



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE POR ASPERSIÓN UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA CAFÉ Y CACAO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL LA PLAYITA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería en Electromecánica

AUTORES:

Mera Gallo David Orlando

Quinteros Vasconez David Wladimir

TUTOR:

M.Sc. Carrillo Velarde Guido Gabriel

LA MANÁ-ECUADOR
MARZO-2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Mera Gallo David Orlando y Quinteros Vasconez David Wladimir declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Diseño de un sistema de riego inteligente por aspersión utilizando energía fotovoltaica para café y cacao en el Centro Experimental La Playita de La Universidad Técnica de Cotopaxi “siendo al Ing. M.Sc. Guido Gabriel Carrillo Velarde tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



Mera Gallo David Orlando
C.I.: 1722734710



Quinteros Vasconez David Wladimir
C.I.: 1805064944-4

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Diseño de un sistema de riego inteligente por aspersion utilizando energía fotovoltaica para café y cacao en el Centro Experimental La Playita de La Universidad Técnica de Cotopaxi”, de Mera Gallo David Orlando y Quinteros Vasconez David Wladimir, de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad en Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, Enero, 2020



M.Sc Carrillo Velarde Guido Gabriel
C.I.: 0604243303
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 En Ciencias de la Ingeniería Y Aplicadas; por cuanto, los postulantes Mera Gallo David Orlando y Quinteros Vasconez David Wladimir con el título de Proyecto de Investigación: Diseño de un sistema de riego inteligente por aspersión utilizando energía fotovoltaica para café y cacao en el Centro Experimental La Playita de La Universidad Técnica de Cotopaxi “han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

La Maná, Febrero 2020

Para constancia firman:



Ing. MSc. Najarro Quintero Rodolfo
C.I.: 1725234569
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. MSc. Bravo Amable Bienvenido
C.I.: 1102613519
LECTOR 2



Ing. M.Sc. Villarroel Herrera Nelson
C.I.: 050275325-4
LECTOR 3 (SECRETARIO)



DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mis padres por haber forjado y apoyado para ser la persona que soy en la actualidad muchos de los logros se los debo a ustedes entre ellos se los incluyo este porque ustedes se sacrificaron para darme un buen futuro y por creer en mis capacidades a pesar de los momentos difíciles siempre me apoyaron.

A mis compañeros amigos y profesores que sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento alegrías y tristezas y a todas las personas que durante estos cinco años me brindaron su apoyo para lograr este sueño.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme una oportunidad más en la cual puedo demostrar mis habilidades y conocimientos de aprendizaje en el salón de clase de esta forma culminaría una de las etapas de mi vida. A mis padres por ayudarme moral y económicamente a ingresar a tan prestigioso establecimiento educativo, proporcionando en mi toda su confianza.

A mis abuelos cuya sustentación, entendimiento, y afecto han sido pieza vital en nuestras vidas de las cuales hemos compartido muchos deseos de satisfacción y amargura.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “Diseño de un sistema de riego inteligente por aspersión utilizando energía fotovoltaica para café y cacao en el Centro Experimental La Playita de La Universidad Técnica de Cotopaxi”

Autores:

Mera Gallo David Orlando

Quinteros Vasconez David Wladimir

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad implementar un sistema autónomo de riego por micro aspersión para las parcelas de cacao y café ubicadas en el Centro Experimental La Playita de La Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná. Para la implementación de este sistema se utilizó una bomba y dispositivos de control que son alimentados por medio de paneles solares fotovoltaicos que entregan energía a los dispositivos eléctricos del sistema de riego. El sistema de control está conformado por un Arduino, sensores de temperatura y humedad y un actuador que se encarga de efectuar las operaciones de encendido y apagado de la bomba. Los datos necesarios utilizados para este proyecto fueron tomados del INAMHI en tiempo real y de la NASA que son bases de datos confiables. Como ventaja se obtiene un sistema de riego autónomo y confiable que tiene un impacto ambiental bajo, así se reduce las pérdidas de agua y se aporta el volumen necesario de agua a cada una de las parcelas.

Palabras claves: paneles solares, fotovoltaica, micro aspersores, sensores, Arduino.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY IN ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "Design of an intelligent sprinkler irrigation system using photovoltaic energy for coffee and cacao plots in La Playita Experimental Center, Technical University of Cotopaxi".

Authors:

Mera Gallo David Orlando

Quinteros Vasconez David Wladimir

ABSTRACT

The present research project had the purpose of implementing an autonomous system of micro-sprinkler irrigation for cocoa and coffee plots located in La Playita Experimental Center, Technical University of Cotopaxi, La Maná extension. In order to implement this system, a pump and control devices were used, which are supplied by photovoltaic solar panels that deliver energy to the electrical devices of the irrigation system. The control system is integrated by an Arduino, temperature and humidity sensors, and an actuator; this last one is in charge of turning on and turning off the pump. The necessary data used for this project was taken from INAMHI in real time and from NASA, so they are reliable databases. The advantage is focused on obtaining an autonomous and reliable irrigation system that has a low environmental impact, thus reducing water losses and providing each plot the necessary amount of water.

Keywords: solar panels, photovoltaic, micro sprinklers, sensors, Arduino

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de docente del centro de idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná; en forma legal CERTIFICO que, la traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma inglés, presentado por los señores egresados: Mera Gallo David Orlando y Quinteros Vasconez David Wladimir y, cuyo título versa “Diseño de un sistema de riego inteligente por aspersión utilizando energía fotovoltaica para café y cacao en el Centro Experimental La Playita de La Universidad Técnica de Cotopaxi”, lo realizo bajo mi supervisión cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a las peticiarias hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Atentamente



Mg.. Sebastián Fernando Ramón Amores
C.I.: 050301668-5
COORDINADOR DEL CENTRO DE IDIOMAS

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCION.....	2
3. JUSTIFICACIÓN	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5.1. Planteamiento del problema	4
6. OBJETIVOS	4
6.1. Objetivo general.....	4
6.2. Objetivos específicos	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5

8.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
8.1.	Panel Fotovoltaico.....	6
8.1.1.	Regulador de Carga.....	7
8.1.2.	Inversor.....	7
8.2.	Sistema de Riego.....	8
8.2.1.	Descripción de Componentes para el Sistema de Riego.....	8
8.2.2.	Bombas Eléctricas.....	9
8.2.3.	Volumen Bombeado Versus Carga Dinámica.....	10
8.2.4.	Diseño Agronómico.....	11
8.3.	Sistema de Control de Arduino.....	12
8.3.1.	Arduino UNO.....	12
8.3.2.	Arduino IDE v1.8.5.....	13
8.3.3.	Sensores y actuadores.....	14
8.3.4.	Bombeo de agua.....	15
9.	HIPÓTESIS.....	46
10.	METODOLOGIA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
10.1.	Contexto Geográfico.....	17
10.1.1.	Datos de la parcela.....	17
10.1.2.	Recursos Hídrico Disponible en el Área del Proyecto.....	18
10.2.	Diseño Agronómico y necesidades máximas de riego.....	18
10.2.1.	Factores que influyen en el riego.....	19

10.2.2. Cálculo de las Necesidades de Agua del Cultivo	20
10.3. Diseño Hidráulico	23
10.3.1. Cálculo de pérdidas de la tubería.....	23
10.3.2. Potencia de la bomba	30
10.4. Dimensionamiento Del Sistema Fotovoltaico.....	31
10.4.1. Calculo de los paneles solares	33
10.4.2. Calculo de las baterías	35
10.4.3. Regulador de carga.	36
10.4.4. Calculo del inversor	36
10.4.5. Selección del conductor por cálculos	37
10.5. Orientación del panel solar	40
10.6. Diagrama de la disposición de bomba y tuberías.....	40
10.7. Diseño del sistema de control	42
10.8. Descripción del Arduino y programación.....	43
11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	46
11.1. Descripción y experimentación.....	46
11.1.1. Conexión de Tuberías y Aspersores	46
11.1.2. Instalación de la Bomba.....	47
11.1.3. Paneles solares	47
11.2. Medición del sistema en funcionamiento.....	47
11.2.1. Sistema fotovoltaico	47

11.2.2. Medición al sistema de riego	50
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):	51
12.1. Impacto ambiental.....	51
12.1. Impacto social	51
12.2. Impacto económico	51
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	51
13.1. Costo directo	51
13.2. Costos indirectos	52
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
15. BIBLIOGRAFÍA	54
16. ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Beneficiarios directos de la institución.....	3
Tabla 2: Beneficiarios directos del Cantón La Maná.....	3
Tabla 3: Beneficiarios del proyecto.	4
Tabla 4: Aspersores y sus características principales.....	9
Tabla 5: Valores para el cálculo de riego del cultivo	21
Tabla 6: Datos de la necesidad de agua de cada cultivo.....	23
Tabla 7: Datos para el cálculo de pérdidas en tuberías.....	24
Tabla 8: Fricción en el tramo 1.....	26
Tabla 9: Fricción en el tramo 2.....	27
Tabla 10: Fricción en el tramo 3.....	27
Tabla 11: Pérdida por Accesorios.....	28
Tabla 12: Horas de funcionamiento de la bomba	32
Tabla 13: Consumo energético de las cargas.....	33
Tabla 14 : Niveles de Radiación del Cantón la Maná	34
Tabla 15: Cálculo de paneles solares.....	34
Tabla 16: Calculo de la batería.....	36
Tabla 17: Resumen de características del Arduino	42
Tabla 18: Datos de pruebas	48
Tabla 19: Horario de riego.....	50
Tabla 20: Presupuesto del sistema de riego.....	52
Tabla 22: Costos de trasportación	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Fotografía N 1: Regulador de carga	7
Fotografía N 2: Inversor	8
Fotografía N 3: Intervalos comunes donde se aplica los diferentes tipos de bomba solares....	10
Fotografía N 4: Marco de plantación.....	11
Fotografía N 5: Placa Arduino empleada en este proyecto	13
Fotografía N 6: Interfaz Arduino IDE v1.8.5.	13
Fotografía N 7: Bombeo Solar.....	16
Fotografía N 8: Ubicación	18
Fotografía N 9: Fotografía delas parcelas.....	18
Fotografía N 10: Cambios del agua desde un suelo de cultivo	20
Fotografía N 11: Tubería de succión	23
Fotografía N 12: Tubería de descarga	24
Fotografía N 13: Diagrama de conexión	32
Fotografía N 14: Equipos a utilizar bomba de agua (derecha) y sensores de temperatura y humedad (izquierda).....	32
Fotografía N 15: Radiación mínima y máxima	33
Fotografía N 16: Regulador de carga	36
Fotografía N 17: Selección de conductores	40
Fotografía N 18: Orientación de los Paneles Solare.....	40
Fotografía N 19: Diagrama de la disposición de la boba con las tuberías	41
Fotografía N 20: Especificaciones Técnicas – Sensor YL-69.....	43
Fotografía N 21: Diagrama de flujo	44
Fotografía N 22: Esquema de funcionamiento del sistema de riego de distribución de agua.....	Esquema 45

Fotografía N 23: Conexión de las válvulas derecha y micro aspersores izquierda	46
Fotografía N 24: Instalación de la bomba	47
Fotografía N 25: Puntos de toma de temperatura	48
Fotografía N 26: Consumo Vs Horas	49
Fotografía N 27: Medición en multímetro los amperios que tiene cada panel.....	49
Fotografía N 28: Medición de voltaje en vacío	50

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Diseño de un sistema de riego inteligente por aspersión utilizando energía fotovoltaica para café y cacao en el Centro Experimental La Playita de La Universidad Técnica de Cotopaxi”.

Fecha de inicio:

Marzo 2019

Fecha de finalización:

Febrero 2020

Lugar de ejecución:

Cantón La Maná – Provincia Cotopaxi

Unidad Académica que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Equipo de Trabajo:

MSc. Guido Gabriel Carrillo Velarde
Sr. David Orlando Mera Gallo
Sr. David Wladimir Quinteros Vasconez

Área de Conocimiento:

Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación:

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

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Control y optimización en el uso de la energía del sector Industrial, comercial y residencial

2. INTRODUCCION

En el Ecuador poco a poco se ha ido cambiando la matriz energética con la implantación de energías amigables con el ambiente como son la eólica, solar, biomasa y así evitando la generación de energía mediante la quema de combustibles fósiles, tomando en cuenta esta consideración se propone un sistema de riego inteligente por aspersión utilizando energía solar fotovoltaica, para el regadío de una parcela de cacao y café, ubicada en el Centro Experimental La Playita de La Universidad Técnica de Cotopaxi.

Al realizar el análisis efectuado sobre el predio se evidencia que el sistema utilizado de riego no es eficiente ya que existen pérdidas innecesarias de agua, por esta razón se optó por usar un sistema de riego por aspersión para maximizar la captación de agua a los diferentes cultivos.

El tiempo de riego para los cultivos es controlado por sensores de humedad y temperatura, estos dispositivos electrónicos son programados utilizando la plataforma ARDUINO. Las variables necesarias para la programación de este sistema fueron datos obtenidos del INAMHI, teniendo como el periodo de verano de seis meses comprendido desde diciembre a mayo. Los otros seis meses del año, comprendido desde junio a noviembre (los cultivos en esta parte del país no necesitan de riego por ser una zona muy lluviosa en el invierno). Para la alimentación de este sistema de riego por aspersión se propone utilizar un sistema solar fotovoltaico con el objetivo de minimizar el costo de la facturación eléctrica, además la implementación del sistemas de riego automático controlado, donde se procesarán los datos capturados por el sensor de humedad notificando sí se requiere o no humedad para los diferentes cultivos.

3. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador en las últimas décadas se ha registrado paulatinamente un incremento sustancial de nuevas tecnologías como la energía renovables y sistemas de riego inteligente ya que es un servicio innovador que se encuentra a la vanguardia, además con estas nuevas alternativas se puede desarrollar sistemas que automaticen los riegos de cultivos así ahorrando un recurso natural el agua. Estos sistemas son nuevos en el Ecuador donde se podrá aportar grandes beneficios, por esta razón el sistema de riego inteligente destinado en el Centro Experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

La energía renovable es aquella que es inagotable (a escala humana), se puede producir continuamente y se pueden unir entre ellas. Esta energía es respetuosa con el medio ambiente por que no emiten gases contaminantes ni generan residuos peligrosos y pueden implementarse tanto en zonas rurales como en zonas aisladas. Además, su impacto sobre el medio ambiente es más de 30 veces inferior al producido por las energías convencionales.

La utilización del sol como fuente energética no conlleva a una alteración de la tierra debido a que con la utilización de la energía solar se lleva a cabo el primer principio de la termodinámica (la energía ni se crea ni se destruye). Con el uso de esta energía se busca un desarrollo sostenible, evitando el efecto invernadero, evitando un cambio en la naturaleza y el cambio climático. La energía fotovoltaica adquiere gran importancia porque es una energía limpia, debido a que se obtiene mediante la utilización de recursos renovables, provenientes de la naturaleza, para poder transformarlas en energía eléctrica que puede ser utilizada para diversos usos: en el presente proyecto energización del sistema de riego.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios Directos del proyecto serán (las personas, profesores y estudiantes involucrados en los cultivos que usarán y evaluarán el rendimiento del sistema propuesto). Ellos pertenecen a la Carrera en Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, la cual consta de 350 estudiantes 180 hombres y 170 mujeres podrán demostrar sus conocimientos adquiridos durante su formación académica aplicando métodos de diseño y construcción.

Los beneficiarios Indirectos serán los pobladores del Cantón La Maná el total de habitantes tenemos 42.216 contamos con 21.420 hombres y 20.796 mujeres ya que con esto se generará un nuevo sistema de riego autorizado y sustentable para la producción agrícola del cantón.

Tabla 1: Beneficiarios directos de la institución.

BENEFICIARIOS DEL PROYECTO		
Hombres	Mujeres	Total de habitantes
180	170	350

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Tabla 2: Beneficiarios directos del Cantón La Maná.

BENEFICIARIOS DEL PROYECTO		
Hombres	Mujeres	Total de habitantes
21,420	20,796	42,216

Elaborado por: Autores del proyecto (2019)

Tabla 3: Beneficiarios del proyecto.

BENEFICIARIOS DEL PROYECTO		
Institucionales	Cantoniales	Total de habitantes
368	42.216	42.584

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1. Planteamiento del problema

En el bloque C de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná sector la playita se encontró como problema que el manejo del sistema de riego de agua es deficiente, ya que no es óptimo puesto que se lo realiza manualmente, además no existe una infraestructura para dicho sistema, ni tampoco existe un control que optimice el suministro de agua.

La falta de personal que pueda regar los cultivos continuamente y el desabastecimiento de agua que se produce en temporada de verano en el pozo, ha dado paso para el desarrollo del presente proyecto, permitiendo optimizar el recurso natural utilizado para el regadío, ya que se implementará un sistema autónomo que permita que los cultivos de cacao y de café del centro experimental “La Playita” tengan la humedad necesaria durante todos los meses del año.

