



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO COLECTOR CILÍNDRICO PARABÓLICO AUTÓNOMO CON ARDUINO PARA OBTENER AGUA CALIENTE.

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico

**AUTOR:**

José Ignacio Macías Moreno

**TUTOR:**

Ing. M.Sc. Paco Jovanni Vásquez Carrera

LA MANÁ-ECUADOR

FEBRERO-2020

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Macías Moreno José Ignacio, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO COLECTOR CILÍNDRICO PARABÓLICO AUTÓNOMO CON ARDUINO PARA OBTENER AGUA CALIENTE”, Siendo el Ing. M.Sc. Vásquez Carrera Paco Jovanni, tutor del presente trabajo investigativo; 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 mi exclusiva responsabilidad.

  
Macías Moreno José Ignacio  
C.I: 230015337-2

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO COLECTOR CILÍNDRICO PARABÓLICO AUTÓNOMO CON ARDUINO PARA OBTENER AGUA CALIENTE”, de Macías Moreno José Ignacio, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos y técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y evaluación.

La Maná, 12 febrero 2020

  
Ing. M.Sc. Paco Jovanni Vásquez Carrera  
C.I: 050175876-7  
**DOCENTE TUTOR**

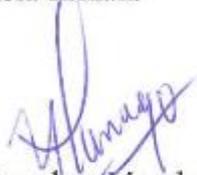
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

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 Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Macías Moreno José Ignacio, con el título de Proyecto de Investigación: “CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO COLECTOR CILÍNDRICO PARABÓLICO AUTÓNOMO CON ARDUINO PARA OBTENER AGUA CALIENTE”, ha 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.

La Maná, 17 febrero del 2020

Para constancia firman:

  
PhD. Yoandrys Morales Tamayo  
C.I: 175695879-7  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

  
Ing. MSc. Alex-Darwin Paredes Anchatipán  
CI: 050361493-5  
**LECTOR 2**

  
Ing. MSc. Joao Lázaro Bázaga Quesada  
C.I: 175702540-6  
**LECTOR 3 (SECRETARIO)**

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, a Dios por regirme en esta etapa de mi vida, a mis familiares y amigos que siempre estuvieron apoyándome en el transcurso de mi vida académica, así también a cada uno de los docentes que con sus conocimientos supieron guiarme por el camino del saber con pensamiento crítico, un agradecimiento especial al Ing. Paco Giovanni Vázquez por su disponibilidad de tiempo y de recursos físicos que fueron un apoyo fundamental en el desarrollo de este proyecto de tesis.*

**José**

## DEDICATORIA

*Este trabajo se lo dedico a mis padres Santo Macías y Margoth Moreno, a mi esposa Judith Chacha y mi hijo Ariel Macías que fueron el apoyo fundamental para poder cumplir con mis metas profesionales por la superación de nuestra familia.*

## INDICE GENERAL

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
6. OBJETIVOS .....	3
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	4
8. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	5
8.1. Radiación solar.....	5
8.2. Radiación solar en el Ecuador.....	6
8.3. Energía alternativa solar .....	7
8.4. Datos históricos de radiación solar .....	8
8.4.1. Medidor de radiación.....	10

8.4.2. Ángulo de incidencia solar.....	11
8.5. Sistemas de concentración .....	12
8.5.1. Principio de funcionamiento de un SST (sistema solar térmico) .....	13
8.6. Colector cilíndrico parabólico (CCP) .....	14
8.6.1. El reflector cilíndrico parabólico .....	15
8.6.2. El tubo de absorción o receptor.....	15
8.6.3. Razón de concentración geométrica y ángulo de aceptación .....	16
8.6.4. El sistema de seguimiento solar .....	18
8.7. Controladores automátas .....	19
8.7.1. PLC (controlador lógico programable) .....	19
8.7.2. Arduino.....	19
8.8. Medición de temperatura por termopares .....	20
8.8.1. El termopar tipo K.....	21
9. VALIDACIÓN DE PREGUNTAS E HIPÓTESIS.....	21
10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	22
10.1. Diseño del colector cilíndrico parabólico.....	23
10.1.1. Componentes del colector cilindro parabólico .....	24
10.1.2. Insolación media global.....	27
10.1.3. Ángulo de incidencia solar .....	27
10.2. Construcción del colector cilíndrico parabólico.....	29
10.3. Registro de temperatura en Arduino Uno.....	33
10.3.1. Modulo MAX6675 .....	33
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	36
11.1. Medición de temperatura del agua calentada por el CCP.....	36

11.2. Pérdidas térmicas en el tanque de almacenamiento.....	38
11.3. Determinación del rendimiento global del sistema .....	41
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):.....	43
12.1. Impacto técnico.....	43
12.2. Impacto social.....	43
12.3. Impacto económico.....	43
12.4. Impacto ambiental .....	43
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO .....	45
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45
15. BIBLIOGRAFÍA .....	46
16. ANEXOS .....	49

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador.....	9
Tabla 2: Promedio de radiación mensual del año 2018 expresada en KWh/m <sup>2</sup> /día.....	24
Tabla 3: Relación de distancias focales .....	26
Tabla 4: Declinación mensual .....	28
Tabla 5: Ángulo horario (horas de sol).....	29
Tabla 6: Valores de ángulo de incidencia solar y radiación media .....	29
Tabla 7: Características de operación de la tarjeta de Arduino .....	33
Tabla 8: Datos de prueba .....	36
Tabla 9: Datos para el cálculo de pérdidas en el tanque.....	39
Tabla 10: Datos de la práctica .....	41
Tabla 11: Presupuesto de los materiales utilizados .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Radiación total .....	6
Figura 2: Insolación media global del Ecuador .....	7
Figura 3: Alternativas para la producción de energía.....	7
Figura 4: Datos de radiación solar proveniente de un Piranómetro .....	9
Figura 5: Piranómetro para medir la radiación global.....	10
Figura 6: Sistema de calentamiento de agua de uso residencial.....	13
Figura 7: Colector cilíndrico parabólico.....	14
Figura 8: Principio de funcionamiento de un tubo de calor .....	16
Figura 9: Curva parabólica .....	16
Figura 10: Gráfica de la curva .....	17
Figura 11: Ángulo de abertura y distancia $\rho$ .....	18
Figura 12: PLC .....	19
Figura 13: Arduino Uno .....	20
Figura 14: Termopares para la medición de temperatura .....	20
Figura 15: Ubicación del lugar de ejecución del proyecto .....	23
Figura 16: Figura de la curva.....	24
Figura 17: Perfil del colector cilíndrico parabólico.....	26
Figura 18: Ángulo de apertura y distancias .....	27
Figura 19: Base reflectora diseñada en Autodesk Inventor.....	30
Figura 20: Plancha de acero inoxidable tipo espejo .....	30
Figura 21: Viga de sujeción de la estructura .....	31
Figura 22: Estructura de la base reflectora .....	31
Figura 23: Base reflectora con su estructura .....	32

Figura 24: Estructura para sujetar las chumaceras y el tubo de calor.....	32
Figura 25: Ensamble de la base reflectora con las columnas norte y sur .....	33
Figura 26: Módulo MAX6675.....	34
Figura 27: Sensor de temperatura tipo K.....	37
Figura 28: Radiación solar vs tiempo .....	38
Figura 29: Temperatura del agua vs tiempo .....	38

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO COLECTOR CILÍNDRICO PARABÓLICO AUTÓNOMO CON ARDUINO PARA OBTENER AGUA CALIENTE”.

**Autor:**

Macías Moreno José Ignacio

**RESUMEN**

El proyecto consiste en la construcción de un prototipo colector cilíndrico parabólico con Arduino para obtener agua caliente para el uso doméstico, aprovechando la energía solar, por medio de la radiación incidente en la base reflectora que dirige los rayos solares hacia el tubo colector encargado de absorber la energía térmica, que se conduce hacia el tanque de almacenamiento donde transfiere el calor por medio del tubo de cobre. Previo a la construcción del colector solar parabólico se obtuvo datos de radiación solar en el cantón La Maná, teniendo como promedio  $3,87\text{KWh/m}^2/\text{día}$  en el año 2018, obtenidos de la página de la NASA. Dicha radiación se encuentra dentro del rango de trabajo de los sistemas de baja temperatura con tubos de calor. Para el monitoreo de la temperatura en función del tiempo se realizó la medición con el sensor termopar tipo K industrial, el cual es conectado la tarjeta de control MAX6675 realiza la compensación y linealización de la respuesta del sensor con un ADC de tal manera que sea compatible con la tarjeta de Arduino, la cual registra los datos de temperatura y permite la visualización en la pantalla LCD, expresada en grados Celsius. En las pruebas del colector cilíndrico parabólico se obtuvo una temperatura de  $54,3^{\circ}\text{C}$  con una radiación máxima de  $1,030\text{kWh/m}^2$ , alcanzando un rendimiento de 17,9% en función de la energía útil para el calentamiento de agua con un aporte al medio ambiente ya que este sistema de calentamiento no produce emanaciones de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera.

**Palabras clave:** Irradiancia, Canal Parabólico, Tubo de Calor, Termocuplas, Piranómetro

## TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

“CONSTRUCTION OF AN AUTONOMOUS PARABOLIC CYLINDRICAL COLLECTOR PROTOTYPE WITH ARDUINO TO OBTAIN HOT WATER”.

**Author:**

Macías Moreno José Ignacio

### SUMMARY

The project consists on the construction of a parabolic cylindrical collector prototype with Arduino to obtain hot water for domestic usage, taking advantage of the solar energy through the incident radiation on the reflective base that drives the sun ray towards the manifold that is in charged to absorb the thermal energy that is driven towards the storage tank where the heat is transferred through copper tube. Before the construction of the solar parabolic solar collector. The data of the solar radiation in Canton La Mana was obtained, having as average  $3,87\text{KWh/m}^2/\text{day}$  in 2018, retrieved from the NASA web site. That radiation is in the range of work of systems of low temperature with heat tubes. For the monitoring of the temperature in function of the time the measurement was done with a termopar K type industrial sensor, which is connected to the control card MAX6675. It makes the compensation and linearization of the sensor reply with a ADC in such a way that it is compatible with the Arduino card, which registers the data of the temperature and permit its visualization on the LCD screen, expressed in Celsius degrees. On the tests of the cylindrical parabolic collector it was obtained a temperature of  $54,3^{\circ}\text{C}$  with a maximum radiation of  $1,030\text{kWh/m}^2$ , reaching a performance of 17,9% ion function of the useful energy for the warming of water with a contribution to the environment as this system of warming dos not produce emanations of  $\text{CO}_2$  to the atmosphere.

**Key-words:** Irradiance, Parabolic channel, heat pipe, Thermocouples, pyranometer

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:**

CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO COLECTOR CILÍNDRICO PARABÓLICO AUTÓNOMO CON ARDUINO PARA OBTENER AGUA CALIENTE.

**Fecha de inicio:** Octubre 2018

**Fecha de finalización:** Febrero 2020

**Lugar de ejecución:**

Barrio Virgen del Cisne – Cantón La Maná – Provincia de Cotopaxi – Zona 3–Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná.

**Unidad Académica que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas - CIYA

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Equipo de Trabajo**

**Tutor de titulación:** Ing. M.Sc. Paco Jovanni Vásquez Carrera

**Estudiante del proyecto:** José Ignacio Macías Moreno

**Área de Conocimiento:** Ingeniería, Industria y Construcción

**Línea de investigación:**

Línea 5 Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Línea 3: Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

## **2. RESUMEN DEL PROYECTO**

El proyecto consiste en la construcción de un prototipo colector cilíndrico parabólico con Arduino para obtener agua caliente para el uso doméstico, aprovechando la energía solar, por medio de la radiación incidente en la base reflectora que dirige los rayos solares hacia el tubo colector encargado de absorber la energía térmica, que se conduce hacia el tanque de almacenamiento donde transfiere el calor por medio del tubo de cobre. Previo a la construcción del colector solar parabólico se obtuvo datos de radiación solar en el cantón La Maná, teniendo como promedio  $3,87\text{KWh/ m}^2/\text{día}$  en el año 2018, obtenidos de la página de la NASA. Dicha radiación se encuentra dentro del rango de trabajo de los sistemas de baja temperatura con tubos de calor. Para el monitoreo de la temperatura en función del tiempo se realizó la medición con el sensor termopar tipo K industrial, el cual es conectado a la tarjeta de control MAX6675 realiza la compensación y linealización de la respuesta del sensor con un ADC de tal manera que sea compatible con la tarjeta de Arduino, la cual registra los datos de temperatura y permite la visualización en la pantalla LCD, expresada en grados Celsius. En las pruebas del colector cilíndrico parabólico se obtuvo una temperatura de  $54,3^\circ\text{C}$  con una radiación máxima de  $1,030\text{kWh/m}^2$ , alcanzando un rendimiento de 17,9% en función de la energía útil para el calentamiento de agua con un aporte al medio ambiente ya que este sistema de calentamiento no produce emanaciones de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En algunos países se utiliza diversas tecnologías para el calentamiento de agua, amigables con el ambiente, como es el caso del aprovechamiento de la energía solar (fuente inagotable) en los discos parabólicos y colectores solares parabólicos. Por otro lado, los sistemas convencionales usan recursos renovables y agotables, a pesar de ser los más usados los calefones e intercambiadores de calor en la industria y el hogar, dan como consecuencia emanaciones de  $\text{CO}_2$ , por el uso de combustibles fósiles.

La baja eficiencia de los sistemas de energías renovables se debe al uso de fuentes de energía con variables que no se pueden controlar, tal es el caso de la velocidad del viento, radiación solar, etcétera.

Por este motivo ha elegido el uso de la energía solar (radiación), para el aprovechamiento de esta fuente inagotable, por lo cual se pretende construir un colector cilíndrico parabólico

autónomo con Arduino, para mejorar la eficiencia del colector cilíndrico parabólico y obtener agua caliente sin afectar al medio ambiente, mediante el monitoreo de temperatura.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Los beneficiarios directos del proyecto son los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica y de manera indirecta la comunidad cercana al sector La Maná, que pueden conocer los beneficios que tiene el uso de la radiación solar en la producción de agua caliente para servicios sanitarios del hogar.

#### **5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La contaminación del medio ambiente por el uso de combustibles fósiles en el calentamiento de agua en diversas actividades industriales y agrícolas tiene como consecuencia la degradación de los ecosistemas debido a la explotación de los recursos renovables.

Ecuador es dependiente de la energía eléctrica y de los combustibles derivados del petróleo para las actividades de producción y servicios, que demandan de un coste eminente en la factura de los usuarios y por ende al Estado que mantiene subsidios en los de estos servicios. Al poseer una gran fuente de energía solar, no existe un aprovechamiento eficaz de esta fuente de energía.

El problema responde a la pregunta ¿cómo obtener agua caliente aprovechando de un sistema que sea menos contaminante y económico, para cubrir las necesidades del hogar?

#### **6. OBJETIVOS**

##### **Objetivo General**

Construir un prototipo colector cilíndrico parabólico autónomo con Arduino para obtener agua caliente.

