



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
RIEGO AUTOMATIZADO, ALIMENTADO POR UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CULTIVO
HIDROPÓNICO EN UNA PLANTA PILOTO EN EL
SECTOR DE SAN VICENTE-QUERO”**

GUEVARA LÓPEZ ALEX CAMILO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-12-12

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

GUEVARA LÓPEZ ALEX CAMILO

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO,
ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CULTIVO
HIDROPÓNICO EN UNA PLANTA PILOTO EN EL SECTOR DE SAN VICENTE-
QUERO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Lema Morales
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Iván Cantos Castillo
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GUEVARA LÓPEZ ALEX CAMILO

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO, ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CULTIVO HIDROPÓNICO EN UNA PLANTA PILOTO EN EL SECTOR DE SAN VICENTE-QUERO”

Fecha de Examinación: 2015-05-19

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Julio Pérez Guerrero PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jorge Lema Morales DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Iván Cantos Castillo ASESOR DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Julio Pérez Guerrero
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Guevara López Alex Camilo

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Guevara López Alex Camilo, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Guevara López Alex Camilo
Cedula de Identidad: 180446323-8

DEDICATORIA

Para obtener triunfos en la vida hay que recorrer un camino lleno de alegrías, tristezas y sacrificios, es por eso que este trabajo lo dedico a mis queridos padres que con sus consejos y sabiduría supieron apoyarme en este largo recorrido es por eso que les dedico este trabajo en el que está encerrado todos mis sueños y que ellos me ayudaron a cumplir y a llegar a la meta.

Alex Camilo Guevara López

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios que es el motor de mi vida, doy gracias a mis queridos padres quienes con su apoyo y sus consejos me llevaron a ser lo que soy, a mis hermanos quienes me supieron apoyar constantemente durante el recorrido de mi vida estudiantil y quienes son un ejemplo para superarme día a día.

De manera especial al Ing. Jorge Lema quien con su inteligencia, don de gente y trabajo tenaz me dirigió en éste proceso de investigación.

Gracias a todos mis maestros quienes con sus conocimientos me guiaron a ser un gran profesional.

Alex Camilo Guevara López

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación Técnica.....	1
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	<i>Objetivo general.</i>	2
1.3.2	<i>Específicos</i>	2
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Lechuga.....	3
2.1.1	<i>Tipos de lechuga.</i>	3
2.2	Propiedades de la Lechuga	4
2.3	Situación Geográfica y política de la zona	5
2.3.1	<i>Clima.</i>	6
2.3.2	<i>Radiación solar.</i>	6
2.4	Conceptos básicos relativos a sistemas eléctricos y energéticos solares	6
2.4.1	<i>Potencia eléctrica.</i>	6
2.4.2	<i>Panel Solar.</i>	6
2.4.3	<i>Controladores de carga.</i>	7
2.4.4	<i>Inversores.</i>	7
2.4.5	<i>Baterías.</i>	8
2.5	Tipos de sistemas solares	8
2.5.1	<i>Sistemas Térmicos.</i>	8
2.5.2	<i>Sistemas Fotovoltaicos.</i>	9
2.6	Sistemas de riego por Aspersión	9
2.7	Sistemas de riego por goteo.....	10
2.8	Sistemas de riego Hidropónico.....	10
3.	DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO	
3.1	Diagrama de la disposición de bomba y tuberías	11
3.2	Determinación del caudal	11
3.3	Redes de tubería.....	12
3.3.1	<i>Red de tubería de succión.</i>	12
3.3.2	<i>Redes de tubería de descarga.</i>	13
3.4	Elementos indispensables para el proyecto.....	13
3.5	Cálculo de pérdidas de la tubería de la succión	14
3.6	Cálculo de pérdidas de la tubería descarga.....	15
3.7	Elegir la clase y el tipo de bomba	19
4.	DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	
4.1	Dimensionamiento Del Sistema Fotovoltaico.....	20
4.1.1	<i>Selección del inversor.</i>	24
4.1.2	<i>Selección del panel y cableado.</i>	30
4.1.3	<i>Selección del controlador y cable.</i>	36
4.2	Orientación del panel solar	44
5.	AUTOMATIZACIÓN DE RIEGO PARA LA PLANTA PILOTO HIDROPÓNICA	
5.1	Especificaciones.....	46
5.2	Selección del tipo de control.....	46

5.3	Diseño del sistema	47
5.4	Circuito de control	50
5.5	Control manual	51
5.6	Control automático	51
5.7	Control de potencia	56
6.	INSTALACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN	
6.1	Instalación del sistema hidráulico	57
6.2	Instrucciones de seguridad.....	58
6.3	Instalación de la Bomba.	59
6.4	Instalación del sistema fotovoltaico	62
6.4.1	<i>Instalación y conexión del panel solar.</i>	63
6.4.2	<i>Conexión de los cables del panel.</i>	63
6.4.3	<i>Instalación del controlador de carga.</i>	64
6.4.4	<i>Instalación de las baterías.</i>	64
6.4.5	<i>Instalación de la batería al controlador de carga.</i>	64
6.4.6	<i>Conectar el inversor a la batería.:</i>	64
6.5	Experimentación.....	68
7.	ANÁLISIS DE COSTOS	
7.1	Generalidades	73
7.2	Costos directos	73
7.2.1	<i>Costos de materiales.</i>	74
7.2.2	<i>Costo de la mano de obra.:</i>	75
7.2.3	Costo total directo.	75
7.3	Costos indirectos	75
7.4	Costos totales	76
7.5	Rentabilidad del proyecto	76
7.5.1	<i>Cálculo de ingresos.-:</i>	79
7.5.2	<i>Cálculo de egresos.</i>	80
7.5.3	<i>Análisis de resultados.</i>	81
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
8.1	Conclusiones.....	84
8.2	Recomendaciones.....	85

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Cálculo de Potencia.....24
2	Cálculo de Potencia en Watts-Hora25
3	Radiación.27
4	Datos Técnicos del lugar29
5	Coeficiente de pérdida material de baterías.....32
6	TCoeficiente de pérdida de tipos de baterías.....32
7	Coeficiente de pérdida de convertidores.....32
8	Coeficiente de pérdida de regulador33
9	Coeficiente de pérdida por diferentes tipos.....33
10	Selección de paneles.....34
11	Selección de conductores.....40
12	TSelección de controlador41
13	Selección de batería43
14	Horario de riego.....46
15	Contenido de controlador48
16	Cableado de controlador48
17	Elementos de control49
18	Calibre de cables.....57
19	Tabla de datos.....69
20	Datos de corriente.71
21	Datos de crecimiento de la planta.....72
22	Partes de la Planta Hidropónica73
23	Costos de materiales.....74
24	Costo de la mano de obra75
25	Costo total directo.....75
26	Costos indirectos75
27	Costo total indirecto.....76
28	Costo total76
29	Depreciación anual de la Planta Hidropónica79
30	Costos de semillas.80
31	TCostos de Plantas.80
32	Valor de la energía fotovoltaica81
33	Egresos.....81
34	Rentabilidad del Proyecto.....82
35	Rentabilidad del Proyecto por Venta Orgánica83

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Lechuga de Cogollo o Iceber 3
2	Lechuga roble..... 4
3	Lechuga Romana 4
4	Situación geográfica del Cantón Quero 5
5	Panel solar 6
6	Controlador de carga 7
7	Inversor..... 7
8	Batería..... 8
9	Sistema Térmico..... 8
10	Sistema fotovoltaico..... 9
11	Sistema de riego por aspersión 9
12	Sistema de riego por goteo.....10
13	Sistema de riego por hidropónico10
14	Diagrama de la disposición de la bomba y tuberías11
15	Instalación de Riego11
16	Tubería de succión12
17	Tubería de descarga.....13
18	Diagrama de instalación21
19	Bomba Truper.....21
20	Controlador Hunter22
21	Datos técnicos22
22	Datos técnicos24
23	Inversor.....25
24	Irradiación.....26
25	HSP Mundial27
26	HSP Ecuador.....28
27	Lugar de instalación29
28	Nasa Solar Meteorología29
29	Célula fotovoltaica30
30	Panel solar36
31	Controlador.....37
32	Ciclos de batería.....42
33	Batería.....43
34	Orientación del panel.....44
35	Orientación del panel.....44
36	Angulo del panel.....45
37	Controlador X-Core47
38	Controlador X-Core49
39	Controlador X-Core50
40	Sistema de control.....56
41	Conexión de la bomba.....60
42	Accesorios.....61
43	Electro válvula61

44	Conexión de mangueras a tubos	61
45	Sembrío de plantas	62
46	Sembrío de plantas	62
47	Diagrama de conexión.....	62
48	Diagrama de conexión.....	64
49	Panel Solar	65
50	Controlador.....	65
51	Baterías... ..	65
52	Inversor.....	66
53	Tablero de control.....	66
54	Controlador X-Core	67
55	Conexión.. ..	67
56	Tablero de control.....	68
57	Puntos de toma de temperaturas.....	68
58	Temperatura vs Horas	70
59	T Ambiente vs T Panel	70
60	Comparación de T Ambiente y V del Baterías	71
61	T De los puntos del panel vs Tiempo.....	71
62	Plantas en el sistema Hidropónico.....	72

SIMBOLOGÍA

APU	Análisis de precios unitarios
Ar	Tamaño del panel solar
AUT	Días de autonomía sin brillo solar
AWG	American Wire Gauge.
DESC	Porcentaje de descarga de la batería.
Ed	Consumo de energía eléctrica
FV	Fotovoltaico
FVS	Sistemas fotovoltaicos
Hertz	Unidad para medir la frecuencia.
HSP	Horas pico solar
I	Radiación solar incidente sobre superficie terrestre
Ics	Constante solar de irradiación
Id	Irradiación
IEC 61215	Normas paneles fotovoltaicos
IPCC	Grupo intergubernamental sobre cambios climáticos
KOP	Esquema de contactos o LADDER
Re	Reynolds
Stop	Estado de un dispositivo detenido
V	Voltaje
Wp	Watts pico

LISTA DE ABREVIACIONES

AIE	Agencia Internacional de Energía
ANCE	Asociación de Normalización y Certificación
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CEMAER	Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías. Renovable
CEPAL	Comisión Económica para América Latina
CONELEC	Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
CNUMAD	Consejo Nacional de Electrificación
CTE	Código Técnico de la Edificación
EERSA	Empresa Eléctrica Riobamba S.A.
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
IEC	International Electrotechnical Commission
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	International Standardization Organization
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
NOM	Normas Oficiales Mexicanas
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
PIB	Producto Interno Bruto
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto

LISTA DE ANEXOS

- A** Clima del lugar de instalación del proyecto
- B** Tablas de pérdidas
- C** Viscosidad cinemática del fluido
- D** Características del Módulos Fotovoltaicos
- E** Controlador
- F** Batería
- G** Análisis del alimento

RESUMEN

El presente trabajo de grado se centra en el diseño e instalación de un sistema de riego automatizado con energía solar para el cultivo hidropónico de lechuga en el cantón Quero, con la finalidad de garantizar el riego del cultivo por medio del uso de una bomba alimentada por energía fotovoltaica, para lo cual se determinó la radiación del lugar y el consumo de agua basado en datos técnicos obtenidos de la NASA e hydroenvironment.

Con los resultados se determinó el tiempo de energía requerido para el funcionamiento del sistema hidráulico a través de una bomba de $\frac{1}{4}$ Hp, tuberías y accesorios; del sistema fotovoltaico por medio de un panel solar, controlador, inversor y baterías; para la automatización un controlador Hunter y electroválvulas, permitiendo con la integración de los sistemas garantizar los 432 kWh de energía, para el riego de 648 plantas.

Entre las ventajas obtenidas se logra un sistema de riego automatizado y confiable, con menor impacto ambiental, reduciendo las pérdidas del agua en un 100% ya que está directamente en contacto con la raíz, a la vez existe el uso eficiente del terreno de cultivo ya que se utiliza un menor espacio y se obtiene una mayor producción en comparación al cultivo tradicional del país.

Es importante recalcar que el producto obtenido es orgánico y de alta calidad, determinado así por la absorción directa de los minerales que se incorporan en el agua para la alimentación de las plantas y también por no estar en contacto con la tierra.

ABSTRACT

This current work focuses on the design and installation of an automatized irrigation system with solar power for hydroponic farming of lettuce at Quero canton, aiming to guarantee the irrigation of de crop by means of a pump powered by photovoltaic energy, to do so, the radiation of the place and the water consumption based upon the technical data retrieved from NASA and hydroenvironment were determined.

Based on the results, the required energy time for the functioning of the hydraulic system was determined a $\frac{1}{4}$ Hp pump, pipes and accessories from the photovoltaic system through a solar panel, controller, reversed and batteries; for the automatization a Hunter controller and electrovalves, allowing through the integration of the system, to guarantee 432 kWh of energy for the irrigation of 648 plants.

Among the advantages achieved, a reliable automatized irrigation system is obtained , with low environmental impact, reducing water loss at 100% since it has direct contact with the root. At the time there is efficient use of the farming land because it uses a smaller space and a higher production is obtained compared to the traditional farming of the country.

It is important to remark that the product obtained is organic and high quality, determined indeep for the direct absorption of the minerals included in the water for plant feeding as well as for not being in contact with soil.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

A nivel mundial con el incremento de la población y el desarrollo de la tecnología se está dejando atrás el consumo de energía no renovable que afecta al calentamiento global. Ecuador poco a poco está introduciendo las energías renovables como la eólica, solar, biomasa, mareomotriz en proyectos que permitan un cambio en la matriz energética y matriz productiva.

Por otro lado, se está buscando ahorrar el consumo de agua en los sistemas de riego que en la actualidad el mayor porcentaje es el método de inundación y a su vez se está desarrollando métodos de cultivo como el Hidropónico permitiendo estos la reducción del área de producción, cultivar en todas las estaciones del año y por consiguiente la reducción de la contaminación de los productos comparados con los que se obtienen cultivados en tierra.

1.2 Justificación Técnica

Con el siguiente trabajo se busca implementar sistemas energéticos renovables (solares) puesto que nuestro país por estar en la línea ecuatorial dispone alta radiación solar incluso en los meses de invierno, el mismo que será aprovechado para generar electricidad para el funcionamiento y control del sistema de bombeo y riego. A su vez, con este trabajo se pretende estar a la par con la nueva matriz productiva del Ecuador para lograr una alternativa en la producción de alimentos de mejor calidad en menor área de producción con técnicas modernas de control y con nuevos sistemas renovables de energía para incrementar la economía a menor impacto ambiental.

A nivel mundial está cambiando poco a poco el consumo de combustibles fósiles y otros recursos no renovables como fuente principal de energía, a cambio de la utilización de energías renovables evidenciadas en muchas instalaciones de sistemas fotovoltaicos más eficientes y a precios más económicos, permitiendo que muchas más personas sustituyan la energía creada por los combustibles fósiles a sistemas fotovoltaicos para reducir los impactos ambientales.

Esta investigación también tiene como meta diseñar una planta piloto hidropónica para generar mayor producción de lechuga a más bajo costo debido al no pago de la energía que acciona la bomba hidráulica. El sistema de riego hidropónico es aquel que las plantas no tienen contacto con el suelo lo que reduce la mano de obra para el cultivo, reduce el tiempo de riego por inundación y el consumo de insecticidas.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar e instalar un sistema de riego automatizado con energía solar para el cultivo de lechuga.

1.3.2 *Específicos*

- Diseñar un sistema de cultivo hidropónico suspendido, con tubería en paralelo cerrada, aprovechando y optimizando los recursos hídricos y solares, aportando al cultivo de lechuga.

- Diseñar y seleccionar los componentes Hidráulicos.

- Diseñar y seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico.

- Instalar y experimentar.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Lechuga

Su nombre científico es *Lactuca Sativa*, sus orígenes se dan por los años 4500 A.C. en las regiones templadas de Egipto, extendiéndose a Europa y Asia, fue traída a América en los años 1600 por los europeos. Es una planta herbácea anual rústica, tiene hojas grandes, blandas, enteras o aserradas.

2.1.1 *Tipos de lechuga.* Los tipos de lechuga cultivados en el Ecuador son los siguientes:

Lechuga de Cogollo o Iceberg

Su característica son sus hojas redondas que forma un cogollo de color verde brillante parecida a la col. Estas lechugas pertenecen a la variedad botánica capitata de la familia *Arecaceae* (palma). Denominada Iceberg por su resistencia al frío.

Figura 1. Lechuga de Cogollo o Iceber



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=lechuga+de+cogollo>

Lechuga Roble

Intybus más conocido con el nombre tradicional de roble por su similitud con las hojas del mismo árbol

Figura 2. Lechuga roble



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=lechuga+de+roble&newwindow>

Lechuga Romana

Su característica es el color verde oscuro de hojas más estrechas pero separadas, sus bordes son lisas, no forman verdaderos cogollos y tiene un robusto nervio central. El nombre de romana fue debido a las conquistas del Oeste en el imperio romano lo que hizo que la lleven a Europa por su sabor y textura.

Figura 3.. Lechuga Romana



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Lechuga_romana

2.2 Propiedades de la Lechuga

Dentro de las propiedades de la lechuga se destacan las siguientes:

- La lechuga tiene propiedades adelgazantes y diuréticas.
- La lechuga actúa como tranquilizante.