Este proyecto constará de paneles solares y la red eléctrica que servirá como un sistema de respaldo para la energización de la bomba de agua que será la encargada de suministrar el líquido que será llevado por tuberías enterradas, unidas a los micro aspersores y todo esto controlado por sensores de humedad y temperatura, que serán almacenados y comparados en ARDUINO para permitir que la bomba se encienda y apague adecuadamente permitiendo el flujo del agua y así brindar la humedad requerida por el suelo en los cultivos.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema de riego inteligente mediante aspersion utilizando energía fotovoltaica, para una parcela de café y cacao ubicada en el Centro Experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

6.2. Objetivos específicos

- Investigar los tipos de sistemas de riego que usan energía fotovoltaica.
- Calcular el requerimiento hídrico del área de cultivo seleccionado para el dimensionamiento del sistema de bombeo inteligente.
- Implementar el sistema inteligente de bombeo de agua por aspersión basado en energía fotovoltaica.
- Realizar pruebas que permita evaluar el desempeño del sistema de riego inteligente.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 4: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
Investigar los tipos de sistemas de riego que usan energía fotovoltaica	Investigación bibliográfica relacionada con las configuraciones existentes de los paneles solares y sistemas de riego	Fundamentación Científico Técnica concluida abarcando los antecedentes previos, Fundamentación Teórica, Marco Legal y definición de términos.	Análisis de contenido de fondo bibliográfica y artículos científicos
Calcular el requerimiento hídrico del área de cultivo seleccionado para el dimensionamiento del sistema de bombeo inteligente.	Ubicación del contexto geográfico, datos de la parcela Determinación del diseño agronómico, de manda de agua, tiempo de riego y caudal.	Demanda de agua requerida. Tiempo de riego requerido. Caudal de agua requerida	Entrevista al ingeniero agrónomo. Análisis de contenido de fondo bibliográfica Observación sistemática,
Implementar el sistema inteligente de bombeo de agua por aspersión basado en energía fotovoltaica.	Calculo de los espesores requeridos y sistema hidráulico Dimensionamiento de equipos eléctricos y electrónicos (bomba y paneles solares) Automatización del sistema mediante Arduino	Adquisición de la bomba Instalación de paneles solar Arduino programado Sistema de bombeo solar implementado	Pruebas de rendimiento a e quipos Fichas de cotejo Inventarios
Realizar pruebas que permita evaluar el desempeño del sistema de riego inteligente.	Definición de escenarios de pruebas del sistema de bombeo.	Pruebas de bombeo. Pruebas de sensores.	Experimento

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Panel Fotovoltaico.

Los paneles proporcionan la potencia, cada panel está compuesto por varias células solares las que producen corriente directa (DC) cuando estas celdas se exponen a la luz. La corriente DC, generada por los paneles, es recolectada por el cableado en el panel. Luego, es abastecida a una bomba DC que bombea agua mientras el sol brilla, también se puede almacenar esta energía en baterías para un posterior uso por las bombas. El convertidor de frecuencia se usa para pasar de corriente directa a corriente alterna, para usar bombas con un motor de inducción de corriente alterna. La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menos que bajo condiciones óptimas. Por ejemplo, un módulo de 55Wp es capaz de producir 55W más o menos un 10% de tolerancia cuando recibe una radiación solar de 1.000 vatios por metro cuadrado (W/m^2) y sus celdas poseen una temperatura de 25°C . En condiciones reales, este mismo módulo produciría una potencia mucho menor que 55W. (ORTIZ, 2016)

Un panel fotovoltaico individual puede ser conectado de dos maneras:

- Serie
- Paralelo

El voltaje de salida de paneles, si son conectados en serie, es la suma de todos los voltajes producidos en cada uno de los paneles, es decir el máximo voltaje de salida de dos paneles de 320W-12V, conectados en paralelo es 40 volts. Con esto, una bomba DC de 12 volts requiere un mínimo de tres paneles de 12V conectados en paralelo. La corriente de salida de estos paneles en paralelo es igual a la corriente de salida de un panel individual 3,85 A. El voltaje y corriente de salida de paneles conectados en paralelo es el opuesto de los paneles conectados en serie. La corriente de salida es la suma de todas las corrientes (Amps) de cada uno de los paneles y el voltaje de salida es igual al voltaje producido por paneles individuales.

8.1.1. Regulador de Carga

En el sistema fotovoltaico el regulador que se muestra es imprescindible para preservar las baterías impidiendo su deterioro entre los niveles de carga y descarga. De esta manera el regulador decide si interrumpir al generador de la batería o desviar la corriente del generador en dirección contraria.

Fotografía N 1: Regulador de carga



Fuente: <https://www.asesoriavalledelcauca.co/controlador-de-carga-solar-pwm-20a-12v-24v/>

Los parámetros a examinar son; la tensión máxima de los paneles fotovoltaicos, la acumulación del voltaje del sistema con las baterías, y la máxima corriente del generador fotovoltaico. Algunos equipos cuentan con el seguidor de punto de máxima potencia (Vallejo, 2015)

Tipos de Reguladores Se clasifican según la conexión y desconexión del regulador.

Regulador en paralelo

Regulador en serie

Regulador todo o nada

Regulador PWM

8.1.2. Inversor

Un inversor que se muestra en la fotografía N 2 es el único instrumento capaz de efectuar este tipo de conversión, esto quiere decir que modifica la corriente continua producida por los paneles y luego convertirla en corriente alterna según los requerimientos que se utilice.

Fotografía N 2: Inversor



Fuente: <https://www.nomadarte.com/blog/paneles-solares-en-una-combi/>

Los inversores pueden ser de dos tipos:

Inversor para sistemas fotovoltaicos autónomos.

Inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

El objetivo del inversor es lograr una onda senoidal pura al otro lado de la conversión de la corriente eléctrica.

La característica principal de todo inversor se define por su rendimiento que viene dada por cada fabricante. Estas especificaciones se las relaciona por la potencia de entrada y de salida.

8.2. Sistema de Riego

8.2.1. Descripción de Componentes para el Sistema de Riego

Aspersores o Regadores

Los aspersores pueden ser de tipo estacionario o rotatorio existe una gran variedad en el mercado donde se diferencian por el tipo de chorro de agua que estos suministran a las plantas los aspersores giratorios son los más empleados dadas las circunstancias y tipos de cultivo a ser rociados el giro de los aspersores es producido por una colisión entre el aspersor y el chorro de agua. Los aspersores recubren un sector radial lo cual permite ser regularizado para dicha área circular los aspersores deben contar con los siguientes parámetros para un riego eficaz:

- Se debe realizar un análisis matemático sobre la red de tuberías.
 - Compresión en el fluido.
 - Un almacenamiento de agua.
 - Aspersores adecuados para una excelente distribución del agua en el área de riego.
- (Mojena, 2015)

A continuación, en la tabla 4, se detalla los aspersores más utilizados en la agricultura

Tabla 4: Aspersores y sus características principales

	Se los emplea en vegetales, viveros plantas ornamentales y utilizan un rotor de pequeña magnitud.
	Se usan para riego en frutales debajo de la copa aspersores de ángulo bajo.
	Aspersor de baja presión con una boquilla para el uso de vegetales.
	Estos tienen 2 boquillas para el uso de plantas ornamentales y son de baja presión.
	Funcionan con 2 boquillas y su presión es mediana y se los emplea en cultivos generales.
	Son aspersores que trabajan por área o sectores en áreas irregulares
	Aspersor de alta presión y se emplean en los cultivos de caña de azúcar, pastizales, plátano.
	Aspersor de media presión se usa en veredas y parterres y jardines.

Fuente: (El Regante, 2011).

8.2.2. Bombas Eléctricas.

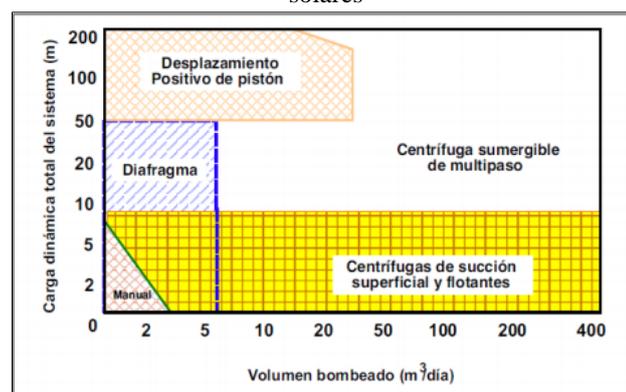
El otro componente principal del sistema es la bomba. Las bombas eléctricas que se conectan a la red eléctrica con corriente alterna (AC), generalmente no están hechas para operar en forma demasiado eficiente, ya que no tienen limitaciones de la potencia disponible. Las bombas solares están diseñadas para el uso de corriente directa (DC) que proporciona el panel

fotovoltaico o un conjunto de baterías, aunque existen en el mercado motores de corriente alterna con frecuencia variable y un controlador de corriente alterna de tres fases que le permite ser alimentadas directamente por los paneles solares. Debido a que los paneles fotovoltaicos son relativamente caros y su generación de potencia puede ser variable, las bombas solares tienen que ser en lo posible muy eficientes, ya que deben maximizar los litros de agua bombeados por watt o unidad de electricidad usada. Estas bombas deben ser capaces de poder bombear en condiciones desfavorable, es decir, baja luz.

8.2.3. Volumen Bombeado Versus Carga Dinámica.

Existen variados tipos de bombas, y su utilización va a depender de los requerimientos del sistema en cuestión. Es así que, las bombas centrífugas sumergibles que conjugan mejor con el volumen de fluido desplazado versus carga dinámica, ya que, con éstas es posible mover grandes masas de agua con gastos medianos a grandes (9 a 200m). Si el sistema requiere desplazar grandes masas de agua por día con cargas dinámicas bajas, el tipo de bomba que más se adecua a esta necesidad es del tipo centrífugas de succión; o si por el contrario, lo que se requiere es mayores alturas dinámicas y caudales bajos a medios, el tipo de bomba más apropiado es el de pistón de desplazamiento positivo. La fotografía N 3 indica el tipo de bomba adecuada que se recomienda en general según los requerimientos del sistema bombeo. (Bustamante, Marzo de 2016)

Fotografía N 3: Intervalos comunes donde se aplica los diferentes tipos de bomba solares



Fuente: www.solar.nmsu.edu

8.2.4. Diseño Agronómico

Antes de desarrollar de lleno el proyecto se debe conocer unos conceptos esenciales:

Marco de plantación (MP): Corresponde al área destinada a cada planta dentro del cultivo. Tiene relación directa con las características del cultivo (fotografía N 4). Se determina multiplicando la distancia entre hileras y la distancia entre dos plantas consecutivas de una misma hilera.

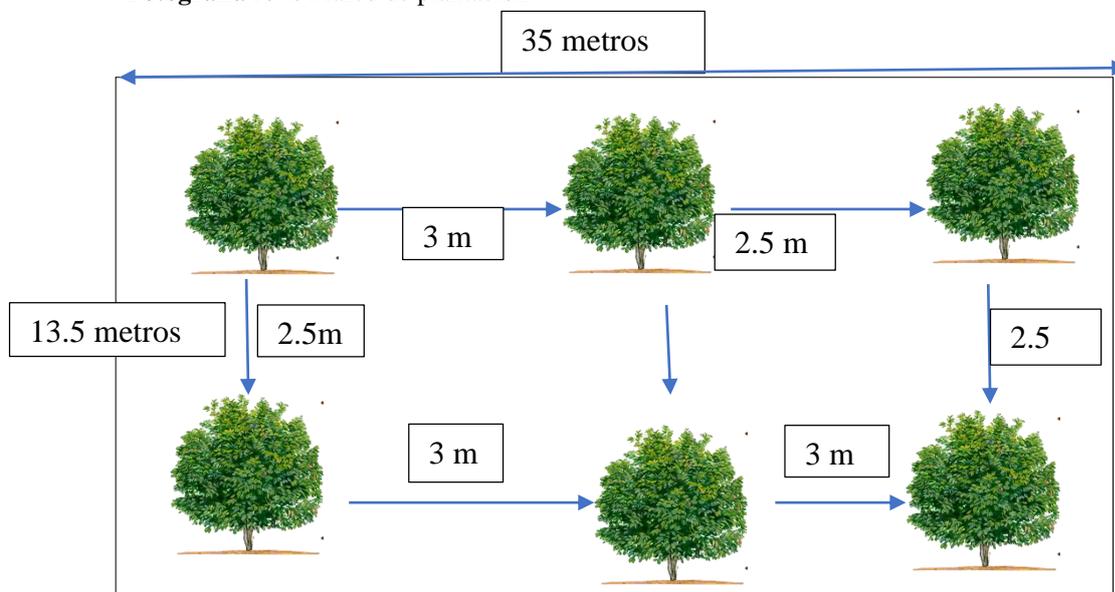
Demanda Neta del Cultivo (DNC): Corresponde a la cantidad de agua de que requerirá cada planta por día.

Demanda Bruta de Cultivo (DBC): Corresponde a la cantidad real de agua que será necesaria considerar por planta.

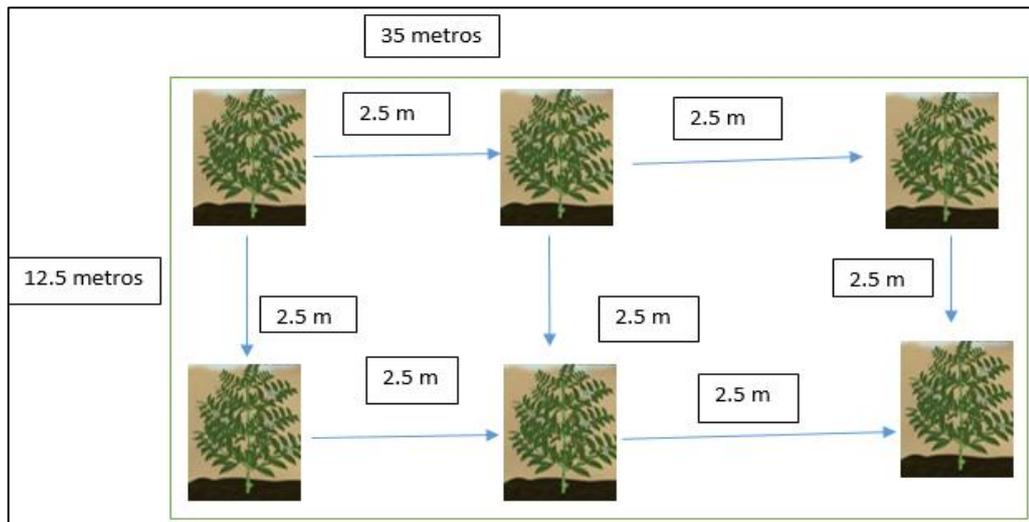
Porcentaje de Cobertura (PC): Corresponde al porcentaje del MP que se debe considerar en la demanda neta del cultivo, relacionada al follaje de la planta.

Cacao

Fotografía N 4: Marco de plantación



Café



Fuente: Equipo de trabajo

8.3. Sistema de Control de Arduino

8.3.1. Arduino UNO.

Arduino es una comunidad de usuarios que ha desarrollado el software y hardware de diferentes placas capaces de pensar y controlar objetos del mundo real, se trata de una plataforma de Hardware Libre, es decir, que existen esquemas de acceso público disponibles en internet y cualquiera puede fabricarlos. Arduino UNO es una de las diferentes placas electrónicas que forma la familia Arduino. Está controlada por el micro controlador ATmega328P, creado por Atmel, que tiene una memoria flash (memoria de programa) de 32KB, 1KB de memoria EEPROM, que es un tipo de memoria ROM que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente, y 2KB de memoria SRAM, que es la zona de memoria donde se guardan las variables de los programas. Cuenta con 14 pines que pueden ser configurados como entradas o salidas digitales, de los cuales 6 se puede utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos). Además, también está formada por 6 entradas analógicas que manejan valores desde 0 hasta 1023 y con ellas podremos leer, por ejemplo, sensores. Un cristal de cuarzo de 16MHz que proporciona la frecuencia de reloj al micro controlador, una conexión USB a través de la cual se llevará a cabo su programación, un botón de reset y un conector de alimentación externa para cuando la placa no esté conectada vía USB. También posee pines de voltaje DC de 3.3 V y 5 V, y tres pines para la puesta a tierra (GND). Aunque su voltaje límite de entrada está entre 6 V – 20 V, se recomienda usar voltajes comprendidos entre 7 V – 12 V para proporcionar una tensión y potencia adecuada al Arduino.

A partir de 12 V es desaconsejable alimentarlo porque el regulador de tensión podría recalentarse y terminar dañado. En este proyecto se han empleado dos placas fabricadas en China, pero ofrecen las mismas especificaciones que la placa oficial de Arduino. (Fumero, 2018, pág. 20)

Fotografía N 5: Placa Arduino empleada en este proyecto

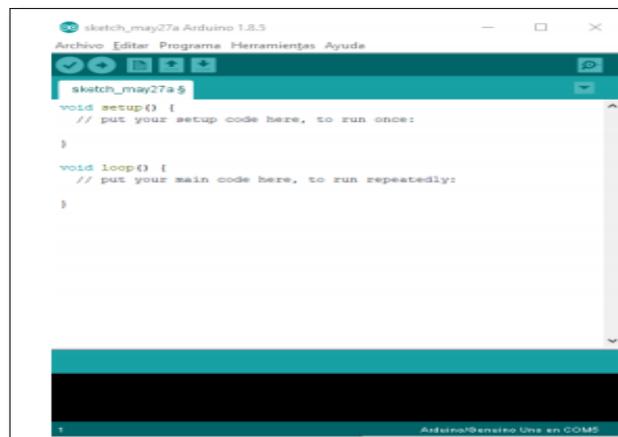


Fuente: (Fumero, 2018)

8.3.2. Arduino IDE v1.8.5.

El Arduino IDE es un entorno de desarrollo integrado (Integrated Development Environment) en el que se realiza la programación de cada una de las placas de Arduino. Este contiene un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Con este entorno de programación se podrá cargar el programa compilado en la memoria flash del Arduino. En este proyecto se ha programado el micro controlador ATmega328P. La interfaz de este entorno se puede apreciar en la siguiente ilustración: (Fumero, 2018, pág. 21)

Fotografía N 6: Interfaz Arduino IDE v1.8.5.