##### **Objetivos Específicos**

- ❖ Recopilar información de bases de datos de radiación solar en La Maná para la construcción del prototipo colector cilíndrico parabólico.
- ❖ Diseñar un prototipo colector cilíndrico parabólico.
- ❖ Construir el prototipo colector cilíndrico parabólico cumpliendo la norma NEC 11.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

<b>Objetivo específico 1</b>	<b>Actividad (tareas)</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medio de Verificación</b>
Recopilar información de bases de datos de radiación solar para la construcción del prototipo colector cilíndrico parabólico	Buscar datos de radiación (bases de datos: SODA, NREL, NASA, o en su defecto mapa solar del Ecuador)	Datos de radiación solar global del lugar de ejecución del proyecto	Tabla de radiación solar registrada en un archivo de Excel
<b>Objetivo específico 2</b>	<b>Actividad (tareas)</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medio de Verificación</b>
Diseñar un prototipo colector cilíndrico parabólico	Diseñar la estructura mecánica del colector cilíndrico parabólico	Diseño confiable, seguro y didáctico.	Archivo en el Programa Autodesk Inventor profesional 2017; herramienta de diseño mecánico del colector cilíndrico parabólico
<b>Objetivo específico 3</b>	<b>Actividad (tareas)</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medio de Verificación</b>
Construir el prototipo colector cilíndrico parabólico cumpliendo la norma NEC 11	Armar la estructura del canal parabólico Montar el espejo reflectivo en la base.	Colector Cilíndrico Parabólico ejecutado, bajo estándares de confiabilidad	Prototipo colector cilíndrico parabólico

Elaborado por: Macías, J (2019)

## 8. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 8.1. Radiación solar

Se denomina radiación a las ondas electromagnéticas que originan la transferencia de energía, la misma que se produce en todas las direcciones directamente desde el origen (sol).

Todas las formas de radiación son producidas por cargas aceleradas y no precisan de un medio material para propagarse. Así las ondas provenientes tanto del sol como de las estrellas tienen la capacidad de atravesar la atmósfera para llegar a la superficie terrestre. Estas ondas tienen una longitud, la cual se representa por  $\lambda$ , y una frecuencia ( $\nu$ ), y que se expresa mediante la siguiente ecuación: (Mantilla & Toro, 2017).

$$\lambda \times \nu = c \tag{1}$$

Donde  $c$  es la velocidad de la luz, si se conoce la longitud de onda se puede determinar características de esta como: energía o también su visibilidad, entre otras. (Mantilla & Toro, 2017).

Es necesario recalcar la importancia de radiación existente en la superficie terrestre, para el aprovechamiento de sistemas fotovoltaicos o colectores solares, llegando a este punto, se va a describir los tipos de radiación solar.

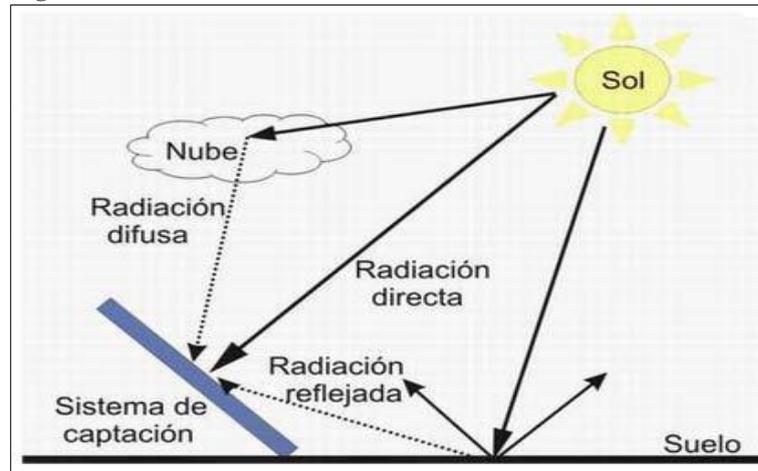
- a. Radiación directa:** se denomina radiación directa a la emisión de los rayos del sol sin desorientación en su trayecto al atravesar la atmósfera.

“A la atmósfera llega un 100% de la radiación emitida por el sol, y al pasar por la misma solo un 25% de la radiación alcanza a llegar a la superficie de la Tierra de manera directa” (Mantilla & Toro, 2017, pág. 4).

- b. Radiación difusa:** hay un cambio en la dirección de los rayos solares al pasar por la atmósfera con anterioridad a la llegada a la superficie terrestre. debido a que existen moléculas que chocan en el aire, por lo tanto, se da lugar a la desorientación de los rayos solares, motivo por el cual no habrá radiación directa.

- c. **Radiación terrestre o reflejada o de “albedo”:** es la radiación que se provoca por los rayos reflejados por objetos en la tierra, estos pueden ser la luz reflejada por los lagos, suelo, paredes, etc.
- d. **Radiación total:** Es la radiación obtenida por todas las radiaciones, directa, difusa y de albedo, en la figura 1 se describe esto.

**Figura 1:** Radiación total



Fuente: (Mantilla & Toro, 2017)

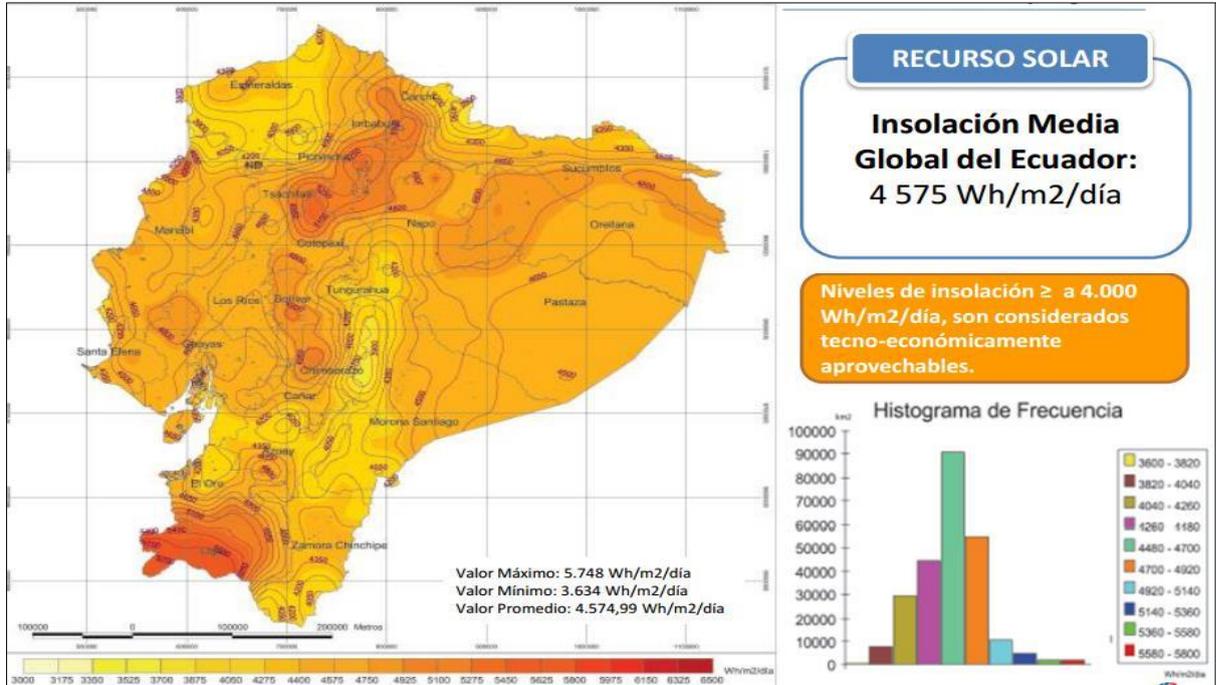
## 8.2. Radiación solar en el Ecuador

El Ecuador tiene altos niveles de radiación solar, pero la participación de esta fuente para cubrir la demanda energética nacional es mínima, por lo que el país está perdiendo la oportunidad de convertir a la energía solar en la tercera fuente de energía, luego del petróleo y la hidroelectricidad. Al estar en la mitad del mundo, el potencial de aprovechamiento de la energía solar en nuestro país es enorme; y, su uso extensivo ayudaría a alcanzar una independencia energética de largo plazo. Esto significa que es necesario empezar con la cuantificación de este recurso, antes de proponer un proyecto de investigación e inversión que beneficie al país (INER, 2014).

En este contexto, el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) está dando los primeros pasos para evaluar el recurso solar y utilizar esta información como base para futuros proyectos. En la figura 2 se muestra la insolación media global del Ecuador,

valores que superan los 4KWh/m<sup>2</sup>/día, que pueden ser aprovechados de una manera amigable con el medio ambiente.

**Figura 2:** Insolación media global del Ecuador



Fuente: (Mantilla & Toro, 2017)

### 8.3. Energía alternativa solar

La energía solar se considera como una fuente inagotable que permite el aprovechamiento en diversas aplicaciones tecnológicas en beneficio de la población, en la figura 3 se muestra las diferentes alternativas de producción de energía.

**Figura 3:** Alternativas para la producción de energía



Fuente: (Peñafiel & Silva, 2012)

Así se tiene, por un lado, las tecnologías de energías renovables cuyo producto en energía secundaria es usado en el mismo lugar donde están instalados los sistemas, y, por otro lado, aquellas donde el uso de la energía secundaria está alejado o fuera de lugar donde se produjo la energía secundaria. A las primeras se les puede llamar energías renovables de uso local y a las segundas energías renovables de uso remoto (Peñañiel & Silva, 2012).

Las primeras incluyen a:

- ❖ La energía solar pasiva en edificaciones
- ❖ La producción de calor por captadores de radiación solar
- ❖ Los arreglos fotovoltaicos para generación de electricidad
- ❖ La producción de energía eléctrica con celdas combustibles
- ❖ El uso del calor ambiental en bombas de calor
- ❖ La conversión del viento en energía eléctrica
- ❖ La conversión de biomasa en energía eléctrica, etc.

Todas estas tecnologías tienen en común que son capaces de producir energía secundaria derivada de la energía solar en casi todos los climas de la tierra. Sin embargo, el tipo y la cantidad de energía renovable dependen del lugar. Las aplicaciones de las energías renovables de uso remoto tienen la característica de coleccionar y convertir la energía renovable en un lugar, y tener el consumo de la energía secundaria en otro lugar, alejado del primero. Peñañiel & Silva (2012) describen las aplicaciones que incluyen:

- ❖ Plantas de potencia termo-solares y fotovoltaicas
- ❖ Plantas de potencia hidroeléctrica
- ❖ Plantas de potencia de viento
- ❖ Sistemas de conversión de energía térmica oceánica
- ❖ Plantas de potencia geotérmicas.

#### **8.4. Datos históricos de radiación solar**

La información de radiación solar es muy importante para su uso y comprensión, los datos de radiación solar pueden estar presentes de distintas maneras; entre ellas mediciones instantáneas o valores integrados en un tiempo como horas o días, ser de diferente índole en cuanto a

radiación directa, difusa o total, inclinación del sensor o la superficie, entre otros. En la tabla 1 se muestra el promedio de irradiación solar en el Ecuador.

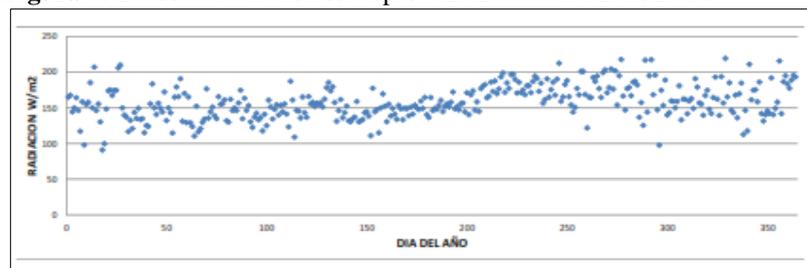
**Tabla 1:** Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador

PROVINCIA	CIUDAD	KWh/m <sup>2</sup> /día promedio	ZONA
Carchi	Tulcán	4,14	II
Esmeraldas	Esmeraldas	4,35	II
Imbabura	Ibarra	4,56	IV
Manabí	Portoviejo	4,16	III
Pichincha	Quito	4,99	IV
Tsáchilas	Sto. Domingo	3,44	II
Cotopaxi	Latacunga	4,42	IV
Napo	Tena	4,36	II
Santa Elena	Salinas	4,36	II
Guayas	Guayaquil	4,37	III
Los Ríos	Babahoyo	3,78	III
Bolívar	Guaranda	4,8	IV
Tungurahua	Ambato	4,55	III
Chimborazo	Riobamba	4,49	II
Pastaza	Puyo	3,8	II
Cañar	Azogues	4,5	III
Morona Santiago	Macas	4,09	II
Azuay	Cuenca	4,35	II
El Oro	Machala	4,35	II
Loja	Loja	4,35	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4,35	II
Galápagos	Puerto Ayora	5,84	V

**Fuente:** (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

La mayoría de la información histórica de radiación es proveniente de superficies horizontales, incluyen tanto la radiación directa como la difusa, es decir la total, sus medidas son instantáneas cada cierto periodo constante de tiempo la cual se dispone como se muestra en la figura 4 (Constante & Palacios, 2014).

**Figura 4:** Datos de radiación solar proveniente de un Piranómetro



**Fuente:** (Constante & Palacios, 2014)

Dos tipos fundamentales de radiación se disponen generalmente, la primera es información de energía total mensual a partir de datos diarios en una superficie horizontal,  $H$ , y la segunda, la energía total por hora en una superficie horizontal para largos periodos (Constante & Palacios, 2014).

#### 8.4.1. Medidor de radiación

Un piranómetro es un instrumento que mide la radiación global, se lo coloca sobre una superficie horizontal. Con el objetivo de obtener la diferencia de temperaturas entre dos superficies contenidas en una cámara semiesférica de vidrio como se muestra en la figura 5.

**Figura 5:** Piranómetro para medir la radiación global



**Fuente:** (Mantilla & Toro, 2017)

La Organización Meteorológica Mundial define radiación global como la radiación solar en el intervalo espectral de  $0,3$  a  $3 \mu\text{m}$  recibida sobre una superficie plana horizontal desde un ángulo sólido de  $2\pi$  sr (la unidad del ángulo sólido en el SI es el estereorradián). La radiación global es la suma de la radiación que procede directamente del disco solar (radiación directa) y de la radiación solar dispersada a su paso por la atmósfera (radiación difusa). La medida de la radiación global se realiza por medio de piranómetros, de las palabras griegas fuego, hacia arriba y medida (Pérez, 2008).

Los piranómetros de uso más extendido, como el Eppley modelo PSP, constan de dos cúpulas, cuya función principal es filtrar la radiación infrarroja procedente de la atmósfera y la radiación de onda corta procedente del sol, evitando que alcance al receptor. Éste está constituido por una termopila, cuya unión caliente está recubierta de una pintura de alta absorptividad. El cuerpo del instrumento está constituido por una pieza cilíndrica de bronce protegida por un disco de guarda

pintado para reducir la absorción de irradiancia solar, aloja la circuitería electrónica y sirve de sumidero de calor para la unión fría de la termopila. El instrumento está dotado de un desecante para evitar la condensación en el interior del instrumento y de un nivel de burbuja para facilitar la nivelación. Mientras que su respuesta espectral es prácticamente plana en todo el intervalo de interés, la mayor fuente de incertidumbre es su respuesta direccional (Pérez, 2008).

#### 8.4.2 Ángulo de incidencia solar

El ángulo de incidencia solar está determinado por la línea de radiación directa del sol sobre una superficie, se lo puede obtener manipulando los siguientes parámetros: (Mantilla & Toro, 2017).