- La lechuga es vegetal que dispone de vitaminas, minerales y nutrientes.
- Mejora la circulación.
- Tiene propiedades cosméticas.
- Sirve para el cuidado de los ojos.

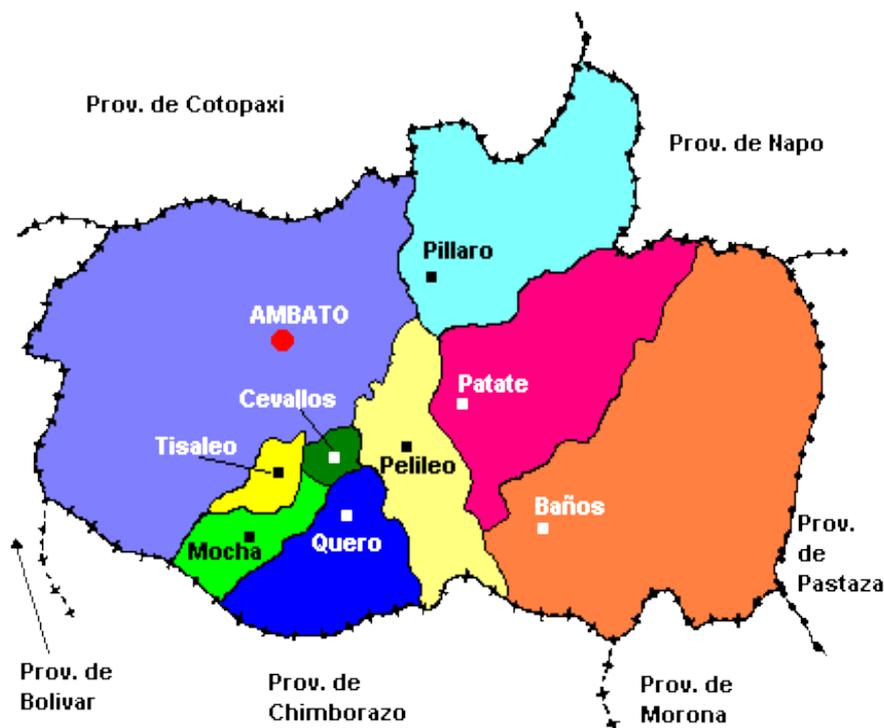
2.3 Situación Geográfica y política de la zona

El cantón Quero se localiza en la provincia de Tungurahua con latitud igual a -1.379166, longitud igual a -78.609459, situada a 18,5 km al suroeste de Ambato, se encuentra a una altura de entre los 1794 metros, tiene una superficie de 174km².

Geográficamente, se encuentra limitado por:

Norte: Cantón Cevallos
 Sur: Cantón Guano, Provincia de Chimborazo
 Este: Cantón Pelileo
 Oeste: Cantón Mocha

Figura 4. Situación geográfica del Cantón Quero



Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Cantones_de_Tungurahua.png

2.3.1 *Clima.* El clima del cantón corresponde al ecuatorial mesotérmico semihúmedo. El período de precipitaciones comprende entre los meses de Febrero a Julio con temperaturas promedio que fluctúan entre los 15.7 a 16.6°C. Los meses con menor precipitación comprenden entre los meses de Agosto a Febrero con temperaturas promedio de 15,7 a 18,2 °C. (Anexo A).

2.3.2 *Radiación solar.* Son energías liberadas por el sol que se transmiten al exterior en forma de un conjunto de radiaciones electromagnéticas. El Sol es una estrella cuya superficie se encuentra a una temperatura media de 6000 °K en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear, que producen una pérdida de masa que se transforma en energía esta energía es la radiación solar.

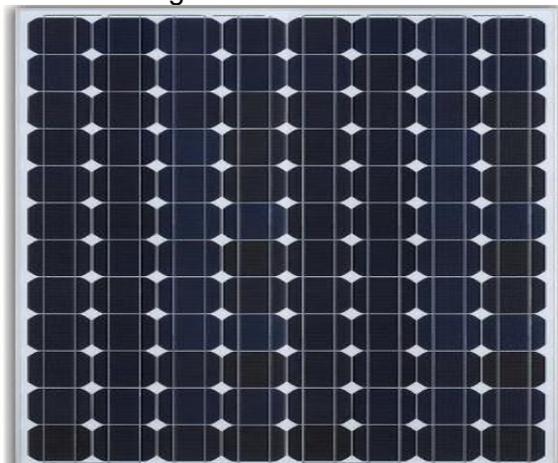
2.4 Conceptos básicos relativos a sistemas eléctricos y energéticos solares

2.4.1 *Potencia eléctrica.* Es la cantidad de trabajo realizado por una corriente eléctrica, la potencia está dada por el producto del voltaje aplicado y la intensidad de corriente eléctrica por el $\cos\phi$.

$$P = V \times I \cos\phi$$

2.4.2 *Panel Solar.* Son dispositivos o celdas que aprovechan la energía de la radiación solar para convertir en energía eléctrica y energía térmica, estos dispositivos dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía lumínica produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

Figura 5. Panel solar



Fuente: <http://www.kuhn.cl/webstore/panel-solar-fotovoltaico-monocristalino>

2.4.3 *Controladores de carga.* Conocidos también como reguladores, son dispositivos electrónicos, diseñado para mantener un nivel de voltaje que se mantenga en un nivel constante.

Su función principal es proteger a la batería frente a sobrecarga y sobre descarga profunda manteniendo constante la carga para aumentar la vida útil de la misma.

Figura 6 Controlador de carga



Fuente: www.renova-energia.com

2.4.4 *Inversores.* Son dispositivos electrónicos, su función es convertir un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna. Los inversores no contaminan, no producen ruido y no ocupan mucho espacio, ideales para la instalación en oficinas, restaurantes, negocios, casas, etc.

Figura 7. Inversor



Fuente: www.renova-energia.com

2.4.5 Baterías. Llamados también acumuladores, están compuestas de celdas electroquímicas secundarias, las baterías son dispositivos que almacenan electricidad en forma de energía química, es así que posteriormente usando procedimientos electroquímicos produce energía eléctrica.

Figura 8. Batería



Fuente: www.renova-energia.com

2.5 Tipos de sistemas solares

2.5.1 Sistemas Térmicos. La energía solar térmica o energía termo solar consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor.

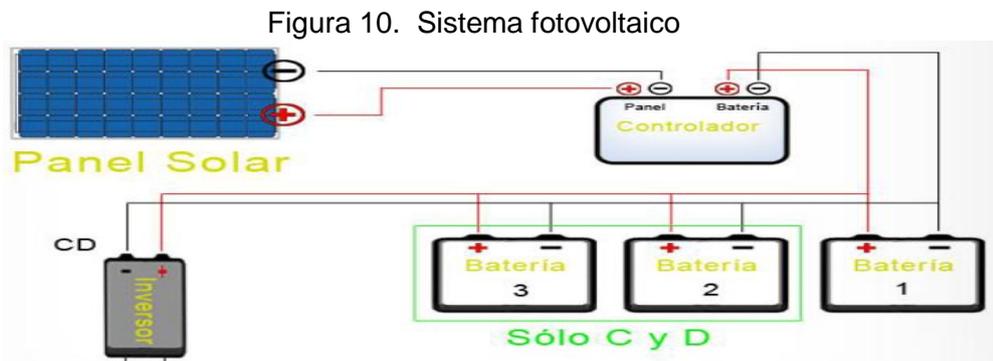
Utilizados principalmente para calentar agua para uso doméstico o industrial, compuesta por colector solar, tanque y tubos de vidrio o cobre.

Figura 9. Sistema Térmico



Fuente: www.aimdigital.com

2.5.2 Sistemas Fotovoltaicos. Los sistemas fotovoltaicos consisten en aprovechar la energía solar en energía eléctrica, generando corriente continua por medio de dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas transformando a corriente alterna por medio de inversores. Los sistemas fotovoltaicos se componen de paneles solares, controladores, baterías e inversores.



Fuente: CEMAER

2.6 Sistemas de riego por Aspersión

Es una modalidad de riego mediante la cual llega el agua a las plantas en forma de lluvia, este sistema se instala con el fin de recuperar el nivel de humedad del terreno para que las plantas vivan y se desarrollen.

Para que este sistema funcione se necesita que pase el agua de riego a través de una tubería conectando otras tuberías de menor diámetro hasta llegar a los aspersores, necesitando altas presiones, obteniendo por equipos de bombeo o por grandes desniveles. La ventaja de este sistema es la eficiencia en la aplicación del agua, ya que el 80% absorbe la planta.

Figura 11. Sistema de riego por aspersión



Fuente: www.magrama.gob.es

2.7 Sistemas de riego por goteo

Conocido con el nombre de riego gota a gota como su nombre lo dice llega a las plantas en forma de gota, se instala la tubería directamente donde están las plantas y se realiza perforaciones en la tubería humedeciendo directamente el sector de la planta. La ventaja de este sistema es la eficiencia en la aplicación del agua del 90%, siendo uniforme la humedad en la zona de influencia de las raíces.

Figura 12. Sistema de riego por goteo



Fuente: lamihuertuca.blogspot.com

2.8 Sistemas de riego Hidropónico

Es un sistema de cultivo de plantas sin utilizar el suelo, usando un medio inerte como una tubería, donde las plantas absorben los nutrientes minerales esenciales disueltos en el agua. La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar el uso eficiente del agua y los fertilizantes que se absorben directamente en la raíz, lográndose una mayor cosecha por año y reduce el área de cultivo.

Figura 13. Sistema de riego por hidropónico



Fuente: Commons.wikimedia.org

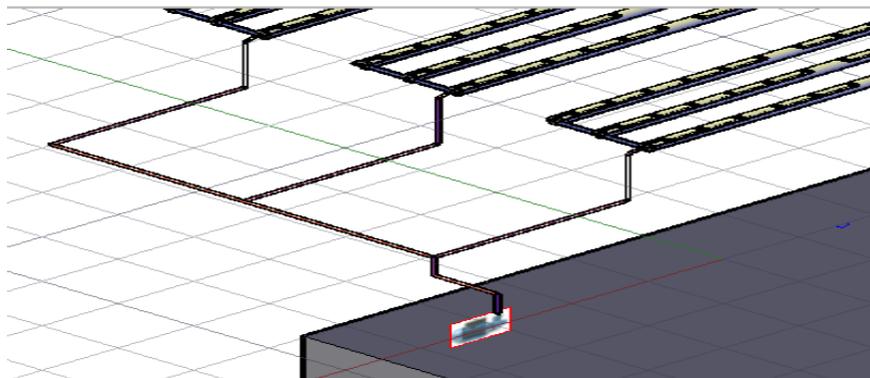
CAPITULO III

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO

3.1 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 hidropónico en donde se realiza la instalación del tanque que suministra el agua por medio del sistema automatizado para el riego de las plantas.

Figura 14. Diagrama de la disposición de la bomba y tuberías

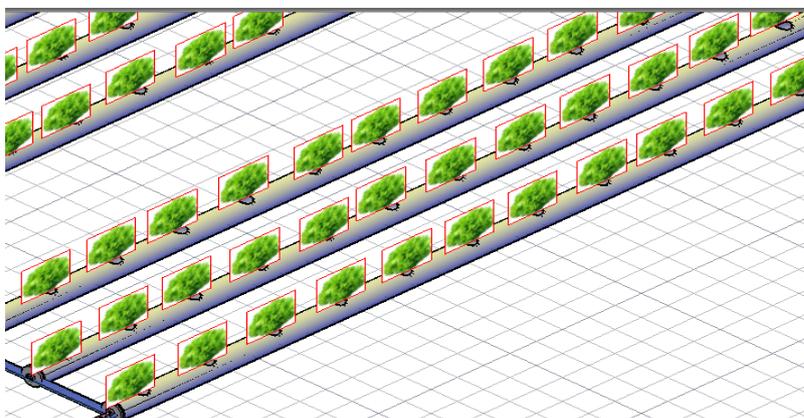


Fuente: Autor

3.2 Determinación del caudal

Para determinar el caudal se debe conocer el consumo de agua para cada planta, el primer mes una planta consume $\frac{1}{2}$ litro por día, al siguiente mes la planta consume 1 litro de agua por día, más información (<http://www.hydroenvironment.com.mx>).

Figura 15. Instalación de Riego



Fuente: Autor

Caudal requerido es el siguiente:

$$Q = \frac{\text{Número de plantas} \times 1 \text{ litro}}{T} \quad (1)$$

Dónde:

Número de plantas \times 1 litro = 216 litros

Tiempo = Designado por el usuario = 5 minutos

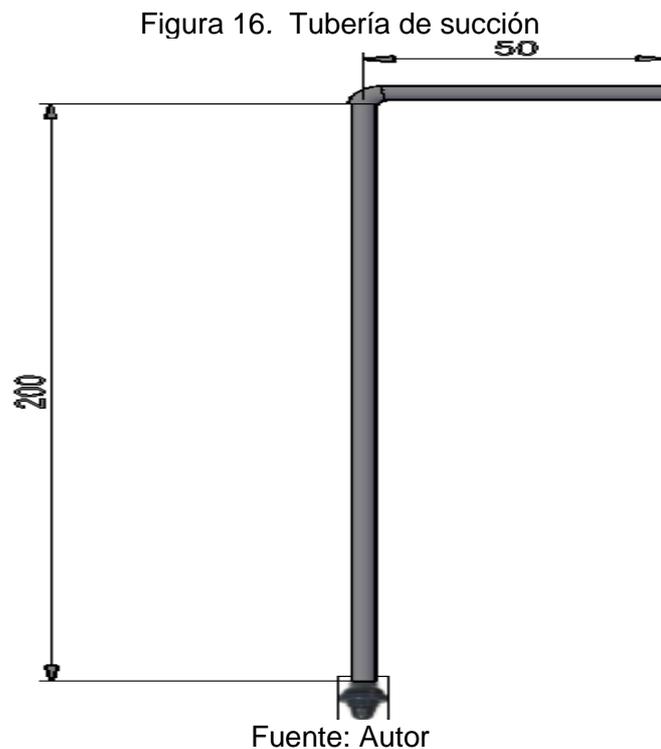
$$Q = \frac{216}{5} = 43,2 \frac{\text{Litros}}{\text{min}}$$

Para los cálculos se requiere:

$$Q = 44 \frac{\text{Litros}}{\text{min}} = 0,000733 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

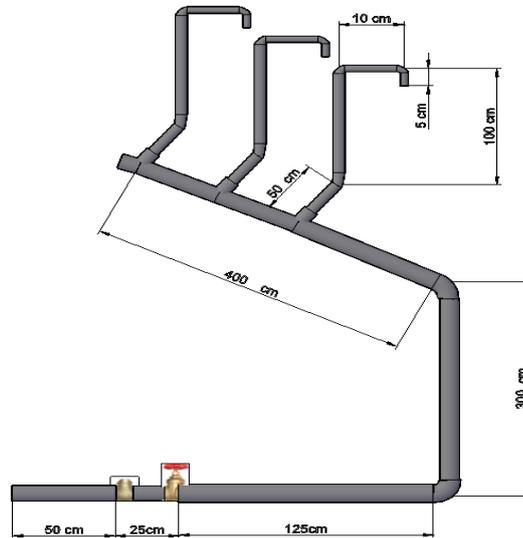
3.3 Redes de tubería

3.3.1 Red de tubería de succión. Según el espacio disponible de trabajo se obtienen las siguientes medidas en centímetros:



3.3.2 *Redes de tubería de descarga.* Pertenecen a las tuberías que están conectadas desde la bomba hasta la tubería donde se encuentran las plantas.

Figura 17. Tubería de descarga



Fuente: Autor

3.4 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.
- 2 codos de 90 grados de $\frac{3}{4}$ de pulgada.
- 1 T de $\frac{3}{4}$ y salida de $\frac{1}{2}$ pulgada.
- 3 codos de $\frac{1}{2}$ pulgada.

3.5 Cálculo de pérdidas de la tubería de la succión

Las siguientes ecuaciones permiten calcular las pérdidas de energía de la longitud de la tubería y sus accesorios.

$$Q = V \times D \quad (2)$$

V = velocidad

D = Diámetro nominal de la tubería de 1 pulgada = 0,0337 m

Al tener datos conocidos como caudal y diámetro se obtiene la velocidad de la ecuación (2)

Se obtiene:

$$V = \frac{Q}{D}$$

Despejando los términos se obtiene:

$$V = \frac{4(0,000733 \text{ m}^3)}{\pi(0,0337 \text{ m})^2 \text{ s}} = 0,82 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Una vez obtenida la velocidad se procede a calcular Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (4)$$

Dónde:

Re = Reynolds

ν = Viscosidad cinemática del fluido

Reemplazando los datos en la ecuación (4) se obtiene:

$$Re = \frac{0,82 \times 0,0337}{1,30 \times 10^{-4}} = 212,57$$

Como el valor de $Re \leq 2000$ el flujo es laminar (produce cuando se mueve en láminas

paralelas sin mezclarse entre ellas y cada partícula del fluido sigue una trayectoria suave).

Determinar el factor de fricción:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5)$$

Dónde:

λ = Factor de fricción

Conociendo Reynolds λ es:

$$\lambda = \frac{64}{212.57} = 0,30$$

Al conocer los accesorios se determinan las pérdidas K. (Ver anexo B, para tablas de pérdidas).