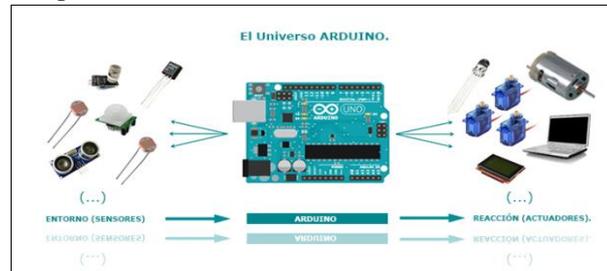


Fuente: (Fumero, 2018)

8.3.3. Sensores y actuadores

Para el respectivo funcionamiento y operación eficiente del sistema de riego, es necesario la implementación de sensores de humedad y temperatura.

Fotografía N 7: ACTUADORES



Fuente: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/que-es-arduino-2/>

8.3.3.1. Demanda de Agua

La demanda de agua de un cultivo, dependerá del estado del desarrollo en que se encuentra el vegetal, es decir: en floración, desarrollo de frutos o cosecha. Las condiciones climáticas, humedad, viento, característica del suelo, profundidad del suelo, infiltración, disponibilidad de agua, etc. Todos estos son factores que hay que tener en cuenta para tener un diseño lo más óptimo posible.

Se utilizará una forma práctica de determinar la demanda de agua, por medio del Mapa de evapotranspiración Chile (ET_p-CNR), disponible en las oficinas de la Comisión Nacional de Riego (CNR). Con este dato podemos calcular la evapotranspiración del cultivo (ET_c).

Ecuación 1

$$ET_c = ET_p * KC(\text{mm/día})$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo en mm/día

ET_p = Evapotranspiración potencial mm/día

K_c = Coeficiente del cultivo, el cual varía según el tipo y la distinta etapa del desarrollo del cultivo.

Red de Tuberías

El sistema riego tiene como elemento de distribución una red de tuberías principales y secundarias las que suministran el líquido a los aspersores para el riego del cultivo esta red de tuberías puede ser de plástico, en concreto, Poli cloruro de Vinilio (PVC), y de polietileno (PE).

Ecuación 2

$$\Phi = 1.13 \sqrt{\frac{Q}{Viim}}$$

Donde:

Φ : es el diámetro de la tubería en metros.

Q: es el caudal del diseño.

Viim: es la velocidad del límite.

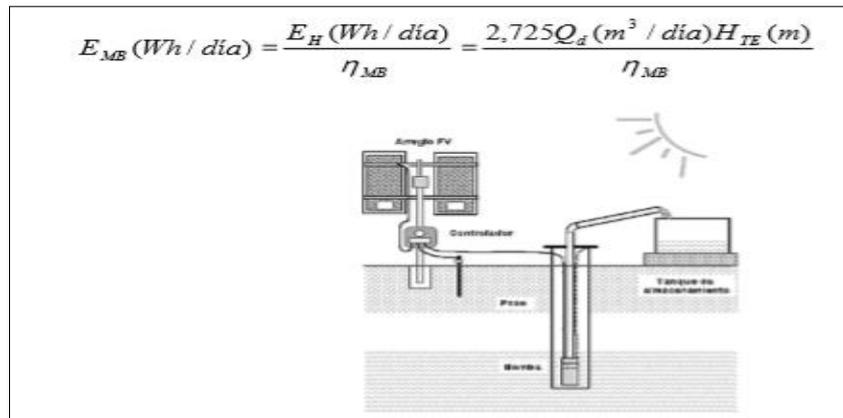
8.3.4. Bombeo de agua

En sistemas de bombeo diurnos se puede eliminar el uso de banco de baterías, simplificando la instalación y el mantenimiento.

El bombeo para el horario nocturno se debe usar un adaptador de impedancias para facilitar el arranque del motor.

Se recomienda el uso de bombas específicas para sistemas solares.

La estimación de la energía eléctrica consumida por la bomba viene dada por la fórmula que se encuentra en la fotografía N 7:

Fotografía N 7: Bombeo Solar

Fuente: (MINISTERIO DE DESAROLLO URBANO Y VIVIENDA , 2011, pág. 62)

Para sistemas de bombeo de corriente alterna, la eficiencia de la motobomba es un parámetro que suele estar incluido en el rendimiento del conjunto inversor fabricante proporciona herramientas gráficas para el cálculo del rendimiento global del sistema incluyendo el propio generador fotovoltaico. Por defecto, puede utilizarse un rendimiento típico $\eta_{MB} = 0,4$ para bombas superiores a 500 W. (MINISTERIO DE DESAROLLO URBANO Y VIVIENDA , 2011)

9. METODOLOGIA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Metodología

El proyecto de tesis consistió en implementar el sistema de riego inteligente mediante micro aspersión utilizando energía fotovoltaica, para una parcela de café y cacao ubicada en el Centro Experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Para tal motivo se procedió a realizar en distintas etapas:

- La primera etapa consistió en identificar los tipos de sistemas de riego que usan energía fotovoltaica; se utilizó la investigación bibliográfica para conocer los antecedentes nacionales o internacionales, las características necesarias y suficientes del diseño e implementación de paneles solares; estadísticas de algunos años anteriores de otras instituciones o industrias en el área del proyecto; estadísticas de fabricantes y comercializadores, datos técnicos importantes tales como: demanda, parámetros, precios, protecciones, entre otros.

- Posteriormente se realiza el cálculo del requerimiento hídrico del área de cultivo seleccionado, por ello se realizó una investigación bibliográfica y descriptiva para hallar el requerimiento de agua que necesita cada planta, su humedad mínima que debe tener cada cultivo y la potencia de la bomba para abastecer al sistema.
- La siguiente etapa definió el diseño experimental del sistema inteligente de bombeo de agua por micro aspersión basado en energía fotovoltaica, para lo cual se dimensionó las características de los equipos solares, la aparamenta del sistema eléctrico de bombeo y el proceso de instalación.
- Se realizó pruebas que permita evaluar el desempeño del sistema de riego inteligente, se realizó mediciones eléctricas de los paneles solares, se evaluó el funcionamiento del sistema y el cumplimiento del número de aspersores funcionando.

9.2. Contexto Geográfico

El proyecto propuesto del trabajo de titulación, se encuentra ubicado en la Provincia de Cotopaxi cantón la Maná. Se encuentra 10 minutos del centro de la ciudad. Utilizando los servicios de la plataforma Google Earth se muestra la ubicación (fotografía N 8) geográfica del proyecto donde se realizará el análisis del sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica esta zona se caracteriza por ser una zona agrícola la cual cuenta con cultivos de diferente variedad que son originarias de la costa ecuatoriana.

9.2.1. Datos de la parcela

El diseño del sistema corresponde a escala real en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el Centro Experimental La Playita, tiene como objeto la automatización del riego de una parcela de café, distribuidos en una parcela de café que tiene 13,70 m de ancho y de largo 31,50 m, y una parcela de cacao de 12.50 m de ancho y de largo 31.50 m. Estas presentan una deficiencia de riego de mayo a noviembre, periodos que corresponde a los meses de máxima sequía y con mayor radiación solar.

Los resultados obtenidos del comportamiento de la radiación solar con respecto a la potencia del sitio en estudio, en ella se destaca el período más resplandeciente del año dura 2,1 meses, del 24 de julio al 28 de septiembre, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 9,6 KWh. El día más resplandeciente del año es el 29 de agosto, con un promedio de 10.6 kWh. El periodo más oscuro del año dura 4,5 meses, del 22 de

diciembre al 4 de mayo, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 7,0 KWh. El día más oscuro del año es el 11 de febrero, con un promedio de 5.8 KWh. (inami, 2019).

Fotografía N 8: Ubicación



Fuente: (Google Earth, 2017).

9.2.2. Recursos Hídrico Disponible en el Área del Proyecto.

En el sector a realizar el proyecto se tiene como principal recurso de agua un pozo profundo artesanal donde se obtiene un promedio de 2000 litros de agua disponible en temporada de invierno y un promedio de 1000 litros en verano según MsC. Cristian Tapia, Ingeniero Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

El riego para las plantaciones cacao y café depende de las condiciones climáticas durante el día, una de ellas es la humedad relativa.

Fotografía N 9: Fotografía de las parcelas



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

9.3. Diseño Agronómico y necesidades máximas de riego

Para el cálculo agronómico se realizó mediciones de la parcela de cacao y café también el número de plantas que están cultivadas y la distancia de separación que tiene cada una de las plantas solicitando información a los ingenieros y estudiantes del Centro Experimental Playita

nos dieron el tiempo de riego que necesita cada uno de los cultivos, a base de estos datos más la investigación bibliográfica de manuales de cultivos donde detalla la necesidad de agua, datos que se utiliza para saber la necesidad de agua el tiempo de riego y caudal de agua requerido.

El diseño de una instalación de riego localizado es un proceso muy importante ya que de él depende el buen funcionamiento posterior del sistema. La clave para un buen diseño está en fijar previamente las prestaciones que se le van a exigir a la instalación como caudal, presión, uniformidad esperada, etc. Y seguidamente conocer las limitaciones a las que se debe someter al proyecto, tal como tipo de suelo, tipo y necesidades de agua del cultivo o cantidad y calidad del agua a aportar.

Se tendrá en cuenta que el sistema de riego tiene una necesidad máxima y una mínima acorde a cada plantación.

Desde el punto de vista de diseño agronómico, lo que realmente interesa conocer son las necesidades de agua en épocas en que el cultivo requiere mayor cantidad, y en función de ese valor se determinarán las dimensiones de los componentes de la instalación de riego. Es esencial que esta instalación sea capaz de suministrar la suficiente cantidad de agua al cultivo cuando sus necesidades sean máximas.

9.3.1. Factores que influyen en el riego

Pluviosidad y Riego

El óptimo para el cacao está entre 1.500 y 2.000 milímetros de agua distribuidos todos los meses del año.

Las zonas cacaoteras reciben entre 800 y 1200 milímetros de agua en época de invierno por lo cual diferencia debe suministrarse mediante el riego suplementario.

Temperatura

Los rangos óptimos fluctúan entre los: 24°C y 26°C.

Luminosidad

La necesidad de luz solar del cacao es 2000 horas luz al año.

Altitud

Desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud cacao se adapta mas a las zona tropicales. (Dra. Nogales Hipatia, págs. 15-16)

Frecuencia y tiempo de riego

De forma general se recomienda que el tiempo total de riego del conjunto de la instalación sea inferior a 24 horas al día, pues deben quedar algunas horas libres dedicadas al mantenimiento de la instalación, recarga de abonos y reparación de las posibles averías. Se aconseja que el tiempo máximo de riego sea de 2 horas al día.

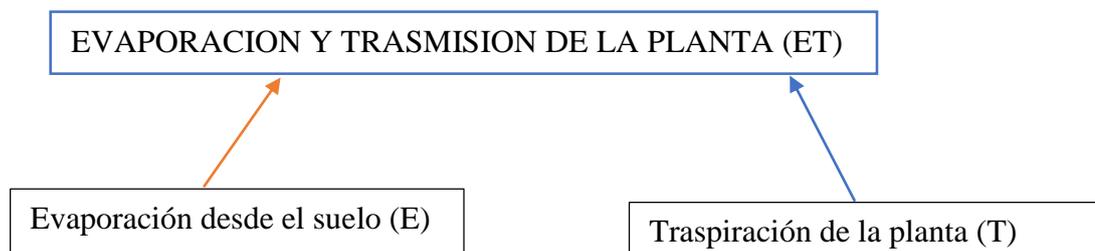
Para conocer cuánto es el requerimiento de agua de cada cultivo es necesario el cálculo agronómico el cual se expresa en el agua que requiera cada uno de estos cultivos la que es igual a la evaporación que hay presente en el lugar. Para la realización de estos cálculos se debe de tomar en cuentas los niveles de temperatura, las precipitaciones que hay en el lugar a implementar el sistema.

9.3.2. Cálculo de las Necesidades de Agua del Cultivo

La cantidad de agua que las plantas necesitan es 150 mm al año de pendiendo de la zona donde se encuentre ubicada la plantación.

Las necesidades de agua de los cultivos están determinadas por la evapotranspiración (ET) que engloba las cantidades de agua consumida por dos procesos distintos: la transpiración (que depende del tipo de cultivo y su fase de desarrollo); y la evaporación (producidas desde la superficie del suelo y dependiente de las condiciones climáticas de la zona). La evapotranspiración (ET) se expresa en milímetros de altura de agua evapotranspirada en cada día (milímetros/día).

Fotografía N 10: Cambios del agua desde un suelo de cultivo



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

La evapotranspiración se calcula multiplicando la evapotranspiración de referencia (ET_r) por el coeficiente de cultivo (K_c). Los datos de la evapotranspiración de referencia (ET_r) se obtienen con frecuencia usando un tanque evaporímetro clase “A”, en el que se pueden medir los descensos de nivel de la superficie del agua. Lo normal es recoger datos en cada zona durante varios años, hasta obtener unos valores medios mensuales. Por su parte, el coeficiente de cultivo (K_c) varía en función del tipo de cultivo y de su estado de desarrollo, diferenciándose cuatro valores de K_c correspondientes a cada una de las fases: inicial, desarrollo, media y maduración. (Rafael Fernández Gómez, 2010, pág. 48)

Ecuación 3

$$E_{tc} = E_{to} \times k_c$$

Donde:

E_{tc}= evapotransmisión del cultivo de interés en mm/días

E_{to}= evapotransmisión del cultivo de referencia mm/días

K_c= coeficiente del cultivo el cultivo de cacao de K_c es de 0.90

Para calcular la evapotransmisión es necesario tomar en cuenta los siguientes datos que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5: Valores para el cálculo de riego del cultivo

Datos	Cacao	Café
Capacidad de retención del suelo	1.45mm/cm	1.36mm/cm
Profundidad de raíces	100 cm	80cm
Coeficiente del cultivo (K _c)	0.90	0.90
Área del terreno	378 m ²	404 m ²
Porcentaje de agotamiento	50%	50%
ET _p lisimétrico	5.55 mm/días	3.5 mm/días
Gasto hidráulico (Q)	50%	50%

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Determinación de la frecuencia de riego

Cacao

Ecuación 4

$$ETa = kc \times ETp \frac{\text{mm}}{\text{días}}$$

$$ETa = 0.90 \times 5.55 \frac{\text{mm}}{\text{días}}$$

$$ETa = 5 \frac{\text{mm}}{\text{días}}$$

Café

$$ETa = kc \times ETp \frac{\text{mm}}{\text{días}}$$

$$ETa = 0.90 \times 3.55 \frac{\text{mm}}{\text{días}}$$

$$ETa = 3.19 \frac{\text{mm}}{\text{días}}$$

La capacidad de retención del suelo es de 1.45 mm/cm y la profundidad de la raíz es de 100 cm la retención de humedad es de 145 mm, pero tenemos un porcentaje de agotamiento que es del 50% entonces el porcentaje de agua a reponer será de 72.5 mm (ÁLVAREZ ARBOLEDA, 2017). Tomando en cuenta estos valores y conociendo el consumo diario (5 mm/días) en cacao y en café es de 3.10 mm/días y la lámina a reponer es de (72.5 mm), la frecuencia promedio del riego será $72.5 / 5 = 14$ el riego debe realizarse cada 14 días en cacao y en café 23 días

Calculo del volumen de agua requerido en cacao

$$Q = 50 \frac{\text{Lt}}{\text{seg}}$$

La lámina de agua aplicarse es de 72.5mm

Por lo tanto, el volumen de agua será:

$$V = 0.0725\text{m} \times 378\text{m}^2$$

$$v = 27.41\text{m}^3$$

Requerido en café

$$V = 0.0725\text{m} \times 404\text{m}^2$$

$$v = 29.29\text{m}^3$$

La necesidad de cada cultivo en agua a base de los cálculos tomando en cuenta el área que tiene cada parcela tanto como la de cacao y la de café, evapotransmisión que tiene cada uno de ellos se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Datos de la necesidad de agua de cada cultivo

Cacao	Café
A= 378 m ²	A= 404 m ²
Una hectárea de terreno necesita 1000 litro de agua	Una hectárea de terreno necesita 1000 litro de agua
Etc=6,72 m/día	Etc=6,72 m/día
Volumen a aplicarse 27.41m³	Volumen a aplicarse 29.29m ³

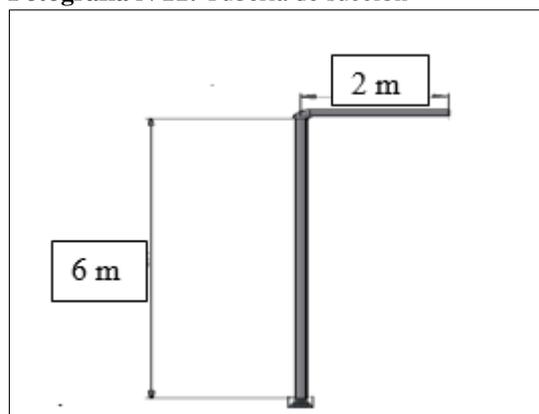
Fuente: Elaboración propia (2019)

9.4. Diseño Hidráulico

9.4.1. Cálculo de pérdidas de la tubería

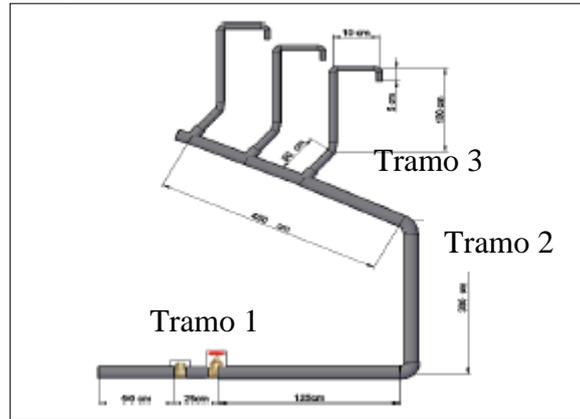
La red de tuberías de succión tiene un espacio de trabajo donde se cuenta con las siguientes medidas en metros (figura N 11).