- ❖ **Latitud geográfica ( $\varphi$ ):** es el valor de la latitud de acuerdo con la ubicación.
- ❖ **Inclinación de la superficie ( $s$ ):** es la inclinación que tiene la superficie que recibe los rayos solares con la horizontal del terreno, este va desde  $0^\circ$  a  $90^\circ$ .
- ❖ **Declinación ( $\delta$ ):** La declinación se la define como el ángulo formado entre el rayo solar y el plano Ecuador en cada época del año. Entonces tenemos en los solsticios de  $\pm 23,45^\circ$  y se anula en los equinoccios. Esta puede calcularse con la fórmula de Cooper:

$$\delta = 23,45^\circ \times \sin \left( 360 \times \frac{284 + n}{365} \right) \quad (2)$$

Siendo  $n$  el día del año.

- ❖ **Azimut u orientación ( $\alpha$ ):** Es el ángulo que se forma por el plano perpendicular a la superficie a reflejar con la dirección de la meridiana del lugar siendo su valor constante. Se considera lo siguiente para hallar su origen:
  - Si se ubica en el hemisferio norte, lo toma hacia el sur y viceversa.
  - Si utilizamos una brújula, debemos considerar la declinación magnética, el cual es el ángulo formado por el norte verdadero y el norte magnético.
  - Si se dirige al este, se toman grados bajo cero.
- ❖ **Ángulo horario ( $w$ ):** Este ángulo se lo toma respecto al mediodía solar, siendo la relación que existe entre los  $360^\circ$  sexagesimales para las 24 horas del día, lo que da  $15^\circ$  por hora, su unidad son las horas solares.

$$w = 15^\circ \times (hs - 12) \quad (3)$$

Con los datos obtenidos con anterioridad se obtiene el ángulo de incidencia solar, mediante la ecuación 4.

$$\cos \theta = \cos(\phi - s) \times \cos(\delta) \times \cos(w) + \sin(-s) \times \sin(\delta) \quad (4)$$

### 8.5. Sistemas de concentración

El uso de energía solar, en países desarrollados para la generación de electricidad, como en sistemas térmicos, denotan el gran desarrollo de celdas fotovoltaicas que puede servir tanto para generar energía eléctrica y para el aprovechamiento directo de calor. Siendo usado en diferentes aplicaciones.

Según Mantilla & Toro (2017), estos pueden ser:

- ❖ Baja temperatura, que se utiliza para calentamiento de agua doméstico y aplicaciones industriales con temperaturas hasta los 90°C.
- ❖ Media temperatura, que se utiliza para procesos exclusivamente industriales y van de temperaturas en el rango de 150°C a 400°C.
- ❖ Alta temperatura, se utilizan para usos industriales y también para generación eléctrica. Se manejan temperaturas superiores a los 400°C.

Entre los sistemas de captación de radiación se distinguen los colectores de placa plana, en los cuales en su interior se encuentran tuberías metálicas por las que se mueve un fluido, el cual recoge el calor transmitido hacia el colector.

En este momento se conoce de sistemas basados en el uso del vacío, evitando pérdidas y optimizando la absorción de calor producida por la radiación. Se tienen diferentes tipos de tubos al vacío según el área de aplicación:

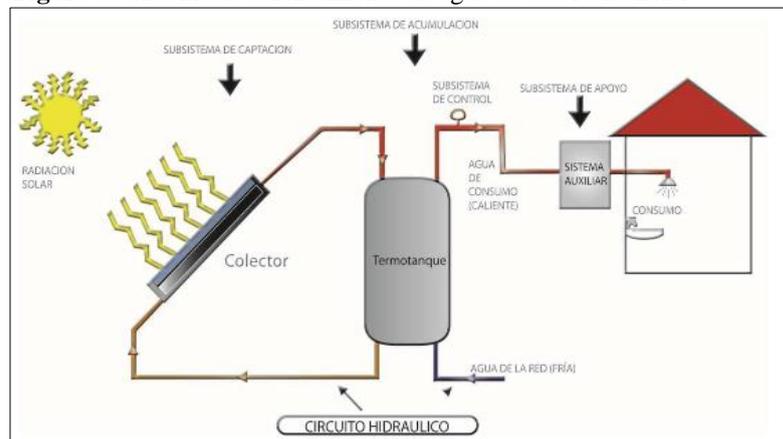
**Sistema *Heat Pipe*:** Este es un tubo de vidrio al vacío el cual tiene en su interior un tubo concéntrico con fluido en su interior que, al exponerse al sol, este se evapora y asciende por el tubo hasta llegar a la parte superior, en donde se condensa y cede calor al absorbedor.

- ❖ Flujo directo: Se constituye de un tubo de vidrio al vacío y que en su interior fluye un líquido, que puede ser agua o aceite térmico.
- ❖ Schott: Posee doble tubo de cristal en donde en su interior se encuentra el fluido de trabajo. Este no tiene problemas de esfuerzos por dilatación.

### 8.5.1. Principio de funcionamiento de un SST (sistema solar térmico)

Un SST para calentamiento de agua de uso doméstico, está conformado por los siguientes componentes principales: un colector solar plano, un tanque de almacenamiento, un sistema de control, las acometidas hidráulicas con los elementos de seguridad y un sistema de apoyo (ver figura 6) (Comite Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011).

**Figura 6:** Sistema de calentamiento de agua de uso residencial



**Fuente:** (Comite Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

El colector solar capta y transforma la energía radiante del sol en calor, el cual se transfiere al fluido de trabajo por conducción. Este fluido se mueve entre el tanque de reserva y el colector, por diferencia de temperatura, de forma natural o forzada. Cuando hay consumo de agua caliente, ésta es reemplazada por agua fría de la red que alimenta al tanque termo solar (Comite Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011).

Las condiciones de diseño de un SST deben involucrar aspectos tales como:

- a. Aprovechar de forma óptima el recurso solar disponible.
- b. Ser dimensionado de acuerdo con el consumo requerido de agua caliente.
- c. Todos los elementos que componen el sistema, incluidos los ductos y accesorios, deben estar contruidos para asegurar un desempeño eficiente, confiable y seguro durante la vida útil prevista para cada uno de ellos.

- d. Ser diseñado para que la integración de sus partes no requiera de asistencia técnica por largos períodos.
- e. Ser diseñado para soportar la acción del ambiente local.
- f. Si en el diseño del SST se incluye complemento auxiliar de energía, se sugiere que tenga funciones automáticas para que todo el conjunto opere autónomamente.

Por consiguiente, es de gran importancia describir las aplicaciones de los colectores solares parabólicos en el calentamiento de agua.

Dentro de los sistemas de concentración de calor descritos anteriormente quiero hacer énfasis en los tubos de calor (heat pipe): que consiste en un tubo de vidrio oscuro, el cual opera con un fluido en su interior, con un punto bajo de ebullición que permite elevar su temperatura rápidamente y evaporarse al exponerse al sol, llegando a la parte superior del tubo, donde cede calor al circuito hidráulico que se encuentra a temperatura ambiente en un inicio.

### 8.6. Colector cilíndrico parabólico (CCP)

Un colector cilíndrico parabólico es un dispositivo que capta la radiación solar hacia el centro del colector (eje), donde se ubica un tubo de calor, contenido de aceite con un punto bajo de ebullición, alcanzando la mayor concentración de calor en el fluido del tubo, debido a la reflexión de radiación por acción de la parábola formada en la base reflectora. Permitiendo la transformación de la radiación solar en energía térmica, que es conducida hasta un intercambiador de calor, dando lugar al calentamiento de agua (ver figura 7).

**Figura 7:** Colector cilíndrico parabólico



**Fuente:** (Laboratorio de óptica aplicada, 2013)

Sobre los componentes de un colector parabólico expresan Mantilla & Toro (2017) la siguiente descripción:

### **8.6.1. El reflector cilíndrico parabólico**

Se caracteriza por ser un espejo curvo, en forma de parábola, el cual refleja y concentra sobre el tubo receptor la radiación solar directa que incide sobre su área. Se puede colocar distintos materiales para la reflexión de los rayos solares, tales como los plásticos recubiertos con películas de plata o aluminio, planchas metálicas o vidrios, en los que se coloca una capa de plata protegido por una base de cobre y pintura epoxi, estos suelen ser los más usados (Mantilla & Toro, 2017).

### **8.6.2. El tubo de absorción o receptor**

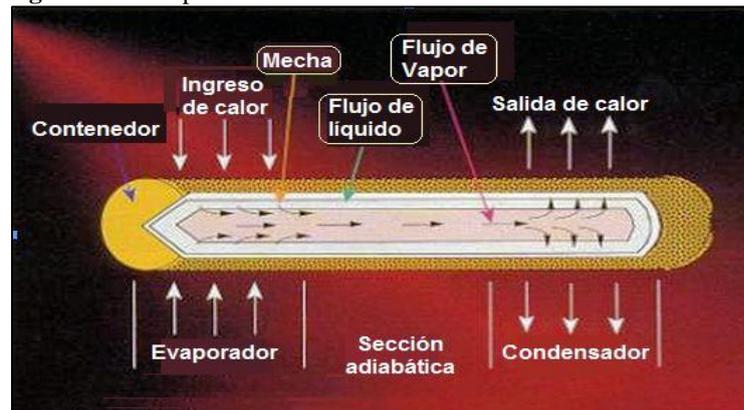
Este es el alma del CCP, ya que el rendimiento del CCP depende en sí de la capacidad termodinámica del absorbente. Este puede ser un solo tubo o de dos tubos concéntricos. Cuando se tiene dos tubos concéntricos el tubo que se encuentra en el interior es metálico y tiene una absorción mayor al 90% y con emisividades menores a 30% en el espectro infrarrojo, teniendo así un alto rendimiento térmico. Por otra parte, el tubo exterior es de cristal para reducir las pérdidas térmicas por convección del tubo metálico y protegerlo de las condiciones meteorológicas adversas que se puedan presentar (Mantilla & Toro, 2017).

### **Principio de funcionamiento de los tubos de calor**

Para que se produzca el intercambio de calor, el receptor está compuesto de una vulva de cobre en el tubo de calor, el cual es fabricado con materiales que permiten una transferencia de calor en óptimas condiciones, entre los más usados se encuentra el cobre y el aluminio.

La operación de un tubo de calor es fácilmente entendible usando la geometría cilíndrica, que es la más común. Los componentes de un tubo de calor son un contenedor sellado de pared tubular y cabezales en los extremos, una estructura porosa (mecha), y una pequeña cantidad de fluido de trabajo, el cual se encuentra en equilibrio con su propio vapor (ver figura 8). (Rosas, 2012). En el anexo 2 se describe las características del fluido de trabajo del tubo de calor.

**Figura 8:** Principio de funcionamiento de un tubo de calor



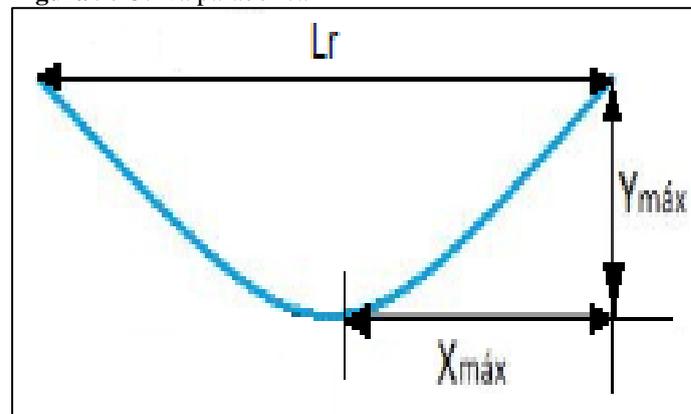
Fuente: (Rosas, 2012)

### 8.6.3. Razón de concentración geométrica y ángulo de aceptación

#### a) Lado recto y puntos máximos.

La base reflectora forma una parábola por lo tanto antes de su diseño se deben calcular los parámetros del lado recto y los puntos máximos en  $X$  y  $Y$  que precisan la forma de la parábola, por lo que se realizan cálculos en función de diferentes distancias focales (ver figura 9).

**Figura 9:** Curva parabólica



Fuente: (Mantilla & Toro, 2017)

Para conocer el lado recto “ $Lr$ ”, se procede a realizar el cálculo utilizando la fórmula del arco de una curva (figura 10), y con esta conocer la longitud de esta.

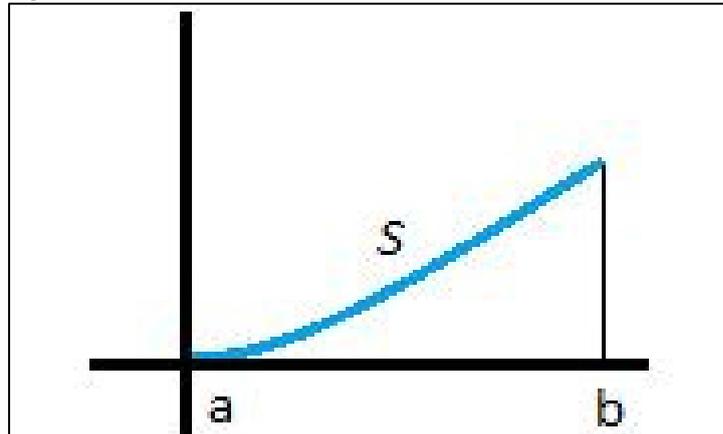
$$S = \int_a^b \sqrt{1 + f'(x)} dx \quad (5)$$

Dónde:

**a:** es el punto cero de la parábola

**b:** es el punto máximo en y

**Figura 10:** Gráfica de la curva



Fuente: (Mantilla & Toro, 20

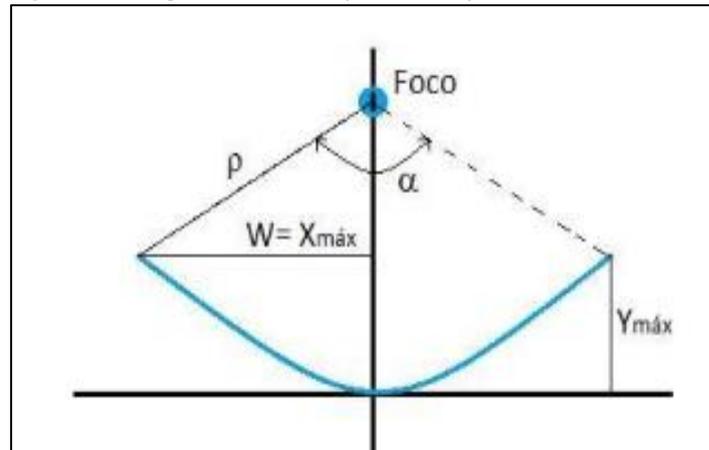
En la ecuación 5 se debe conocer la longitud de la curva ( $S$ );  $f'(x)$  es la derivada de la ecuación de la parábola. El límite  $a = 0$ , y el límite  $b$  es el punto para calcular, por lo que, operando, sustituyendo y despejando  $b$  se puede conocer el valor del punto máximo en  $X$  ( $X_{\text{máx}}$ ) (Mantilla & Toro, 2017).

Para obtener el punto máximo en  $Y$  ( $Y_{\text{máx}}$ ), se sustituye el valor de  $X_{\text{máx}}$  en la ecuación general de la parábola.

#### a. Angulo de abertura $\alpha$ y distancia $\rho$

Al formarse un triángulo rectángulo entre la distancia  $\rho$  con  $X_{\text{máx}}$  como se muestra en la figura 11, se puede obtener el valor de  $\alpha$  mediante la siguiente ecuación.

