior

Mantenimiento del sistema eléctrico de control

El sistema eléctrico de control se lo deberá verificar con un estipulado de 4 a 5 años ya que con el pasar de los años los conductores que conectan elementos como la electroválvula, el sistema auxiliar, entre otros, se deterioran pasar del tiempo se dañan lo que se debería realizar los cambios o el reemplazo de los mismos.



Fig. 8.- Verificación del estado de conductores

Trabajos de mantenimiento frecuentes en el sistema solar híbrido

Este mantenimiento del sistema es sencillo e incluye las siguientes tareas:

Limpieza exterior. - Se recomienda limpiar periódicamente la zona reflectora del cilindro parabólico y los tubos de vacío, ya que pueden acumular hojas o polvo afectando el óptimo funcionamiento del calentador solar. Otros factores que también pueden influir son la lluvia y la contaminación del lugar donde está ubicado el sistema solar híbrido. La limpieza se puede realizar con un paño suave y agua caliente. También se pueden limpiar con una solución de agua jabonosa tallando con cuidado. Estas recomendaciones se deben seguir siempre en horas de poca insolación, es decir, muy temprano o en la tarde cuando el sol ya se haya ocultado.

Si el acceso a los tubos o a la zona reflectora no es fácil, un chorro de agua a presión también puede ser eficaz.

Aislamiento. - La tubería del sistema hidráulico cercana al colector solar deberá tener un buen aislamiento térmico. El aislamiento tendrá que ser comprobado cada año o cuando presente daño. Como aislamiento se requerirán usar espumas estabilizadas contra UV o cubiertas metálicas para evitar un rápido deterioro.

Solución de problemas

Se presenta una tabla en la cual se muestra los problemas más comunes en nuestro sistema solar híbrido para el calentamiento de agua, en esta tabla se presenta las soluciones más prácticas y útiles para los usuarios.

PROBLEMA	CAUSA	ACCIÓN CORRECTIVA
NO SALE AGUA DE LA LLAVE	La entrada de agua fría al termo tanque o la salida de agua caliente del termo tanque está obstruida por un tapón de sedimentos	Limpiar la tubería y quitar el tapón de sedimentos acumulado en la entrada y salida del termo tanque
	No hay suministro de agua fría al calentador solar desde el tinaco o la red municipal	Verificar que exista suministro de agua al calentador solar desde el tinaco o la red de agua municipal
	La válvula de entrada de agua fría al termo tanque está cerrada	Abrir la válvula
	La válvula anti retorno se ha atascado	Limpiar o reemplazar la válvula anti retorno
	Hay aire atrapado en la tubería de agua fría o caliente	Abrir la válvula de drenado en el termo tanque para que salga el aire de la tubería y llenar nuevamente el termo tanque. También puede abrir todas las llaves de agua en la casa hasta que salga completamente el aire de la tubería
NO SALE AGUA CALIENTE DEL CALENTADOR SOLAR	El calentador de agua solar no está recibiendo suficiente luz solar	Verificar que la ubicación del calentador sea la adecuada (sur) y que no le de sombra
	Exceso de consumo de agua caliente	Planificar el consumo de agua caliente de acuerdo a la capacidad diseñada. Si su consumo es elevado instalar un sistema de respaldo con un calentador de paso

	Demasiado recorrido de las tuberías o la capacidad del calentador solar es menor a lo requerido	Acortar la línea de la tubería de agua caliente o aumentar la capacidad del sistema
	Días nublados, la luz solar no es suficiente	Utilizar el sistema de respaldo
	El agua caliente se está regresando al tinaco, la válvula anti retorno falló o no se cuenta con ésta a la entrada de agua fría	Verificar la adecuada instalación de la válvula anti retorno, o instalar una si el sistema no cuenta con ella
FLUJO IRREGULAR DE AGUA CALIENTE	El jarro de aire del termo tanque está parcialmente obstruido	Limpiar la salida del jarro de aire
	La vena de salida de agua caliente está obstruida	Retirar la vena de salida de agua caliente y limpiar las impurezas que pudieran obstruir su funcionamiento