Válvula de pie de 1 pulgada	=	0.8
250 centímetros de tubería PVC de 1 pulgada	=	0.00375
1 codo de 90 grados de 1 pulgada	=	1.45

Calcular las pérdidas secundarias de succión (Hrs):

$$\mathbf{Hrs} = \frac{v^2}{2g} (\lambda \times \frac{L}{D} + \sum_{K=1}^i K) \quad (6)$$

Al reemplazar los datos en la ecuación (6) se obtiene:

$$\mathbf{Hrs} = \frac{0.82^2 [m^2 s^{-2}]}{2 \times 9.8 [ms^{-2}]} (0.30 \times \frac{2.5 [m]}{0.0337 [m]} + 2.25) = 0,84$$

3.6 Cálculo de pérdidas de la tubería descarga

Para el cálculo de pérdidas de energía por la longitud de la tubería y de sus accesorios determinamos la velocidad, con la siguiente ecuación:

$$Q = V \times D \quad (2)$$

Dónde:

$$Q = 0,000733 \frac{m^3}{s}$$

D = Diámetro nominal de la tubería de 3/4 pulgada = 0,0337 m

Despejando los términos se obtiene:

$$V = \frac{4(0,000733 m^3)}{\pi(0,0269 m)^2 s} = 1,3 \frac{m}{s}$$

Una vez obtenida la velocidad se calcula Reynolds

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (4)$$

Dónde:

Re = Reynolds

ν = Viscosidad cinemática del fluido (Anexo 3)

Reemplazando los datos en la ecuación (4):

$$Re = \frac{1,3 \times 0,0269 m}{1,30 \times 10^{-4} s} * \frac{ms}{m^2} = 269$$

Como el valor de $Re \leq 2000$ el flujo es laminar (produce cuando se mueve en láminas paralelas sin mezclarse entre ellas y cada partícula del fluido sigue una trayectoria suave).

Se determina el factor de fricción:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5)$$

Dónde:

λ = Factor de fricción

Conociendo Reynolds λ es:

$$\lambda = 64/269 = 0.24$$
$$Q = V \times D \quad (2)$$

Dónde:

V = velocidad

D = Diámetro nominal de la tubería de 1/2 pulgada = 0,0213 m

Al tener el caudal y diámetro se obtiene la velocidad de la ecuación (3-1)

Tenemos:

$$V = \frac{Q}{D} \quad (3)$$

Despejando los términos se obtiene:

$$V = \frac{4(0,000733)}{\pi(0,0213)^2} * \frac{m^3}{m^2s} = 2 \frac{m}{s}$$

Una vez obtenida la velocidad se procede a calcular Reynolds

$$Re = \frac{vD}{\nu} \quad (4)$$

Dónde:

Re = Reynolds

ν = Viscosidad cinemática del fluido (Anexo C)

Reemplazando los datos en la ecuación (4)

$$Re = \frac{2 \times 0,0213}{1,30 \times 10^{-4}} * \frac{m}{s} * \frac{ms}{m^2} = 327.7$$

Como el valor de $Re \leq 2000$ el flujo es laminar (produce cuando se mueve en láminas paralelas sin mezclarse entre ellas y cada partícula del fluido sigue una trayectoria suave).

Se determina el factor de fricción:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5)$$

Dónde:

λ = Factor de fricción

Conociendo Reynolds λ es:

$$\lambda = \frac{64}{269} = 0,2$$

Al conocer los accesorios se obtiene las perdidas K. (Anexo B para tablas de perdidas).

900 centímetros de tubería PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada	= 0,013
165 centímetros de tubería PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada	= 0,0297
1 válvula chek de $\frac{3}{4}$ de pulgada	= 0,800
1 válvula de compuerta de $\frac{3}{4}$ de pulgada	= 0,280
2 codos de 90 grados de $\frac{3}{4}$ de pulgada	= 3,600
1 T de $\frac{3}{4}$ y salida de $\frac{1}{2}$ pulgada	= 0,800
3 codos de $\frac{1}{2}$ pulgada	= 6,000

Se calculan las pérdidas secundarias (Hrd)

$$Hrd = \frac{v^2}{2g} \left(\lambda \times \frac{L}{D} + \sum_{K=1}^i K \right) \quad (6)$$

Se reemplazan los datos en la ecuación (6)

$$Hrd = \frac{1,3^2}{2 \times 9,8} \left(0,24 \times \frac{9}{0,0269} + 0,2 \times \frac{1,64}{0,0213} + (11,52) \right) = 9,24m$$

3.7 Elegir la clase y el tipo de bomba

Con las siguientes ecuaciones se encuentran los parámetros que se requieren para seleccionar el tipo de bomba.

$$HrT = Hrs + HrD \quad (7)$$

$$HrT = 0.84 + 9.24 = 10,08 \text{ m}$$

$$HB = \pm hs + HrT + hv$$

$$HB = 2 + 10,08 + 0,036 = 12,12 \text{ m}$$

$$Ph = HB \times Q \times \gamma \quad (8)$$

$$Ph = 12,12 \text{ m} \times 0,000733 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 9,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0,087 \text{ kW} = 87 \text{ W}$$

$$Pe = \frac{Ph}{n} \quad (9)$$

$$Pe = \frac{87}{0.8} = 108,75 \text{ W}$$

De acuerdo a los resultados y características obtenidas se selecciona una bomba marca Troper de ¼ Hp que equivale a 187,5 W

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.1 Dimensionamiento Del Sistema Fotovoltaico

Para el diseño utilizamos el método de los diez pasos planteados por CEMAER y el método de cálculos matemáticos para la selección e instalación de energía solar fotovoltaica para sistemas.

Los diez pasos de CEMAER son:

- Definir los equipos que se requiere prender con energía solar fotovoltaica.
- Cuantificar la potencia de cada uno y multiplicar por 1.2 coeficiente de seguridad para el diseño del cálculo del inversor.
- Cuantificar el tiempo de uso diario de energía de cada uno de los aparatos.
- Sumar todas las energías requeridas.
- Calcular la radiación mínima para el lugar donde se requiere instalar el sistema.
- Usar energía total y la radiación mínima para calcular los paneles, controladores, cableado y baterías usando las tablas.
- Instalar el panel en un lugar en donde no reciba sombras, orientado hacia la línea ecuatorial.
- Instalar las baterías y controlador en la misma habitación.
- Conectar el sistema con todas las normas de seguridad y con los implementos de protección..

Con el siguiente diagrama de instalación se facilitará el proceso y el orden de los cálculos para la selección del sistema aislado

Figura 18. Diagrama de instalación



Fuente: CEMAER

Descripción del diagrama de instalación de la figura 18.

Paso 1. Establecer qué tipo de aparatos eléctricos va a funcionar con energía solar:

Para el cálculo del sistema fotovoltaico es necesario conocer todos los aparatos electrónicos que se requiere prender. Los equipos a utilizar son una Bomba de marca Truper y un Controlador Hunter, como se muestra en las figuras 19 y 20.

Figura 19. Bomba Truper



Fuente: Autor

Figura 20. Controlador Hunter



Fuente: Autor

El sistema de control Hunter son controladores específicos para riego, permiten automatizar dichas labores, ahorrando en mano de obra y realizando trabajos eficientes.

Paso 2. Cuantificar la potencia de cada uno de los aparatos seleccionados:

- *Motor de la bomba centrífuga marca Truper*

Figura 21. Datos técnicos

Bomba centrífuga de 186 W (1/4 Hp)	
Tensión	120 V~
Frecuencia	60 Hz
Corriente	3,5 A
Flujo de salida	70 l/min
Altura máxima	16 m
Velocidad	3 450 r/min
Marca: Truper	Modelo: BOAC-1/4
Consumo de energía	Consumo de energía eléctrica
Por unidad de tiempo en condiciones normales de operación del aparato.	9 367 Wh/día
Consumo de energía en espera	No aplica
En unidad de tiempo del aparato	En base a 24 horas de uso continuo

Importador: Truper, S. A. de C.V. Parque Industrial No. 1, Jilotepec, C.P. 54240, Estado de México, México.
Tel.: 01(761) 782 91 00, Hecho en China / Made in China
Fax: 01(761) 782 91 70, R.F.C.:THE-791105-HP2.
www.truper.com

Última actualización: **NOM-ANCE**
Abril, 2011

Fuente: Autor

Para cuantificar la potencia eléctrica se utiliza la siguiente fórmula.

$$P = I x V \cos\phi \quad (10)$$

Dónde:

P = Potencia, en Watts.

I = Intensidad de corriente, en Amperes.

V = Voltaje, en Voltios.

$\cos\phi$ (Para corriente alterna).

Corriente Eléctrica (I)

Es la circulación de cargas o electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, se expresa en (C/s) culombios sobre segundo, unidad que se denomina Amperio [A].

Voltaje [V]

Es una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor, es capaz de mantener un diferencial de potencial entre dos puntos de un circuito, se expresa en voltios [V].

Potencia aparente [VA]

Es la potencia total que suministra un motor eléctrico, expresada en volt-ampere.

Cuando se encuentra funcionando a plena carga.

$$S = I x V \quad (10)$$

$$S = 120 V x 3,5 A = 420 VA$$

La placa del equipo da una potencia de consumo de energía eléctrica, a trabajo constante de 9367 Wh/día, expresando esta potencia para el consumo en una hora, se tiene:

$$P = 9367 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \times 1 \frac{\text{día}}{24 \text{ h}} = 390,3 \text{ W} \approx 400 \text{ W}$$

- *Controlador Hunter*

Los datos técnicos del controlador Hunter son los siguientes:

Figura 22. Datos técnicos



Fuente: Autor

En este caso en la placa del equipo el dato de potencia existe $P = 32 \text{ W}$

4.1.1 Selección del inversor. Previamente para la selección del inversor adecuado, se debe sumar todas esas potencias y posteriormente se debe multiplicar por 1,2, correspondiente al Factor de Seguridad.

Tabla 1. Cálculo de Potencia

Equipos	Potencia [W]	Factor de seguridad	Potencia Ajustada [W]
Motor de la bomba centrífuga marca Truper.	400	1,2	480
Controlador Hunter.	32	1,2	38,4
P_{Total}			518,4

Fuente: Autor

Para la selección del inversor se toma en cuenta la Potencia total pero al trabajar con motores los picos de encendido son altos, los que equivalen aproximadamente al doble de su potencia por lo tanto se escoge un inversor de 800 W con Picos de 1000 W. Inversor = 800 W

Figura 23. Inversor



Fuente: Autor

Características del Inversor seleccionado

Son inversores que genera una onda senoidal pura o perfecta utilizando técnicas PWN (Modulación por ancho de pulso.)

Además, es posible producir una llamada "onda senoidal modificada", la cual se genera a partir de tres puntos: uno positivo, uno negativo y uno de tierra. Una circuitería lógica se encarga de activar los transistores de manera que se alternen adecuadamente. Los inversores de onda senoidal modificada pueden causar que ciertas cargas, como motores, por ejemplo; operen de manera menos eficiente.

Paso 3. Cuantificar el tiempo al día se requiere el funcionamiento de los aparatos.

Es importante saber el tiempo de funcionamiento de los equipos porque este es un dato importante para el cálculo de los paneles solares. Para el diseño del sistema se ha calculado para un tiempo de una hora que va a funcionar la bomba.

Paso 4. Sumar las energías requeridas como se indica en la tabla 2.

Paso 5. Calcular la radiación mínima para el lugar de instalación

Tabla 2. Cálculo de Potencia en Watts-Hora

Aparato	Potencia [W]	Horas uso	Potencia total [Wh]
Motor de la bomba centrífuga marca Truper	400	1	400
Controlador Hunter.	32	1	32
Potencia total			432

Fuente: Autor

Es importante conocer estos datos tanto la potencia total en horas uso como la radiación disponible en el lugar de instalación.

Para la determinación de la radiación se requiere conocer los siguientes criterios.

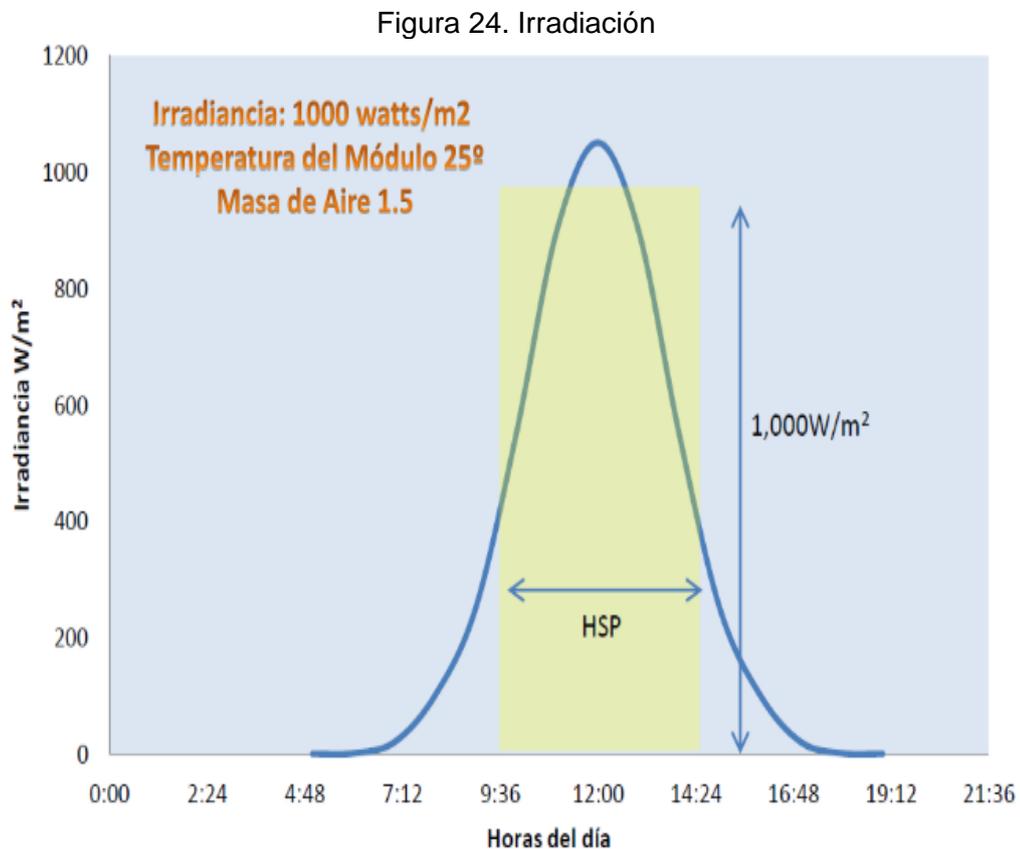
HSP (Hora Solar Pico.)

Termino que se usa para determinar la cantidad de energía que se capta en un área y tiempo, es la cantidad de radiación solar que cae en una superficie terrenal.

Sus unidades de medida de la irradiación es constante de $1000\text{W}/\text{m}^2$ por unidad de tiempo en horas.

$$1\text{HSP} = \frac{100\text{Wh}}{\text{m}^2}$$

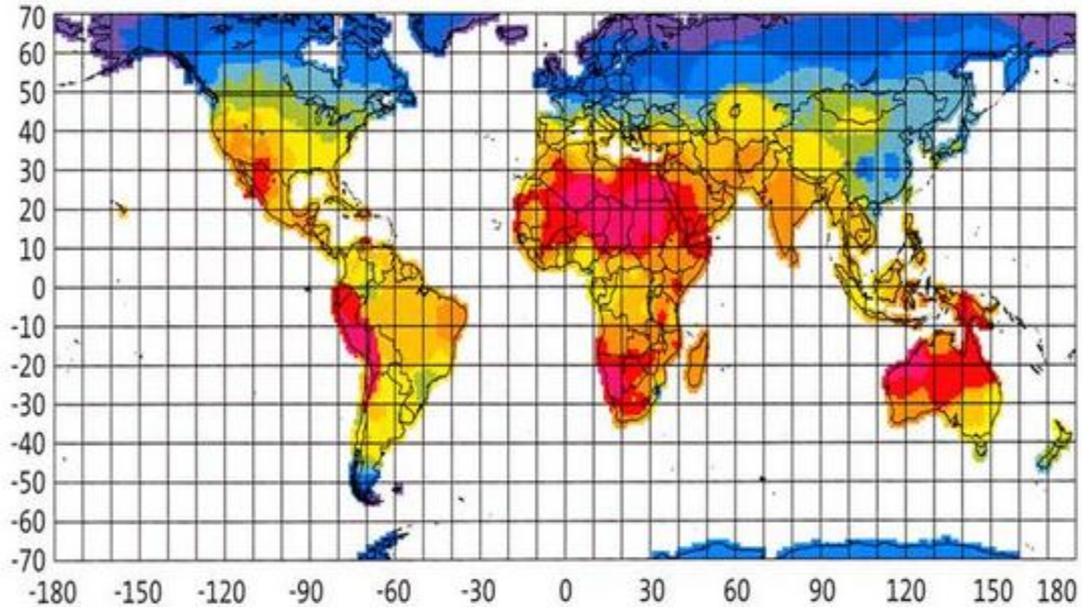
Las características de las curvas de la distribución cambian según los días o las estaciones. Para la interpretación de la hora solar pico se mantiene como referencia la siguiente distribución.



Fuente: CEMAER

Mapa del HSP

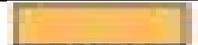
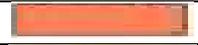
Figura 25. HSP Mundial



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=mapa+mundial>

Al observar en la figura 26 los distintos colores de la radiación en un día cualquiera de verano en el Ecuador, cada color indica un distinto valor de la radiación.