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{X_{\text{max}}}{F - Y_{\text{max}}} \quad (6)$$

**Figura 11:** Ángulo de abertura y distancia  $\rho$ 

Fuente: (Mantilla &amp; Toro, 2017)

Con el principio del triángulo rectángulo es posible calcular la distancia mediante la ecuación 7.

$$\rho = \sqrt{W^2 + (F - Y_{\text{máx}})^2} \quad (7)$$

#### 8.6.4. El sistema de seguimiento solar

Este sistema sirve para aprovechar las horas de sol útiles durante el día. El seguimiento solar en los CCP suele ser de este a oeste, es decir, la base reflectora sigue al sol durante el día. Añadir el seguimiento norte-sur mejora la captación de radiación, pero implica realizar una serie de conexiones complejas entre módulos. Por lo tanto, el sistema de seguimiento de un CCP se construye generalmente de un eje teniendo menos costos (Mantilla & Toro, 2017).

Cuando se usa el seguimiento de este a oeste, la base reflectora del CCP gira sobre un eje orientado al norte, además la base tiene una inclinación con la horizontal. El giro ajusta que la base reflectora esté siempre perpendicular al sol. La velocidad de giro es de  $15^\circ$  por hora, en sentido horario. Cuando se usa el seguimiento de norte a sur la base reflectora del CCP gira en un eje horizontal orientado al este. El giro se ajusta para que la superficie del coincide en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al sol (Mantilla & Toro, 2017).

## 8.7. Controladores automátatas

El controlador va a detectar la temperatura deseada por medio del sensor. Cuando el agua llegue a dicha temperatura, abre la electroválvula ubicada a la salida del colector lo que permite la salida hacia un tanque de almacenamiento (Arellano & Chamorro, 2017).

Algunos de los controladores automátatas para colectores cilíndricos parabólicos se describen a continuación:

### 8.7.1. PLC (controlador lógico programable)

El PLC es un programador diseñado para múltiples entradas y salidas, rangos de temperatura amplios, inmunidad al ruido eléctrico, resistentes a la vibración y al impacto (ver figura 12). Su control es a través de pulsos y señales analógicas (Arellano & Chamorro, 2017).

**Figura 12:** PLC



Fuente: (Fenix, 2018)

### 8.7.2. Arduino

La principal ventaja es su fácil uso, se tiene disponible en software y hardware. Sirve para desarrollar elementos autónomos o bien conectarse a otros dispositivos o interactuar con otros programas (Arellano & Chamorro, 2017). En la figura 13 se muestra una tarjeta de Arduino Uno.

**Figura 13:** Arduino Uno

Fuente: (Descubre Arduino, 2019)

Para la lectura de temperatura con Arduino Uno, es necesario escoger los circuitos integrados que permitan la interpretación de los datos obtenidos de la medición con los sensores. Si los sensores son termocuplas tipo K se debe considerar un circuito integrado MAX6675.

### 8.8. Medición de temperatura por termopares

Un termopar es un sensor para medir la temperatura. Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura (ver figura 14). Las aleaciones de termopar están comúnmente disponibles como alambre (Omega Engineering, 2020).

**Figura 14:** Termopares para la medición de temperatura

Fuente: (Omega Engineering, 2020)

Los termopares están disponibles en diferentes combinaciones de metales o calibraciones para adaptarse a diferentes aplicaciones. Los tres más comunes son las calibraciones tipo J, K y T,

de los cuales el termopar tipo K es el más popular debido a su amplio rango de temperaturas y bajo costo.

### **8.8.1. El termopar tipo K**

Tiene un conductor positivo de níquel-cromo y un conductor negativo de níquel-aluminio. Existen calibraciones tipo R, S, B, G, C y D para alta temperatura que ofrecen un rendimiento de hasta 2320 °C dependiendo del modelo. Estos están hechos de metales preciosos (platino/rodio y tungsteno/renio) y por lo tanto son relativamente caros (Omega Engineering, 2020). Este sensor tiene la capacidad de adaptarse a la tarjeta de Arduino por medio del módulo MAX6675 el cual se describe a continuación.

#### **Módulo MAX6675**

La tarjeta de control MAX6675 realiza la compensación y linealización de la respuesta del sensor con un ADC, la resolución es de 0,25° y el rango de uso de la tarjeta es de 3,0V a 5,5V, por lo que se utiliza con cualquier microcontrolador o tarjeta de desarrollo, la temperatura de operación de la tarjeta es de -20°C a 80°C por lo que se debería tener cuidado al instalarla (Rios, 2017).

### **8.8.2. Criterios de selección de termopares**

Para la selección de los termopares Omega Engineering (2020) considera los siguientes ítems:

- ❖ Rango de temperatura
- ❖ La resistencia química del termopar o material de vaina
- ❖ Resistencia de abrasión y vibración
- ❖ Requisitos de instalación (es posible que tengan que ser compatibles con equipos existentes; los agujeros existentes pueden determinar el diámetro de la sonda).

## **9. VALIDACIÓN DE PREGUNTAS O HIPÓTESIS**

Se pretende obtener agua caliente a partir de la radiación solar, enfocada perpendicular al colector solar de un colector cilíndrico parabólico mediante una base reflectora que aproveche la radiación y transformarla en energía calórica, para el calentamiento de agua con un rendimiento del 20%.

## **10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **Investigación bibliográfica**

Este tipo de investigación es una parte esencial dentro del proceso de desarrollo debido a que permitirá conocer diferentes mecanismos de seguimiento solar, sistemas de calentamiento de agua, lineamientos y procedimientos requeridos para el monitoreo de variables para el posterior diseño del sistema, usando para ello diferentes fuentes bibliográficas.

### **Investigación de campo**

Previo al desarrollo proyecto se plantea una visita técnica en la Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE, en la ciudad de Latacunga, para obtener información sobre el proyecto de tesis “Construcción de un colector cilindro-parabólico autónomo con seguimiento solar para obtener agua caliente” y analizar la eficacia de este prototipo. La presente investigación se desarrolla en la terraza del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, ejecutando los conocimientos de energías renovables. Además, se verificó la existencia de los recursos necesarios para la ejecución del proyecto (agua y radiación directa) indispensable para el desarrollo del proyecto.

### **Investigación experimental**

Esta investigación utiliza métodos, técnicas y un conjunto de actividades que permiten comprobar la veracidad de lo conocido y demostrar que se cumple lo propuesto en el proyecto, en este caso la obtención de datos e información necesarios para la construcción del colector cilíndrico parabólico. Se obtiene información por medio de la medición de radiación y temperatura con la finalidad de analizar cómo funciona el sistema de calentamiento de agua y poder realizar los cambios respectivos antes de concluir la construcción del prototipo colector cilíndrico parabólico.

### **Investigación aplicada**

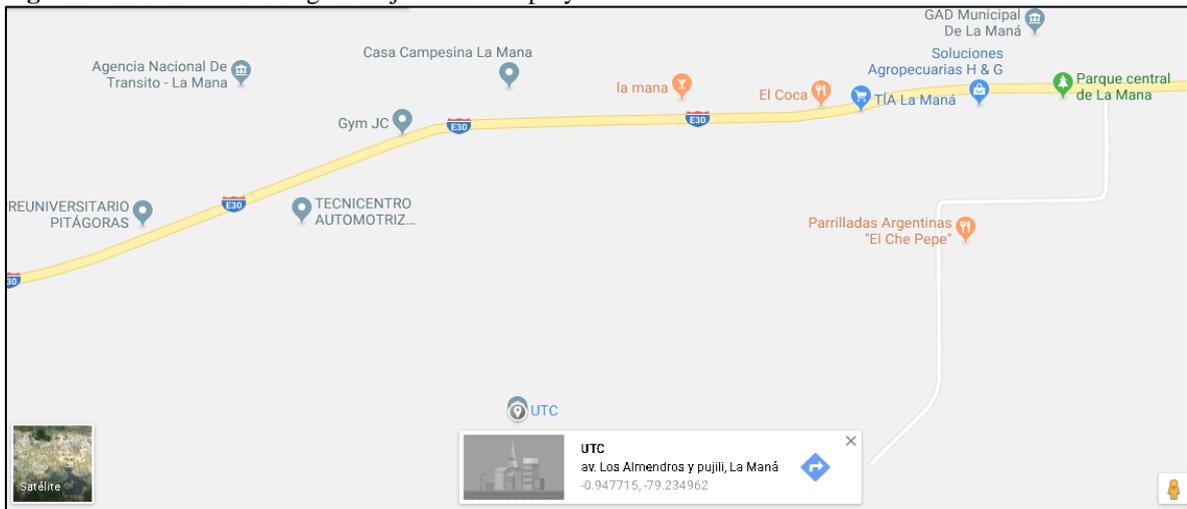
Mediante el presente proyecto se plantea una mejora en el aprendizaje de los estudiantes, especialmente a los de la carrera de Ingeniería Electromecánica quienes reciben la asignatura energías renovables, al implementar el colector cilindro parabólico para obtener agua caliente

se podrá obtener datos de radiación y calcular la cantidad de energía que es capaz de concentrar un colector cilíndrico parabólico. Además, se podrá determinar su rendimiento.

### 10.1. Diseño del colector cilíndrico parabólico

Previo al análisis solar es necesario citar la ubicación del proyecto, para conocer sus coordenadas mostrados en la figura 15 y proceder a los cálculos.

**Figura 15:** Ubicación del lugar de ejecución del proyecto



Fuente: Google maps

### Ubicación Geográfica:

#### La Maná

**Latitud:** -0,94094

**Longitud:** -79,2250595

**Temperatura máxima:** 32 °C

**Temperatura mínima:** 22 °C

**Temperatura promedio:** 26 °C

**Radiación solar anual en promedio**

**Tabla 2:** Promedio de radiación mensual del año 2018 expresada en KWh/m<sup>2</sup>/día

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
PRO:	3,84	4,3940741	4,1007143	5,63566667	3,0629032	3,322
MES	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PRO:	3,41467	3,918	3,7965517	4,04733333	3,4341379	3,52866667

Fuente: (NASA, 2019)

Siendo abril el mes de mayor radiación con 5,6356 kWh/m<sup>2</sup>/día y mayo el más bajo con 3,063 kWh/m<sup>2</sup>/día.

### 10.1.1. Componentes del colector cilindro parabólico

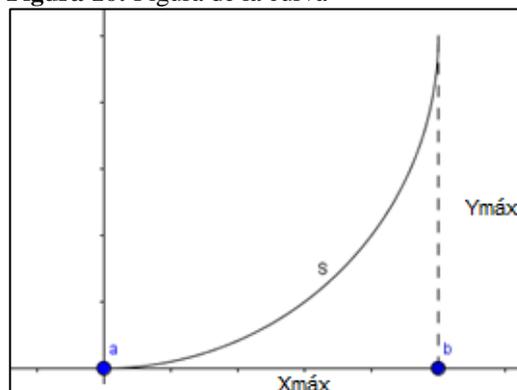
#### a. Base reflectora

Para el diseño de la base reflectora del colector cilíndrico parabólico se utilizará una plancha de acero inoxidable reflectante tipo espejo considerando 1,80 m de largo por 1,20 m de ancho. En el lado de 1,20 m se realizará la curva parabólica. Conociendo las dimensiones de la plancha de acero inoxidable se procede a realizar los cálculos oportunos para fijar la distancia focal apropiada al colector cilíndrico parabólico en función del límite máximo en (x) y (y).

Se tomará como vértice de la parábola la mitad del lado curvo en razón al ancho de la plancha de acero inoxidable, en otras palabras, la longitud de la curva ( $S$ ), la misma que será de 0,60 m. Siendo así, se realizarán los cálculos para dos distancias focales que serán; 0,30 m y 0,40 m. Teniendo que la longitud de la curva se determina por la ecuación 5:

$$S = \int_a^b \sqrt{1 + f'(x)} dx.$$

Obteniendo una gráfica como se muestra en la figura 16:

**Figura 16:** Figura de la curva

Fuente: (Mantilla & Toro, 2017)

Como se conoce la longitud de la curva  $S = 0,60$  m; hallamos la derivada  $f'(x)$  de la ecuación de la parábola, la cual es:

$$f(x) = y = \frac{x^2}{4 \times F} \quad (8)$$

Sustituyendo las distancias focales en la ecuación 6 para luego derivarla, obtendremos el valor del límite  $b$ , siendo el límite  $a = 0$ ; así conoceremos el valor de  $X_{\text{máx}}$ .

**Si  $F=0,30$  m, entonces**

$$f(x) = y = \frac{x^2}{4 \times 0,30} = x^2 \rightarrow f'(x) = 1,66x$$

Reemplazando el valor de  $f'(x)$

$$S = \int_a^b \sqrt{1 + 1,66x} dx$$

Integrando la función

$$b = 0,50 \text{ m}$$

**Si  $F=0,40$  m, entonces**

$$S = \int_a^b \sqrt{1 + 1,25x} dx$$

Integrando la función

$$b = 0,52 \text{ m}$$

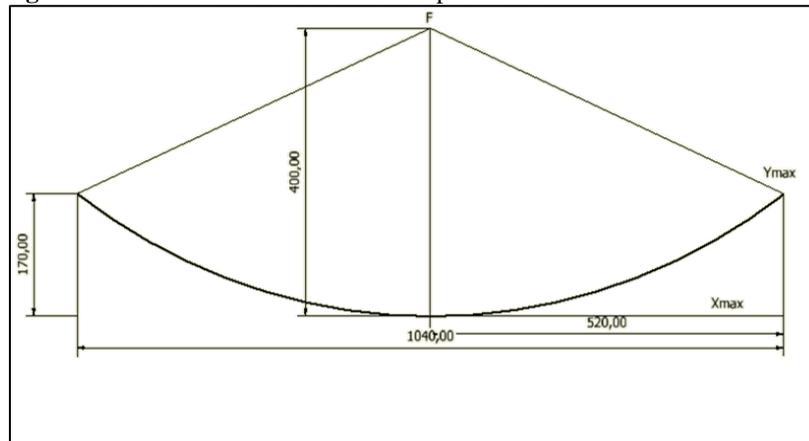
Conociendo el valor de  $X_{\text{máx}}$  podemos conocer el valor de  $Y_{\text{máx}}$ , reemplazando  $X_{\text{máx}}$  en la ecuación de la curva, obteniendo los valores que se representan en la tabla 3:

**Tabla 3:** Relación de distancias focales

FOCO	$X_{\max}$	$Y_{\max}$
0,3 m	0,5 m	0,21 m
0,4 m	0,52 m	0,17 m

Fuente: Macías, J (2019)

Con las distancias focales citadas con anterioridad, podemos comprobar que al tener un foco de 0,30 m tendremos una distancia  $Y_{\max}$  de 0,21 m; es decir, un valor aproximadamente igual a la distancia del foco, y con una distancia focal de 0,40 m se tendrá una distancia  $Y_{\max}$  de 0,17m con la cual tendremos una curvatura menos pronunciada. La figura 17 muestra el perfil del colector cilíndrico parabólico para una distancia focal de 0,40 m ( $Y_{\max} = 0,17$  m;  $X_{\max} = 0,52$  m)

**Figura 17:** Perfil del colector cilíndrico parabólico

Fuente: Macías, J (2019)

En este momento procedemos a calcular el ángulo de abertura ( $\alpha$ ) y la distancia ( $\rho$ ) correspondientes al punto focal con la parábola, como se muestran en la figura 18.