Fotografía N 11: Tubería de succión



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

La red de tubería de descarga que está conectados desde la salida de la bomba hasta la tubería donde se encuentran las plantas mostradas en la figura 12.

Fotografía N 12: Tubería de descarga

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Para el cálculo de las pérdidas por tuberías y accesorios hay que tomar en cuenta los siguientes datos que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7: Datos para el cálculo de pérdidas en tuberías

DATOS	
Temperatura:	T= 20°C
Caudal:	Q= 3L/seg=0.003 m ³ /s
Viscosidad cinemática:	V=1.007 m ² /s
ρ	998 $\frac{Kg}{m^3}$
Diámetro de succión 2 ½"	0.0635 m
Material impulsión 1= PVC 2	0.0508 m
Material impulsión 2= Manguera negra 1 ½"	0.0381 m
ϵ PVC	0.015 cm
Gravedad	g= 9.81 m/s ²

Fuente: Autor

Con las siguientes ecuaciones nos permiten calcular las pérdidas existentes de la tubería de succión:

- Velocidad de flujo de succión

Ecuación 5

$$v = \frac{Q}{\pi * \frac{\emptyset^2}{4}}$$

$\emptyset=2 \frac{1}{2}$ "

Donde:

Q=caudal

\emptyset =diámetro

$$\Pi=3,1416$$

A=área

$$v1 = \frac{Q}{A}$$

$$v1 = 0.947m/s$$

Calculo de pérdidas de la tubería de descarga

Para el cálculo de pérdidas por la longitud de la tubería y el número de accesorios utilizados.

- Velocidad de impulsión

$$\emptyset=2''$$

Ecuación 6

$$v2 = \frac{Q}{A}$$

$$v2 = 1.480m/s$$

$$\emptyset=1 \frac{1}{2}''$$

$$v3 = \frac{Q}{A}$$

$$v3 = 2.631m/s$$

- Número de Reynolds

Se calcula el Número de Reynolds en cada uno de los tramos de la tubería para poder conocer el tipo de fluido que tenemos.

$$\emptyset=2 \frac{1}{2}''$$

Ecuación 7

$$Re\ 1 = \frac{v1 * \emptyset}{V}$$

Donde:

Re= Número de Reynolds

V= viscosidad del fluido

V1= velocidad 1 del fluido

\emptyset =diámetro

$$Re\ 1 = 59734.905 \text{ (Turbulento)}$$

Ø=2”

$$Re\ 2 = \frac{v2 * \varnothing}{V}$$

$$Re\ 2 = 74668.631 \text{ (Turbulento)}$$

Ø=1 ½ “

$$Re\ 3 = \frac{v3 * \varnothing}{V}$$

$$Re\ 3 = 99558.175 \text{ (Turbulento)}$$

- Coeficiente de fricción

Los sistemas presentan pérdidas por fricción conforme a la reducción presente de la tubería en cada uno de los tramos. Donde el coeficiente de fricción en este caso es una función del número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería, esta última representa la altura promedio de las irregularidades de la superficie interior de la tubería. El coeficiente de fricción en un régimen turbulento viene dado por la siguiente expresión:

Ecuación 8

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3.7\varnothing} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Donde:

F= coeficiente de fricción

Re= Número de Reynolds

Ø= Diámetro

ε= Rugosidad

f1= 64/Re1 = 0.0011

Tabla 8: Fricción en el tramo 1

f (Asumido)	f (Calculado)
0.0011	0.0339
0.0339	0.0267
0.0267	0.0269
0.0269	0.0269

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

$$f\ 1 = 0.0269$$

$$f_2 = 64/Re^2 = 0.0009$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3.7\varnothing} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Tabla 9: Fricción en el tramo 2

f (Asumido)	f (Calculado)
0.0009	0.0340
0.0340	0.0276
0.0276	0.0278
0.0278	0.0278

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

$$f_2 = 0.0278$$

$$f_3 = 64/Re^2 = 0.0006$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3.7\varnothing} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Tabla 10: Fricción en el tramo 3

f (Asumido)	f (Calculado)
0.0006	0.0346
0.0346	0.0293
0.0293	0.0294
0.0294	0.0294

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

$$f_2 = 0.0294$$

- Pérdidas de carga primarias

La carga primaria se calcula para saber la carga que tiene cada una de las tuberías desde el momento que está en contacto con el fluido en cada uno de los tramos.

$$L_1 = 9\text{m}$$

$$\varnothing = 2 \frac{1}{2} \text{''}$$

Ecuación 9

$$hf_1 = f \left(\frac{L_1}{\varnothing} \right) \left(\frac{v_1^2}{2g} \right)$$

Donde:

hf= pérdidas de carga debido a la fricción (m)

L= longitud de la tubería (m)

Ø= Diámetro de la tubería (m)

f= factor de fricción Darcy

g= gravedad

v= velocidad media del fluido

$$hf1 = 0.5495 \text{ m}$$

L2= 109m

Ø= 2 “

$$hf2 = f \left(\frac{L2}{\Ø} \right) \left(\frac{v2^2}{2g} \right)$$

$$hf2 = 6.6548 \text{ m}$$

L3= 24.7m

Ø= 1 ½ “

$$hf2 = f \left(\frac{L3}{\Ø} \right) \left(\frac{v3^2}{2g} \right)$$

$$hf2 = 1.5080 \text{ m m}$$

Las pérdidas de fricción total del sistema tenemos:

$$hfT = 8.7123 \text{ m}$$

Para el cálculo de las pérdidas por accesorios hay que tomar en cuenta el número de codos, Te, reductores, válvulas que existe en todo el sistema hidráulico como se muestran en la tabla 11

Tabla 11: Pérdida por Accesorios

#	Accesorio	K	KT
3	Reductor	0.5	1.5
1	Val. Retención	2.5	2.5
4	Codos 90°	0.9	3.6
3	Tee	1.8	5.4
2	Val. Mariposa	0.2	0.4
1	Válvula de pie	0.8	0.8
1	Val. Control	3	3

Elaborado por: Autores del proyecto (2019)

Pérdidas en la succión

El cálculo se realizará con el número de accesorios que presenta la tubería de succión hasta llega a la conexión con la bomba.

Ecuación 10

$$ha1 = \Sigma KT * \frac{v1^2}{2 * g}$$

Donde:

Ha= pérdidas de cargar por accesorios

Kt = coeficiente adimensional

g= gravedad

v= velocidad media del fluido

Ø=2 ½ “

$$ha1 = 2.4 * \frac{0.947m^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$ha1 = 0.1158 m$$

Pérdidas en la impulsión

De la misma manera se calcula con los accesorios presentes en la tubería de impulsión

Ø=2”

$$ha2 = \Sigma KT * \frac{v2^2}{2 * g}$$

$$ha2 = 13.8 * \frac{1.480m^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$ha2 = 1.0410 \text{ m}$$

$\varnothing=1 \frac{1}{2}$ “

$$ha3 = \Sigma KT * \frac{v3^2}{2 * g}$$

$$ha3 = 1 * \frac{2.631m^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$ha3 = 0.1341 \text{ m}$$

$$haT = 1.2909 \text{ m}$$

$$hT = 9.55m + 8.8123m + 1.2909m + \frac{(0.947 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + \frac{(1.480)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + \frac{(2.631 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

Las pérdidas por accesorios en todo el sistema (ht) tenemos:

$$hT = 20.1634 \text{ m}$$

9.4.2. Potencia de la bomba

Para el cálculo de la bomba conociendo la cantidad total de pérdidas por accesorios, el volumen estimado de agua que tenemos en el pozo, el cual es de 2000 Lt se procede a calcular con la siguiente ecuación 11.

E = eficiencia de la bomba= 75%

Ecuación 11

$$PB = \frac{Q * \rho * g * hT}{746 e}$$

Donde:

PB = Potencia Bomba

Q= caudal

P= densidad del agua

G= gravedad

Ht=altura de perdidas

E= rugosidad

$$PB = \frac{0.003 \text{ m}^3/\text{s} * 998 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 20.16 \text{ m}}{746 * 0.75}$$

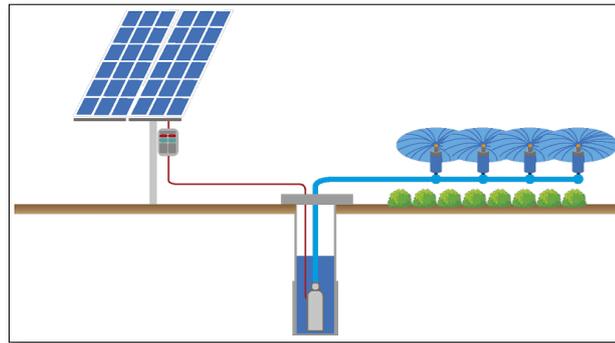
$$PB = 1.05 \text{ hp}$$

De acuerdo al resultado obtenido y la característica de la bomba seleccionada marca pedrollo de 1 hp que equivale a una potencia 745.7 W.

9.5. Dimensionamiento Del Sistema Fotovoltaico

El proyecto requiere energía suficiente para que la bomba funcione correctamente. Como los paneles existentes han llegado solo hasta una eficiencia en laboratorio de 44,7%, debemos considerar un área de exposición mayor para el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta que los paneles comercializados aún no alcanzan esa eficiencia.

Para este proyecto en específico, por tabla 16 se necesitan 1613,4 Wp. Cada panel solar de 320 W modelo Powest SZYL-P320-36, por lo que se necesitarían son 3 paneles para cumplir con el requerimiento de la bomba, considerando su instalación con un ángulo de 15° debido a nos encontramos en el hemisferio Sur y debemos orientarles al Norte. Entre las variables se considera 20% de pérdida por concepto de suciedad de los paneles (estos están expuestos a la intemperie y acumularán sedimentos). También se considera que solo 75% de la potencia instalada va hacia el sistema como resguardo ante días nublados.

Fotografía N 13: Diagrama de conexión

Fuente: CEMAER

Para el cálculo del sistema fotovoltaico es necesario conocer la carga instalada, de los equipos a utilizar son una Bomba de marca Pedrollo modelo CPM 620 de 1 HP y sensores tanto de humedad como de temperatura.

Fotografía N 14: Equipos a utilizar bomba de agua (derecha) y sensores de temperatura y humedad (izquierda)

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Cuantificar el tiempo al día se requiere el funcionamiento de los aparatos.

El cultivo requiere dos horas diarias de riego que necesita cada planta; es el tiempo recomendado por dichos agricultores que se dividirá en dos horas empezando desde las 12:00 del mediodía hasta las 14:00 de la tarde que se explica en la tabla 12.

Tabla 12: Horas de funcionamiento de la bomba

Sistemas	Horas de encendido	Tiempo de riego (hora)
	12:00 – 14 00	2 horas en períodos de 15 minutos

Fuente: Autor

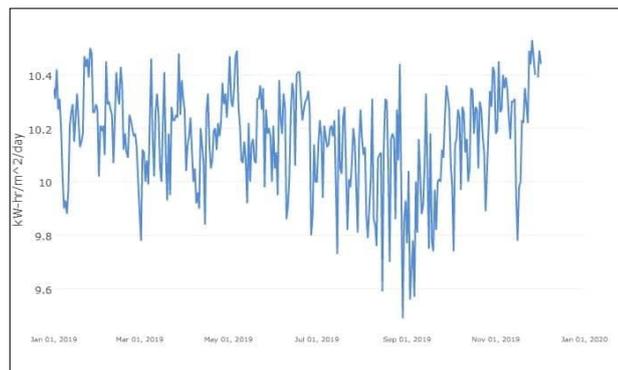
9.5.1. Cálculo de los paneles solares

Debido a que en el desarrollo del proyecto de investigación se seleccionó un sistema aislado que utiliza energía renovable no convencional (fotovoltaico) para el funcionamiento de una bomba de 1 hp y los equipos electrónicos utilizados en el sistema de automatización

Método del peor mes: conocido también como el mes más desfavorable, consiste en dimensionar la instalación utilizando los datos de erradicación del mes más desfavorable, esperando que el sistema funcione de mejor manera durante todo el resto del año.

En base a los datos obtenidos de la fotografía N 15 se tomó los datos de la NASA con un antecedente de radiación solar que presenta la mana de 5 años atrás para así conocer el mes con la, pero incidencia solar dato que se necesitara posterior mente para el cálculo de los paneles a utilizar.

Fotografía N 15: Radiación mínima y máxima



Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

Mediante la aplicación de estos métodos se realizó los cálculos y las investigaciones necesarias para la implementación de la instalación solar fotovoltaica tabla 13.

Tabla 13: Consumo energético de las cargas

Dispositivos	Total (horas)	Potencia (W)	Unidades	Total (Wh)
Bomba	2	745,7	1	1491,4
Arduino	24	1,08	1	25,92
Lm 35	24	0,005	1	0,12
Y1 9	24	1	4	96
Total (L_{dm})=				1613,4

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Aplicando el factor de seguridad del 20% por pérdidas en la instalación tenemos:

$$1613,4Wh * 0.2 = 322,69Wh \quad \text{entonces} \quad L_{dm} = 1613,4 + 322,69 = 1936,13Wh$$

Potencia nominal sin pérdidas en el sistema

Ecuación 12

$$P_{NOM,G(Sin\ pérdidas)} = \frac{F_{SG} \cdot L_{dm}}{(G_{dm}(\beta) / I_{STC})}$$

Factor de sombra geométrico FSG= 1,2

Tabla 14 : Niveles de Radiación del Cantón la Maná

Radiación solar en kWh/m ²											
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dic
4,14	4,35	4,55	4,33	4,12	4,02	4,27	4,46	4,27	4,24	4,3	3,98

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Para fines de cálculo se utiliza el mes crítico, para este proyecto se tomó el mes de diciembre. Diciembre 3.98 kWh/m² transformado a Wh/m² = 3980 Wh/m² (tabla 14).

$$P_{nomg} (\text{sin pérdidas}) = \frac{1.2 \times 1936,08}{\frac{3980}{1000}} = 583,7$$

Potencia nominal con pérdidas en el sistema

$$P_{nomg} (\text{con pérdidas}) = \frac{583,76}{0,65} = 898,1$$

Conociendo la potencia con pérdidas (pnomg) dividido por la potencia que genera el panel (W) se obtiene el número de paneles que vamos a utilizar como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15: Cálculo de paneles solares

CÁLCULO DE PANELES SOLARES				
DISEÑO	Potencia sin pérdidas	Pnomg (sin pérdidas)	583,76	W
	Potencia con pérdidas	Pnomg (con pérdidas)	898,1	W
	# De paneles	NT	2,6	# de paneles

	# de paneles aproximados	NT	3	# de paneles aproximado
--	--------------------------	----	---	-------------------------

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

El número de paneles a utilizar son 3 paneles de 320 W a 12 voltios estos paneles estarán conectados en paralelo dándonos una corriente de 27 amperios.

9.5.2. Calculo de las baterías

Las baterías de ciclo profundo están diseñadas para soportar altos números de descargas y ser recargadas sin afectar sus propiedades de almacenamiento, a diferencia de las baterías automotrices, que, al ser sometidas a condiciones de descarga profunda, pierde sus propiedades de almacenamiento.

Para el cálculo de la batería se realiza con la siguiente fórmula:

Ecuación 13

$$CB\ UTIL\ (Wh) = Ldm * Fsd$$

Donde:

Fsb = días de autonomía, solo tomamos 1

Vnomb= voltaje del panel solar (12 V)

Pdmax =0.6 (constante dado por el fabricante nivel de descarga de la batería)

$$CB\ UTIL\ (Wh) = 1936,1 * 1 = 1936,1$$

$$CB\ UTIL\ (Ah) = \frac{CB\ UTIL\ (Wh)}{Vnomb(V)}$$

$$CB\ UTIL\ (Ah) = \frac{1936,1}{12} = 40,34\ Ah$$

Potencia de descarga

$$CB\ UTIL\ (Ah) = \frac{CB\ UTIL\ (Ah)}{Pdmax}$$

$$CB\ UTIL\ (Ah) = \frac{40,34}{0,6} = 67\ Ah$$

Tabla 16: Calculo de la batería

Calculo de la batería				
BATERÍA	Capacidad nominal de descarga	CB(UTIL)	1936,128	Wh
	Capacidad nominal de descarga	CB(UTIL)	40,34	Ah
	Capacidad nominal de descarga	CB nom	67	Ah

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

En la tabla 16 la batería que vamos a utilizar que es una batería que tenga la carterista de 67Ah de descarga.