Tabla 3. Radiación

Número	Color	Radiación [kWh/m ²]
1		1 a 1,9
2		2,0 a 2,9
3		3,0 a 3,9
4		4,0 a 4,9
5		5,0 a 5,9
6		6,0 a 6,9

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=mapa+mundial>

Mapa del HSP del Ecuador

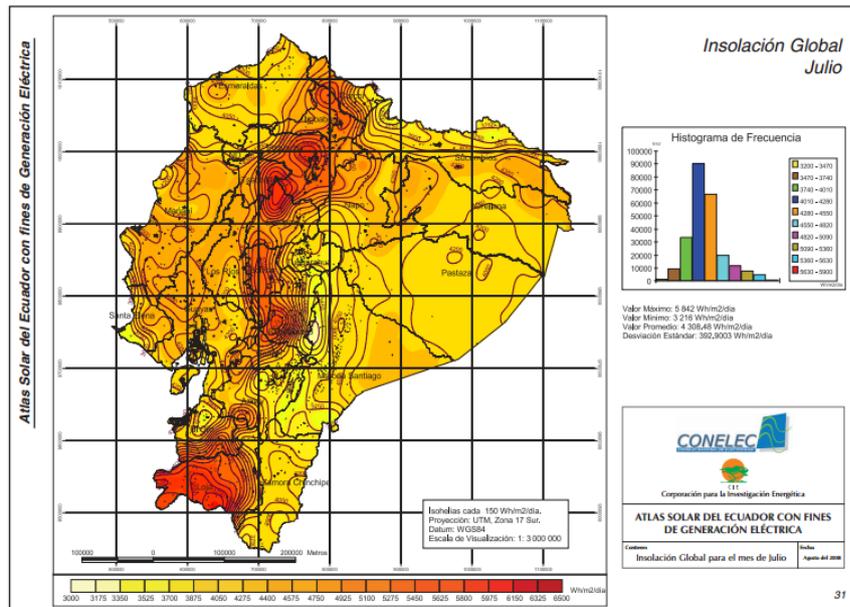
El Ecuador al estar en la línea Ecuatorial tiene diversos climas y condiciones únicas que le confiere un elevado potencial de energía renovable y limpia, energía que puede ser ocupada para el uso de los paneles solares para el posterior uso de la bomba de agua.

En ese sentido, la necesidad de contar con un documento técnico que cumpla con

esta exigencia a fin de impulsar el uso masivo de la energía solar como fuente energética es lo que ha motivado al Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC, a presentar el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”, el cual ha sido elaborado por la Corporación para la Investigación Energética, CIE.

Mayor información en la página <http://www.conelec.gob.ec>

Figura 26 HSP Ecuador



Fuente: CONELEC

Esta información es muy importante para el diseño, puesto que en los mapas de la fig. 25 y 26 no se tienen información exacta del lugar de instalación. Hoy en día ya existe instituciones como Nasa Solar Meteorología de Superficie y Energía que toma datos diarios durante todo el año para el cálculo de la radiación solar exacta, tan solo con los siguientes pasos se obtiene esta información:

- Paso 1. Entrar a <https://www.google.es/maps> y locación del lugar donde se va a instalar el sistema fotovoltaico (San Vicente, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua).
- Paso 2. Clic derecho en el lugar y se selecciona en ¿que hay aquí? Para obtener la longitud y latitud en este caso (Longitud: -1,372233, Latitud: -78,593712)
- Paso 3. Ingresar a la página de Nasa Solar Meteorología de Superficie y Energía o ingresar en el link <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

Como se observa en la figura 29 la radiación mínimo para el lugar de instalación es de 4,23 KWh/m² en Junio, la radiación promedio durante todo el año es de 4,48 KWh/m².

4.1.2 Selección del panel y cableado. Para efectuar la selección del panel y del cableado se lo realizará a través de dos métodos, tanto por cálculos matemáticos y por medio de tablas, como se muestra a continuación:

- Panel Solar por cálculos

Para la selección de los paneles es necesario tomar en cuenta la demanda energética y la irradiación del lugar puesto a que todos los días no son constantes.

$$Ar = 1200 \frac{Ed}{Id} \quad (11)$$

Dónde:

A r= Tamaño del panel, en Wp

Ed = Consumo de energía, en $\left[\frac{KWh}{dia}\right]$

Id = Hora solar pico, en HPS

Tamaño del panel [Ar]

Están formadas por célula fotovoltaica, éste material es conformado por una placa de silicio, normalmente de forma cuadrada, con aproximadamente 10 cm de lado y con un grosor que varía entre los 0,25 y los 0,35mm, con una superficie de más o menos 100 cm², el tamaño varia con la cantidad de células fotovoltaicas que contenga dependiendo de la potencia requerida.

Figura 29. Célula fotovoltaica



Fuente: <http://www.cecua.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/guia/img/image067.gif>

Consumo de energía(Ed)

La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía en función de la insolación y de la latitud del lugar.

HPS (Id): Hora Solar Pico

$$Ar = 1200 \frac{0,432 \frac{kWh}{día}}{4,23 HPS} = 122,55 W$$

Número de paneles

En este cálculo es necesario conocer los rendimientos, coeficientes de pérdidas del sistema, el sitio y el espacio disponible.

De la fórmula:

$$E = \frac{ET}{R} \quad (12)$$

Dónde:

E = Consumo energético corregido [Wh/día]

ET = Consumo energético teórico [Wh/día]

R = Coeficiente de pérdidas totales (depende fundamentalmente de los materiales y del diseño que tiene cada uno de ellos, es adimensional)

$$R = [1 - (KB + KC + KR + KX)] [1 - \frac{KA*DAUT}{Pd}] \quad (13)$$

Dónde:

DAUT= Días de autonomía

KA= Pérdida de Batería

Pd= Profundidad de descarga

KB= Pérdida de Acumulador

KC= Pérdida de Convertidor

KR= Pérdida de Reguladores

KX= Pérdida de Otro

Días de autonomía (DAUT)

Al utilizar distintos tipos de energía renovable y en estos se utilizan distintos acumuladores de energía produce este fenómeno de autonomía de los equipos.

Para el cálculo se utiliza el tercer día que ya es constante.

En los dos primeros días los acumuladores y partes eléctricas del sistema consumen energía aproximadamente un 10% de su carga al tercer día se estabilizan.

Profundidad de descarga (Pd)

Es el número de ciclos en que una batería va a trabajar en carga y descarga. Los fabricantes recomiendan en sistemas fotovoltaicos que no se descargue más del 50% de su almacenamiento.

Tabla 5. Coeficiente de pérdida material de baterías

Batería (Material) KA	Coeficiente de pérdida
Compuesto de Ni, Cd o de Ca	0,002
Estacionarias de Plomo-Acido	0,005
Otros compuestos o deterioro.	0,012
Auto descarga diaria de la batería	0,05

Fuente: ABELLA, M. Introducción al diseño y dimensionamiento fotovoltaico

Los fabricantes recomiendan utilizar un coeficiente de pérdida de la batería de un 0,05.

Tabla 6. Coeficiente de pérdida de tipos de baterías

Acumuladores (KB)	Coeficiente de pérdida
Al utilizar baterías sin descarga intensa.	0,05
Acumuladores deteriorados y otros.	0,1

Fuente: ABELLA, M. Introducción al diseño y dimensionamiento fotovoltaico

Como se va a utilizar baterías sin descarga intensa se requiere 0,05.

Tabla 7. Coeficiente de pérdida de convertidores

Convertidores (KC)	Coeficiente de pérdida
Inversores sinusoidales Puros	0,05
Instalaciones lejanas	0,1
Si no existe.	0

Fuente: ABELLA, M. Introducción al diseño y dimensionamiento fotovoltaico.

Se utiliza el valor de 0,05.

Tabla 8. Coeficiente de pérdida de regulador

Reguladores (KR)	Coeficiente de pérdida
Compatibilidad con el convertidor.	Entre 0,1 y 0,01
Confiables.	0

Fuente: ABELLA, M. Introducción al diseño y dimensionamiento fotovoltaico.

Los fabricantes recomiendan 0,05.

Tabla 9. Coeficiente de pérdida por diferentes tipos

Otro tipo de pérdidas (KX)	Coeficiente de pérdida
Perdidas no consideradas.	0,15
Potencias teóricas.	0,1
Al tomar en cuenta los Rendimientos de las cargas.	0,05

Fuente: ABELLA, M. Introducción al diseño y dimensionamiento fotovoltaico.

Se utiliza el valor de 0,05.

Para el cálculo de R:

$$R = [1 - (KB + KC + KR + KX)] \times [1 - \frac{KAXDAUT}{Pd}] \quad (13)$$

Al reemplazar se obtiene:

$$R = [1 - (0,005 + 0,05 + 0,05 + 0,05)] \times [1 - \frac{0,005 \times 3}{0,5}] = 0,785$$

En la ecuación:

$$E = \frac{ET}{R} \quad (12)$$

Se reemplaza valores:

$$E = \frac{432 \frac{Wh}{día}}{0,785} = 550,31 \frac{Wh}{día}$$

Número de paneles solares [Np]:

$$Np = \frac{E}{0,95 \times WpxHSP} \quad (14)$$

Se Reemplaza:

$$N_p = \frac{550,31}{0,95 \times 130 \times 4,23} = 1,05 W_p$$

Se obtiene:

Se requiere un panel de 130 W o un panel mayor si no existe en el mercado local.

- *Panel Solar por tablas*

Se utiliza el paso 7 para la selección del panel solar.

En la actualidad los distintos fabricantes y vendedores ya disponen de tablas para la selección rápida de los sistemas fotovoltaicos

Para esta selección los valores requeridos son los siguientes:

- La Potencia total a utilizar 432 Wh/d
- El HSP más bajo del año del lugar exacto de instalación 4,23 kWh/m².

Tabla 10. Selección de paneles

# de paneles solares	Sistemas	Radiación [kWh/m ²]									
		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5.5	6	6,5
1X30	A	30	60	72	84	96	108	120	132	144	156
1X50	B	50	100	120	140	160	180	200	220	240	260
1X85	C	85	170	204	238	272	306	340	374	408	442
1X130	D	130	260	312	364	416	468	520	572	624	676
2X130	E	260	520	624	728	832	936	1040	1144	1248	1352
3X130	F	390	780	936	1092	1248	1404	1560	1716	1872	2028
4X130	G	520	1040	1248	1456	1664	1872	2080	2288	2496	2707
5X130	H	650	1300	1560	1820	2080	2340	2600	2860	3120	3380
6X130	I	780	1560	1872	2184	2496	2808	3120	3432	3744	4056
7X130	J	910	1820	2184	2548	2912	3276	3640	4004	4368	4732
8X130	K	1040	2080	2496	2912	3328	3744	3160	4576	4992	5408
9X130	L	1170	2340	2808	3276	3744	4212	4680	5148	5616	6084
10X130	M	1300	2600	3120	3640	4160	4680	5200	5720	6240	6760

Fuente: CEMAER

Se selecciona un panel solar de 130 W.

Al igual que en los cálculos y en tablas se obtuvo el mismo panel solar.

Tipos de Módulos Fotovoltaicos

En el mercado existen módulos fotovoltaicos Monocristalinas, Policristalinas y amorfos.

Módulo fotovoltaico Monocristalinas.

Se componen de secciones de un único cristal de silicio (Si) (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, son curvos, debido a que es una célula circular recortada)

Módulos Fotovoltaicos Policristalinas.

Cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas, están unidas pero con diferentes orientaciones.

Módulos Fotovoltaicos Amorfos.

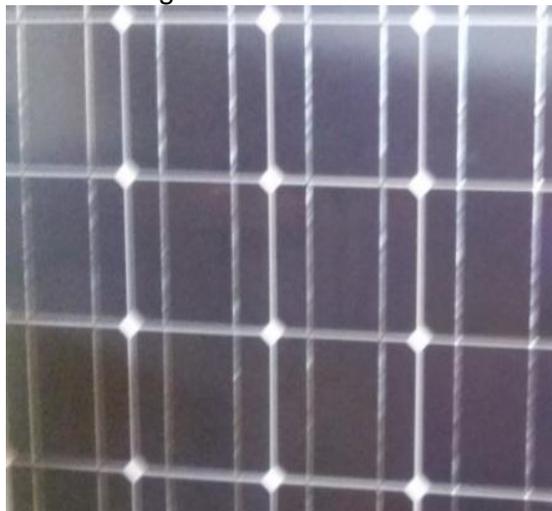
Cuando el silicio no se ha cristalizado. Estos dependen específicamente en peso, grosor y costo. Por su comercialización y por sus características en este proyecto trabajaremos con Módulos Fotovoltaicos Monocristalinas.

Características del Módulos Fotovoltaicos a utilizar (Anexo D)

- Diodo de bypass reduce al mínimo la pérdida de potencia por la sombra.
- Cada módulo se compone de células de alta eficiencia, conectadas en serie para dar una máxima potencia de carga.
- La eficiencia de conversión de la célula solar está por encima de 15,9%.
- La superficie es de vidrio templado ultra transparente, muy resistente al impacto de agentes meteorológicos y permite la máxima transmisión de la luz solar.

- Blanco cristal templado, resina EVA, película a prueba de clima y marco de aluminio anodizado para proporcionar eficiente
- La protección contra las condiciones ambientales severas.
- 90% rendimiento hasta 10 años y 80% hasta 20 años.
- Certificación de Calidad IEC 61215-P1.

Figura 30. Panel solar



Fuente: Autor

4.1.3 Selección del controlador y cable. Para la selección del controlador y el cable se utiliza el método de cálculos matemáticos y selección por tablas, como se muestra a continuación:

- Regulador por cálculos.

Para la selección del controlador de carga se determina por la corriente Máxima que puede generar el sistema fotovoltaico en plena carga. El controlador se selecciona según la máxima corriente que pasa por los cables:

Potencia generada del panel solar para el voltaje de la batería.

La potencia se la calcula de la siguiente manera:

Para seleccionar el regulador de carga depende de la intensidad de corriente generada por el panel solar hasta las baterías.

$$I = \frac{P}{V} \quad (15)$$

$$I = \frac{130W}{12V} = 10,8 \text{ A}$$

Con este resultado de intensidad de corriente se selecciona un regulador CML series (5 – 20 A).

Ver (Anexo E).

Características del controlador a utilizar

A continuación se definen las características que tiene el controlador que se va a utilizar en el proyecto, cabe recalcar que el uso de las mismas es imprescindible para la correcta ejecución del mismo:

- Estado de Carga de la Batería visualizado con 3 LEDs
- Preaviso acústico de desconexión de carga
- Regulación PWM (tipo serie)
- Cargado profundo, ecualizado y de flotación, también para VRLA
- Detección automática para 12 V y 24 V
- Compensación de temperatura integrada
- Terminales grandes (hasta 16 mm)
- SOC y voltaje controlado LVD
- Completamente protegido electrónicamente.

Figura 31. Controlador



Fuente: www.renova-energia.com

Selección del conductor por cálculos

En toda instalación eléctrica es necesaria la selección adecuada de los conductores eléctricos.

Partir de la ecuación:

$$R = \frac{L}{\sigma S} \quad (16)$$

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)

$$\Delta V = IR \quad (17)$$

Por lo tanto:

$$\Delta V = Va - Vb \quad (18)$$

Despejar R de la ecuación y remplazar ΔV

$$R = \frac{Va - Vb}{I} \quad (19)$$

Igualar las ecuaciones (18) Y (19):

$$\frac{L}{\sigma S} = \frac{Va - Vb}{I}$$

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

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (20)$$

Reemplazando se obtiene:

$$6 = \frac{1}{0,01786} = 56$$

La sección del conductor viene dado por:

$$S = \frac{2L1}{56[Va-Vb]} \quad (21)$$

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 10.8 Amperios

Por lo tanto la ecuación:

$$S = \frac{2L1}{56[Va - Vb]}$$

Reemplazar los valores [Va-Vb]

$$Va - Vb = 12x1,5\%$$

Se obtiene:

$$V_a - V_b = 0,18$$

Reemplazar en la ecuación:

$$S = \frac{2 \times 2 \times 10,8}{56(0,18)} = 2,14 \text{ mm}^2$$

Como la sección del conductor es:

$$S = \frac{\pi \times \phi^2}{4} \quad (22)$$

Reemplazar y despejar el diámetro:

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

Donde el diámetro es 2,33 mm

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

Tabla 11. Selección de conductores



CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total kg / km	Capacidad de Corriente (Amp)**
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
14	2,08	1	0,76	3,15	25,91	15
12	3,31	1	0,76	3,57	38,15	20
10	5,261	1	0,76	4,11	57,17	30
8	8,367	1	1,14	5,54	94,89	40

Fuente: Catálogo Electrocables

De acuerdo a la tabla anterior el conductor seleccionado es el número 14 TW.

- Selección del controlador y conductor por tablas

Para la selección de los controladores es necesario saber que equipos o aparatos van a ser utilizados si al momento de encender provoca picos de carga.

Como se utiliza un aparato eléctrico (Motor) que provoca picos de carga al encender se debe proteger al sistema fotovoltaico con un controlador al doble de su requerimiento. Para utilizar las tablas es necesario conocer:

- El tipo de sistema que se requiere cuando se seleccionan los paneles solares.
- Al utilizar aparatos que al encender tienen picos de carga.