Para lo cual se procede a resolver las ecuaciones 6 y 7 para el cálculo del ángulo de abertura y distancia focal respectivamente.  $\alpha$

$$tg \frac{\alpha}{2} = \frac{X_{\max}}{F - Y_{\max}} = \frac{0,52}{0,40 - 0,17} = 2,26$$

$$\alpha = 2 \arctg (2,2608)$$

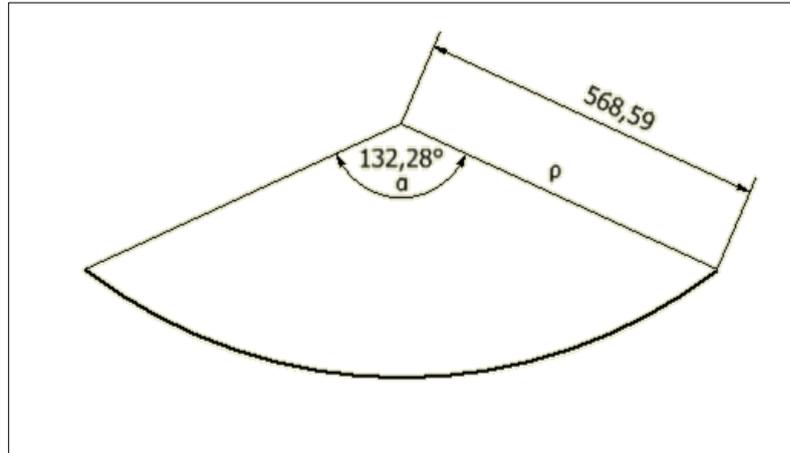
$$\alpha = 132,279^\circ$$

$$\rho = \sqrt{(X_{\max})^2 + (F - Y_{\max})^2}$$

$$\rho = \sqrt{(0,52)^2 + (0,40 - 0,17)^2}$$

$$\rho = 0,56859 \text{ m}$$

**Figura 18:** Ángulo de apertura y distancias



Fuente: Macías, J (2019)

### 10.1.2. Insolación media global

Para el desarrollo del presente proyecto se ha obtenido datos de insolación media global, para determinar la viabilidad y sostenibilidad del diseño de un colector cilíndrico parabólico con intenciones de innovar los sistemas calentamiento de agua y disminuir el uso de sistemas convencionales, como; el gas que genera emanaciones de CO<sub>2</sub> y energía eléctrica que representa un alto consumo en la planilla de los usuarios. Los datos de insolación media global del año 2018 se han obtenido de la página web de la Nasa Power Data Access Viewer, dando una insolación media global de 3.875 KWh/m<sup>2</sup>/día.

### 10.1.3. Ángulo de incidencia solar

Para localizar el ángulo de incidencia solar con una inclinación mínima del colector solar con respecto a la horizontal de 6° (debido al sistema de calentamiento basado en tubos de calor que operan con una inclinación mínima de 5° para su óptimo funcionamiento) para lo cual se prosigue a realizar el cálculo considerando los siguientes parámetros:

- ❖ Latitud geográfica ( $\varphi$ ): -0,9480245 (Lugar de instalación)
- ❖ Inclinación del colector ( $s$ ): 6°

- ❖ Declinación ( $\delta$ ):
- ❖ Azimut u Orientación ( $a$ ):  $180^\circ$
- ❖ Ángulo horario ( $w$ )

Con esto el ángulo de incidencia ( $\theta$ ) se obtiene mediante la ecuación (4), como  $a = 180^\circ$ , ya que el colector cilíndrico parabólico está orientado al norte, se usa la ecuación 4:

$$\cos \theta = \cos(\varphi - s) \times \cos(\delta) \times \cos(w) + \text{sen}(-s) \times \text{sen}(\delta)$$

La declinación se calculará para cada mes del año, mediante la ecuación (2), obteniendo los resultados de la tabla 4:

$$\delta = 23,45^\circ \times \text{sen} \left( 360 \times \frac{284 + n}{365} \right)$$

**Tabla 4:** Declinación mensual

MES	Nº DE DÍA (n)	DECLINACIÓN ( $\delta$ )
Enero	16	-21,09634389
Febrero	46	-13,28915619
Marzo	76	-2,01587453
Abril	106	9,783189981
Mayo	136	19,03059093
Junio	166	23,31440992
Julio	196	21,51733603
Agosto	226	14,10808428
Septiembre	256	3,019144761
Octubre	286	-8,857251784
Noviembre	316	-18,4234891
Diciembre	346	-23,18448949

Fuente: Macías, J (2019)

Conociendo la posición geográfica del colector cilíndrico parabólico, se realiza el cálculo del ángulo horario, en razón las horas útiles de luz, es decir, desde las 7 am hasta las 5 pm, mediante la ecuación (3), los valores que se obtienen mediante la ecuación se encuentran en la tabla 5.

$$w = 15^\circ \times (h - 12)$$

**Tabla 5:** Ángulo horario (horas de sol)

HORAS (Hs)	w (°)	w (rad)
7	-75	-1,31
8	-60	-1,04
9	-45	-0,78
10	-30	-0,52
11	-15	-0,26
12	0	0
13	15	0,26
14	30	0,52
15	45	0,78
16	60	1,04
17	75	1,31

Fuente: Macías, J (2019)

Para determinar el valor de la radiación directa promedio se toma en cuenta la radiación directa máxima considerada radiación solar del mes de noviembre cuyo valor es de  $860 \text{ W/m}^2$ , el valor de radiación directa media se calcula mediante la ecuación 9, para una declinación de  $-18,423$  se obtiene los valores de la tabla 6.

$$I_0(\text{media}) = I_0(\text{avg,mes}) \times \frac{-1}{e^{3,8 \times \cos(w-1,6)}} \quad (9)$$

**Tabla 6:** Valores de ángulo de incidencia solar y radiación media

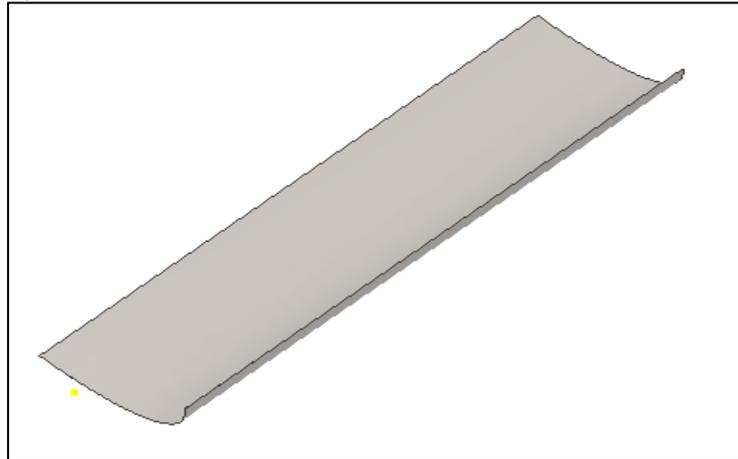
HORAS (Hs)	w (°)	COSENO DE w	ÁNGULO DE INCIDENCIA	RADIACIÓN MEDIA
7	-75	0,2588	0,2768	276,275
8	-60	0,5	0,5039	494,547
9	-45	0,7071	0,699	586,356
10	-30	0,866	0,8486	631,414
11	-15	0,9659	0,9427	653,492
12	0	1	0,9748	661,004
13	15	0,9659	0,9427	656,163
14	30	0,866	0,8486	637,637
15	45	0,7071	0,699	598,689
16	60	0,5	0,5039	520,458
17	75	0,2588	0,2768	342,337

Fuente: Macías, J (2019)

## 10.2. Construcción del colector cilíndrico parabólico

Para la construcción del colector cilíndrico parabólico se diseñó las piezas en el Autodesk Inventor 2017 basados en los cálculos obtenidos anteriormente. En la figura 19 se muestra la base reflectora.

**Figura 19:** Base reflectora diseñada en Autodesk Inventor



Fuente: Macías, J. (2019)

Se escogió el acero inoxidable tipo espejo para la base reflectora por ser un material que no pierde su reflectividad con el tiempo (ver figura 20), por lo tanto, no requiere de mantenimiento, basta con una limpieza para evitar la formación de polvo en la base reflectora. Las características de la plancha de acero inoxidable tipo espejo se especifican en el anexo 3.

**Figura 20:** Plancha de acero inoxidable tipo espejo



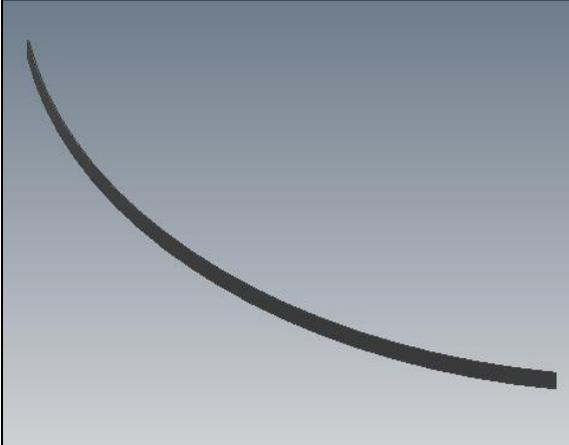
Fuente: Macías, J (2019)

Las dimensiones de la plancha de acero inoxidable tipo espejo son de 1,22 m x 2,44 m de los cuales se procede a cortar el lado largo de tal forma que nos queden las dimensiones de 1,80 m de largo y conservamos el mismo ancho de 1,22 m para realizar la parábola. El espesor de la plancha de acero inoxidable es de  $8 \times 10^{-4}$  m, permitiendo manipular y darle forma con gran flexibilidad, motivo por el cual se procede a realizar la base para sujetar la plancha.

Se procede a moldear 3 platinas de 1,1125 m para la estructura de la base reflectora (ver figura 21).

**Figura 21:** Viga de sujeción de la estructura

a) Viga diseñada en Autodesk Inventor



b) Viga moldeada



Fuente: Macías, J (2019)

Se usan 3 platinas con forma parabólica para sujetar en la plancha de acero inoxidable de 1,22 m. Posteriormente se corta dos ángulos de 1,80 m de largo para seguir armando la estructura y soldarla, como se muestra en la figura 22.

**Figura 22:** Estructura de la base reflectora

Fuente: Macías, J (2019)

Una vez armada la estructura se verifica el lado recto de la parábola y simetría de las platinas para remachar la plancha de acero inoxidable con la estructura como se muestra en la figura 23.

**Figura 23:** Base reflectora con su estructura



Fuente: Macías, J (2019)

Para tener una inclinación de  $6^\circ$  en el colector se considera una diferencia de 0,2 m para colocar las chumaceras y el tubo de calor en la columna norte y sur (figura 24).

**Figura 24:** Estructura para sujetar las chumaceras y el tubo de calor

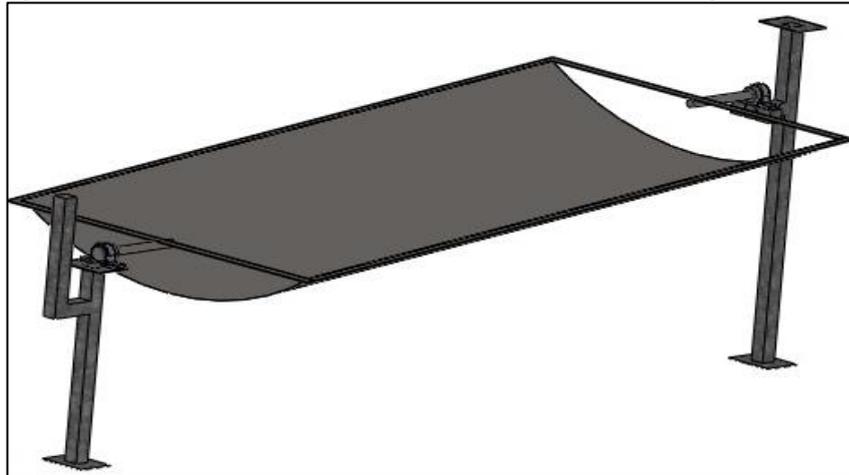
a) Columna norte

b) Columna sur



Fuente: Macías, J (2019)

Una vez diseñados los componentes se colector cilíndrico parabólico se realizó en ensamble de estos, como se muestra en la figura 25.

**Figura 25:** Ensamble de la base reflectora con las columnas norte y sur

Fuente: Macías, J (2019)

### 10.3. Registro de temperatura en Arduino Uno

Para establecer una conexión compatible con la plataforma de Arduino es importante conocer las características de Arduino descritas en la tabla 7.

**Tabla 7:** Características de operación de la tarjeta de Arduino

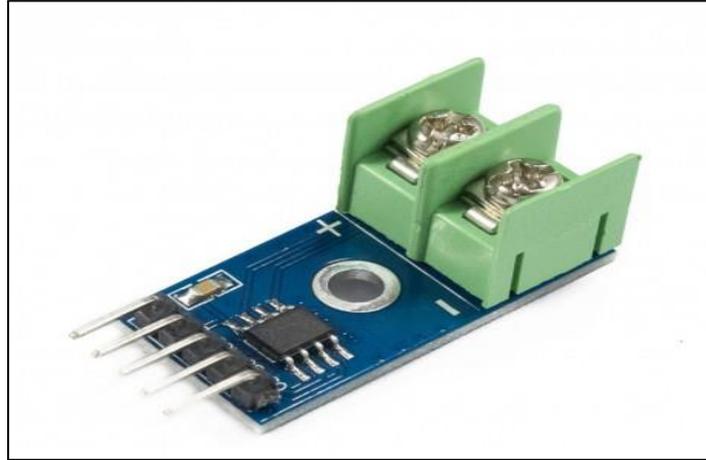
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Pines de E/S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC por pin de E/S	40 mA
Corriente DC para 3.3V Pin	50 mA
Memoria Flash	32 KB de los cuales 0,5 KB utilizados por el bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad de reloj	16 MHz

Fuente: (Descubre Arduino, 2019)

#### 10.3.1. Modulo MAX6675

La lectura de temperatura del sensor tipo K puede ser interpretada por Arduino por medio de un modulo MAX6675 “que permite conectar una termocupla tipo K, incluye compensación de junta fría que convierte la señal analógica a digital con una excelente resolución de 12bits en un rango de 0° hasta 1023°C” (ETPROM, 2017). En la figura 26 se aprecia un MAX6675.