9.5.3. Regulador de carga.

Para la selección del regulador de carga se toma en cuenta el voltaje de los paneles solares y el amperaje que da cada panel a su máxima capacidad tenemos un regulador de carga de 12 V con una capacidad de 30 A.

Fotografía N 16: Regulador de carga



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

9.5.4. Calculo del inversor la

Por último, para el cálculo del inversor fotovoltaico únicamente se calcula la suma de las potencias de las cargas de corriente alterna pero como el único equipo que consume corriente alterna es la bomba. En este caso, según lo descrito en la Tabla 13 consumo energético de la bomba sería, 1491,4 W y aplicar un margen de seguridad del 20% para tener en cuenta los posibles picos de arranque en algunos aparatos electrónicos.

Así pues:

$$P_{inv} = 1.2 * P_{AC}$$

$$P_{inv} = 1.2 * 1491,4$$

$$P_{inv} = 1789,6 \text{ Wh}$$

9.5.5. Selección del conductor por cálculos

En toda instalación eléctrica es necesaria la selección adecuada de los conductores eléctricos con se ve el correcto funcionamiento de los equipos para que no ocurra ningún corto en los conductores.

Partir de la ecuación

Ecuación 14

$$R = \frac{L}{eS}$$

Dónde:

R = Resistencia en ohmios

L = Longitud en metros

S = Sección del conductor en mm

σ = Conductividad (inversa de la resistividad)

De la siguiente ecuación de voltaje (V)

Ecuación 15

$$\Delta V = IR$$

Por lo tanto:

Ecuación 16

$$\Delta V = V_a - V_b$$

Despejar R de la ecuación y remplazar ΔV

Ecuación 17

$$\mathbf{R = Va - Vb * I}$$

Igualar las ecuaciones 15 con la 16:

Ecuación 18

$$\frac{L}{eS} = \frac{Va - Vb}{I}$$

Donde el valor constante de la resistividad para conductores de cobre es de:

Ecuación 19

$$\sigma = 1 / \rho$$

Sustituyendo se obtiene

$$\sigma = \frac{1}{0,01786} = 56$$

La sección del conductor viene dada por

$$S = \frac{2LI}{56(Va - Vb)}$$

Dónde:

S = Sección [mm²]

L = Longitud requerida [m]

I = Intensidad [A]

La caída de tensión se calcula para un porcentaje de la tensión nominal, que variara entre los equipos que interconecta

- Caída de tensión entre panel y regulador: máx 1,5% y recomendada 1%
- Caída de tensión entre regulador y acumulador: máx 1% y recomendada 0,5%
- Caída de tensión entre acumulador e inversor: máx y recomendada 1%
- Caída de tensión entre acumulador/inversor y cargas: máx y recomendada 3%

Las longitudes para cada instalación se encuentran en las siguientes distancias:

- Longitud panel-regulador: máximo 2,0 m
- Longitud regulador-batería: máximo 2,0 m
- Longitud batería/inversor: máximo 1,5 m
- Longitud batería-inversor/carga: máximo 1,5 m
- La máxima corriente a administrarse del panel a la batería es 19 Amperios

Por lo tanto, la ecuación:

Ecuación 20

$$S = \frac{2LI}{56(Va - Vb)}$$

Remplazaos los valores (Va-Vb)

$$Va-Vb=12 \times 1.5\% = 0,18$$

Remplazamos en la ecuación

$$S = \frac{2 \times 2 \times 19}{56(0,18)} = 7,53 \text{mm}^2$$

Como la sección del conductor es:

$$S = \frac{3,14 \times \phi^2}{4}$$

Se despeja el diámetro y se remplaza

$$\phi = \frac{7,53 \times 4}{3,14} = 9,59 \text{mm}$$

En tablas de la AWG de conductores con el diámetro se obtiene el conductor.

Fotografía N 17: Selección de conductores

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 THHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS
		Cobre			Aluminio		
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60

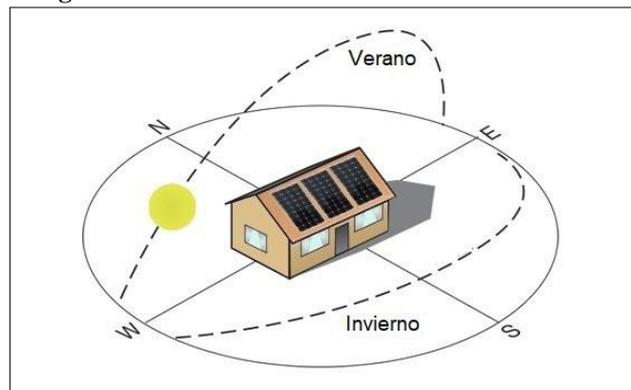
Fuente: <http://www.latincasa.com.mx/SiteCollectionDocuments/seleccion-de-calibre-en-cables-para-construccion.pdf>

Fotografía N 17 el conductor seleccionado tomando en cuenta el cálculo anterior y a la temperatura expuesta el conductor es el número 8 THW.

9.6. Orientación del panel solar

La orientación de los paneles solares es importante reducir las pérdidas y aumentar la captación de la radiación diaria instalada aprovechando así al máximo la superficie del panel solar y los rayos solares impacten perpendicularmente; es un dato dado por el lugar donde va hacer instalado. Para la orientación depende de los ángulos de azimut (α) y de inclinación (β).

Fotografía N 18: Orientación de los Paneles Solare

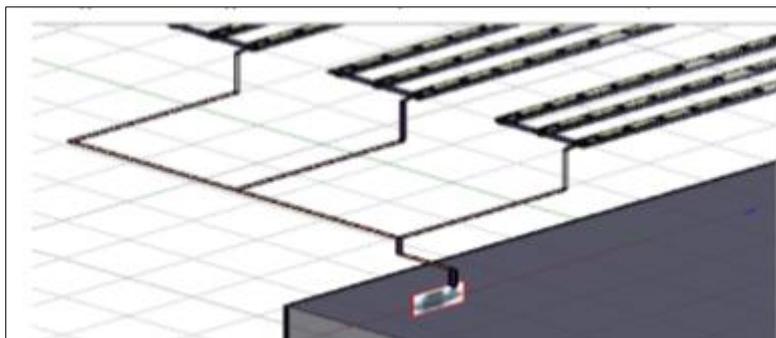


Fuente: (Bortignom, 2011)

9.7. Diagrama de la disposición de bomba y tuberías

En el diagrama de la disposición de la bomba y tuberías se muestra el diseño del sistema de riego.

Fotografía N 19: Diagrama de la disposición de la boba con las tuberías



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Elementos indispensables para el proyecto

Los elementos utilizados para el proyecto son los siguientes:

Para succión

1 válvula de pie de 1 pulgada.

250 centímetros de tubería PVC de 1 pulgada.

1 codo de 90 grados de 1 pulgada.

Para descarga

900 centímetros de tubería PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada.

165 centímetros de tubería PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada.

1 válvula chek de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

1 válvula de compuerta de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

1 codos de 90 grados de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

1 T de $\frac{3}{4}$ y salida de $\frac{1}{2}$ pulgada.

2 codos de $\frac{1}{2}$ pulgada.

9.8. Diseño del sistema de control

Para el correcto funcionamiento del sistema de riego inteligente ha sido necesario crear la comunicación el Arduino y los sensores. El Arduino es el encargado de pedir la información necesaria a los sensores luego procederá hacer una comparación entre los valores obtenidos por los sensores para el encendido de la bomba tendrá que cumplir los siguientes parámetros si la humedad es $\geq 60\%$ y la temperatura $\geq 24^{\circ}\text{C}$ no se encenderá la bomba si estos valores son menores la bomba se encenderá. A continuación, se mostrarán dos diagramas de flujo en los que se indica cómo se ha establecido el funcionamiento del intercambio de información en el código programado. En el anexo 1 se hará una descripción detallada de dicho código.

Este entorno de desarrollo integrado es una herramienta utilizada para la creación de aplicativos embebidos en el Arduino, dicha herramienta está compuesta por un editor de código en C, un compilador del código ingresado y un diseñador para la interfaz gráfica. La versión 1.6.11 de este IDE cuenta con un gestor de librerías y gestor de placas que permiten ser descargadas según las necesidades de la solución a desarrollarse.

A continuación, describiremos los componentes a nivel técnico que se utilizaron para la implementación del sensor de riego:

- **Arduino Uno:** es una placa electrónica cuenta con 14 pines de entrada/salida, 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, un puerto USB, un conector de alimentación, un header ISCP, y un botón de reinicio. A continuación, describiremos los componentes a nivel técnico que se utilizaron para la implementación del sensor de riego:

Resumen de las características del Arduino Uno

Tabla 17: Resumen de características del Arduino

Resumen de características	
Micro controladores	ATmega328
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V

Digital I / O Pins	14
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para las E / S Pin	40 mA
Corriente de la CC para Pin 3.3V	50 Ma
Memoria Flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad del reloj	16MHz

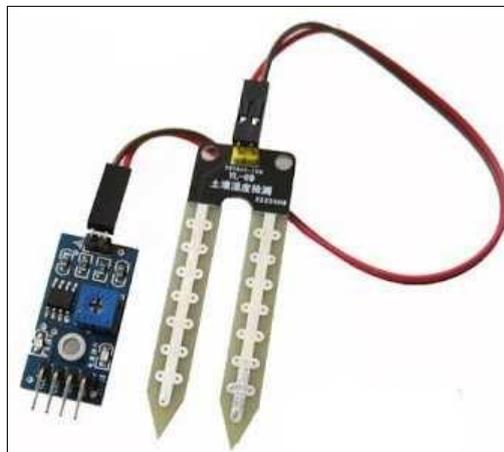
Fuente: ("Arduino – Arduino Board Uno," n.d.)

9.9. Descripción del Arduino y programación

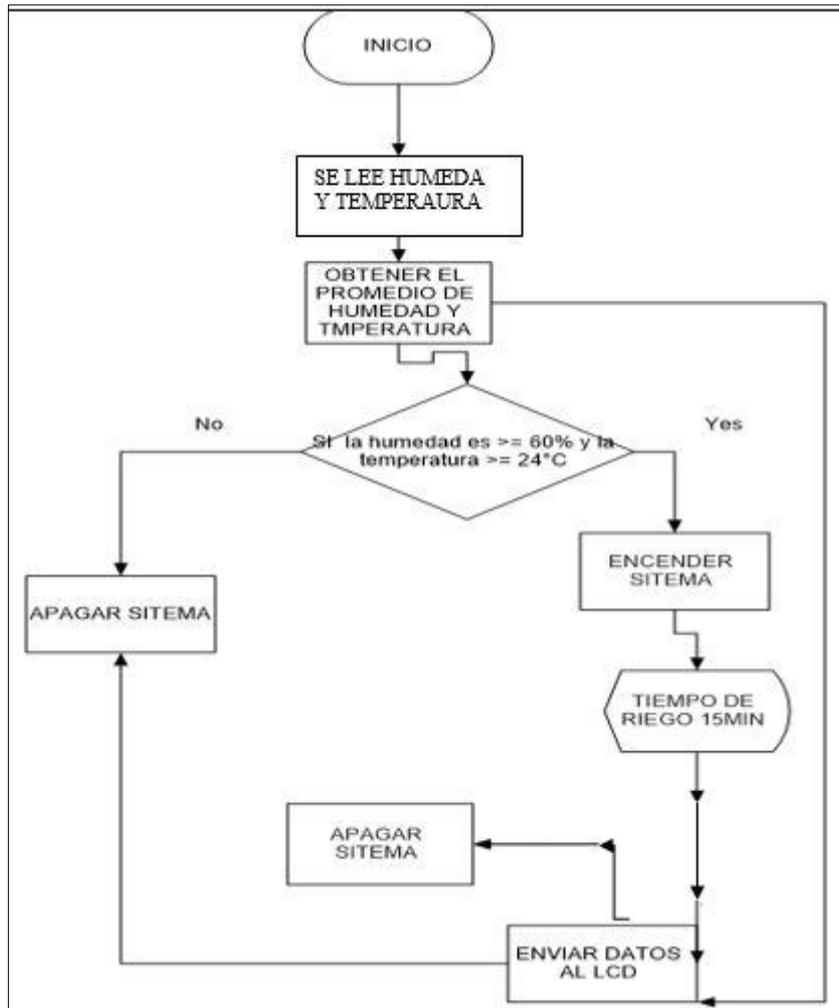
Sensor de humedad YL-69

El sensor tiene la capacidad de medir la humedad del suelo. Aplicando una pequeña tensión entre los terminales del módulo YL-69 conduce el paso de corriente que depende básicamente de la resistencia que se genera en el suelo y ésta depende mucho de la humedad. Por lo tanto, al aumentar la humedad la corriente crece y al bajar la corriente disminuye. Contiene una sonda YL-69 con dos terminales separados adecuadamente y un módulo YL-38 que contiene un comparador LM393. Este último representa 2 pines de conexión hacia el módulo YL-69, consta de 2 pines para la alimentación VCC (de 3,3V a 5V) y GND; y 2 pines para datos de salida D0 (salida digital) y (salida analógica). Este módulo permite ajustar cuándo el nivel lógico en esta salida pasa de bajo a alto mediante el potenciómetro. (SOFTWARE, 2016)

Fotografía N 20: Especificaciones Técnicas – Sensor YL-69

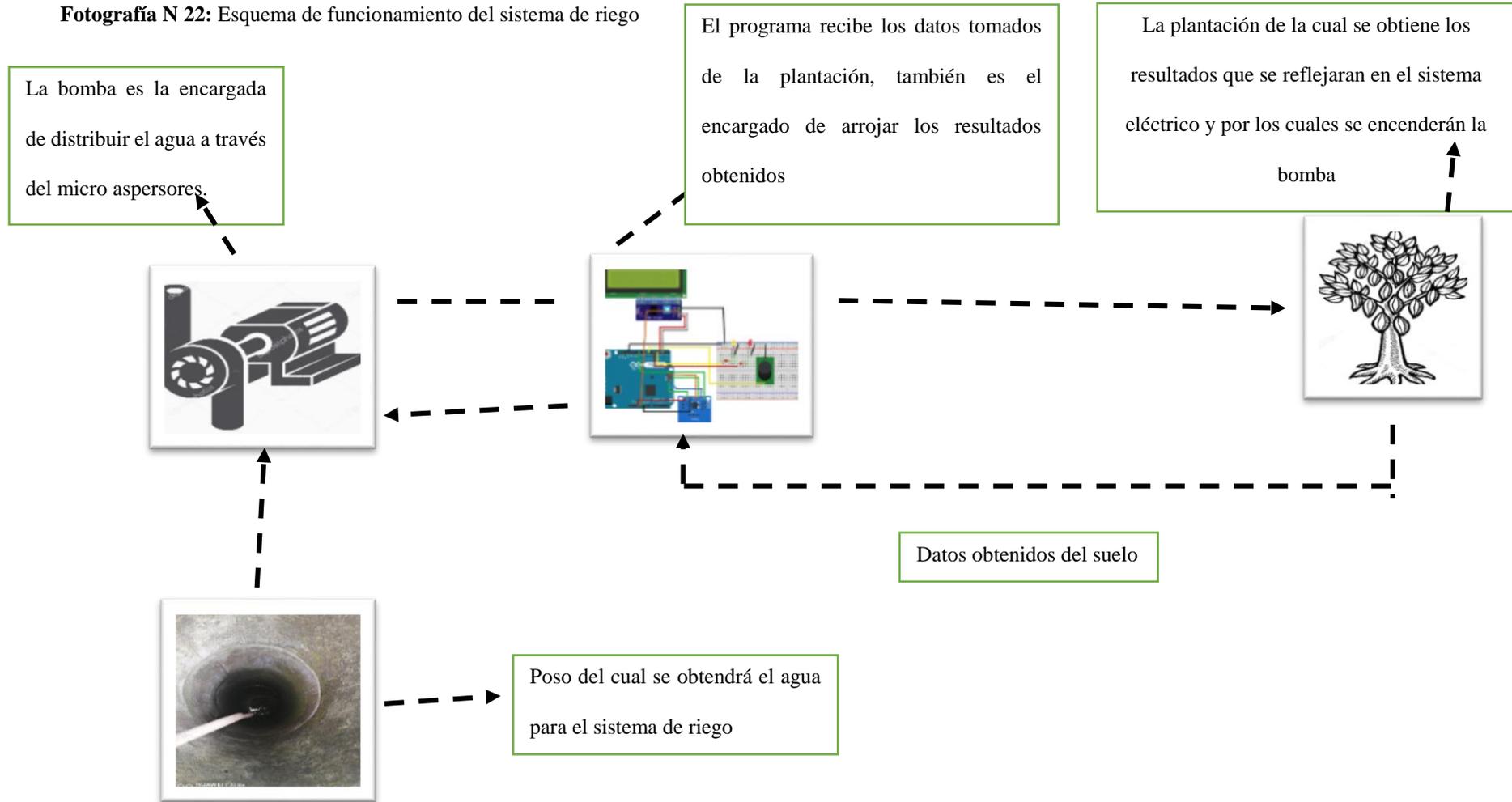


Autor: Shenzhen KYL Communication

Fotografía N 21: Diagrama de flujo

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Fotografía N 22: Esquema de funcionamiento del sistema de riego



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

10. HIPÓTESIS

El sistema de riego inteligente por aspersión con energía fotovoltaica será completamente autónomo teniendo la capacidad de entregar la energía necesaria a todo el sistema de bombeo para que cumpla las necesidades diarias de agua que requiere el cultivo controlando también su temperatura y humedad para optimizar el consumo de agua.