Al momento que se realiza la selección del controlador de carga automáticamente se selecciona el tipo de conductor o cable.

Tabla 12. Selección de controlador

Sistemas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
Controlador	10	10	10	10	20	40	40	2x40	2x40	2x40	2x40	3x40	3x40	Amperes
cables	16	16	14	14	14	10	8	8	8	6	6	6	6	Calibre

Fuente: CEMAER

De acuerdo a la tabla anterior el conductor seleccionado es el número 14 TW.

4.1.4 Cálculo y selección de la batería. 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.

Un ciclo se describe como una descarga y una carga de la batería, no importando el porcentaje de descarga que haya sufrido.

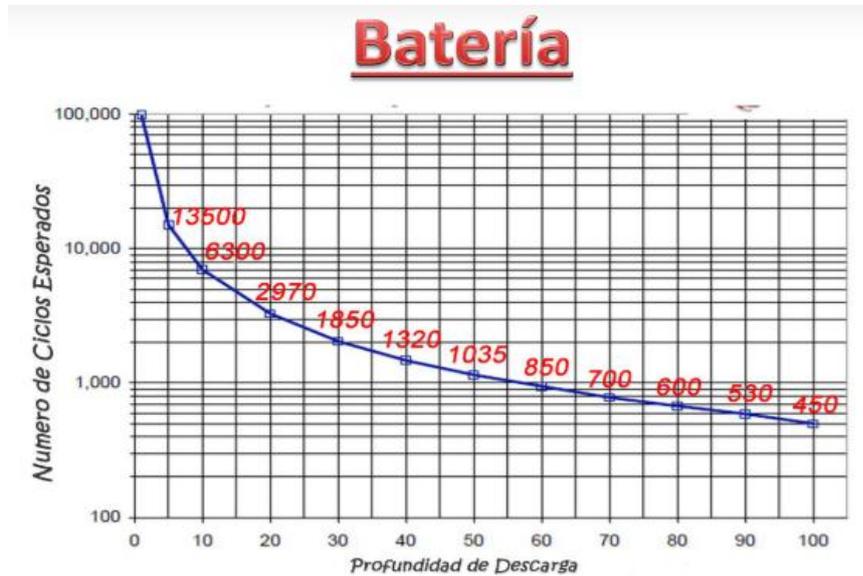
Además se considera en el análisis que las baterías no funcionan a un 100% de eficiencia y que las baterías por recomendación de su fabricante nunca deben descargarse por completo.

Para una batería común de ácido - plomo la eficiencia puede ser del 90% pero depende mucho del uso de la batería. Ver anexo F

A continuación en la fig. 33 se muestra con detalle cuales son los ciclos de una batería

de acuerdo a los números de ciclos esperados conjuntamente con la profundidad de descarga de la misma, datos importantes para la utilización en el presente proyecto.

Figura 32. Ciclos de batería



Fuente: CEMAER

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

$$C = \frac{[ExAUT]}{[VxPd]} \quad (23)$$

Donde:

E = Consumo energético, $[\frac{Wh}{día}]$.

AUT = Días de autonomía solar 2

V = Voltaje nominal de operación 12 VDC

Pd = Porcentaje de descarga de la batería 55% Recomendado por los fabricantes.

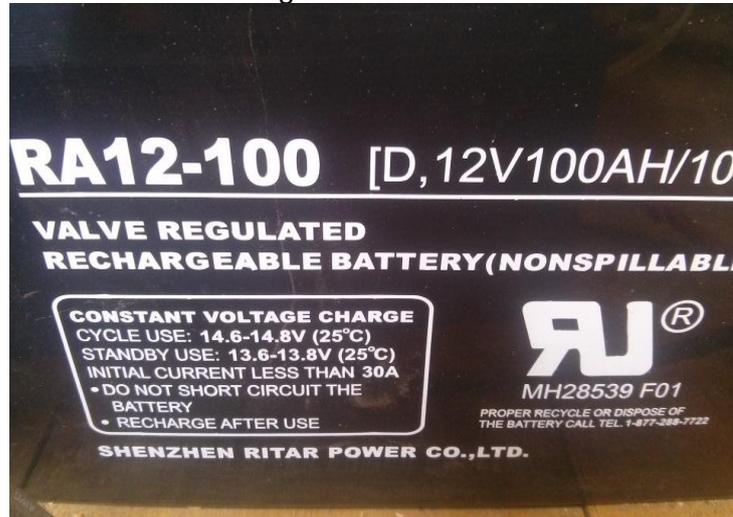
$$C = \frac{432 \times 2}{12 \times 0,55} = 130,90$$

Se selecciona dos baterías RA12-100D de (12V115Ah) (Anexo F)

Es una batería de ciclo profundo AGM diseñada especialmente para la descarga

cíclica de frecuentes uso. La batería tiene un 30% más de vida cíclica de series de espera. Certificada con la norma ISO 9001:2000.

Figura 33. Batería



Fuente: Autor

- Selección de la batería por tablas

Para la selección de las baterías por tablas son necesarios los siguientes datos:

- El HSP más bajo del año del lugar exacto de instalación 4,23 KWh /m².
- Como el sistema es tipo E por lo seleccionado anteriormente.

Tabla 13. Selección de batería

Sistema	Radiación								
	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
A	24	24	24	24	24	24	24	24	24
B	24	24	24	55	55	55	55	55	55
C	55	55	55	55	55	55	3x24		3x24
D	55	55	3x24	3x24	115	115	115	115	115
E	115	115	2x115						
F	2x115	2x115	2x115	2x115	2x115	3x115	3x115	3x115	3x115
G	2x115	2x115	3x115	3x115	3x115	3x115	4x115	4x115	4x115
H	2x115	3x115	3x115	3x115	4x115	4x115	5x115	5x115	5x115
I	3x115	3x115	4x115	4x115	4x115	5x115	5x115	6x115	6x115
J	3x115	4x115	4x115	5x115	5x115	6x115	6x115	7x115	7x115
K	3x115	4x115	5x115	5x115	6x115	6x115	7x115	8x115	8x115
L	4x115	5x115	5x115	6x115	7x115	7x115	8x115	8x115	9x115
M	4x115	5x115	6x115	6x115	7x115	8x115	9x115	9x115	10x115

Fuente: CEMAER

4.2 Orientación del panel solar

La orientación de los paneles solares paso (8) es indispensable para reducir las pérdidas y aumentar la radiación diaria esta instalación son propias del lugar donde van hacer utilizados. Para la orientación depende de los ángulos de azimut (α) y de inclinación (β).

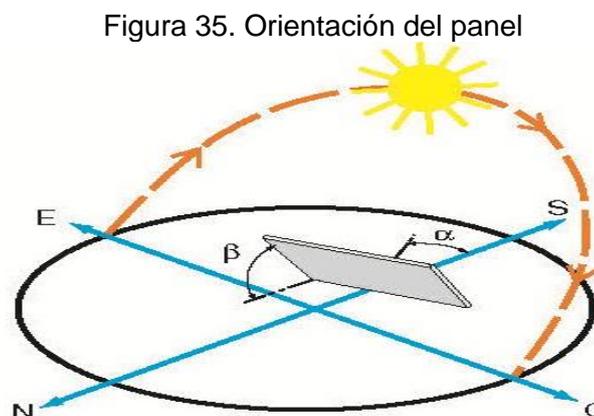


Orientación
Fuente: CEMAER

Ángulos de azimut (α)

Es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste.

Como norma general los módulos fotovoltaicos deben orientarse: hacia el sur si la instalación se encuentra en el hemisferio norte, y si se ubica en el hemisferio sur habrá que orientarlo hacia el norte. Como el sitio de instalación es en Tungurahua (Quero) y está cerca de la línea ecuatorial hacia el sur, el panel solar se debe orientar hacia el norte, con una variación máxima de ± 20 grados.



Fuente: [http://www.google.com.ec/search?q=%C3%A1ngulos+de+azimut+\(%CE%B1\)](http://www.google.com.ec/search?q=%C3%A1ngulos+de+azimut+(%CE%B1))

Angulo inclinación (β)

Definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.

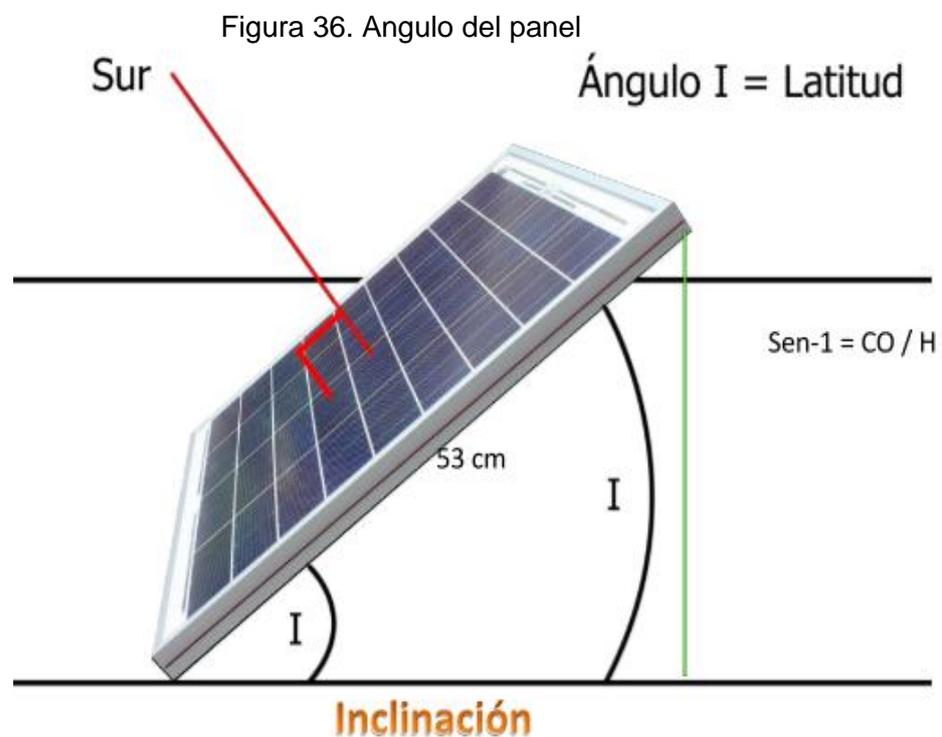
En Angulo de inclinación es igual a la Latitud por lo que se requiere conocer el sitio exacto de instalación por lo que se requiere aparatos como GPS o google map para tener los datos requeridos.

El lugar de instalación tiene una latitud de $-1,372233$ por lo que nos indica que el ángulo es igual $-1,372233$ el signo negativo nos indica que tiene dirección norte para su instalación.

Como la dirección de los rayos del sol cambia con las estaciones se obtiene diferentes posiciones por lo que los fabricantes recomiendan variar el ángulo de inclinación en 15 grados.

Verano= Latitud – 15 grados

Invierno= Latitud+ 15grados



Fuente: [http://www.google.com.ec/search?q=%C3%A1ngulos+de+azimut+\(%CE%](http://www.google.com.ec/search?q=%C3%A1ngulos+de+azimut+(%CE%)

CAPÍTULO V

5. AUTOMATIZACIÓN DE RIEGO PARA LA PLANTA PILOTO HIDROPÓNICA

5.1 Especificaciones

El diseño de control está dividido en tres sistemas, las cuales están diseñadas para cubrir toda el área de riego, cada sistema controlará el riego de todos los días durante un tiempo de 1 hora por lapsos de 15 minutos.

De acuerdo a lo señalado se procede a realizar un horario de riego que se especifica en la tabla 14, en cada hora de encendido la duración de riego es de 5 minutos siendo 3 electroválvulas la duración es de 15 minutos.

Tabla 14. Horario de riego

Sistemas	Horas encendido (motor)	Tiempo de riego [min]
A	08H00	15
	12H00	
	16H00	
	00H00	

Fuente: Autor

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

5.2 Selección del tipo de control

El sistema a utilizar debe controlar el cierre y apertura de las electroválvulas indistintamente en las horas establecidas. En la actualidad ya existen controladores programados exclusivamente para riego, uno de ellos es el programador Hunter (X-Core) le permite iniciar manualmente una estación o un programa completo.

Este programador de riego, ofrece un funcionamiento sencillo y es compatible con sensores de temperatura, presión y humedad. Con un control fácil de configurar para hasta ocho estaciones, incluyendo tres programas y cuatro tiempos de arranque en cada uno, este controlador es la solución perfecta para usos de riego. El programa regulará los tiempos de riego basándose en la medición de las condiciones climáticas.

5.3 Diseño del sistema

En el diseño del sistema para su funcionamiento se compone de dos circuitos, uno manual y otro automático.

El accionamiento de la automatización mediante (X Core) se puede controlar la bomba, electroválvulas.

Comandos manuales solo se puede controlar el tiempo de la bomba lo cual nos permite un mejor control del riego cuando se requiera.

Componentes fundamentales del controlador X Core.

Los parámetros que se detallan a continuación son los requeridos para el control automático del sistema, estos parámetros se manipulan de acuerdo a las necesidades del entorno, del tipo de cultivo y del lugar.

Antes de manipular este equipo debe conocer sus funciones que realiza cada botón y cómo funciona la programación .

El programador X Core consta de las siguientes funciones.

- Pantalla

Figura 37. Controlador X-Core



Fuente: Autor

Tabla 15. Contenido de controlador

1	Tiempos de Riego	Permite al usuario establecer el tiempo de riego de cada válvula entre 1 minuto a 4 horas.
2	Hora de Inicio	Permite configurar entre 1 a 4 horas de inicio en cada programa.
3	Número de Estación	Indica el número de estaciones seleccionado actualmente.
4	Designados de Riego	Indica el programa que está en uso (A, B o C)
5	Días de la semana	Identifica en que día vamos a utilizar.
6	Intervalo de riego	Identifica al mes el programa y la fecha actual.
7	Riego en pares	Indica si se ha seleccionado el riego en días pares.
8	Aspersor intermitente	Indica que el riego está en marcha.
9	Sistema apagado	Permite al usuario interrumpir todos los programas y el riego. Permite también al usuario establecer la parada por lluvia este dispositivo permite detener el riego durante 7 días.
10	Paraguas	Indica que este dispositivo está activo el sensor de lluvia.
11	Ajuste estacional	Permite al usuario realizar cambios en los tiempos de riego en función de las estaciones sin reprogramar el programador.
12	Gota de lluvia	Indica que le riego tendrá lugar el día seleccionado.
13	Gota de lluvia tachada	Indica que le riego no tendrá lugar el día seleccionado.
14	Calendario	Indica que se ha programado el programa de riego por intervalos.

Fuente: HUNTER. Guía de diseño de control.

- Compartimiento del cableado

Tabla 16. Cableado de controlador

1	Pila de litio	La pila de litio se puede cambiar permite al programador suministrar energía cuando los suministros de corriente alterna se a desconectado para mantener la hora.
2	Caja de conexión interna	La caja de conexiones en modelos de interior para establecer conexiones de alimentación de CA.
3	Regleta de terminales	Se utiliza para conectar los cables del transformador.
4	Botón restablecer	Utilícelo para restablecer el programador.
5	REM	Permite la conexión de SmartPort de hunter y de mandos a distancias de Hunter.
6	Interruptor de bypass del sensor	No tiene en cuenta la entrada del sensor metrológico.

Fuente: HUNTER. Guía de diseño de control

Figura 38. Controlador X-Core



Fuente: Autor

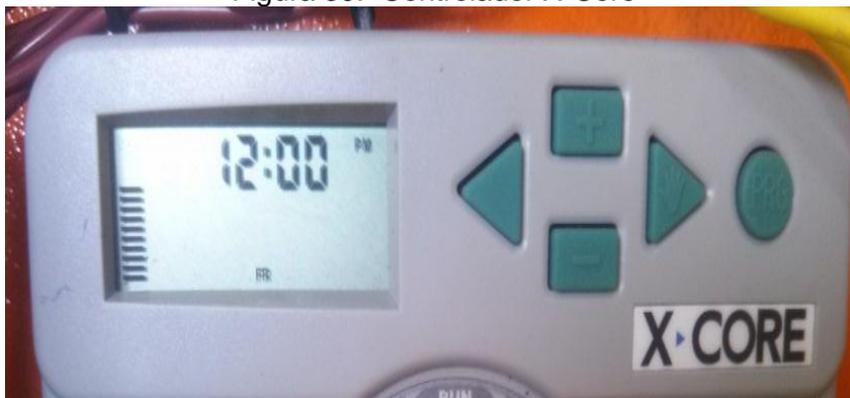
- Botones de control

Tabla 17. Elementos de control

Botón 	Aumenta el elemento seleccionado que parpadea en la pantalla.
Botón 	Reduce el elemento seleccionado que parpadea en la pantalla.
Botón 	Hace que el cursor regresa al elemento anterior.
Botón 	Avanza el cursor al siguiente elemento.
Botón 	Selecciona el programa A, B, C para diferentes necesidades de zonas de riesgos.
Riego	Posición normal del día para el funcionamiento automático y manual de todos los controladores.
Hora/fecha actual	Permite configurar la hora y la fecha.
Horas de inicio	Permite configurar entre 1 y 4 horas de inicio de cada programa.
Tiempos de riego	Permite al usuario establecer el tiempo de riego de cada válvula entre 1 minuto y 4 horas.
Días de riego	Permite al usuario seleccionar el intervalo de días de riego.
Ajuste estacional	Permite al usuario realizar cambios en los tiempos de riego en función de las estaciones sin reprogramar el programador.
Manual uso estación	Permite al usuario activar un único riego de una sola válvula.