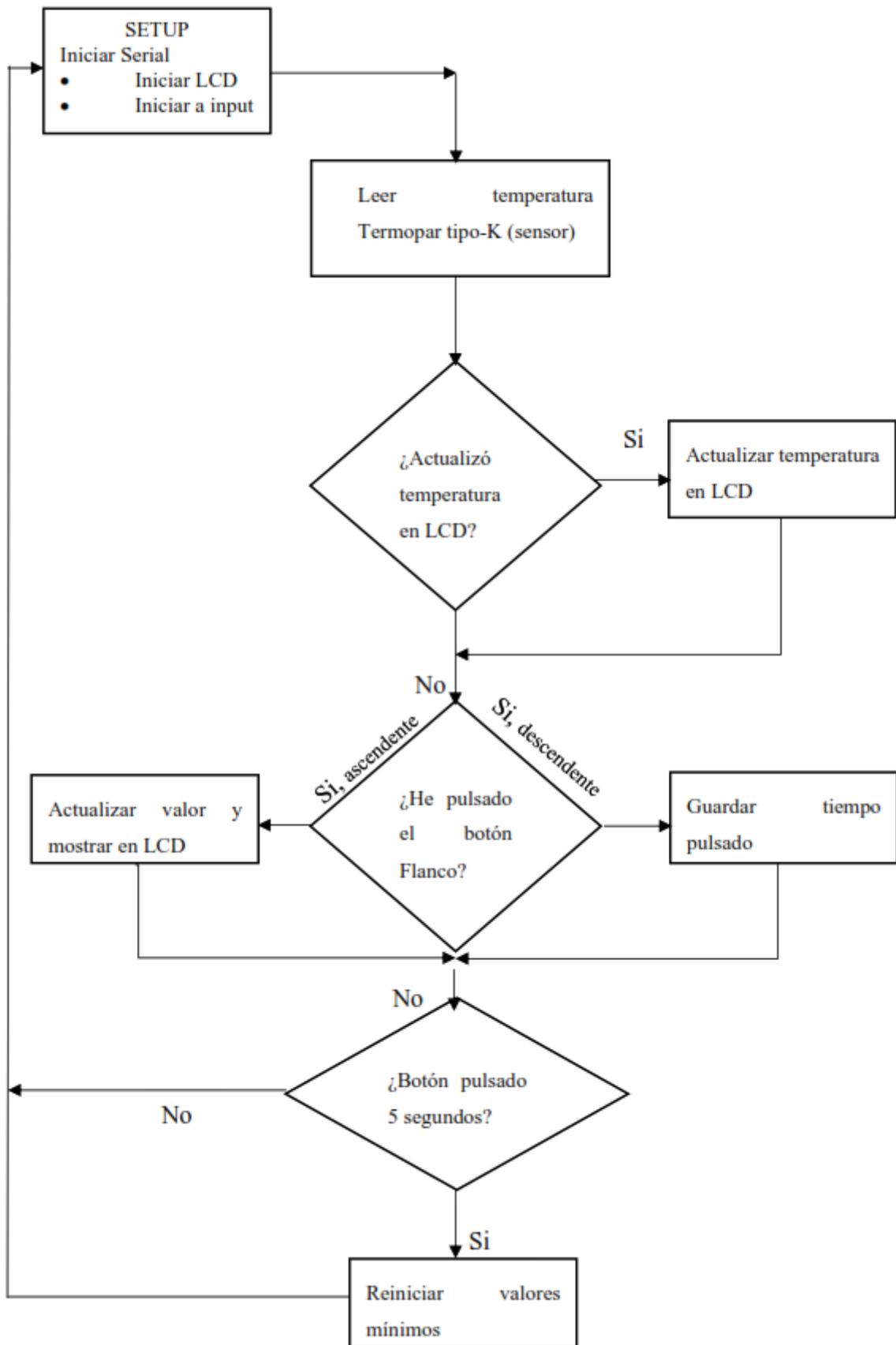
**Figura 26:** Módulo MAX6675



**Fuente:** (Naylamp Mechatronics, 2020)

De acuerdo con las condiciones de medición de temperatura se optó por realizar ésta por medio del módulo MAX6675 compatible con los termopares tipo K y la plataforma de Arduino. El diagrama de conexión se muestra en el anexo 4.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo, para la lectura de temperatura con Arduino:



## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 11.1. Medición de temperatura del agua calentada por el CCP

Para realizar las mediciones pertinentes consideramos los siguientes datos de la ubicación del colector cilíndrico parabólico:

**Temperatura ambiente:** 22°C

**Temperatura ambiente del agua:** 16,4°C

**Velocidad del viento:** 3,33m/s

Las mediciones se realizaron el 15 de noviembre del 2019, por un tiempo de siete horas, desde las 10:00 am hasta las 17:00 pm, con un registro de los datos de radiación solar, temperatura del tubo de calor y del agua almacenada, los cuales se aprecian en la tabla 8.

**Tabla 8:** Datos de prueba

HORA	RADIACIÓN SOLAR (W/m <sup>2</sup> )	TEMPERATURA TUBO DE CALOR (°C)	TEMPERATURA DEL AGUA ALMACENADA (°C)
10:00	930	60	16,4
10:10	928	60,9	17,2
10:20	940	62	20,2
10:30	925	61	20
10:40	800	60,5	20
10:50	520	55	19,9
11:00	910	66	20,5
11:10	920	68,2	21,1
11:20	925	69,3	21,7
11:30	918	69	22,3
11:40	924	71	22,9
11:50	930	73,1	23,5
12:00	940	75	24,1
12:10	935	76,4	24,7
12:20	980	77,6	25,8
12:30	985	78,5	26,5
12:40	870	76	27,4
12:50	1005	80	28,2
13:00	1009	81	29,1
13:10	999	81,5	29,9
13:20	1040	82,3	30,8
13:30	1025	82	31,6
13:40	1030	82,3	32,5
13:50	1015	82	33,3
14:00	1008	79	34,2
14:10	1000	79	32,5
14:20	890	76,9	31

14:30	900	77,5	34,5
14:40	850	76,4	34,3
14:50	810	74	38,4
15:00	920	75,5	39,3
15:10	750	78	40,1
15:20	790	82	41,01
15:30	600	67	39
15:40	815	78,3	42,7
15:50	700	75,4	43,5
16:00	1080	85	54,3
16:10	900	82	50
16:20	750	78	49
16:30	465	73	48
16:40	400	60	45
16:50	200	48	41
17:00	190	42,5	38

Fuente: Macías, J (2019)

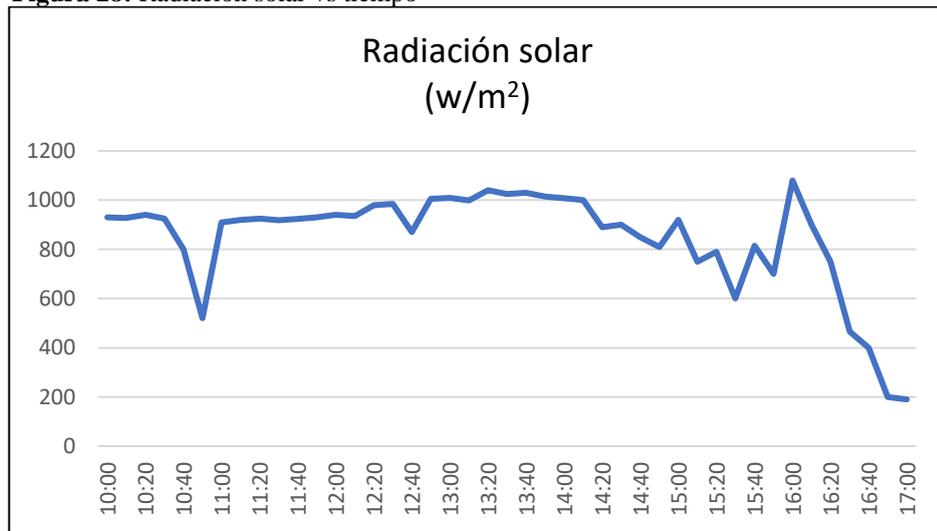
Para la medición de temperatura en el tubo de calor y el agua a almacenada se usó 2 termocuplas tipo K (ver figura 27), para las mediciones en el tubo de calor y del agua a almacenada, este sensor opera a altas temperaturas. Para Omega (2020) “al aumentar la temperatura conduce un incremento de voltaje, en un rango de temperatura que va desde los 0 a 400°C, con un error de 1,1°C”.

**Figura 27:** Sensor de temperatura tipo K



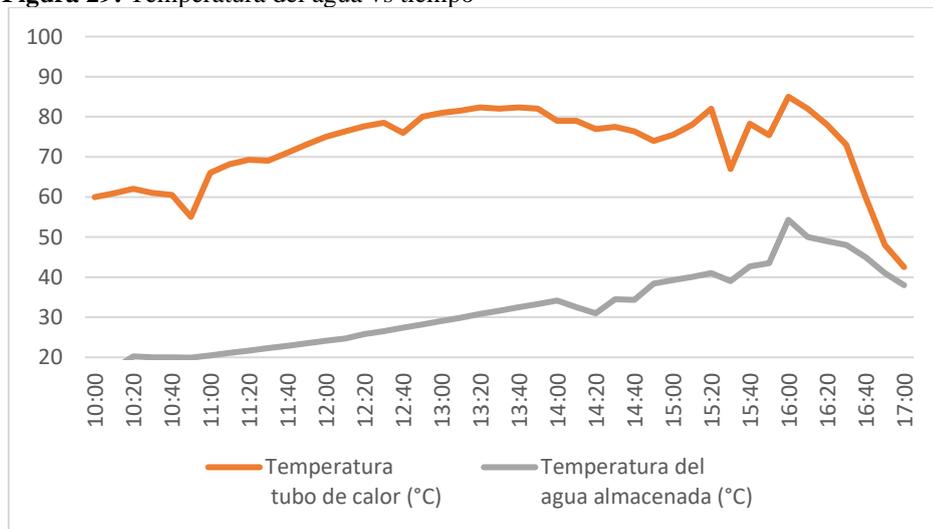
Fuente: (Amazon, 2020)

Las mediciones que se encuentran en la tabla 8 se representan gráficamente en la figura 28, donde se observa la radiación solar en el lugar de instalación en comparación con el tiempo de la prueba, con una radiación máxima de 1040 W/m<sup>2</sup> y la mínima de 190 W/m<sup>2</sup> al atardecer donde se nota la ausencia de rayos solares.

**Figura 28:** Radiación solar vs tiempo

Fuente: Macías, J (2019)

En la figura 29 se muestra el incremento progresivo de la temperatura del agua almacenada al mantenerse con incidencia de radiación, pero al disminuirse la misma se produce un descenso de temperatura en función del tiempo.

**Figura 29:** Temperatura del agua vs tiempo

Fuente: Macías, J (2019)

En la figura anterior se puede apreciar que la temperatura del agua almacenada en el tanque de almacenamiento (eje y) se incrementa desde 16,4°C hasta los 54,3°C (eje x).

## 11.2. Pérdidas térmicas en el tanque de almacenamiento

Para calcular las pérdidas térmicas en el tanque de almacenamiento se lo analiza como un circuito con resistencias, por lo tanto, se debe conocer las características del tanque y las

temperaturas que alcanza, tanto dentro como fuera del mismo, los datos se detallan en la tabla 9.

**Tabla 9:** Datos para el cálculo de pérdidas en el tanque

DESCRIPCIÓN	VALOR
Coefficiente de convección ( $h_{conv}$ )	16,5(W/m.°C)
Diámetro interior del tanque interno - $D_1$	0,190 m
Diámetro exterior del tanque interno - $D_2$	0,193 m
Diámetro de aislamiento - $D_3$	0,244 m
Diámetro exterior del tanque - $D_4$	0,247 m
Longitud del tanque interno - L	0,50 m
Longitud de la cubierta del tanque - $L_2$	0,555 m
Temperatura ambiente - $T_a$	21°C
Temperatura superficie interna del tanque - $T_2$	42°C
Temperatura del agua - $T_i$	50,2°C
Conductividad térmica del acero inoxidable	15 (W/m. K)
Conductividad del poliuretano	0,028 (W/m. K)
Emisividad del acero	0,23

Fuente: Macías, J (2019)

Para calcular las resistencias se utiliza la ecuación

$$R_1 = \frac{1}{h_{conv} \times \pi \times D_4 \times L_2} \quad (10)$$

$$R_1 = \frac{1}{h_{conv} \times \pi \times D_4 \times L_2} \quad R_1 = \frac{1}{16 \times \pi \times 0,247 \times 0,555}$$

$$R_1 = 0,1451^\circ C/W$$

$$R_2 = \frac{1}{h_{rad} \times \pi \times D_4 \times L_2} \quad (11)$$

Primero calculamos  $h_{rad}$ , (coeficiente de transferencia de calor por radiación) donde:

$$h_{rad} = E_{acero} \times \sigma (T_2 + T_{cielo})(T_2^2 + T_{cielo}^2) \quad (12)$$

$$h_{rad} = 0,23 \times 5,67 \times 10^{-8} \times (315,15 + 276,84)(315,15^2 + 276,84^2)$$

$$h_{rad} = 1,358 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Determinado el valor de  $h_{rad}$ , se procede a calcular  $R_2$

$$R_2 = \frac{1}{h_{rad} \times \pi \times D_4 \times L_2}$$

$$R_2 = \frac{1}{1,358 \times \pi \times 0,247 \times 0,555}$$

$$R_2 = 1,709 \text{ °C/W}$$

Las resistencias en paralelo  $R_{1-2}$ , vienen dadas por:

$$R_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \quad (13)$$

$$R_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{0,1451} + \frac{1}{1,709}}$$

$$R_{1-2} = 0,12 \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{D_4}{D_3}\right)}{2\pi \times K_{acero} \times L_2} \quad (14)$$

$$R_3 = 2,33 \times 10^{-4} \text{ °C/W}$$

$$R_4 = \frac{\ln\left(\frac{D_3}{D_2}\right)}{2\pi \times K_{aislante} \times L} \quad (15)$$

$$R_4 = \frac{\ln\left(\frac{0,244}{0,193}\right)}{2\pi \times 0,028 \times 0,50}$$

$$R_4 = 2,659 \text{ °C/W}$$

$$R_5 = \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2\pi \times K_{acero} \times L} \quad (16)$$

$$R_5 = \frac{\ln\left(\frac{0,193}{0,190}\right)}{2\pi \times 0,23 \times 0,50}$$

$$R_5 = 2,21 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

El sistema de resistencias se encuentra en serie, por lo cual se calcula la resistencia total equivalente

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \quad (17)$$

$$R_T = 0,12 + 2,33 \times 10^{-4} + 2,659 + 2,21 \times 10^{-4}$$

$$R_T = 2,779 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

Con el valor de la resistencia total, se calcula el valor de las pérdidas del interior del tanque en contacto con el ambiente, mediante la ecuación 18.

$$Q_2 = \frac{T_i - T_a}{R_t} \quad (18)$$

$$Q_2 = \frac{50,2 - 21}{2,779}$$

$$Q_2 = 10,51 \text{ W}$$

Las pérdidas del tanque dan como resultado 10,51 W

### 11.3. Determinación del rendimiento global del sistema

Se consideran los datos detallados en la tabla 10 para el cálculo del rendimiento.

**Tabla 10:** Datos de la práctica

DESCRIPCIÓN	VALOR
Irradiación solar sobre el lugar ( $E_{sol}$ )	2085 Wh/m <sup>2</sup>
Temperatura inicial del agua ( $T_i$ )	16,4 °C
Temperatura final del agua ( $T_f$ )	54,3 °C
Cos $\theta$ promedio	0,8643
Superficie efectiva de captación	1,495 m <sup>2</sup>

Fuente: Macías, J (2019)

Mediante los datos de la tabla 8, se procede a calcular la energía útil

$$Q_{util} = m \times Cp \times (T_f - T_i) \quad (8)$$

$$Q_{util} = 11 \times 4,18 \times (54,3 - 16,4)$$

$$Q_{util} = 1742,642KJ$$

$$Q_{util} = 1742,642KJ \times \frac{1}{3600s} = 484,067Wh$$

Como la irradiación en horas de prueba alcanzó los 1870,5 Wh/m<sup>2</sup>, se determina la energía que capta el colector solar parabólico será.

$$Q_{in} = Sc \times E_{sol} \times \cos \theta \quad (9)$$

$$Q_{in} = 1,495 \times 2085 \times 0,8643$$

$$Q_{in} = 2694,088Wh$$

Entonces:

$$\eta = \frac{Q_{util}}{Q_{in}} \quad (21)$$

$$\eta = \frac{484,067}{2694,088}$$

$$\eta = 0,1796 = 17,96\%$$

Se obtuvo un rendimiento de 17,96 % de acuerdo con la temperatura de los colectores, más sin embargo este valor va del 15% al 70% según Zarza,E (2015), lo cual se puede conseguir por su concentración con un foco lineal.