11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Descripción y experimentación

Mediante la fundamentación teórica se investigó los diferentes sistemas de riego más favorables para este tipo de cultivos y el más recomendable y seleccionado es el sistema de riego por micro aspersión ya que con este sistema se tiene una mejor captación de agua hacia el cultivo.

11.1.1. Conexión de Tuberías y Aspersores

En primera instancia se procedió a la medición desde el punto de extracción de agua hasta el punto de riego del cultivo en lo cual consta con una distancia de 58 m, se utilizó tubería de 32 mm tanto para la tubería de succión como la de impulsión cada una con sus accesorios correspondientes, se colocó una cinta de $\frac{3}{4}$ de pulgada donde se colocaron un total de 100 micro aspersores.

Fotografía N 23: Conexión de las válvulas derecha y micro aspersores izquierda



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

11.1.2. Instalación de la Bomba

Para la conexión de la bomba de 1 hp se extrajo el agua de un pozo profundo de 7 m de profundidad. La tubería de succión estará a una altura de 6 metros para que no absorba la basura que se encuentra en la superficie del pozo (fotografía numero N 24).

Fotografía N 24: Instalación de la bomba



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

11.1.3. Paneles solares

Se conectaron 3 paneles de 320 W en paralelo los cuales en hora pico nos dieron total de 33 A, se utilizó un regulador de 30 A 24 V el cual es alimentado por una batería de 12V del mismo inversor sale la conexión para el inversor de carga de 1000 W marca belttt que alimenta a la bomba.

11.2. Medición del sistema en funcionamiento

11.2.1. Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico presenta una conexión en paralelo para aumentar el amperaje para así lograr alcanzar las necesidades de potencia de la bomba como se muestra en la fotografía N 25.

Fotografía N 25: Puntos de toma de temperatura

Elaborado por: Autores del proyecto (2019)

Las condiciones en la cual funciona el sistema son: arranca su funcionamiento cuando se cumplen las condiciones estipuladas en el programa cuando estas condiciones se cumplen se activa el funcionamiento de la bomba.

Para realizar esta prueba se utilizó un multímetro y se realizó el siguiente proceso calibramos el multímetro en la escala de voltios de corriente continua ponemos la punta roja en el positivo y el cable negro en el negativo del panel solar.

Tabla 18: Datos de pruebas

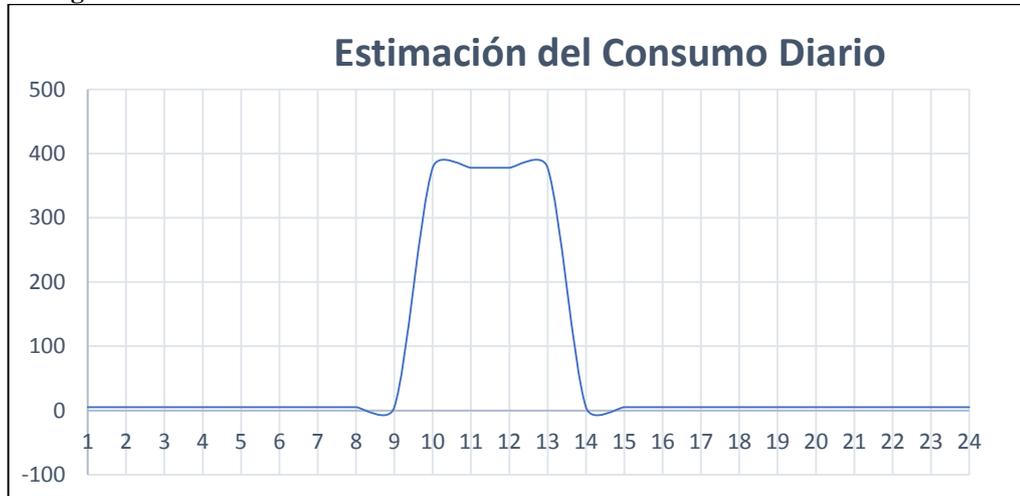
Horas	T(C°)	Vpanel	panel 1 A	panel 2 A	panel 3 A	Sensor de humedad
10:00	20	13.8 V	6	3	6	50%
11:00	23	13.8V	6	3	6	65%
12:00	26	42.3 V	10.8	9.5	10.5	50%
12:30	26	42.3 V	10.8	9.5	10.5	65%
12:45	26	42.3 V	10.8	9.5	10.5	62%
13:00	26	42.3 V	10.8	9.5	10.5	61%
13:10	26	42.3 V	10.8	9.5	10.5	54%
14:00	26	42.3	10.8	9.5	10.5	67%

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

La máxima radiación se presenta a partir de las 12:00 hasta 14:00 (tabla 18) con un voltaje de carga de 42.3 Vdc y 10.8 A a la salida de cada panel. El funcionamiento del sistema se muestra favorable detectando al inicio una humedad de 50 % que activó el sistema de riego por micro aspersión. Se cumplió el tiempo de riego en periodos de cada 15 minutos durante una hora, el sensor de humedad realizó un censo para ver si se llegó a cumplir los parámetros establecidos en la programación caso contrario se procedió a encender la bomba hasta llegar a los parámetros establecidos.

Se realizó también una estimación de las horas pico de consumo que tiene el sistema como se muestra en la fotografía N 26.

Fotografía N 26: Consumo Vs Horas



Elaborado por: Autores del proyecto (2019)

Fotografía N 27: Medición en multímetro los amperios que tiene cada panel



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Tomamos una medición del voltaje que vota el conjunto de paneles solares en la hora con más radiación solar y se midió un voltaje de 42,3 V en el conjunto armado de paneles solares (fotografía N 27).

Fotografía N 28: Medición de voltaje en vacío

Elaborado por: Autores del proyecto (2019)

11.2.2. Medición al sistema de riego

El sistema es totalmente funcional y cumple con todos los objetivos planteados para el desarrollo de este proyecto. La bomba de 1 Hp mueve un total de 100 micro aspersores donde a cada planta le corresponde la cantidad de agua necesaria, cada segundo los sensores envían un resultado de la humedad si es menor a la del 60% procede a activar la bomba hasta llegar a los parámetros establecidos para proceder o no al riego.

11.3. Diseño del sistema de control inteligente

El diseño de control cumple el trabajo de cubrir toda el área de riego, el sistema controla el riego de todos los días durante un tiempo de 2 horas por lapsos de 15 minutos.

De acuerdo a lo señalado se procede a realizar un horario de riego que se especifica en la tabla 19, en cada 2 horas de encendido la duración de riego es de 15 minutos siendo.

Tabla 19: Horario de riego

Sistemas	Hora de funcionamiento	Tiempo
A	12:00	15
	13:10	
	13:30	
	14:00	

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

En la actualidad con las nuevas tecnologías queda atrás el riego manual para realizar el riego automático las cuales son necesarias electroválvulas o bombas de agua para la conducción de los sistemas de riego.

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

12.1. Impacto ambiental

El presente proyecto tiene un impacto ambiental ya que el sistema es autosuficiente gracias a la utilización de paneles solares y al sistema de automatización del riego; debido a esto se garantiza un ahorro de agua y la no utilización de energías fósiles. La implantación de este sistema de riego inteligente es fundamental para garantizar la sostenibilidad de la agricultura de regadío.

12.2. Impacto social

Al ser un sistema autónomo ayuda para que los usuarios no tengan que estar presente para el regadío de los cultivos ayudando con esto que los individuos puedan realizar otras actividades para su beneficio generando así un impacto social.

12.3. Impacto económico

Se crea una cultura de ahorro energético por medio del uso de los paneles solares disminuyendo costos en la planilla eléctrica, también se incrementa la rentabilidad de los cultivos ya que el mejora follaje de las plantas, obteniendo así una mayor producción.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Dentro de la implementación del sistema de riego automatizado se considera el costo de los materiales mano de obra y costos y gasto de fabricación; los dividimos en dos grupos que son costos directos y costo indirectos en la tabla mostraremos las partes más importantes que componen el sistema.

13.1. Costo directo

Los costos directos son aquellos que están relacionados de manera directa en la elaboración del sistema que son materiales y mano de obra estos valores se toman desde el inicio de la implementación hasta el final para ello se enlistaron los materiales y los costó como se muestra en la tabla N 20.

Tabla 20: Presupuesto del sistema de riego

Materiales	Precio unitario	Cantidad	Sub total
Tarjeta Arduino MEGA	60,00	1	60,00
Inversor Híbrido 2000w / 60a Mppt / 24vdc	530,00	1	530,00
Panel Solar Fotovotailco Fortune 320 W 24V	148,00	6	888
Tubo Roscable plastidor 1pulg	11,50	2	23,00
TEE PP 1 pulg	1,88	10	18,88
Neplo H3 1 pulg	0,80	4	3,20
Codo PP 1 pulg x 90 ø	1,45	20	29,00
Unión PP 1 pulg	1,23	12	14,76
Adaptador Flex Reductor 1 - 3/4 pulg	0,50	12	6,00
Abrazadera Ref TITAN 1/2 Pulg	0,55	6	3,30
Codo Plastigama 1 pulg x 90 ø	1,17	45	52,65
Válvula 1 pulg eléctrica 24 VAC	29,30	5	146,0
Regulador Phocos CX 30 A 12/24V datalogger USB	152,00	1	152,00
Sensor de humedad YL-69	6,00	4	24,00
Sensor de temperatura LM35	8,00	4	32,00
Módulo Relay	6,00	2	6,00
Cables MULTIPAR DE TRES PARES	34,00	1	34,00
COSTO DE TRASPORTE	60,00	1	60,00
COSTO DE MANO DE OBRA	25,00	4	100,00
TOTAL			2182.69

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Costo de mano de obra se tomará como costo de mano de obra la implementación del sistema de riego

13.2. Costos indirectos

Como costo indirecto son aquellos que interviene para la elaboración del sistema de riego automatizado que son el costo de transporte es de 60 dólares americanos ya que los materiales se los adquirió en la ciudad de quito y posterior mente se lo traslado al cantón la Maná.

Tabla 21: Costos de transportación

Costo	Ruta	Precio Total
Transporte particular	Quito _La Maná	60
	Total	60

Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Se obtiene el costo total de del sistema de riego automatizado de \$ 2182.69

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Según la investigación realizada se llegó a la determinación que para los cultivos de cacao y café es posible realizar su riego por medio de sistema de riego con energía fotovoltaica ya que esta. Implementado contribuyó al ahorro energético, aportó con recursos hídricos indispensables para los cultivos de manera continua sostenible y la necesaria.
- El cálculo hídrico permitió determinar el área, la necesidad de agua por planta, los micro aspersores mejoraron la eficiencia del sistema de riego teniendo mayor contacto de agua en las raíces de las plantas y con menores pérdidas garantizando la igualdad en el riego y reduciendo el consumo de los recursos hídricos.
- El sistema de control automático implementado permitió que el proceso logre un control exacto y específico de los tiempos de riego y se logró monitorear los valores de temperatura y humedad del cultivo logrando encender las 2 horas el sistema de riego para que las plantas se nutran y se desarrollen de forma uniforme.
- De acuerdo a las pruebas realizadas del sistema se garantizó la necesidad de agua a los cultivos, se abasteció con el caudal y presión necesaria para hacer funcionar los 100 micro aspersores; el sistema fotovoltaico permitió alimentar la carga conectada en nuestro caso es la bomba de 1hp garantizando la autonomía necesaria para el funcionamiento en los tiempos estipulados.

Recomendaciones

- Presentar esta propuesta a sectores estratégicos o entidades gubernamentales con el fin de buscar inversionistas para el desarrollo agrícola de sectores rurales del país donde carecen de servicios básicos como agua y energía eléctrica.
- Al realizar la inclinación del panel fotovoltaico se debe tener en cuenta los ángulos α y β para reducir las pérdidas y obtener la mejor eficiencia del sistema.
- Se puede aumentar el número de paneles fotovoltaicos para incrementar la capacidad de bombeo y también usar una línea derivativa para iluminación en el sector.

Bibliografía

Atiaga, P. R. (12 de julio de 2015). REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI . Obtenido de Construcción e implementación de un banco de pruebas de energia solar fotovoltaica para analisis de curvas de eficiencia de generacion que sirva para el laboratorio de ingenieria electromecanica : <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2971>

Br. Arceda, M. R. (MARTES de ENERO de 2012). RIBUNI.UNI.EDU.NI. Recuperado el 30 de ABRIL de 2019, de ENERGÍA SOLAR PARA EL CULTIVO DE AGUACATE: <http://ribuni.uni.edu.ni/1090/1/38223.pdf>

Damia. (20 de NOVIEMBRE de 2014). DAMIASOLAR. Recuperado el 2 de JULIO de 2019, de Que tipo de batería es mejor para mi instalación solar?: http://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solary-sus-componentes/que-bateria-necesito-en-mi-instalacion-solar_1

domitizados. (13 de FEBRERO de 2018). Recuperado el 24 de MAYO de 2019, de Protocolos más populares de la domótica: <https://domotizados.co/protocolos-populares-domotica/>

Dra. Nogales Hipatia, I. V. (s.f.). MANUAL DE APLICABILIDAD DE BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS PARA CACAO. ECUADOR: ECUADOR ES CALIDAD.

Fernández, Y. (1 de mayo de 2019). renova. Recuperado el 1 de Mayo de 2019, de paneles solares: <https://www.renova-energia.com/productos/paneles-solares/polycrystallinemodulemodelsgp-150p-36/>

Fumero, Y. T. (julio de 2018). Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Recuperado el 7 de julio de 2019, de SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE DE: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/9463/Sistema%20de%20riego%20inteligente%20de%20bajo%20coste.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GOMEZ, P. G. (2018). LIBRO BLANCO DE ENERGIAS RENOVABLES. BARCELONA: SALVADOR ESCODA S.A.

GYSSSEL, R. P. (22 de noviembre de 2010). ingenierovelazco. Obtenido de Domótica: conceptos básicos: <http://ingenierovelazco.blogspot.com/2010/11/domotica.html>

inami. (1 de mayo de 2019). Weather Spark. Recuperado el 1 de mayo de 2019, de el clima en la mañana: <https://es.weatherspark.com/y/19368/Clima-promedio-en-La-Man%C3%A1-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

KNX. (20 de OCTUBRE de 2014). domoprac. Recuperado el 24 de MAYO de 2019, de ¿QUÉ ES? TIPOS DE PROTOCOLOS: <http://www.domoprac.com/domoteca/domoteca/conceptos-basicos/el-protocolo-de-comunicaciones-el-lenguaje-de-la-domotica.html>

Lorenzo, J. A. (3 de mayo de 2006). sunfiels. Recuperado el 1 de Mayo de 2019, de calculos de paneles: <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/calcular-paneles-solares-necesarios/>

MINISTERIO DE DESAROLLO URBANO Y VIVIENDA . (2011). ENERGÍAS RENOVABLES . Norma Ecuatoriana de la constrccion (Nec -11), 110.

Mojena, Á. (03 de JULIO de 2015). Alternativa de una fuente de abasto para riego por. Obtenido de Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. : <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/2704>

Moncayo, É. L. (9 de JUNIO de 2017). La energía solar se abre terreno en Ecuador. EL UNIVERSO REVISTA EJE INDUSTRIAL, pág. 1.

Moreno, F. G. (15 de AGOSTO de 2013). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado el 1 de MAYO de 2019, de Modelo a escala de un sistema de riego automatizad: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4778491.pdf>

Moreno, F. G. (15 de agosto de 2015). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado el 30 de ABRIL de 2019, de Modelo a escala de un sistema de riego: [Dialnet-ModeloAEscalaDeUnSistemaDeRiegoAutomatizadoAliment-4778491.pdf](https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4778491.pdf)

Rafael Fernández Gómez, M. d. (2010). MANUAL DE RIEGO PARA AGRICULTORES MODULO 4. SEVILLA: : Junta de Andalucía.

Rivera, E. P. (3 de mayo de 2013). redalyc. Recuperado el 30 de ABRIL de 2019, de Fuente alterna de energía renovable: Celdas solares orgánicas: <http://www.redalyc.org/html/4576/457645123003/>

sfcr. (s.f.). ujaen. Obtenido de SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED: http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/05_tipos/02_conec_red/01_basico/2_conec_red.htm

Silvestre, S. C. (2008). Formación universitaria. Recuperado el 3 de JULIO de 2019, de Herramientas de Simulación para Siatemas Fotovoltaicos en ingenieria: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062008000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Style, O. (2012). Planificación, dimensionado e instalación. Itaca Appropriate Technology, ©2012.

Vallejo, B. X. (OCTUBRE de 26 de 2015). Artículos de Tesis de Grado - FIEC. Recuperado el 02 de JULIO de 2019, de DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31069>

VALLINA, M. M. (2018). Instalaciones solares fotovoltaicas 2ª edición. Madrid: Paraninfo.