Fuente: HUNTER. Guía de diseño de control.

Figura 39. Controlador X-Core



Fuente: Autor

5.4 Circuito de control

Se obtiene información del estado del sistema en tiempo real, para facilitar el seguimiento. Conectado a un sensor de humedad (Solar Sync) ajusta los parámetros automáticamente, la cantidad de agua precisa según sean las condiciones climáticas.

Característica del controlador X Core

- Número de estaciones: 8 (48 estaciones con decodificadores DUAL)
- Tipo: modular
- Armario: exterior
- Programas independientes: 4
- Horas de inicio por programa: 8 (A, B, C); 16 (D)
- Tiempos de riego máximo de las estaciones: 12 h

Especificaciones del controlador X Core

- Entrada del transformador: 120/240 V CA a 50/60 Hz
- Salida del transformador (24 V CA): 1,4 A
- Transformador de voltaje dual (120/240 V CA)
- Salida de la estación (24 V CA): 0,56 A
- Salida de la estación (24 V CA): 0,56 A
- Funcionamiento simultáneo de la estación: 8 válvulas
- Bomba/válvula maestra normalmente cerrada
- Entradas de sensor: plástico: 2; metal: 3
- Temperatura de funcionamiento: de -18 a 66 °C

5.5 Control manual

Riego manual de la estación

- Gire el dial a la posición MANUAL – ONE STATION (MANUAL–UNA ESTACION).
- El tiempo de riego de la estación parpadeará en la pantalla. Utilice el botón  para desplazarse hasta la estación deseada. Puede utilizar el botón  o  para seleccionar el tiempo de riego de la estación.
- Gire el dial en sentido horario hasta la posición RIEGO para poner en funcionamiento la estación (tan solo regará la estación designada y, a continuación, el programador volverá al modo automático sin que se produzcan cambios en el programa establecido anteriormente).

Arranque y avance manual con una tecla

Mantenga pulsado el botón  durante 2 segundos.

Esta función utiliza de forma predeterminada el programa A. puede seleccionar el programa B o C pulsando el botón .

- El número de la estación parpadeará. Pulse el botón para desplazarse por las estaciones y utilice el botón  o  para ajustar los tiempos de riego de la estación. (Si no se pulsa ningún botón durante varios segundos mientras se realizan los pasos 2 o 3, el programador comenzará a regar automáticamente).
- Pulse el botón para desplazarse a la estación con la que desee comenzar. Tras una pausa de 2 segundos, se iniciará el programa. En cualquier momento durante el ciclo manual, podrá utilizar los botones  o  para desplazar manualmente de una estación a otra.

5.6 Control automático

La pantalla de X Core muestra la hora y el día cuando el programador está en reposo. La pantalla cambia cuando se gira el día para indicar la información de programación

específica que debe introducirse. Al establecer la programación, se puede cambiar la parte que parpadea de la pantalla pulsando los botones  o . Para cambiar algún valor que no está parpadeando, pulse los botones  o  hasta que parpadee el campo deseado.

Existen tres programas A, B y C, cada uno con las posibilidades de cuatro arranques diarios, permiten que las plantas con necesidades de riego diferentes cuenten con programas diarios independientes.

Configuración de la fecha y la hora

- Gire el dial a la posición d/h.
- Parpadea el año. Utilice los botones  o  para cambiar el año. Tras configurar el año pulse el botón  para continuar con la configuración del mes.
- La pantalla mostrara el mes y el día. El mes parpadeara y se mostrará el icono. Utilice los botones  y  para cambiar el mes. Pulse el botón  para continuar con la configuración del día.
- La pantalla indicara el día mostrando el icono. Utilice los botones  y  para cambiar el día. Pulse el botón  para continuar con la configuración de la hora.
- Se mostrará la hora. Utilice los botones  y  para seleccionar AM, PM o 24 horas. Pulse el botón  para pasar a la hora. Utilice los botones  y  para cambiar la hora que se muestra en la pantalla.
- La Fecha, el día y la hora se encuentran configurados

Configuración de las horas del inicio del programa

- Gire el dial hasta la posición HORAS de inicio.
- La configuración del fabricante se establece en el programa A. Si es preciso, puede seleccionar el programa B o C pulsando el botón .

- Utilice los botones  y  para cambiar la hora de inicio. Las horas de inicio se cambian en 15 minutos.
- Pulse el botón  para añadir una hora de inicio adicional, o bien el botón  para pasar al siguiente programa

Configuración de las horas de riego

- Gire el dial hasta la posición TIEMPOS DE RIEGO.
- La pantalla mostrará el último programa seleccionando (A, B, C), el número de estaciones seleccionado, el icono , y la estación si vuelve intermitente. Puede cambiar a otro programa pulsando el botón .
- Utilice los botones  y  para cambiar el tiempo de riego de la estación en la pantalla. Puede establecer los tiempos de riego entre 0 y 4 horas.
- Pulse el botón  para avanzar a la siguiente estación.

Configuración de los días de riego

- Gire el dial hasta la posición DÍAS DE RIEGO.
- La pantalla mostrará el último programa seleccionado (A, B O C). Puede cambiar a otro programa pulsando el botón .
- El programador mostrará los siete días de la semana (LUN, MAR, MIÉ, JUE, VIE, SÁB, DOM). Cada día tendrá un icono  o un icono  encima del día. El icono  representa un día de riego "On" (activado), mientras que el icono  representa un día de riego "Off" (desactivado).

Selección de los días en que se va a realizar el riego

- Con el cursor  en un día concreto (el cursor siempre empieza por LUN) pulse el botón  para activar el riego un día concreto de la semana. Pulse el botón

 para cancelar el riego de ese día. Tras pulsar el botón, el cursor avanzará automáticamente al día siguiente.

- Repita el paso 1 hasta haber seleccionado todos los días deseados. Los días seleccionados mostrarán  para indicar el estado ON (activado). El último  es el último día de riego para el programa en cuestión.

Selección de los días pares o impares de riego

Esta función utiliza días numerados del mes para el riego en lugar de días específicos de la semana (días impares: 1, 3, 5; días pares: 2, 4, 6, etc.).

- Con el cursor  situado en DOM (Su), pulse el botón  una vez. Se mostrarán el ícono  e impar (Odd).
- Si se desea que el riego tenga lugar en días impares, gire el dial de nuevo a la posición de riego.
- Si prefiere seleccionar el riego en días pares, pulse el botón  una vez, Se mostrara el ícono  y PAR (Even).
- Puede alternar entre las opciones ODD (IMPAR) y EVEN (PAR) mediante los botones  y .

Selección de riego por intervalos

Esta opción le permite seleccionar riego por intervalos de 1 a 31 días.

- Con el cursor en EVEN (PAR), pulse el botón  una vez, tras lo cual aparecerán en pantalla el ícono  y un 1 parpadeando. El programa de riego por intervalos aparecerá en la pantalla.
- Pulse el botón  o  para seleccionar el número de días entre los días de riego (entre 1 y 31 días). Dicho número será el intervalo.

El programador regará conforme al programa seleccionado el siguiente arranque y

luego regará con el intervalo programado.

Configuración de días inactivos de eventos

X-Core le permite programar días de no riego. Esta función es útil para impedir el riego en días concretos. Por ejemplo, si siempre corta el césped los sábados, designará el sábado como día de no riego para evitar cortar hierba mojada.

- Gire el dial hasta la posición DÍAS DE RIEGO.
- Introduzca un programa de riego por intervalos.
- Pulse el botón  para ir hasta Días de “no riego”, situado en la parte inferior de la pantalla. LUN (Mo).
- Utilice el botón  hasta que el cursor se encuentre en el día de la semana que desee establecer como día de no riego.
- Pulse el botón  para establecer ese día como día de no riego. El ícono  se iluminará sobre este día.
- Repita los pasos 4 y 5 hasta que haya desactivado los días de evento deseados

Sistema de apagado

Las válvulas que estén en funcionamiento se cerrarán si el día se coloca en la posición SISTEMA APAGADO durante dos segundos. Todos los programas activos se interrumpirán y se detendrá el riego. Para volver a establecer el funcionamiento automático habitual del programador, tan solo tiene que girar el dial a la posición RIEGO.

Parada por lluvia programada

Esta característica permite al usuario detener todos los riesgos programados durante un período designado de entre 1 y 7 días. Al final del período de parada por lluvia programable, el programador reanudará el funcionamiento automático normal.

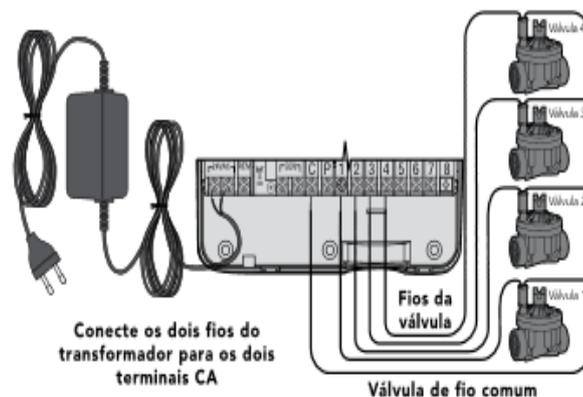
Cada día a media noche se reducirá el número de días inactivos restantes. Al llegar a cero, la pantalla mostrará la hora real del día y el riego normal se reanudará en el siguiente arranque programado.

5.7 Control de potencia

Es aquí donde se realiza la conexión entre el programador X Core y las electroválvulas como indica en la figura 41.

- Lleve los cables de las válvulas entre las válvulas de control y el programador.
- En las válvulas, conecte el cable común a cualquiera de los dos cables de solenoides de todas las válvulas. En la mayoría de los casos, se trata de un cable de control independiente al otro cable de cada válvula. Todas las conexiones de los cables deben realizarse mediante conectores estáticos.
- Lleve los cables de las válvulas a través de conductores. Ajuste el conductor a través de la parte inferior derecha del programador.
- Fije el cable común de las válvulas al tornillo C (común) de la regleta de terminales. Conecte cada uno de los cables de control de las válvulas a los correspondientes terminales de la estación y apretar los tornillos.
- Modelos de interior: pase el cable del transformador a través del orificio que presenta el programador en su parte inferior izquierda y conecte los cables a los dos tornillos marcados con 24 VAC.

Figura 40. Sistema de control



Fuente: HUNTER. Guía de diseño de control.

CAPÍTULO VI

6. INSTALACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

6.1 Instalación del sistema hidráulico

Antes de realizar la instalación es importante conocer las máquinas, herramientas, normas y reglamentos de seguridad.

Características del Motor a utilizar:

- Tensión: 120 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Velocidad: 3450 r/min
- Clase de aislamiento: 1
- Calibre de cable
- Puesta a tierra

Calibre mínimo para cables a utilizar:

Tabla 18. Calibre de cables

Capacidad de Amperes		(2)	Calibre de extensión	
Mayor de	Hasta	No. conductores	De 1.8 m hasta 15m	Mayor de 15m
0 A	10 A	3	18 AWG	16 AWG
10 A	13 A	3	16 AWG	14 AWG
13 A	15 A	3	14 AWG	12 AWG
15 A	20 A	3	8 AWG	6 AWG

Fuente: Catálogo Electrocables

Es conveniente utilizar este tipo de cables siempre y cuando las extensiones cuenten con un artefacto de protección para corrientes altas y cortocircuitos, con esto se garantiza todo el sistema.

Uno de los conductores debe ser conductor para puesta a tierra y evitar corrientes parasitas que puedan afectar al motor, a las electroválvulas y debe tener el mismo calibre de los otros.

6.2 Instrucciones de seguridad

Antes de realizar cualquier tipo de trabajo se debe tener en cuenta las siguientes instrucciones de seguridad.

- Antes de utilizar un equipo o instalación eléctrica se debe asegurar que esté en perfecto estado.
- Únicamente se debe operar sobre los dispositivos de mando. No hay que alterar ni modificar los dispositivos de seguridad.
- No se debe manipular instalaciones o aparatos eléctricos mojados o húmedos.
- Se debe mantener el área de trabajo en orden.
- Observar las condiciones del área de trabajo que esté iluminada. No utilizar las herramientas eléctricas en presencia de gases o líquidos inflamables.
- Prevenir los choques eléctricos.
- Evitar el contacto del cuerpo con superficie conectadas a tierra tales como tuberías, radiadores, etc.
- Mantener a los niños alejados. Los niños nunca deben estar cerca del área de trabajo.
- Utilizar las herramientas eléctricas adecuadas.
- Utilizar la indumentaria apropiada, no utilizar herramientas demasiado suelta, guantes, joyería que pueda ser atrapada en las partes móviles.
- No usar el cable de alimentación para fines para los cuales no están dispuestos.
- Mantener las herramientas en las mejores condiciones para tener la mejor ejecución y seguridad.

- Desconectar las herramientas cuando no estén en uso, antes de proceder el mantenimiento.
- Reducir el riesgo de arranques accidentales
- Chequear las partes dañadas antes de continuar utilizando la máquina.

6.3 Instalación de la Bomba.

- Las bombas deben instalarse en un lugar seco, con ventilación adecuada, con una temperatura ambiente que no exceda de 40 grados centígrados.
- Colocar la bomba en una superficie plana sólida, utilizando pernos adecuados para evitar vibraciones. La bomba debe instalarse en posición horizontal para asegurar que los cojinetes funcionen correctamente.
- El diámetro del tubo de succión no debe ser menor al diámetro de la boca de succión.
- El diámetro del tubo de salida que se procederá a utilizar se debe elegir de la manera que se adapte a la velocidad del flujo, con lo que permitirá adaptarse de la mejor manera posible.
- El tubo de succión debe estar en ángulo hacia arriba, hacia la boca de succión para evitar la formación de aire y evitar el mal funcionamiento del equipo garantizando su buen funcionamiento.
- Asegurar el tubo de succión para que sea hermético y que se encuentre sumergido en agua por lo menos 30 centímetros para evitar la formación de burbujas.
- Se debe colocar una válvula de pie al inicio del tubo de succión para garantizar que el fluido no retorne.
- La tubería se debe instalar usando soportes de sujeción para evitar la transmisión de tensión al cuerpo de la bomba. Se debe tener cuidado para no dañar ninguna parte.

Cebado de la Bomba.

Se debe llenar la bomba completamente de agua antes de encenderla, retirando el tapón roscado de la parte superior del cuerpo de la bomba al ser la primera vez o no haya sido usada por un período prolongado.

Instalación de tubería de succión y descarga.

- Conectar la conexión de succión de la bomba a una tubería de succión de un diámetro interno de 1 pulgada (25mm). Una válvula de retención debe estar incorporada dentro del adaptador de succión de la bomba y no debe ser removida.
- Instalar un filtro en la entrada de la tubería de succión para proteger la bomba contra residuos. Instale un filtro de cedazo fino para agua en la tubería de succión.
- Utilizar una válvula de pie para la retención adicional en tramos largos de las tuberías de succión para ayudar a mantener el cebado.
- Instalar una tubería de PVC de 2 metros de largo y de 1 pulgada de diámetro para la tubería de succión. Se instala la tubería de succión con tramo ascendente desde la fuente de agua hasta la bomba para prevenir burbujas de aire que impidan el flujo. Es muy importante que no haya fugas en la tubería de succión.
- Instalar una tubería de 1 pulgada de diámetro y 5 metros de largo para la descarga.

Figura 41. Conexión de la bomba



Fuente: Autor

Figura 42. Accesorios



Fuente: Autor

Figura 43. Electro válvula



Fuente: Autor

Figura 44. Conexión de mangueras a tubos



Fuente: Autor

Figura 45. Sembrío de plantas



Fuente: Autor

Figura 46. Sembrío de plantas

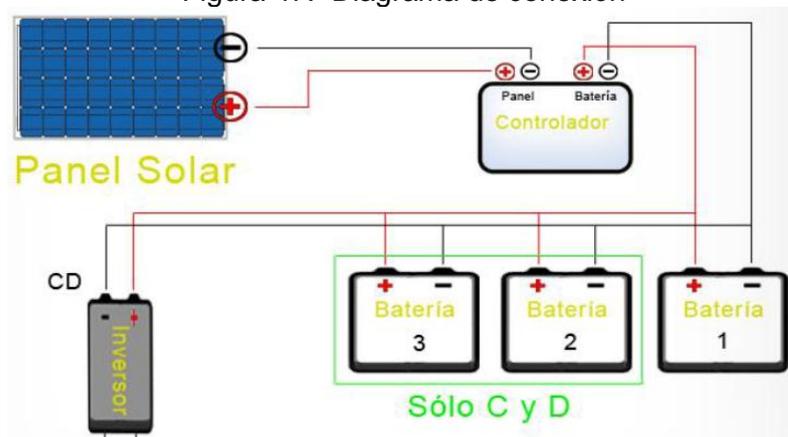


Fuente: Autor

6.4 Instalación del sistema fotovoltaico (Paso 9)

- Para realizar la instalación del sistema fotovoltaico es necesario seguir el siguiente esquema Figura 48 de instalación de forma eficiente y adecuada.
- Utilizar herramientas necesarias, eficientes y calificadas para realizar el trabajo de instalación.

Figura 47. Diagrama de conexión



Fuente: CEMAER

6.4.1 *Instalación y conexión del panel solar.* La instalación se puede realizar en distintas partes y de diferentes formas ya sea en el techo de la vivienda, postes de madera, postes metálicos, estructuras metálicas, etc.

La más utilizada es la estructura metálica que se diseña específica para cada panel solar.

En este proyecto se instala en el techo de una caseta de dos metros de ancho por un metro de largo y dos metros de altura como se indica en la figura 51 reforzado con estructura metálica.

6.4.2 *Conexión de los cables del panel.* Los pasos considerados como más importantes para una conexión segura son los que se detallan:

- Medir la longitud del cable que necesitara este calibre nos especifica el fabricante de los paneles solares.
- Asegurar si el cable tiene la longitud suficiente para llegar del panel al controlador de carga.
- Pelar los extremos del cable con el alicate.
- Quitar la tapa de la caja que está en la parte de atrás del panel.
- Identificar el polo positivo y negativo. Utilizar el multímetro para verificar que el voltaje y el amperaje están bien, esto es que el valor obtenido debe corresponder a la etiqueta de atrás del panel o las características allí especificadas. Esta medición se puede realizar en circuito abierto sin estar conectado el panel a nada.
- Ajustar el cable a los contactos indicados y asegure que el cable no puede zafarse.
- Si se utiliza un conector para sellar la salida del cable, se debe tener cuidado que el cable no esté tenso ni flojo.

6.4.3 *Instalación del controlador de carga.* El controlador de carga en el sistema fotovoltaico es el más importante porque se encarga de distribuir la energía de forma estable. Para asegurar el adecuado funcionamiento debe instalarse en un lugar seguro y libre de humedad.

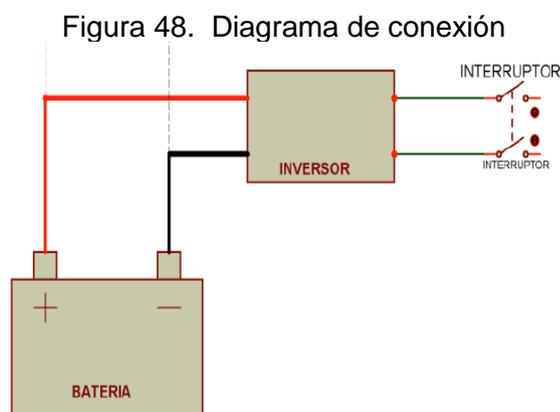
El controlador debe ir instalado en un tablero de control con el espacio suficiente para realizar la conexión adecuada con el calibre del cable ya seleccionado anteriormente. Colocar el controlador de carga en la plancha del tablero de control y ajustar los pernos.

- De preferencia, poner la plancha dentro de una caja de metal para protegerla de la humedad, el polvo y la manipulación.
- Fijar la caja de control a la pared. Elegir un ambiente seco y alejado de los rayos del sol. Además debe ser un lugar accesible y visible para los usuarios.

6.4.4 *Instalación de las baterías.* La batería debe ser instalada en un espacio donde no lleguen los rayos del sol, que sea ventilado para que los gases se dispersen fácilmente y no se moje por la lluvia.

6.4.5 *Instalación de la batería al controlador de carga.* Una vez que ya está instalado los bornes de la batería los lados libres de los conductores eléctricos deben conectarse al controlador de carga, como indica en la figura 48.

6.4.6 *Conectar el inversor a la batería.* El inversor se conecta a la batería para protegerla de descargas profundas. Para realizar la conexión se debe seguir el esquema siguiente:



Fuente: CEMAER

Figura 49. Panel Solar



Fuente: Autor

Figura 50. Controlador



Fuente: Autor

Figura 51. Baterías



Fuente: Autor

Figura 52. Inversor



Fuente: Autor

Figura 53. Tablero de control



Fuente: Autor

6.5 Instalación del sistema de riego automatizado

- Tablero: El tablero está diseñado para proteger a las personas contra los peligros que pueden resultar de un contacto con partes normalmente de bajo voltaje. El tablero que se utiliza es un IP41 vasado en las normas IEC-60529
- Primer dígito:

Indica el nivel de protección que provee contra el acceso de elementos peligrosos como cables o tornillos. Mayor información normas IEC 60529.

- Segundo dígito:

Protección del equipo contra la instrucción perjudicial del agua. En este caso 1 indica goteo de agua.

Interruptores y equipo eléctrico.

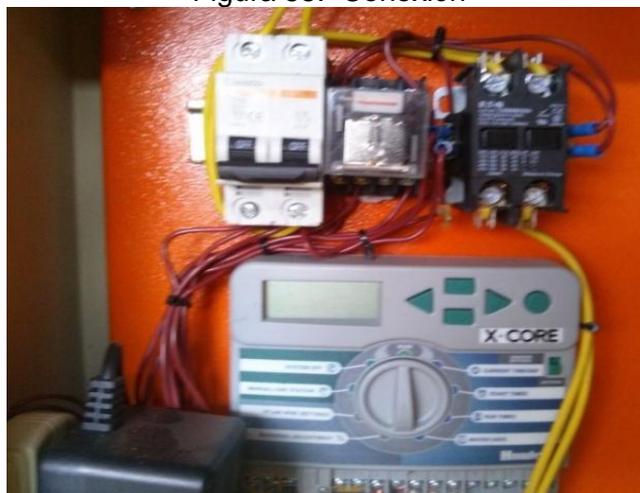
Los interruptores deben ser de equipo completamente cerrados que imposibiliten en cualquier caso, el contacto de personas o cosas con partes de bajo voltaje. Está prohibido el uso de los interruptores denominados de palanca o de cuchilla.

Figura 54. Controlador X-Core



Fuente: Autor

Figura 55. Conexión



Fuente: Autor

Figura 56. Tablero de control



Fuente: Autor

6.5 Experimentación

La Tabla 18 representa el promedio del esquema de la instalación del sistema, en el cual se empleó los datos de temperatura de distintos puntos del panel solar en °C vs el tiempo durante dos semanas para registrar y comparar datos que nos permita determinar la diferencia de temperaturas existentes en dichos puntos. Puntos de toma de temperaturas

Figura 57. Puntos de toma de temperaturas



Fuente: Autor

A continuación se detalla las condiciones sobre las cuales el sistema opera: arranca su funcionamiento en las primeras horas de la mañana de cada día de forma automática debido al controlador automático, se toma los datos como muestra en la tabla 18, y es el momento en que la bomba empieza a funcionar para recircular el agua almacenada por todo el sistema, con ello garantiza que las plantas tengan suficiente agua y oxigenación.

Tabla 19. Tabla de datos

Horas	T (°C) Punto 1	T (°C) Punto 2	T (°C) Punto 3	T (°C) Punto 4	T (°C) Punto 5	T (°C) Punto 6	T (°C) Punto 7	T (°C) Punto 8	T (°C) Punto 9	Voltaje panel	Voltaje baterías	Temperatura ambiente °C
08:00	13	13	13	13	13	13	13	13	13	22	22	12
08:30	14	15	14	15	15	15	15	15	15	23	23	14
09:00	15	15	15	15	15	15	15	15	15	23	23	15
09:30	16	16	16	17	17	17	16	16	16	23	23	15
10:00	20	21	20	20	21	21	20	21	20	24	24	17
10:30	21	21	22	22	24	25	24	23	23	25	25	19
11:00	30	31	30	32	31	30	31	31	30	24	24	23
11:30	25	27	25	25	27	26	26	27	26	24	24	21
12:00	25	27	25	25	27	26	26	27	26	24	24	21
12:30	21	21	21	22	22	22	21	21	21	25	25	18
01:00	21	21	21	20	20	21	21	21	21	24	24	17
01:30	18	18	18	18	18	18	18	18	18	23	23	17
02:00	17	18	17	17	18	17	17	18	17	23	23	16
02:30	20	20	20	19	20	19	20	20	19	24	24	18
03:00	20	20	20	19	20	19	20	20	19	24	24	16
03:30	23	23	23	23	25	26	25	23	24	25	25	21
04:00	25	25	26	26	26	27	27	26	26	23	23	23
04:30	25	25	26	26	26	27	27	26	26	22	22	23
05:00	25	25	26	26	26	27	27	26	26	23	23	24
05:30	20	20	20	20	21	20	20	20	20	23	23	20
06:00	18	19	18	18	17	18	18	18	18	23	23	19

Fuente: Autor

Al alcanzar los 25 °C en el panel como indica en la figura 59 para garantizar la carga completa de los baterías es de 60 min. (1 hora), en este periodo el voltaje de las baterías pasa de 22 V a 25 V el tiempo de carga es de 15 min por un voltio, es decir existe una relación directamente proporcional. El panel solar incrementa su temperatura a una velocidad de 1°C/ 15 min. Después de los 60 minutos el sistema se mantiene estable hasta el siguiente consumo.

Al alcanzar una temperatura de 20°C en el panel solar demora un tiempo de 30 minutos para almacenar 1 V, con esta temperatura demora 120 min para almacenar completamente las baterías.

Figura 58. Temperatura vs Horas

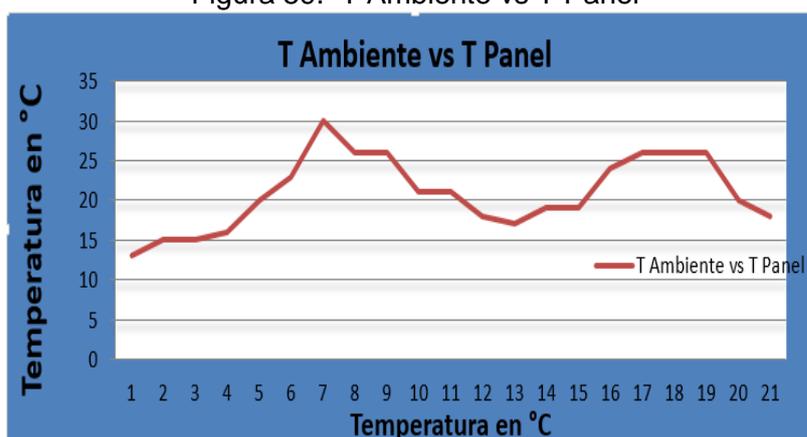


Fuente: Autor

Se realiza las pruebas obteniendo los datos de temperatura en el día que va desde la mínima de 12 °C has una máxima de 24°C en el lugar de instalación del resultado de los días de prueba como indica en la tabla 19.

Representa los cambios de temperatura por motivos que esos días estuvo parcialmente nublado pero sin intervalos de lluvia, la figura 59 representa el comportamiento del sistema el pico de temperatura alcanzado es de 24 °C la temperatura ambiente garantiza la acumulación de energía en las baterías para su funcionamiento.

Figura 59. T Ambiente vs T Panel



Fuente: Autor

De acuerdo a los datos de la tabla 18 de las pruebas realizadas al sistema en funcionamiento, la temperatura del panel aumenta en 1°C a la temperatura ambiente y cuando esta constante la temperatura ambiente se concentra aumentando hasta 5°C en los puntos del panel solar como indica en la figura 60.

Figura 60. Comparación de T Ambiente y V del Baterías



Fuente: Autor

Los datos de la tabla 18 de temperatura ambiente y del voltaje de las baterías indican el comportamiento de la carga de las baterías al tener entre 15 a 20 °C, en el panel el voltaje aumenta de 15 a 20 V en las baterías y si la temperatura esta más de 20 °C el voltaje también aumenta en esa proporción como indica en la figura 61.

Figura 61. T De los puntos del panel vs Tiempo



Fuente: Autor

Los datos que se obtuvo de los puntos del panel solar como indica en la tabla 18 indican el comportamiento de las temperaturas en todo el panel al ser uniformes todas estas temperaturas significa que la posición y los ángulos están bien tomados y la instalación es correcta como se indica en la figura 62.

El consumo energético de los distintos aparatos que se tiene en funcionamiento son los siguientes:

Tabla 20. Datos de corriente.

Equipos	Corriente	Voltaje	Potencia
Controlador	0,01	115	1,15
Motor	3	115	345
Pico (2 seg)	6,2	115	713

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 19, el consumo de cada equipo real del proyecto está justificado la utilización del inversor en los picos de corriente altos en 2 segundos.

Durante los dos meses que dura la producción se ha obtenido los siguientes datos como se observa en la Tabla 21.

Tabla 21. Datos de crecimiento de la planta

Tiempo (Días)	Tamaño (cm)		
	Hojas (altura)	Tallo	Raíz
15	3	0.2	3
30	5	1	7
60	10	2	18
75	16	3	30

Fuente: Autor

La plantación se lo realiza a los 15 días desde la germinación de las semillas cuando el tamaño de la raíz tiene una altura de 3 centímetros de largo.

Si la raíz no cumple con esta altura esta propensa a morir porque la raíz no está en contacto con el agua, por lo tanto se debe realizar el control de calidad de todas las plantas antes de su plantación.

En los primeros 15 días de haber realizado la plantación se debe realizar un chequeo general de la plantación porque en este tiempo las plantas que no están en contacto con el agua comienzan a secarse y mueren, después de este tiempo la plantación crece y se desarrolla sin ningún inconveniente

Figura 62. Plantas en el sistema Hidropónico



Fuente: Autor

CAPÍTULO VII

7 ANÁLISIS DE COSTOS

7.1 Generalidades

Dentro del análisis pertinente de los costos de fabricación del sistema de la Planta Hidropónica se deben considerar los costos de los materiales, mano de obra, y los costos y gastos de fabricación.

Los mismos que se clasifican en dos grupos denominados costos directos y costos indirectos, de esta manera se podrá determinar el valor del proyecto y posteriormente su rentabilidad.

En la tabla 22 se especifican las partes importantes que componen la Plata Hidropónica:

Tabla 22. Partes de la Planta Hidropónica

Item	Descripción
1	Sistema Hidráulico
2	Sistema Fotovoltaico
3	Sistema de Automatización

Fuente: Autor

Para la elaboración del sistema de la Planta Hidropónica se definen como costos directos e indirectos a los siguientes elementos:

7.2 Costos directos

Son aquellos que se relacionan de manera directa en la elaboración del sistema de la Planta Hidropónica, como los costos de los materiales y costos de la mano de obra, todos estos valores son tomados desde las primeras actividades hasta la culminación del proyecto.

A continuación se hace el respectivo análisis de los costos directos que intervienen en la elaboración del sistema de la Planta Hidropónica.

7.2.1 *Costos de materiales.* Para la implementación del sistema de riego a través de la Planta Hidropónica se listaron los materiales y su costo en la tabla 23:

Tabla 23. Costos de materiales

Descripción	Precio unitario	Cantidad	Sub total
Bomba Centrífuga ¼ HP Truper 120V 70L/H	101,23	1	101,23
Tubo Roscable plastidor 1 pulg	11,50	2	23,00
TEE PP 1 pulg	1,88	5	9,40
Neplo H3 1 pulg	0,80	8	6,40
Codo PP 1 pulg x 90 ø	1,45	8	11,60
Unión PP 1 pulg	1,23	12	14,76
Adaptador Flex Reductor 1 - 1/2 pulg	0,50	12	6,00
Abrazadera Ref TITAN 1/2 Pulg	0,55	6	3,30
Tubos Plastigama 4 pulg [m]	4,18	60	250,80
Tubos Plastigama 2 pulg [m]	2,10	30	63,00
Codo Plastigama 1 pulg x 90 ø	1,17	45	52,65
Codo Plastigama 4 pulg x 90 ø	3,18	6	19,08
Manguera 1 pulg	0,60	20	12,00
Controlador HUNTER 8 Salidas	113,50	1	113,50
Válvula 1 pulg eléctrica 24 VAC	29,30	3	87,90
Tablero de Control	120,00	1	120,00
Inversor Victron Energy Phoenix Inverter 24/800-120V	530,00	1	530,00
Panel Solar Fotovotailco Fortune 180 W 24V	450,00	1	450,00
Batería Ritar 12V 100Ah AGM	310,00	2	620,00
Regulador Phocos CX 20 A 12/24V datalogger USB	152,00	1	152,00
Total materiales			2646,62

Fuente: Autor

7.2.2 *Costo de la mano de obra.* Se tomará en cuenta como costos de la mano de obra para la elaboración del sistema de riego a los siguientes:

Tabla 24. Costo de la mano de obra

Descripción	Salario real/hora \$	Horas-hombre	Subtotal
Ayudantes en general	2,00	24	48,00
Total mano de obra			48,00

Fuente: Autor

7.2.3 *Costo total directo.* Es así que al obtener el desglose de cada rubro que conforman los costos directos se determina el costo total directo del sistema la planta hidropónica, como se muestra en la tabla 25.

Tabla 25. Costo total directo

Costo de materiales	2646,62
Costo de mano de obra	48,00
Total costos directos	2694,62

Fuente: Autor

7.3 Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos que si bien intervienen en la elaboración de la Planta Hidropónica no lo hacen de manera directa como los materiales, es así que como costos indirectos se incluye a los costos de transporte.

Costo por transporte de materiales. Dentro de éste rubro se definió el valor de 50 dólares ya que la adquisición de la mayoría de los materiales se efectuó en la ciudad de Quito y posteriormente se trasladaron hasta el cantón de Quero provincia de Tungurahua.

Tabla 26. Costos indirectos

Rubro	Ruta			Precio total
Transporte particular	Quero	Quito	Quero	50,00
Total transporte				50,00

Fuente: Autor

Costo total indirecto. Se determinaron los siguientes valores dentro de los costos indirectos de fabricación de la planta hidropónica:

Estos valores están tomados directamente en transporte para obtener los equipos de una

u otra ciudad hasta el lugar del proyecto.

Tabla 27. Costo total indirecto

Costos	Precio total
Transporte	50,00
Subtotal	50,00

Fuente: Autor

7.4 Costos totales

Para determinar el valor total del diseño e implementación del sistema de riego para la Planta Hidropónica se procedió con la sumatoria de los costos totales directos e indirectos mencionados anteriormente y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 28. Costo total

Costos directos	2694,62
Costos indirectos	50,00
Total	2744,62

Fuente: Autor

Se obtiene el costo total de la Planta Hidropónica de \$ 2744,62

7.5 Rentabilidad del proyecto

Es la medición en términos monetarios de los beneficios que van a generar la inversión realizada y lo que se va a obtener al momento de implementar el sistema de riego para la Planta Hidropónica.

Para ello es importante tomar en cuenta un factor de afectación relevante que va a ocasionar que la Planta Hidropónica disminuya su valor año tras año por el desgaste y obsolescencia de la misma por distintos factores como el clima y/o el tiempo, éste desgaste se puede calcular a través de los métodos de depreciación del activo fijo.

Calculando la depreciación. Consiste en reconocer la pérdida de valor que va a sufrir año tras año la planta hidropónica, la depreciación se realizará de acuerdo a la naturaleza de los bienes, a la duración de su vida útil y el tipo del cálculo a utilizarse.

Método de Cálculo

El método de cálculo que generalmente se utiliza es el denominado depreciación lineal o de línea recta, el cual consiste en asignar a cada activo una vida útil, dividiendo el valor de adquisición entre el número de períodos (puede ser en meses o en años) comprendidos en dicha vida útil.

Se considerará como porcentaje de depreciación al rubro correspondiente a Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles que es el 10% anual o 10 años.

Valor de vida útil o valor de salvamento

Al valor de vida útil se lo define como la estimación del valor que el bien o activo tendrá para la empresa o en éste caso para el proyecto de factibilidad, una vez cumplido su vida útil, en éste caso el valor de salvamento es de 10 años.

Como se mencionó anteriormente la vida útil del rubro maquinaria y equipos es de 10 años, pero de acuerdo con el diseño del equipo y las condiciones naturales se tomará como vida útil el tiempo de 9 años aproximadamente para el cálculo de la depreciación de la Planta Hidropónica.

Para el cálculo del valor de vida útil se considerará la siguiente ecuación:

$$V_{salvamento} = V_{inicial} - \frac{V_{inicial} * n}{N} \quad (24)$$

Dónde:

$V_{salvamento}$ = Valor de salvamento en (\$)

$V_{inicial}$ = Valor de costo inicial de la Planta Hidropónica en (\$)

n = Tiempo de vida útil 9 años

N = Tiempo de depreciación en 10 años

Al remplazar en la ecuación se obtiene como valor de salvamento el siguiente:

$$V_{salvamento} = 2744,62 - \frac{2744,62 * 9}{10}$$

$$V_{salvamento} = 274,46 \text{ USD}$$

Cálculo de la depreciación. En el proceso del cálculo de la depreciación de la Planta Hidropónica se debe tomar en cuenta los siguientes elementos:

- Vida útil: Se considera como vida útil a la duración o tiempo que se va a utilizar el equipo dentro de la empresa. Las bases utilizadas para la determinación de la vida útil son:
- Tiempo años del equipo.
- Capacidad de producción: representado por la producción total.

Métodos de depreciación. Después de haber calculado el costo de la Planta Hidropónica se procede a efectuar el cálculo de la depreciación, el mismo que se lo va

A calcular a través del método de línea recta.

Método de línea recta

Este método de Depreciación consiste en dividir el valor inicial menos el valor de salvamento del activo para los años de vida útil del mismo, y cuyo valor será restado año tras año del valor neto del bien hasta que al cumplir con la vida útil del activo el valor quedará en cero. La fórmula para calcular la Depreciación es:

$$D_{anual} = \frac{V_{inicial} - V_{salvamento}}{N} \quad (25)$$

Dónde:

D_{anual} = Depreciación anual [€]

$V_{inicial}$ = Valor de costo inicial [€]

$V_{salvamento}$ = Valor de salvamento [€]

N = Tiempo de depreciación en 10 años

Al remplazar en la ecuación 25 se tiene que la depreciación anual de la maquina es:

$$D_{anual} = \frac{2744,62 \text{ USD} - 274,46 \text{ USD}}{10} = 247,02$$

Una vez que se calculó el valor de la Depreciación, se procede a elaborar la tabla 28

con los valores anuales y acumulados.

Tabla 29. Depreciación anual de la Planta Hidropónica

Año	Depreciación anual (USD)	Depreciación acumulada (USD)	Valor anual (USD)
0	0,00	0,00	2744,62
1	247,02	247,02	2497,60
2	247,02	494,04	2250,58
3	247,02	741,06	2003,56
4	247,02	988,08	1756,54
5	247,02	1235,10	1509,52
6	247,02	1482,12	1262,50
7	247,02	1729,14	1015,48
8	247,02	1976,16	768,46
9	247,02	2223,18	521,44
10	247,02	2470,20	274,42

Fuente: Autor

7.2.1 *Cálculo de ingresos.*- Nos permite determinar los ingresos que se obtendrán a través de la utilización de la planta hidropónica se efectúan a través de los siguientes criterios y cálculos:

- El desarrollo y el proceso de crecimiento de la lechuga llega a su madures aproximadamente en dos meses, la planta Hidropónica abarca un total de 648 plantas.
- Se obtiene la producción neta bimensual de lechuga de 648 unidades.

Producción neta anual de lechuga de:

$$P_n = 3888 \text{ unidades}$$

El costo de lechuga en el mercado es de:

$$C_{lechuga} = 0,40$$

Y se tiene un costo de lechuga anual real de:

$$C_{lechuga} = 1555,2 \text{ USD}$$

7.2.2 Cálculo de egresos. Dentro del análisis de la rentabilidad del proyecto es importante determinar los egresos en la utilización de la planta hidropónica.

Gasto de construcción de la Planta Hidropónica, fue determinado por la sumatoria de los costos directos e indirectos.

Se obtiene de resultado un costo total de \$2744,62 USD.

Costos de materia prima (lechuga)

Los costos de las semillas o plantas de lechuga para su cultivo pueden variar si la presentación de la misma es en semilla o en plantas, en la tabla 30 y 31 se muestra los precios de las lechugas las cuales son de alta demanda.

Tabla 30. Costos de semillas.

Lechuga	Costo/kg [USD]
Iceberg	30
Roble	30
Romana	30

Fuente: Agrocalidad

Tabla 31. Costos de Plantas.

Lechuga (15 días)	Costo/unidad [USD]
Iceberg	0,01
Roble	0,01
Romana	0,01

Fuente: Agrocalidad

Para el cultivo Hidropónico se selecciona plantas de lechuga Romana de dos semanas de germinación que son las de mayor demanda.

Como la plantación de la lechuga romana se realiza de manera bimensual entonces el valor es:

$$C_{lechuga} = 6,48 \text{ USD}$$

Costos de energía eléctrica consumida

El sistema de bombeo fotovoltaico a través de la Planta Hidropónica permite que los costos de la electricidad en la producción de la semilla disminuyan totalmente, lo que equivale a que el valor en los registros contables sea igual a USD o (cero), los mismos influyen directamente y de manera positiva en los costos de producción ya que de ésta manera el producto (lechuga) va a ser rentable y permitirá obtener una mayor utilidad al momento de la venta. Este rubro que por lo general influye directamente en el producto final (lechuga) de manera relevante, se lo ha reducido en un 100% a través de la aplicación del presente proyecto, ya que por medio de la utilización de la energía de los paneles solares se evita el uso de la energía eléctrica y los costos que esto conlleva. Ahora el ahorro en el rubro de energía eléctrica es:

Tabla 32. Valor de la energía fotovoltaica

Rubro	Valor por Kwh	Consumo Mensual [kWh]	Total [USD]
Energía Fotovoltaica	0,40	10,38	4,15

Fuente: <http://www.evwind.com/>

El valor de la energía fotovoltaica en el Ecuador está a un costo de 0,40 según la información de la revista REVE.

Costos Totales de Egresos

Después del análisis de egresos en los que se incurren al momento de la elaboración de la Planta Hidropónica se muestra en la tabla 32 de manera resumida los egresos anuales de producción de la Planta Hidropónica.

Tabla 33. Egresos.

Plantas	Costo [USD]
Costos de materia prima (plantas de lechuga Romana)	38,88
Costos de energía eléctrica consumida.	0
EGRESO TOTAL ANUAL	38,88

Fuente: Autor

7.2.3 Análisis de resultados. Para establecer el beneficio en la obtención de los ingresos de la planta hidropónica se deben determinar los costos en relación a los

ingresos desde el primer año de producción, para ello se debe identificar los siguientes rubros:

Costo Unitario de la lechuga en el primer año:

- Valor egresos: \$ 38,88 USD
- Costos de fabricación: \$ 2744,62
- Total: \$ 2783,50
- Unidades producidas: 3888

$$C_{unitario} = 0,70$$

El costo de producción de la lechuga asciende a \$ 0,70 por cada unidad producida esto se debe a que en el primer año de producción se incluyen los costos de fabricación de la Planta Hidropónica, a pesar de ello para que la lechuga pueda venderse a partir de la primera producción se lo debe hacer a \$ 0,40 para que pueda ser competitiva de acuerdo PVP.

Es así que en el primer año va a existir una pérdida de \$0,30 por lechuga, por ello se efectúa la tabla 33 en donde se muestra en qué año el proyecto empezará a ser rentable y los costos bajaran hasta empezar a obtener la utilidad en la aplicación del proyecto. Es importante recalcar que se estima un crecimiento del 0,05 ctvs. en el valor de precio de mercado en los años subsiguientes, tal como se muestra en las Tablas 34 y 35.

Tabla 34. Rentabilidad del Proyecto

Rubros / Años	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Costo de Producción	2783,5			
Pérdida año anterior	-	1228,3	0	0
PVP	0,4	0,45	0,5	0,55
Unidades Producidas	3888	3888	3888	3888
Ingresos	1555,2	1749,6	1944	2138,4
Pérdida / Utilidad	-1228,3	521,3	1944,00	2138,40

Fuente: Autor

Como se puede observar el proyecto será rentable a partir del segundo año de producción si el PVP es de \$ 0,40, esto se debe a que en el primer año se va a asumir

los costos de producción de la Planta Hidropónica.

Tabla 35. Rentabilidad del Proyecto por Venta Orgánica

Rubros / Años	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Costo de Producción	2783,5			
PVP	0,8	0,85	0,9	0,95
Unidades Producidas	3888	3888	3888	3888
Ingresos	3110,4	3304,8	3499,2	3693,6
Utilidad	326,9	3304,8	3499,20	3693,60

Fuente: Autor

Se puede ver de acuerdo a la Tabla 34 que al vender la lechuga a 0,80 ctvs como un producto "Orgánico" con el sello verde se obtiene utilidad desde el primer año de producción, incluso recuperando la inversión hecha en la fabricación del proyecto.

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Se concluye que la investigación realizada cumple con las expectativas tanto económicas como ambientales, siendo el mismo una forma de impulsar las energías renovables sobre las convencionales ayudando así a evitar la contaminación del planeta.

Al realizar el diseño hidráulico se concluye que el sistema es eficiente con 100% de contacto de agua en las raíces de las plantas y con 1% de pérdidas garantizando la igualdad en el riego y reduciendo el consumo de los recursos hídricos.

De acuerdo a las pruebas realizadas del sistema fotovoltaico garantiza la carga a las baterías para el consumo de todo el sistema, logrando integrar un sistema más acorde con las nuevas políticas de la eficiencia energética.

El sistema de control automático implementado permite que el proceso logre un control exacto y específico de los tiempos de riego para que las plantas se nutran y se desarrollen de forma uniforme.

La calidad y el rendimiento de la lechuga son directamente proporcionados por la solución orgánica nutricional disuelta en el agua y al conseguir un riego uniforme de las 648 unidades de lechuga nos permite obtener que las mismas tengan características iguales.

Para determinar la calidad del producto terminado se realiza pruebas químicas en el laboratorio, estas pruebas se lo realizó en el departamento de CESTTA (Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo dando los siguientes resultados. Ver anexo G

8.2 Recomendaciones

Se recomienda la intervención de entes gubernamentales con proyectos y programas que logren su rápida utilización para hogares donde carecen de recursos hidráulicos y sobretodo donde no tiene facilidades de utilizar energía eléctrica, este proyecto es el desarrollo del cambio de la matriz productiva agrícola para generar productos agrícolas libres de contaminación para el consumo humano. Para la instalación de la tubería donde van las plantas se debe tener en cuenta que este 100% nivelado y firme las partes donde van asentadas las mismas para no producir estancamientos y derrame del líquido.

Seleccionar las plantas adecuadas con suficiente raíz para que las mismas estén en contacto con el líquido, por lo tanto se debe revisar los primeros días de realizar la siembra para evitar la muerte prematura de las plantas, o de lo contrario si el líquido esta en exceso provocaría la pudrición del tallo y por ende la muerte de las mismas.

Al realizar la instalación del sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta los ángulos α y β para reducir las pérdidas y obtener la mejor eficiencia del sistema; realizar la instalación de las baterías y del circuito eléctrico con las indicaciones determinadas por los fabricantes y con las medidas de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA Alberto, Breve historia del Ecuador, Corporación Editora Nacional, segunda edición, Quito, 2006.

ALCOR, E. Instalaciones Solares Fotovoltaicas. 3ra Edición. Madrid: Promotora General de Estudios S.A., 2008.

ABELLA, M. Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al diseño y dimensionado de Instalaciones de energía solar fotovoltaica. 1ra Edición. Madrid: Era Solar, 2009.

BOSCH. Kit Solar. Catalogo 2012.

CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CONELEC). Plan Maestro de Electrificación 2009-2020. Quito: Documento pdf, 2009

DANIELS, Farrington. Uso de la Energía Solar. México: Baume, 1980 CTE Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la Vivienda. Marzo 2006.

INSTITUTO DE ENERGÍA SOLAR. Norma Técnica Universal para Sistemas Fotovoltaicos Domésticos. Versión 2. Thermie B: SUP-995-96. (Traducción) Madrid, 1998 Revisado en 2001.

GEMMA VÁZQUEZ ARENAS. Instalaciones de ACS. Área de Construcciones

LUSZCZEWSKI, A. Redes Industriales de Tuberías, Bombas para Agua, Ventiladores y Compresores. España. Reverté, 1999.

MINISTERIO DE ELECTRICIDAD. - Ecuador. Publicaciones periódicas. Quito – Ecuador, 2008.

SANTILLÁN, Rodolfo. Fuentes Alternas de Energía, Energía Solar. Riobamba - Ecuador: ESPOCH, 2000.

SCHAUM, P. Mecánica de Fluidos e Hidráulica. España: McGraw-Hill, 2005.

TARQUIN, Anthony. Ingeniería Económica. 6ta. Ed. México: McGraw-Hill., 2006.

LINKOGRAFÍA

<http://www.botanical-online.com/medicinals/lactucasativa.htm>

<http://enforma.salud180.com/nutricion-y-ejercicio/10-cosas-que-no-sabias-de-la-lechuga>

<http://www.vitadelia.com/alimentacion-y-nutricion/la-lechuga-sus-propiedades>

<http://fruteria.joanmsegura.es/es/lechugas/56-lechuga-hoja-de-roble-roja.html>

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/722/3/t-espe-025114-3.pdf>
sistemas fotovoltaico

http://es.wikipedia.org/wiki/radiaci%C3%B3n_solar

http://www.fondear.org/infonautic/equipo_y_usos/electricidad_energia/controladorcarga/controladorcarga.htm

<http://www.imporex.com.mx/inversores/inversores.html>

[http://es.wikipedia.org/wiki/inversor_\(electr%C3%B3nica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/inversor_(electr%C3%B3nica))

http://es.wikipedia.org/wiki/bater%C3%ada_recargable

http://www.buderus.com.mx/?page_id=6688

http://www.energia-solar_fotovoltaica.info/5_tecnologia_solar_fotovoltaica/15_sistema_fotovoltaico.html

<http://www.hydroenvironment.com.mx/>

<http://oa.upm.es/6531/1/amd-apuntes-fluidos.pdf>
tpjlhksatgnyh4ca&ved=0ceaq6aewba#v=onepage&q=para%20que%20sirve%20el%20numero%20reynolds%20en%20mecnica%20de%20fluidos&f=false

<http://www.hunterindustries.com/es/preguntas-frecuentes-sobre-programadores>

<http://eliseosebastian.tumblr.com/post/53530683135/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion>

http://www.ehowenespanol.com/reparar-sistemas-riego-marca-hunter-como_59431/

<http://www.hunterindustries.com/es/preguntas-frecuentes-sobre-programadores-conelec>

http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/atlas.pdf

http://www.renova-energia.com/productos_inversores/index.html catalogos

<http://codesolar.homestead.com/energia-solar/energias-renovables/mapa-ubicacion-quito.html>