## **12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):**

### **12.1. Impacto técnico**

Este proyecto está vinculado a la ingeniería, debido al desarrollo e integración de los avances teóricos y experimentales en cuanto se refiere a la utilización de la energía solar, en el calentamiento de agua mediante los colectores cilíndricos parabólicos, que tienen la capacidad de aprovechar la mayor cantidad de radiación global incidente en la superficie terrestre. Representando una gran ventaja de otras fuentes de energía alternativa, al considerarse como inagotable.

### **12.2. Impacto social**

Este proyecto está encaminado a la obtención de agua caliente mediante la energía solar, usando materiales de calidad para su almacenamiento por ende se obtiene agua caliente sanitaria, con la capacidad de eliminar de bacterias y/o microorganismos, que sobreviven en agua a temperatura ambiente y son portadores de enfermedades.

### **12.3. Impacto económico**

Al usarse una fuente de energía alternativa para obtener un servicio sanitario como lo es el agua caliente, se disminuye el consumo de energía eléctrica y la quema de derivados del petróleo para obtener dicho servicio, dando lugar a un ahorro en la factura de la planilla de luz o en la compra de gas de ser el caso, que de no ser subsidiados tendrían un coste muy por encima del actual, por lo tanto, cabe recalcar el caso de los colectores cilíndricos parabólicos, que tiene gran ventaja sobre estas energías convencionales, debido a que el uso de la energía solar no tiene ningún costo.

### **12.4. Impacto ambiental**

La utilización de los colectores cilíndricos parabólicos no afecta al medio ambiente en comparación con sistemas convencionales que requieren del uso de recursos renovables y agotables (derivados del petróleo) dejando a su paso contaminación y problemas ambientales, por el aprovechamiento indiscriminado de dichos recursos. Además de los procesos industriales que dan como consecuencia emanaciones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, que se han convertido en un

problema global. El uso del colector cilíndrico parabólico para obtener agua caliente no significa un impacto ambiental.

### 13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

**Tabla 11:** Presupuesto de los materiales utilizados

CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO (DÓLARES)	VALOR TOTAL (DÓLARES)
1	Colector Solar Capa 3, Adaptable a 5 Capas Helio3	33,6	33,6
1	Vulva Heat Pipe	25,2	25,2
1	Piranómetro para radiación solar Eppley PSP	199	199
1	Acero Inoxidable SUS 304 2B	55	55
1	Acero Inoxidable tipo espejo	50	50
2	Tubo cuadrado galvanizado	20	40
1	Libra de electrodos 6011	2,5	2,5
1	Libra de electrodos 6013	5	5
2	Platina de 1"	6,5	13
2	Chumaceras UCP 204-12	10	20
1	Tubería para agua	120	120
4	Válvulas de paso de 1/2"	4	16
	Mano de obra	300	300
	Otros	200	200
	Gastos inesperados	300	300
	<b>Total</b>		<b>\$ 1379,3</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- ❖ Los datos de radiación se obtuvieron de la página oficial de la NASA, con valores mensuales de radiación media global que oscilan entre los 3,06 y 5,64 KWh/m<sup>2</sup>/día, dando un promedio anual del año 2018 de 3,875 KWh/m<sup>2</sup>/día. Valores óptimos para sistemas de calentamiento de baja temperatura de los heat pipe para colectores cilíndricos parabólicos.
- ❖ El colector cilíndrico parabólico fue diseñado con orientación al norte con una inclinación de 6° para explotar el recurso solar ya que la región donde se implementó está cerca de la línea ecuatorial, permitiendo al máximo aprovechar la radiación solar del lugar.
- ❖ Con la construcción del prototipo colector cilíndrico parabólico se logró elevar la temperatura inicial del agua de 16,4°C hasta alcanzar los 54,3°C, incrementando gradualmente la temperatura del agua almacenada, de esta forma la temperatura de la

vulva de cobre del tubo de calor alcanzó los 85°C, con una radiación máxima de 1030 KWh/m<sup>2</sup>.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Maniobrar el tubo de vacío evitando golpearlo, para impedir daños en el vacío de este, que dará lugar al calentamiento del tubo exterior, ocasionando quemaduras.
- ❖ Para el debido mantenimiento del tubo de calor o tanque de almacenamiento se debe considerar que estos pueden alcanzar temperaturas mayores de 90°C por lo que se recomienda usar herramientas y equipos que permitan proteger la seguridad en todo momento.
- ❖ Tener precaución en las pruebas de rendimiento del colector cilíndrico parabólico, cuando se tenga radiación baja ya que la nubosidad puede afectar considerablemente las condiciones de calentamiento del agua.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Amazon. (2020). Sensor de temperatura tipo K. Obtenido de Amazon.es: [https://www.amazon.es/dp/B07NC73MSP/ref=dp\\_prsubs\\_3](https://www.amazon.es/dp/B07NC73MSP/ref=dp_prsubs_3)
- Arellano, V., & Chamorro, A. (2017). Diseño y construcción de un calentador solar cilíndrico parabólico con fines investigativos para la Escuela de Ingeniería Mecánica. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba.
- Armijos, V. (2015). Diseño, construcción y evaluación térmica de un prototipo de concentrador solar cilíndrico parabólico. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Bagarozza, E., & Del Risco, J. (2002). Diseño de un colector solar cilíndrico parabólico y Construcción de un prtotipo. Cartagena .
- Carbone Stainless Stell . (2018). Materiales de Acero Inoxidable. Obtenido de <https://www.empresascarbhone.com/pdf/acero-inoxidable-decorativo.pdf>

- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (06 de 04 de 2011). Energías Renovables. Norma Ecuatoriana de Construcción. Quito, Ecuador. Recuperado el 04 de 11 de 2018
- Constante, J., & Palacios, E. (2014). El Recurso Solar para Generación de Energía Eléctrica. Quito, Ecuador: Abya-Yala. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana .
- Descubre Arduino. (10 de Febrero de 2019). Descubre arduino.com. Recuperado el 18 de Noviembre de 2019, de Arduino Uno partes, componentes: <https://descubrearduino.com/arduino-uno/>
- Echevarria, C. (2011). Diseño de un colector cilíndrico parabólico compuesto con aplicación para el calentamiento de agua. (Tesis de Grado). Universidad de Piura, Piura.
- ETPROM. (01 de 11 de 2017). Obtenido de Herramientas y tecnologías profesionales: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/termopar-tipo-k-max6675-alarma/>
- Fenix, F. (16 de Enero de 2018). Ingeniería mecafenix. Recuperado el 16 de Octubre de 2019, de PLC: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>
- INER. (2014). Solar. Obtenido de Instituto Nacional de Eficiencia y Energías Renovables: [https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/SOLAR\\_DOSSIER.pdf](https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/SOLAR_DOSSIER.pdf)
- Laboratorio de óptica aplicada. (2013). Concentrador solar de canal parabólico. Obtenido de [www.unistmo.edu.mx/~laboptica/concentrador.html](http://www.unistmo.edu.mx/~laboptica/concentrador.html)
- Mantilla, C., & Toro, J. (2017). Diseño e Implementación de un Colector Cilindro-Parabólico con Seguimiento Solar para obtener agua caliente, 4. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- NASA. (4 de diciembre de 2019). Power Data Access Viewer. Obtenido de ArcGIS Word Geocoding Service: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- NAYLAMP MECHATRONICS. (2020). Transmisor para termocupla MAX6675. Obtenido de [https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/331-transmisor-para-termocupla-max6675.html?search\\_query=modulo+max6675&results=169](https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/331-transmisor-para-termocupla-max6675.html?search_query=modulo+max6675&results=169)

- Omega Engineering. (2020). Termopar. Obtenido de Omega: <https://es.omega.com/prodinfo/termopares.html>
- Peñafiel, J., & Silva, C. (2012). Análisis, Diseño e implementación de un sistema de energía auxiliar automatizado para colectores solares y calefones en el uso racional y eficiente de energía. Riobamba.
- Pérez, D. (2008). Medida de la radiación solar. (fin de carrera master). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Rios, J. (2017). Diseño e implementación de un sistema de control y graficador de curvas de operación de un banco simulados del sistema de frenos de disco y tambor de un vehículo liviano. (Tesis de grado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Rivera, G., & Tovar, F. (2016). Prototipo de un colector solar parabólico para la generación de energía eléctrica. Universidad La Gran Colombia.
- Rosas, C. (2012). Desarrollo histórico de los tubos de calor y sus aplicaciones. Universidad de Santiago de Chile, 52.
- Suelo Solar . (03 de 11 de 2018). Obtenido de Contribución Solar : [https://suelosolar.com/guiasolares/acs/contribucion\\_solar.asp](https://suelosolar.com/guiasolares/acs/contribucion_solar.asp)
- Zarza, E. (2015). Captadores Cilindroprabólicos. Escuela de organización industrial .

## 16. ANEXOS

### Anexo 1: Fotografías

**Fotografía 1:** Solar power meter SM 206



**Fotografía 2:** Base reflectora de acero inoxidable



**Fotografía 3:** Chumacera y eje para en de la base reflectora **Fotografía 4:** Suelda del eje a la base reflectora



**Fotografía 5:** Base reflectora con el tubo de calor y el tanque de almacenamiento



Fuente : Elaboración propia

## Anexo 2: Ficha técnica del glicol



<b>1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y LA EMPRESA</b>		
<p>PRODUCTO: GLICOL            DIRECCIÓN: Humboldt 3900, Montevideo            TELÉFONOS:       • Servicio de Atención al Cliente: (+598) 2 1931-2006.            FAX:                 • Gerencia de Comercialización - Asistencia Comercial: (+598) 2 1931-3126            EMERGENCIAS:   • Dirección Nacional de Bomberos: 104                                      • Centro de Información y Asesoramiento Toxicológico (CIAT): (+598) 2 1722</p>		
<b>2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS</b>		
TOXICIDAD N.F.P.A.	2:	Material que en situaciones de emergencia puede causar daños temporarios por sí mismo o por sus productos de combustión.
INFLAMABILIDAD N.F.P.A.:	2:	Material que debe ser calentado moderadamente o expuesto a temperaturas ambientes relativamente altas para que la ignición pueda ocurrir.
REACTIVIDAD N.F.P.A.:	0:	Material estable, incluso expuesto al fuego, y que no reacciona con el agua.
<b>3. COMPOSICIÓN</b>		
COMPONENTE	Nº CAS	PROPORCIÓN
Etilenglicol (1,2-etanodiol)	107-21-1	Más de 90%
<b>4. PRIMEROS AUXILIOS</b>		
<p>IINHALACIÓN: Remover a la persona, llevándola al aire libre. Procurar asistencia médica.            CONTACTO CON LA PIEL: Remover la ropa contaminada. Lavar la zona afectada con abundante agua. Procurar asistencia médica.            CONTACTO CON LOS OJOS: Lavar los ojos y párpados con abundante agua. Procurar asistencia médica. INFORMACIÓN MÉDICA: En caso de gestión considerar lavaje gástrico.</p>		
<b>5. EXTINCIÓN DE INCENDIOS</b>		
<p>Polvo químico ABC.            Por su solubilidad puede usarse agua para bajar su concentración.</p>		
<b>6. MEDIDAS ANTE DERRAMES</b>		
<p>Evitar que el líquido derramado alcance el agua. Contener con arena y pasar a tambores para su destrucción. Lavar el resto con agua.</p>		
<b>7. ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION</b>		
<p>ALMACENAMIENTO: Interior, en pilas de hasta 4,5 m de altura. Exterior, en pilas de hasta 5,4 m de altura, protegidas de la luz del sol. Almacenar separado de sustancias oxidantes.</p>		
<b>8. CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
<p>LÍMITE PARA 8 HORAS DE EXPOSICIÓN: 10 ppm (Etilenglicol, legislación de EE.UU.)            PROTECCIÓN DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS: En condiciones normales de trabajo no se requiere protección. En casos de incendio usar máscara de cartuchos gemelos en lugares ventilados y equipo autónomo en lugares cerrados o mal ventilados.            PROTECCIÓN DE LA PIEL: Usar guantes resistentes a productos químicos (nitrilo, neopreno o PVC). PROTECCIÓN DE LA VISTA: Usar antiparras o pantalla facial en operaciones con riesgo de salpicadura.</p>		
<b>9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>		

<p>DESCRIPCIÓN: Líquido verde a verde azulado.  PUNTO DE CONGELACIÓN: -37° C  pH en solución acuosa al 50%:  7,5 a 11 PUNTO DE  INFLAMACIÓN: 109° C  PESO ESPECÍFICO DEL LÍQUIDO  (agua=1): 1,11 SOLUBILIDAD EN AGUA:  Soluble</p>			
<b>10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>			
ESTABILIDAD: Estable CONDICIONES A EVITAR: Altas temperaturas, chispas y llamas abiertas MATERIALES A EVITAR: Oxidantes fuertes POLIMERIZACIÓN: No es esperable que ocurra			
<b>11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA</b>			
TOXICIDAD AGUDA: Por inhalación irrita los ojos y las vías respiratorias. Por ingestión puede afectar los riñones y el sistema nervioso central. EFECTOS CRÓNICOS: Puede provocar daños en sistema nervioso central y riñones tras exposiciones prolongadas o repetidas por vía oral			
<b>12. INFORMACIÓN AMBIENTAL</b>			
Biodegradable (información basada en ensayos de productos similares).			
<b>13. DISPOSICIÓN DE RESTOS DEL PRODUCTO Y ENVASES</b>			
Disponer los residuos de acuerdo a las disposiciones nacionales y municipales aplicables.			
<b>14. INFORMACION DE TRANSPORTE</b>			
Producto no listado como "mercancía peligrosa" según el Acuerdo para la facilitación del Transporte de Mercancías Peligrosas en el MERCOSUR			
<b>15. INFORMACIÓN REGULATORIA</b>			
Los residuos del producto están comprendidos por el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación (ratificado por la Ley 16.221 del 22/10/91), como desecho peligroso de la Categoría 42.			
ETIQUETADO SEGUN EL SISTEMA GLOBAL ARMONIZADO (Decreto 307/2009)			
			
Atención Puede provocar daños en sistema nervioso central y riñones tras exposiciones prolongadas o repetidas por vía oral.	Atención Nocivo en caso de ingestión		
<b>16. OTRA INFORMACION</b>			
La información toxicológica corresponde al etilenglicol.			

El contenido de esta ficha refleja la información disponible a la fecha de su edición, y se suministra de buena fe como originaria de fuentes confiables. No obstante, se suministra sin garantía. Los métodos o condiciones de manipulación, almacenamiento, uso y descarte del producto deben ser definidos por el usuario, considerando para esta tarea no solo esta

### Anexo 3: Características de la plancha de acero inoxidable tipo espejo

**Acabado:** 2P

**Descripción:** Laminado en frío, recocido en atmosfera controlada

**Apariencia:** Acabado muy liso, muy brillante (tipo espejo)

Uso y propiedades: es susceptible a dejar menos contaminantes del aire. La eliminación de la corrosión del proceso de corrosión por picadura después del recocido le confiere al material una mejor resistencia a la corrosión (Carbone Stainless Steel, 2018).