ANEXOS

CÓDIGO EN ARDUINO

ANEXOS

Anexo 1 Código en arduino

```
#include <Time.h>
```

```
#include <TimeAlarms.h>
```

```
#include <DS1307RTC.h>
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
// Creamos un objeto lcd con los pines a los que está conectado
```

```
LiquidCrystal lcd(7, 8, 9, 10, 11 , 12);
```

```
// Declaramos la entrada del pin del sensor de humdad de tierra
```

```
const int sensorPin = A0;
```

```
// Declaramos la salida del pin del Relé, LOW para abrir electroválvula y HIGH para cerrar.
```

```
const int relePin = 2;
```

```
void setup() {
```

```
  // Iniciamos el pin del sensor de humedad del suelo como input
```

```
  pinMode(sensorPin, INPUT);
```

```
  //definir el pin del relé como salida
```

```
  pinMode(relePin, OUTPUT);
```

```
  // Preparar la interfaz serial
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  //cargamos un objeto lcd e iniciamos la pantalla con 20 caracteres por línea y 4 líneas
```

```
  lcd.begin(20, 4);
```

```
  // Configurar los pines de salida de relevadores desactivados al inicio
```

```
  // recordamos que los modulos de relés se activan con un estado bajo
```

```
  digitalWrite(relePin, HIGH);
```

```
  // Ponemos la palabra no en el LCD en la parte donde pone Regando:, para así que siempre empiece en no y se modifique cuando se está regando o cuando ha parado de regar.
```

```
  lcd.setCursor(9,1);
```

```
  lcd.write("NO");
```

```
  // Cargar la hora actual desde el RTC e indicar que esto suceda de forma automática durante loop()
```

```
  // Utilizamos el método RTC.get() de la librería DS1307RTC. El RTC debe estar conectado como se
```

```
  // indica en el texto y debe tener la fecha y hora correctas
```

```
  setSyncProvider(RTC.get());
```

```
  if (timeStatus() != timeSet)
```

```
  {
    Serial.println("Fallo de RTC");
```

```
  }
  else
```

```
  {
    Serial.println("Sincronizado con RTC");
```

```
  // Crear las alarmas y configurar las funciones correspondientes a cada una
```

```
  Alarm.alarmRepeat(17, 24, 0, aperturaelectrovalvula);
```

```
  Alarm.alarmRepeat(17, 25, 0, cierreelectrovalvula);
```

```
  Alarm.alarmRepeat(17, 26, 0, aperturaelectrovalvula);
```

```
  Alarm.alarmRepeat(17, 27, 0, cierreelectrovalvula);
```

```
}
```

```

void loop() {
    // Mostrar el reloj en el monitor serial
    digitalClockDisplay();
    // Mostrar el reloj en el LCD2004
    LCD1602ClockDisplay();

    // función map para ver porcentajes de humedad suelo en vez de un valor
    int valorHumedad = map(analogRead(sensorPin), 0, 1023, 100, 0);
    int humedad = analogRead(sensorPin);

    // Imprimimos por pantalla los valores de humedad y su porcentaje
    Serial.print("Humedad en porcentaje: ");
    Serial.print(valorHumedad);
    Serial.println("%");

    Serial.print("Humedad en valor: ");
    Serial.println(humedad);

    // llamamos a la función humedadporcentaje, pasándole el valorHumedad en porcentaje, para que
    // valore si está por debajo del 10, que mueva los caracteres en el LCD para una correcta visualización
    humedadPorcentaje(valorHumedad);

    // llamamos a la función humedadValor, pasándole la humedad, para que valore si está por debajo
    // del 10, que mueva los caracteres en el LCD para una correcta visualización
    humedadValor(humedad);

    // Esperar 1 segundo y procesar las Alarmas mientras tanto...
    // El metodo Alarm.delay() procesa en el fondo las alarmas y llamara a las funciones indicadas
    Alarm.delay(1000);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.write("Hora:");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.write("Regando: ");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.write("Humedad: ");
    // int humedad = analogRead(sensorPin);
    lcd.setCursor(9,2);
    lcd.print(humedad);
}

```

```

void aperturaelectrovalvula(){
  int humedad = analogRead(sensorPin);
  if(humedad > 500)
  {
    Serial.print(" ");
    Serial.print(humedad);
    Serial.print(" ");
    Serial.println("Electroválvula abierta, ahora se está regando.");
    digitalWrite(relePin, LOW);
    lcd.setCursor(9,1);
    lcd.write("SI");
  }else{
    Serial.println("Es la hora de regar, pero el suelo está húmedo y no le hace falta. ");
  }
}

```

```

void cierreelectrovalvula(){
  int humedad = analogRead(sensorPin);
  if(humedad < 500)
  {
    Serial.print(" ");
    Serial.print(humedad);
    Serial.print(" ");
    Serial.println("Electroválvula cerrada, ahora no se está regando.");
    digitalWrite(relePin, HIGH);
    lcd.setCursor(9,1);
    lcd.write("NO");
  }else{
    Serial.println("Es la hora de parar de regar, pero el suelo sigue seco por lo que seguirá regando 10 minutos más. ");
    digitalWrite(relePin, LOW);
    delay(600000);
    digitalWrite(relePin, HIGH);
  }
}
/**
Funciones para la impresion del reloj al monitor serial de arduino
*/

```

```
void digitalClockDisplay() {
  Serial.print(hour());
  printDigits(minute());
  printDigits(second());
  Serial.println();
}
```

```
void LCD1602ClockDisplay(){
```

```
  lcd.setCursor(6,0);
  lcd.print(hour() );
```

```
  lcd.setCursor(8,0);
  lcd.print(':');
```

```
  lcd.setCursor(9,0);
  printDigitsLCD(minute());;
```

```
  lcd.setCursor(11,0);
  lcd.print(':');
```

```
  lcd.setCursor(12,0);
  printDigitsLCD(second());
}
```

```
// Si los minutos o segundos son inferiores a 10, pone un cero a la izquierda en la pantalla LCD
```

```
void printDigits(int digits) {
  Serial.print(":");
  if (digits < 10)
    Serial.print('0');
  Serial.print(digits);
}
```

```
// Si los minutos o segundos son inferiores a 10, pone un cero a la izquierda en la pantalla LCD
```

```
void printDigitsLCD(int digits) {
  if (digits < 10)
    lcd.print('0');
  lcd.print(digits);
}
```

```
// Si el porcentaje de humedad es inferior a 10, movemos los caracteres para que no se quede el
último visualizado en pantalla y parezca un dato incorrecto.
```

```
void humedadPorcentaje(int valorHumedad){
```

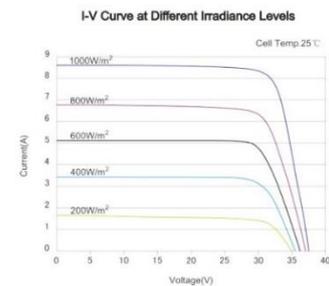
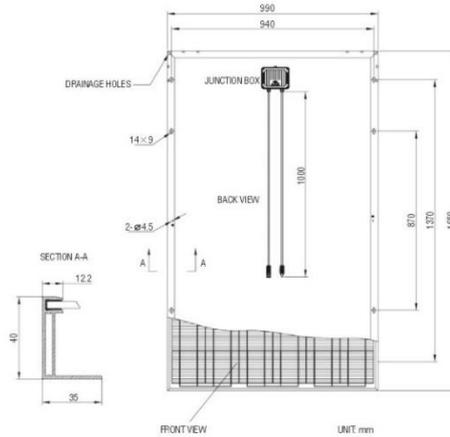
```
    if (valorHumedad < 10){
    lcd.setCursor(15,2);
    lcd.print(' ');
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print(valorHumedad);
    lcd.setCursor(17,2);
    lcd.print('%');
    }else{
    lcd.setCursor(15,2);
    lcd.print(valorHumedad);
    lcd.setCursor(17,2);
    lcd.print('%');
    }
}

// Si el valor numérico del sensor de humedad es inferior a 1000, ajusta los caracteres para una
correcta visualización en el display LCD
void humedadValor(int humedad){
    if(humedad < 1000){
    lcd.setCursor(12,2);
    lcd.print(' ');
    }
}
```

Anexo 2 ficha técnica de paneles solares

KM(P)225/230/235/240/245/250 POLYCRYSTALLINE SOLAR MODULE

Komaes Solar



Electrical Characteristics							
Model Number		KM(P)225	KM(P)230	KM(P)235	KM(P)240	KM(P)245	KM(P)250
Maximum Power as per STC	Pmax(W)	225	230	235	240	245	250
Power Tolerance	%	0/+5%					
Maximum Power Voltage	Vm(V)	30.24	30.48	30.6	30.66	30.98	31.29
Maximum Power Current	Im(A)	7.45	7.6	7.68	7.83	7.91	7.99
Open Circuit Voltage	Voc(V)	36.6	36.6	36.72	36.84	37.38	37.5
Short Circuit Current	Isc(A)	8.1	8.17	8.23	8.32	8.42	8.5
Maximum System Voltage	VDC	1000					
Cell Efficiency	%	15.4	15.8	16.1	16.4	16.8	17.1
Module Efficiency	%	13.8	14.1	14.4	14.7	15.0	15.3
Cells per Module	Pcs	60 (6 × 10)					
Cell Type		Polycrystalline silicon					
Cell Size	mm	156 × 156					
Bypass Diodes	Pcs	10Amp, 6 pcs					
Max. Series Fuse Rating	A	15A					
Temperature coefficient of Isc	%/°C	+0.05					
Temperature coefficient of Voc	%/°C	-0.35					
Temperature coefficient of power	%/°C	-0.47					
NOCT- Nominal operating cell temperature	°C	47 ± 2					
Operating Temperature	°C	-40 ~ +85					
Mechanical Characteristics							
Dimensions	mm	1650 × 990 × 40					
Weight	Kg	18.8					
Type of Junction Box		TUV certified, IP65					
Cable Type, Diameter		TUV certified, 4mm ² , 100 cm in length					
Connector		compatible to Type 4 (MC4)					
Tempered Glass		3.2 mm, high transmission, low iron					

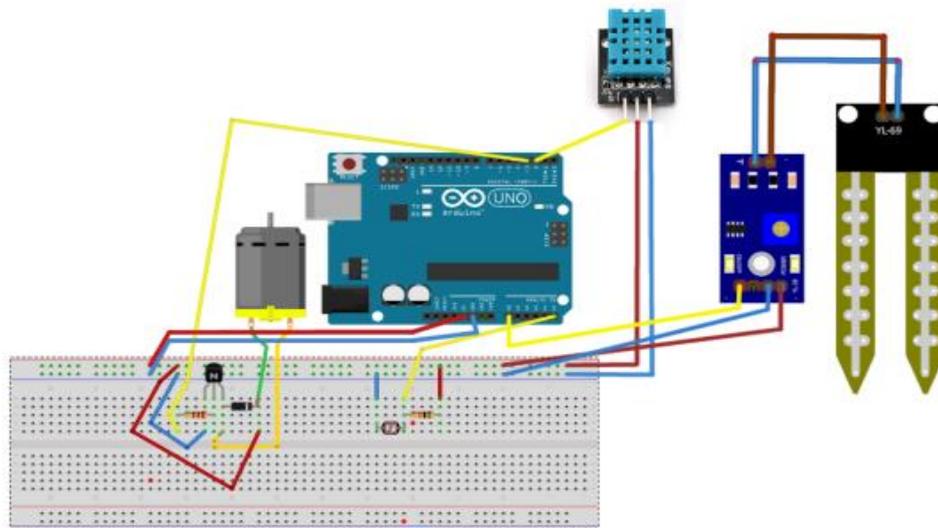
STC Conditions: Irradiance of 1000W/m², AM1.5 spectrum, cell temperature of 25°C.
Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice.

Anexo 3 Ficha técnica de bomba



MODELO		POTENCIA		Q	H metros													
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m ³ /h	0	3	4.5	6	7.5	9	10.5	12	13.2	14.4	15	16.2	16.8
				l/min	0	50	75	100	125	150	175	200	220	240	250	270	280	
CPm 160C	CP 160C	1.1	1.5		32	31	30.5	29.5	28	26	23	20						
CPm 160B	CP 160B	1.5	2		37	36	35.5	34.5	33.5	31.5	29	26.5	23					
-	CP 160A	2.2	3		43	42	41.5	40.5	39.5	38	35.5	33	30	26				
CPm 210C	CP 210C	2.2	3		46	45.5	44.5	43.5	42	40	37.5	34.5	32	28.5	27			
-	CP 210B	3	4		54	53	52	51	49.5	48	45.5	43	40	38.5	37	34		
-	CP 210A	4	5.5		61	61	60	59	57.5	56	53.5	51	49	46.5	45	42	40	

Anexo 4 Conexión en Arduino



fritzing

Anexo 5 Instalación del sistema de riego automatizado con energía fotovoltaica

Fotografía 1 : Medición de las parcelas de cacao y café con GPS



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Fotografía 2: Implementación de la tubería en las zangas



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Fotografía 3: Cavado de zangas para la ubicación de la tubería



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Fotografía 4: Conexión de la manguera de conexión para los aspersores



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Fotografía 5: Conexión de las válvulas para las tomas de agua



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Fotografía 6: Conexión de la bomba tubería



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Fotografía 7: Conexión de los paneles solares



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Fotografía 8: Caja de mando



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Fotografía 9: Lectura de humedad



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

Fotografía 10: Lectura de temperatura



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

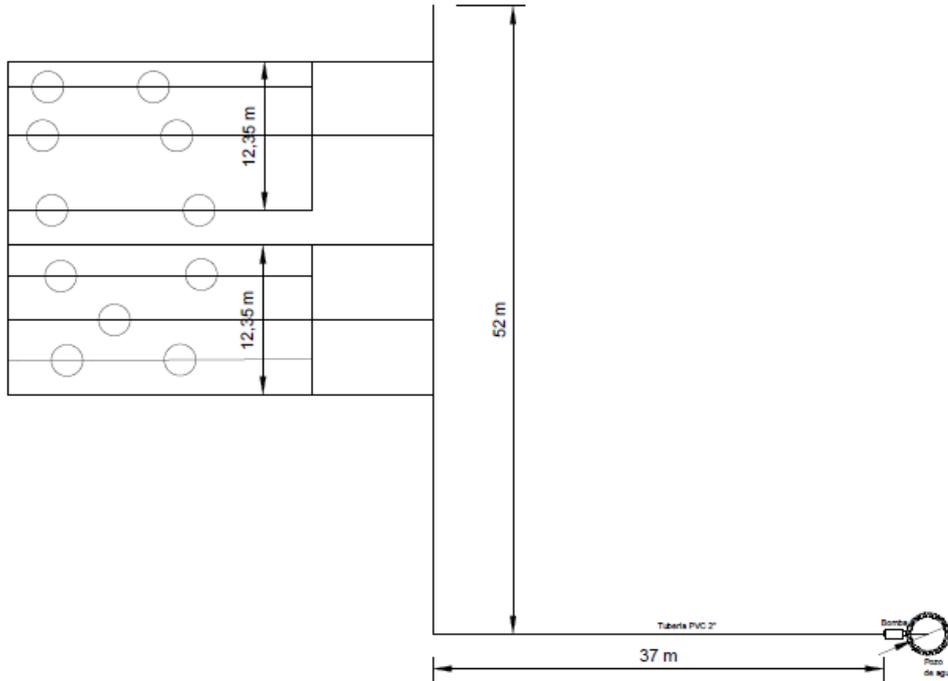
Fotografía 11: Ubicación del sensor de humedad



Elaborado por: Autores del proyecto (2019).

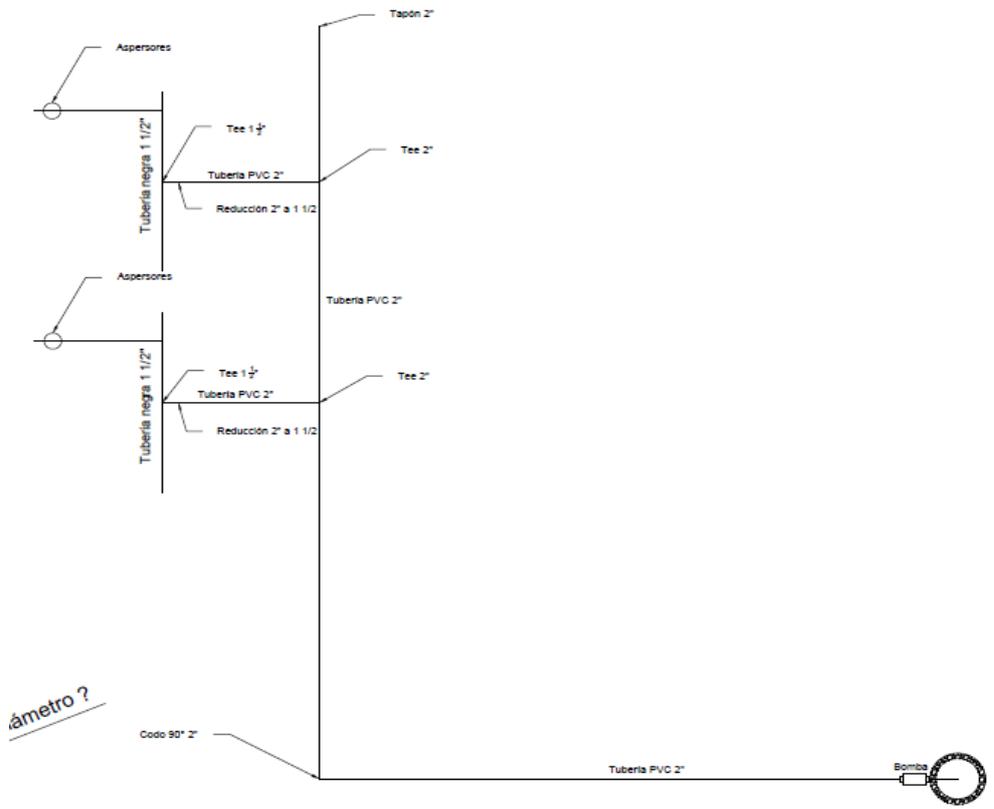
Anexo 13

Planos de la distribución de las tuberías

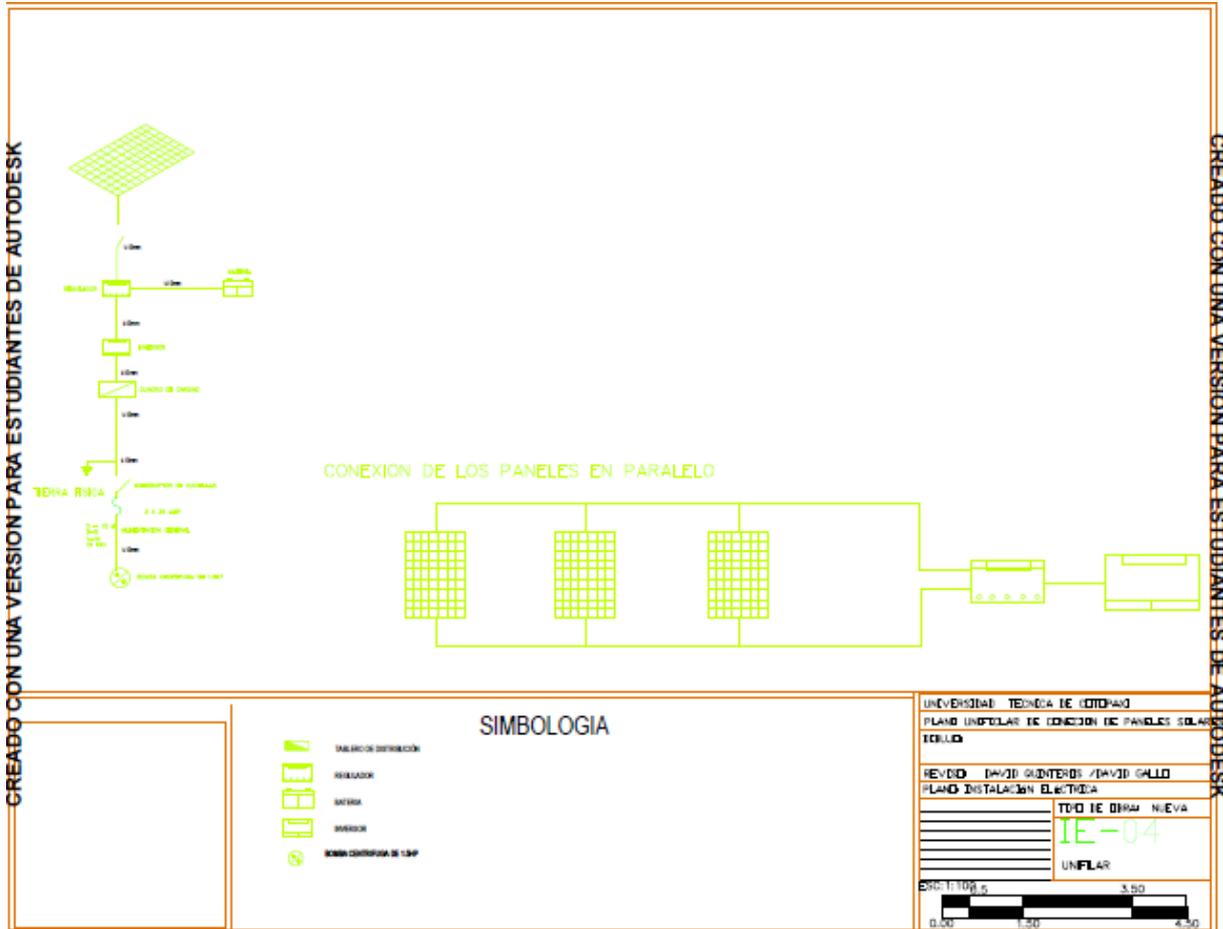


Anexo 14

Datos de las tuberías utilizadas



Anexo 15 Diagrama unifilar de paneles solares



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

Guido Gabriel Carrillo Velarde

INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

NUMERO DE REGISTRO SENESCYT: 1002-13-1208479

1. PERFIL PROFESIONAL

Ingeniero Electrónico en Control y Redes Industriales con experiencia en la industria del petróleo y minería. Habilidades técnicas en sistemas eléctricos de potencia, gestión de proyectos, adquisición y monitoreo de registros de perforación de pozos petroleros, levantamiento geográfico y configuración de software, herramientas y equipo de perforación, diseño de sistemas Scada, automatización de procesos y maquinaria.

Habilidades blandas de trabajo en equipo, experiencia para interactuar con diferentes tipos de clientes, resolución de problemas en campo, liderazgo y adaptabilidad.



C.C: 060424330-3
F.N: 27 febrero 1990
CEL 1: 0996451735
CEL 2: 0996191841
EM: gabcavel_27@hotmail.com

IDIOMAS

Ingles Escrito (98%)



Ingles Hablado (94%)



2. EDUCACIÓN

Maestría en Ingeniería con énfasis en: Transmisión y distribución de la energía Eléctrica Universidad Pontificia Bolivariana - Medellín-Colombia, 2016-2018

Especialización en Gerencia de Proyectos
Universidad Pontificia Bolivariana - Medellín-Colombia, 2016-2017

Ingeniería en Electrónica, Control y Redes Industriales
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo -Riobamba - Ecuador, 2007-2013

3. EXPERIENCIA LABORAL

	FUNCIONES
Docente Titular Carrera Electromecánica, Universidad Técnica de Cotopaxi, Nov 2018 - Actualidad, La Maná-Ecuador	<ul style="list-style-type: none">Cátedra de circuitos eléctricos, Maquinas Eléctricas, Equipo y distribución Eléctrica, Alto Voltaje, Medidas Eléctricas e Instrumentación. Investigación en temas de calidad de la potencia mediante convertidores de potencia.
Jefe de Mantenimiento, Minera Agroindustrial El Corazón, julio 2015-abril 2016. Ecuador - Colombia	<ul style="list-style-type: none">Gestión y planificación de mantenimientos.Desarrollo de proyectos eléctricos.Análisis y solución de problemas de maquinaria y equipos.Supervisión de personal.Gestión de las adquisiciones y presupuestos.Presidente y líder del comité de seguridad y salud de la empresa.
Especialista de Campo LWD II, Baker Hughes Inc - Julio 2013 - abril 2015, Ecuador - Colombia	<ul style="list-style-type: none">Montaje de herramientas direccionales y MWD/LWD de perforación.Registros de gamma Ray, Resistividad y sistemas RSS downlink.Configuración y puesta en marcha de sistemas de superficie.Interpretación y análisis de registros eléctricos de pozos petroleros.Reportes de trabajos, fallas y evaluaciones con el cliente.Reuniones de pre-trabajo con clientes PAM, RIO NAPO.Soporte a operaciones LWD de geo-navegación, resistividad, densidad, azimuthal (Baker Hughes Colombia).
<ul style="list-style-type: none">Ingeniero Pasante, Imatic S.A, Julio 2012 - Noviembre 2012, Ecuador.	<ul style="list-style-type: none">Automatización de máquinas hidráulicas y neumáticas.Desarrollo de Sistemas Scada para módulos de aprendizaje de Colegios.Equipo de apoyo técnico del Primer Concurso Interuniversitario de Mecatrónica.

4. CURSOS Y CERTIFICACIONES

	INSTITUCIÓN	PAÍS	FECHA
Diseño eléctrico en AutoCAD Electrical	Ingel - Pro	Ecuador	Mayo 2016
Licencia de riesgos eléctricos	CICE	Ecuador	Abril 2016

Código de conducta de negocios	Baker Hughes	Quito-Ecuador	03 Mar 2015
Directional - gamma academy	Baker Hughes Educational Center	Houston-USA	Ago–Sep 2014
Resistivity academy	Baker Hughes Educational Center	Houston-USA	Sep-Oct 2014
Protection for radioactivity sources	Baker Hughes Educational Center	Houston-USA	Oct-Oct 2014
Understanding hazard and risk	Baker Hughes	Quito - Ecuador	15 Dic 2014
Explosion and fire protection	Baker Hughes	Quito - Ecuador	20 Feb 2014
Equipment and hand tools safety - awareness	Baker Hughes	Quito – Ecuador	12 Oct 2013
intérprete bilingüe idioma inglés	Charlotte English School	Riobamba-Ecuador	02 Mar 2013
CCNA exploration: 1, 2, 3, 4.	Cisco, ESPOCH	Riobamba-Ecuador	29 Jul 2009
PLC básico	IEEE ESPOCH	Riobamba-Ecuador	Ago. 2011
Jornadas académicas-científicas fie-2009	ESPOCH	Riobamba-Ecuador	14 Abril 2009
Jornadas técnicas Halliburton	EPN	Quito - Ecuador	Mar 2012

5. LOGROS

	INSTITUCIÓN	PAÍS	FECHA
TRABAJO			
PROYECTO: Mejoramiento de la calidad de la energía en la planta industrial.	Agroindustrial El Corazón	Ecuador	Ene 2016
DISEÑO MAQUINARIA: Calibrador de válvulas de seguridad y manómetros para beaterios Petroecuador.	TECNHA	Ecuador	Abril 2013
SOPORTE TÉCNICO: Primer concurso nacional interuniversitario de mecatrónica organizado por la Cámara de la pequeña y mediana industria Pichincha.	TECNHA	Ecuador	Oct 2012
ESTUDIOS			
DESARROLLO DE TESIS: Análisis de un compensador de armónicos, reactivos y fluctuaciones de tensión con filtro activo de potencia.	Universidad Pontificada Bolivariana	Colombia	Jan 2018
BECA: Miembro del grupo de ganadores de una beca completa para estudio de Maestría en Colombia.	ICETEX	Colombia	May 2016
PROYECTO: Generación de energías alternativas. 1ra competencia nacional interuniversitaria "Logo conocimiento en acción".	Siemens Industry	Ecuador	Sep 2012
PONENCIA: Prótesis de miembro superior actuado por músculos neumáticos y controlado por señales mioeléctricas y neuronales	15Th International Convention 2013	Cuba	Mar 2013
COMPETENCIA: Primer lugar VI concurso de robótica ESPOCH 2011	Epoch	Ecuador	Abril 2011

6. REFERENCIAS

CARLOS SALCEDO RIVEROS, Ingeniero Electricista Gerente de Calidad de Potencia para Latinoamerica; SCHNEIDER ELECTRIC	CEL: +57 3228963451
NELSON JOSE JIMENEZ, Petroleum Engineer Directional Driller Supervisor; BAKER HUGHES INTEQ,	CEL: +17867250590
MAGALY OLIVO, Electronic Engineer Field Engineer; HALLIBURTON	CEL: +593 987421843
SANTIAGO VALENCIA, Ingeniero en Minas Ingeniero Senior; Agroindustrial "EL CORAZÓN".	CEL: +593988264722
DOMENICA VELARDE MARTÍNEZ, Economista Consultor, PwC Deals and Corporate Finance	CEL: +593 999723514



David Gallo Mera

QUIEN SOY

Nombres: David Orlando
Apellidos: Gallo Mera
Fecha nacimiento: 12-NOV-1991
Estado civil: Soltero
Móvil: 0990044537
Dirección: La Maná, barrio Los Laureles
E-mail:
anderdeivid@hotmail.com

VISIÓN PROFESIONAL

Desarrollarme dentro de una empresa y que me permita aplicar los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de mi formación académica para tener una evolución personal y profesional, y de esta manera poder tomar decisiones correctas ante los retos que me ponga la empresa.

PROGRAMAS

Word
Excel
Auto Cad
Pcl

IDIOMAS

Español: Natal
Inglés: Básico

REFERENCIAS

Ing. Oswaldo Capelo
Tecnicap | Propietario
Teléfono: 0997038976

Ing. Guido Carrillo
Utc-La Maná | Docente
Teléfono: 0996191841

ESTUDIOS

- Marzo 2014 Bachiller Técnico en Comercio y Administración
La Maná-Ecuador *Colegio de Bachillerato La Maná*
- Febrero 2020 Ing. Electromecánico
La Maná-Ecuador *Universidad Técnica de Cotopaxi-Extensión La Maná*

FORMACIÓN CONTINUA

- Enero 2015 Proyecto de vinculación mis primeros pasos en
La Maná-Ecuador computación
Universidad Técnica de Cotopaxi-Extensión La Maná
- Febrero 2017 Centro de formación artesanal
Quevedo-Ecuador *Centro técnico Quevedo*
- Julio 2018 I Jornada científica empresarial de Ingeniería
La Maná-Ecuador Electromecánica
Universidad Técnica de Cotopaxi-Extensión La Maná
- Julio 2018 Diseño y construcción de un brazo robótico
La Maná-Ecuador *Universidad Técnica de Cotopaxi-Extensión La Maná*
- Julio 2018 Diseño de un tablero neumático
La Maná-Ecuador *Universidad Técnica de Cotopaxi-Extensión La Maná*
- Julio 2018 Diseño y construcción de una maquina extractora de
La Maná-Ecuador aceite de piñón
Universidad Técnica de Cotopaxi-Extensión La Maná

EXPERIENCIA PROFESIONAL

- Junio 2012 Empresa: **CEINAGRO S.A**
- Febrero 2016 Cargo desempeñado: Bodeguero
(La Maná-Ecuador) Propietario: Ing. Oscar
- Febrero 2019 Empresa: **TECNICAP**
- Noviembre 2019 Cargo desempeñado: Ayudante automotriz y
(La Maná-Ecuador) encargado de enderezada y pintura
Propietario: Ing. Oswaldo Capelo



DAVID WLADIMIR QUINTEROS VÁSCONEZ

DATOS INFORMATIVOS

Fecha y lugar de Nacimiento: Ambato, 27 de junio de 1995

Cédula: 1805064944

Licencia: Tipo B

Tipo de Sangre: AB positivo

Estado civil: Soltero

Número de celular: 0999785076

Lugar de residencia: Ambato

Dirección domiciliaria: Av. Rodrigo Pachano 01-21 Psj. Siempre Viva

E-mail: david.quinteros4944@utc.edu.ec

PERFIL PROFESIONAL

Ingeniero electromecánico titulado de la Universidad Técnica de Cotopaxi Código: 1020-2020-2176351, con excelentes conocimientos, técnicos y experiencia con aptitud proactiva, investigativa y adaptabilidad a todo tipo de entornos laborales multiculturales e interdisciplinarios con buena capacidad de comunicativa. Experiencia en los sectores públicos y privados excelente desenvolvimiento y dominio en el idioma del inglés lo cual me permite una mayor flexibilidad para realizar intercambios culturales y garantizar una comunicación efectiva.

APTITUDES

Soy una persona líder creativa y eficiente con capacidad de análisis aplicando métodos y normativas para la solución de problemas afines a sistemas electromecánicos y gestión de procesos.

FORMACIÓN ACADÉMICA

Estudios Primarios

- **Institución:** Unidad Educativa "Juan Montalvo"
- **Título:** Título de Educación Básica
- **Año:** 2007

Estudios Secundarios

- **Institución:** Unidad Educativa Atahualpa
- **Título:** Técnico Industrial Especialidad Electrónica de Consumo
- **Año:** 2016

Estudios Superiores

- **Institución:** Universidad Técnica de Cotopaxi
- **Título:** Ingeniero Electromecánico
- **Año:** 2020

CONOCIMIENTOS DE PROGRAMACIÓN

- AutoCAD
- Inventor
- LabVIEW
- MatLab
- Fluid Sim
- TIA Portal
- Librerías de Adobe
- Programación en Arduino

EXPERIENCIA LABORAL

- Institución:** SUMEQOF
Propietario: Dr. Bolívar Valle Galarza
Cargo desempeñado: Practicante
Horas: 120
Teléfono: 421728
- Institución:** Unidad Educativa Atahualpa
Propietario: Tnlgo: Fabián Miniguano
Cargo desempeñado: Practicante
Teléfono: 2855812
- Institución:** Electromecánica García
Propietario: García Sarcos Alex Fernando
Cargo desempeñado: Practicante
Tiempo de trabajo: 180 Horas
Teléfono: 032689471
- Institución:** TECNICAP
Propietario: Ing. Oswaldo Capelo
Cargo que desempeñaba: Técnico Electromecánico
Teléfono: 0997038976

ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS Y CERTIFICACIONES

- Suficiencia en el idioma inglés
Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi
Año: 2016
- 1ra Jornada Científica Estudiantil
Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi
Año: 2016
- Curso de Torno y Fresado
Institución: CENTRO TECNICO QUEVEDO
Año: 2017
- Técnico en reparación de celulares
Institución: Icell
Año: 2018
- 3ra Ponente Jornada Científica Estudiantil
Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi
Año: 2018
- Ponente III Congreso de Investigación Científica
Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi
Ext. La Maná
Año: 2018
- Diseño y construcción de un brazo robótico
Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi
Lugar y fecha: La Maná 06 de julio del 2018
Duración: 8 horas