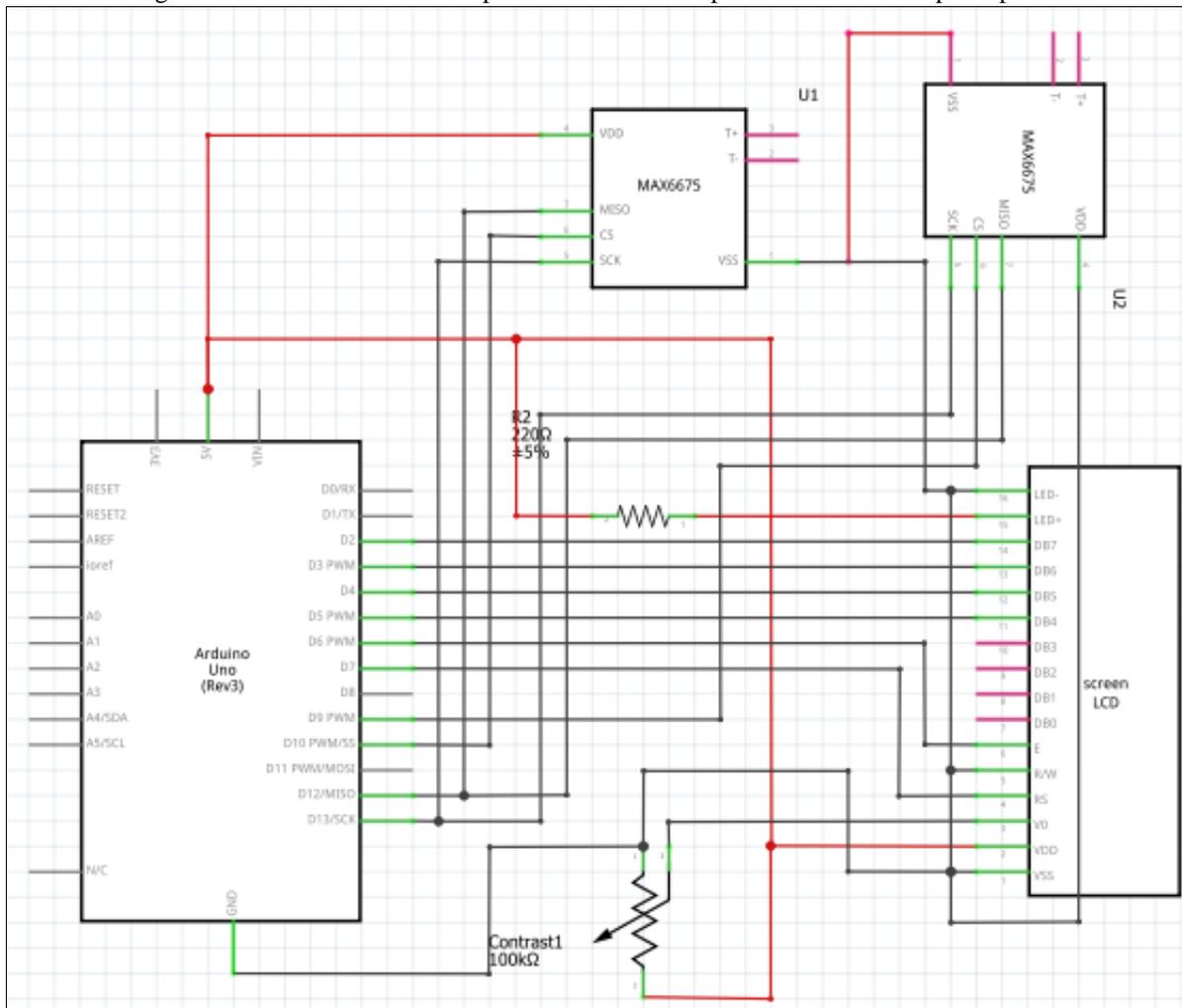
Calidad AISI	Composición Química (%)							
	C Máx	Si Máx	M Máx	P Máx	S Máx	Cr	Ni	Mo
201	0.15	1	6.5	0.045	0.015	16 - 18	3.5 - 5.5	
301	0.15	1	2	0.045	0.015	16 - 19	6 - 9.5	
304	0.08	0.75	2	0.045	0.015	17 - 19.5	8 - 10.5	
304L	0.03	0.75	2	0.045	0.015	17.5 - 20	8.00 - 12.00	
316	0.07	0.75	2	0.045	0.015	16.5 - 18	10.00 - 13.00	2.5
316L	0.03	0.75	2	0.045	0.015	16.5 - 18	10.00 - 13.01	2.5
430	0.1	0.75	1	0.04	0.04	16 - 18		

Calidad AISI	Propiedades mecánicas					Propiedades físicas				
	Resistencia a la tracción (Mpa.min)	Límite elástico (Mpa. min)	Elongación (min.%)	Dureza Rockwell (HBR Max)	Densidad a 20° (Kg/dm3)	Coeficiente de Expansión Térmica (Btu/pie/hr°F)		Conductividad térmica (Btu/pie/hr°F)		Resistencia eléctrica (microhm - mm)
						0 - 100 ° C	0 -	0 - 100 ° C	0 - 538 ° C	
201	655	260	40	100	7.8	8.7	10.2	9.4	12.4	690
301	515	205	40	95	7.9	9.4	10.1	9.4	12.4	720
304	515	205	40	92	7.9	9.6	10.2	9.4	12.4	720
304L	485	170	40	92	7.9	9.6	10.2	9.4	12.4	720
316	515	205	40	95	8	8.8	9.7	9.4	12.4	740
316L	485	170	40	95	8	8.8	9.7	9.4	12.4	740
430	450	205	20	89	7.7	5.8	6.3	15.1	15.2	600

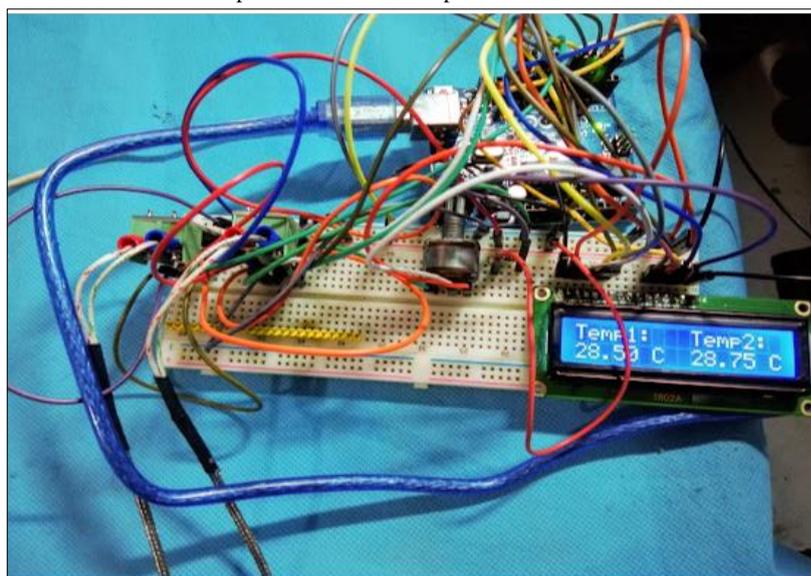
**Fuente:** (Carbone Stainless Steel)

#### Anexo 4: Conexiones electricas para la lectura de temperatura con termocuplas tipo K

##### Anexo4a: Diagrama de conexión de Arduino para la lectura de temperatura con termocuplas tipo K



##### Anexo4b: Conexión física para la lectura de temperatura



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 5:** Datos personales del estudiante investigador**CURRICULUM VITAE****INFORMACION PERSONAL**

**Nombres y Apellidos:** José Ignacio Macías Moreno  
**Cédula de Identidad:** 2300153372  
**Lugar y fecha de nacimiento:** Santo Domingo, 08 de febrero de 1992  
**Estado Civil:** Casado  
**Tipo de Sangre:** A RH+  
**Domicilio:** La Maná - el Carmen  
**Teléfonos:** 0993777104  
**Correo electrónico:** jose.macias2@utc.edu.ec

**ESTUDIOS REALIZADOS**

**Primer Nivel:** Escuela Fiscal Mixta “Vicente Rocafuerte”  
**Segundo Nivel:** Colegio Nacional Mixto “Valle Hermoso”  
**Tercer Nivel:** Universidad Técnica de Cotopaxi- Extensión la Maná

**TITULOS**

Bachiller en Ciencias Sociales. Especialidad, Sociales. Febrero 2010

**IDIOMAS**

Español (nativo)  
 Inglés

**CARGOS DESEMPEÑADOS**

Auxiliar técnico de reparaciones eléctricas, en “Electromecánica Danny”, en Santo Domingo de los colorados, desde octubre del 2011 hasta abril del 2012.

**CURSOS DE CAPACITACIÓN**

- **Curso práctico de mecánica automotriz.**

**Dictado:** Academia C.R.E.C  
**Lugar y fecha:** Santo Domingo, 08 de junio del 2013.  
**Tiempo:** 240 horas
- **Relaciones Humanas.**

**Dictado:** Academia C.R.E.C  
**Lugar y fecha:** Santo Domingo, 08 de junio del 2013.  
**Tiempo:** 40 horas
- **Curso de Torno y Suelda**

**Dictado:** Centro Técnico Quevedo.

**Lugar y fecha:** Quevedo 29 de Julio del 2016.

**Tiempo:** 80 horas

- **Segunda Conferencia Científica Internacional de Energías Renovables y Eficiencia – Energética UTC La Maná 2016**

**Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Lugar y fecha:** La Maná 19 de noviembre del 2016.

**Tiempo:** 40 horas

- **I Congreso Nacional de Electricidad y Energías Renovables CONEER 2017**

**Dictado:** Auditorio Pedro Vicente Maldonado

**Lugar y fecha:** Riobamba, 28 de abril del 2017.

**Tiempo:** 40 horas

- **II Congreso Internacional de Electromecánica y Eléctrica**

**Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Lugar y fecha:** Latacunga, 14 de Julio del 2017

**Tiempo:** 40 horas

- **I Jornada Científica Empresarial de Ingeniería Electromecánica**

**Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Lugar y fecha:** La Maná, 6 de julio del 2018

**Tiempo:** 40 horas

- **Certificación en Prevención en Riesgos Laborales**

**Fundación:** COORED

**Certificación No.** SETEC-227-CCL-77142

**Vigencia:** 19/12/2018 al 19/12/2023

## **EXPERIENCIA LABORAL**

- **Mecánica Automotriz Sánchez**

**Cargo:** Ayudante de mecánica

**Tiempo:** 17 de Julio al 29 de diciembre del 2012.

- **Electro servicio “Danny”**

**Cargo:** Auxiliar en electromecánica

**Tiempo:** 9 de enero al 29 de abril del 2013

**Anexo 6:** Datos personales del docente tutor

## CURRICULUM VITAE

### INFORMACION PERSONAL

**Nombres y Apellidos:** PACO JOVANNI VASQUEZ CARRERA  
**Cédula de Identidad:** 050175876-7  
**Lugar y fecha de nacimiento:** Latacunga, 20 de agosto de 1970  
**Estado Civil:** Casado  
**Tipo de Sangre:** ORH +  
**Domicilio:** Locoá, Av. Laguna Atilio y Laguna Cuyabeno  
**Teléfonos:** 0995092670 - 0987941281  
 032233601 - 032233462  
**Correo electrónico:** paco.vasquez@utc.edu.ec / pacovasc@hotmail.com

### ESTUDIOS REALIZADOS

**Primer Nivel:** Escuela Isidro Ayora (Latacunga)  
**Segundo Nivel:** Colegio Técnico "Ramón Barba Naranjo (Latacunga)  
**Tecnológico Superior:** Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE)  
**Tercer Nivel:** Escuela Politécnica del Ejercito  
 Carrera en Electrónica e Instrumentación  
 Universidad Tecnológica Indoamérica Carrera Industrial  
**Cuarto Nivel:** Universidad Técnica de Cotopaxi Maestría en Gestión de Energías

### TITULOS

Magister en Gestión de Energías  
 Ingeniero en Ejecución en Electrónica e Instrumentación  
 Ingeniero Industrial  
 Tecnólogo en Control Automático Bachiller Técnico en  
 Electricidad Chofer profesional tipo E

### IDIOMAS

Español (nativo)  
 Inglés (80%)

### EXPERIENCIA LABORAL

- Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión La Maná.  
**Cargo:** Profesor de la carrera de Ingeniería Electromecánica.  
**Tiempo:** Abril 2016, hasta la actualidad
- Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE - Latacunga  
**Cargo:** Profesor en la Unidad de Gestión Tecnológica (FÍSICA).  
**Tiempo:** Octubre 2014 - Marzo 2015

- Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA)  
**Cargo:** Profesor en la Escuela de Aviónica, Mecánica Y Telemática.  
**Tiempo:** Mayo 2012 – Agosto 2013
- Instituto Tecnológico Ramón Barba Naranjo  
**Cargo:** Profesor en la Carrera de Electromecánica y Control Eléctrico  
**Tiempo:** 6 de julio 2010 – 6 de septiembre 2011
- Textiles Rio Blanco (Pastocalle)  
**Cargo:** Jefe y supervisor de turno  
 Jefe de Mantenimiento Eléctrico  
 Director (e) de planta  
**Tiempo:** Marzo 1994 – Enero 2005

## CARGOS DESEMPEÑADOS :

- Docente de Gestión Académica, rediseño de la carrera de Ing. Electromecánica.  
 Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná  
 Periodo Académico                      Abril 2016 – Septiembre 2016, Octubre 2016 – Febrero 2017
- Docente Investigador de la carrera de Ing. Electromecánica.  
 Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná  
 Periodo Académico                      Abril 2017 – Septiembre 2017
- Docente de Vinculación - Responsable de Prácticas Pre Profesionales de la carrera de Ing. Electromecánica.  
 Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná  
 Periodo Académico:                      Octubre 2017 – Febrero 2018, Marzo 2018 – Agosto 2018,
- Director de Tesis de la Carrera de Ingeniería Electromecánica  
 Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná  
 Periodo Académico:                      Abril 2017 – Septiembre 2017 hasta la actualidad

**Anexo 7: Resultados de URKUND**



---

### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Tesis Macias José.docx (D64734837)  
**Submitted:** 3/2/2020 7:56:00 PM  
**Submitted By:** paco.vasquez@utc.edu.ec  
**Significance:** 4 %

Sources included in the report:

- PROYECTO TESIS TM.pdf (D28654262)
- PROYECTO MANTILLA TORO.pdf (D25084822)
- TESIS 28\_03.docx (D26833491)
- TESIS F07-03.docx (D29594973)
- 2015-05-26\_Quitiaquez William\_Diagnóstico\_Energético\_Destilador\_Solar.docx (D14558786)
- <https://descubrearduino.com/arduino-uno/>
- [https://naylorlmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/331-transmisor-para-termocupla-max6675.html?search\\_query=modulo+max6675&results=169](https://naylorlmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/331-transmisor-para-termocupla-max6675.html?search_query=modulo+max6675&results=169)
- <https://es.omega.com/prodinfo/termopares.html>
- <https://docplayer.es/91686356-Trabajo-de-titulacion.html>

Instances where selected sources appear: