



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**Sede Santo Domingo**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

Tesis de grado previo a la obtención del título de:  
**INGENIERO ELECTROMECÁNICO, MENCIÓN EN AUTOMATIZACIÓN**  
**INDUSTRIAL**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**  
**ALIMENTADO POR PANELES SOLARES EN LA HACIENDA EL OASIS UTE**  
**EXTENSIÓN SANTO DOMINGO 2013”**

**Estudiantes:**

**MIJAIL VLADIMIR HERRERA SÁNCHEZ**  
**MARCO ANTONIO PAGUAY HERRERA**

**Director de Tesis:**

**Ing. JAVIER DÍAZ. MgS.**

**Santo Domingo – Ecuador**

**Mayo, 2015**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO  
ALIMENTADO POR PANELES SOLARES EN LA HACIENDA EL OASIS UTE  
EXTENSIÓN SANTO DOMINGO 2013**

Ing. Javier Díaz C. MgS.

**DIRECTOR DE TESIS**

---

**APROBADO**

Ing. Edwin Grijalva

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Edwin Grijalva

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Carlos Centeno

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Santo Domingo ..... de.....2015.

**Autores: MIJAIL VLADIMIR HERRERA SÁNCHEZ  
MARCO ANTONIO PAGUAY HERRERA**

**Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.**

**Título de Tesis: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
DE RIEGO POR GOTEO ALIMENTADO POR  
PANELES SOLARES EN LA HACIENDA EL  
OASIS UTE EXTENSIÓN SANTO DOMINGO 2013**

**Fecha: MAYO, 2015**

El contenido del presente trabajo, está bajo la responsabilidad de los autores.

---

**MIJAIL VLADIMIR HERRERA SÁNCHEZ  
C.I 1722426275**

---

**MARCO ANTONIO PAGUAY HERRERA  
C.I 1717361008**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**Sede Santo Domingo**

**INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS**

Santo Domingo.....de.....del 2015

Ing. Edwin Grijalva

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA Y  
AUTOMATIZACIÓN**

Estimado Ingeniero

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo investigativo realizado por los señores: **MIJAIL VLADIMIR HERRERA SÁNCHEZ Y MARCO ANTONIO PAGUAY HERRERA**, cuyo tema es: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO ALIMENTADO POR PANELES SOLARES EN LA HACIENDA EL OASIS UTE EXTENSIÓN SANTO DOMINGO 2013”**, ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes

Atentamente.

---

Ing. Javier Díaz MgS  
**DIRECTOR DE TESIS.**

# DEDICATORIA

A nuestros padres por el apoyo  
Incondicional, por su cariño,  
por nunca dejar de creer en  
nosotros desde el primer momento de  
iniciar nuestros procesos educativos y  
por ser el pilar fundamental  
en la vida, todo lo bueno que hemos  
conseguido hasta ahora ha sido  
gracias a ellos, son el mejor regalo  
que recibimos de Dios.

# AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la oportunidad de seguir en este mundo y de continuar por el camino correcto además de nunca desampararnos en momentos difíciles de la vida.

A nuestras madres por su apoyo, por sus consejos y enseñanzas los cuales nos permitieron formarnos como personas responsables, correctas y con valores.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA	PAG.
Portada.....	i
Sustentación y Aprobación de los Integrantes del Tribunal.....	ii
Responsabilidad del Autor.....	iii
Informe del Director de Tesis.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Indice de contenidos.....	xvii
Resumen Ejecutivo.....	xvii
Executive Summary.....	xviii

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.1.1	Formulación del problema.....	2
1.1.2	Sistematización.....	2
1.2.	Justificación:.....	3
1.2.1.	Conveniencia:.....	3
1.2.2.	Impacto Teórico.....	3
1.2.3.	Impacto Social.....	3
1.2.4.	Impacto Metodológico.....	4
1.2.5.	Impacto Práctico.....	4
1.2.6.	Impacto Ecológico.....	4
1.2.7.	Viabilidad.....	4
1.3.	Alcance.....	5
1.4.	Objetivos de la Investigación.....	5
1.4.1.	Objetivo general.....	5

1.4.2.	Objetivos específicos .....	5
1.5.	Hipótesis .....	6
1.5.1.	Formulación hipótesis .....	6
1.5.2.	Operacionalización de la hipótesis .....	6
1.5.2.1.	Variables .....	7
1.5.2.1.1.	Variable independiente .....	7
1.5.2.1.2.	Variable dependiente .....	7
1.5.2.1.3.	Indicadores.....	7
1.6.	Alcance de la investigación .....	7

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1.	Antecedentes.....	8
2.2.	Fundamentos teóricos. ....	8
2.2.1.	Las energías renovables y no renovables. ....	8
2.2.1.1.	Energías renovables:.....	9
2.2.1.2.	Energías no renovables:.....	9
2.2.2.	Energía solar fotovoltaica.....	9
2.2.2.1.	Sistema fotovoltaico .....	10
2.2.2.2.	Efecto fotovoltaico .....	11
2.2.2.3.	Módulos fotovoltaicos .....	12
2.2.3.	Radiación Solar .....	15
2.2.3.1.	Irradiación e Irradiancia.....	16
2.2.3.2.	Irradiación en Santo Domingo.....	17
2.2.3.3.	Hora sol pico.....	18
2.2.3.4.	Características de la curva I – V.....	19
2.2.3.5.	Puntos y células calientes .....	24
2.2.4.	Batería.....	27
2.2.4.1.	Características de una batería .....	27
2.2.4.2.	Capacidad de Batería .....	27
2.2.4.3.	Profundidad de descarga.....	28

2.2.4.4.	Vida útil .....	28
2.2.5.	El regulador o controlador de carga .....	29
2.2.5.1.	Características de un regulador.....	30
2.2.6.	El inversor .....	30
2.2.6.1.	Características de un inversor.....	31
2.2.7.	Riego.....	32
2.2.7.1.	Métodos de riego. ....	33
2.2.8.	Conceptos generales de goteo.....	33
2.2.8.1.	Ventajas del sistema. ....	34
2.2.8.2.	Desventajas del sistema. ....	34
2.2.8.3.	Eficiencia en el uso del agua. ....	34
2.2.8.4.	Componente del método de riego por goteo.....	35
2.2.9.	Tuberías de distribución .....	36
2.2.10.	Emisores. ....	37
2.2.11.	Bombas centrífugas .....	38
2.2.11.1.	Curvas características y punto de operación.....	38
2.2.11.2.	Curva característica del funcionamiento de la bomba.....	38
2.2.11.3.	Curva característica de la eficiencia de la bomba.....	40
2.2.11.4.	Potencia hidráulica entregada por la bomba.....	41
2.2.11.5.	Potencia eléctrica suministrada por el motor a la bomba .....	41
2.2.11.6.	Curva característica del sistema de bombeo.....	42
2.2.12.	Pérdidas de carga en un sistema de bombeo .....	43
2.2.12.1.	Pérdidas primarias de carga.....	44
2.2.12.1.1	El factor de fricción de una tubería .....	44
2.2.12.1.2	Número de Reynolds. ....	45
2.2.12.2.	Pérdidas secundarias de carga. ....	46

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA**

3.1.	Sitio de estudio .....	47
3.1.1	Localización geográfica.....	47

3.1.2	Características climáticas .....	47
3.2.	Diseño agronómico del cultivo.....	48
3.2.1	Determinación de la evapotranspiración del cultivo .....	48
3.2.2	Cálculo y selección de la bomba y sistema hidráulico de Riego.....	61
3.2.2.1.	Cálculo de la bomba mediante el método <i>TDH</i> (Altura Dinámica Total).....	61
3.2.2.2.	Cálculo de la altura estática .....	62
3.2.2.3.	Cálculo de la altura dinámica: .....	62
3.2.3	Calculo de dimensionamiento del sistema fotovoltaico .....	70

## **CAPITULO IV**

### **IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

4.1.	Implementación .....	86
4.1.1	Construcción de la estructura de hormigón del tanque y de paneles solares....	86
4.1.2	Instalación de tuberías eléctricas e hidráulicas.....	87
4.1.3	Pozo de agua.....	88
4.1.4	Preinstalación de paneles en estructura .....	88
4.1.5	Instalación del equipo fotovoltaico.....	89
4.1.6	Construcción de tablero eléctrico de control y fuerza del sistema de riego. ....	93
4.1.7	Instalación de elementos del sistema de riego por goteo.....	96
4.2	Pruebas de funcionamiento.....	101
4.2.1.	Inversor.....	101
4.2.2.	Medición de voltaje y corriente para el encendido de la bomba .....	102
4.2.3.	Medición de voltaje y corriente en baterías .....	104
4.2.4.	Verificación de caudal .....	106

## **CAPITULO V**

### **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

5.1.	Manual de operación de llenado del tanque elevado.....	108
5.2.	Manual de operación del sistema de riego.....	110

5.3.	Manual de mantenimiento del sistema fotovoltaico .....	111
5.4.	Manual de mantenimiento del sistema de riego .....	112

## **CAPITULO VI**

### **PRESUPUESTO**

6.1.	Presupuesto .....	113
------	-------------------	-----

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1.	Conclusiones: .....	115
7.2.	Recomendaciones: .....	116
BIBLIOGRAFÍA .....		118
ANEXOS .....		122
PLANOS .....		133

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPITULO II

Figura N° 2. 1.	Esquema de un sistema fotovoltaico .....	10
Figura N° 2. 2.	Tipos de radiación .....	16
Figura N° 2. 3.	Espectro de radiación solar y actividad fotosintética. ....	17
Figura N° 2. 4.	Mapa de Insolación Global.....	17
Figura N° 2. 5.	Horas Sol Pico .....	18
Figura N° 2. 6.	Características de la curva I - V.....	19
Figura N° 2. 7.	Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de radiación (T°, constante de 25 °C) .....	23
Figura N° 2. 8.	Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes temperaturas de Operación (irradiancia constante 1,000W/m2) .....	24
Figura N° 2. 9.	Punto de trabajo de una célula sombreada a la mitad.....	25
Figura N° 2. 10.	Termografías correspondientes a dos células sombreadas a la mitad ...	25
Figura N° 2. 11.	Puntos calientes provocados por deposiciones no homogéneas de polvo. ....	26
Figura N° 2. 12.	Regulador de carga .....	29
Figura N° 2. 13.	Inversor de carga .....	31
Figura N° 2. 14.	Gotero tipo katif.....	37
Figura N° 2. 15.	Altura vs Caudal .....	38
Figura N° 2. 16.	Eficiencia vs Caudal .....	40
Figura N° 2. 17.	Altura requerida vs. Caudal. ....	43

### CAPITULO III

Figura N° 3. 1.	Ubicación geográfica.....	47
Figura N° 3. 2.	Mapa del Ecuador de Evapotranspiración Potencial .....	49
Figura N° 3. 3.	Afluente que pasa por el sector.....	61
Figura N° 3. 4.	Interpolación – Tabla Plastigama Q-Pc .....	63

Figura N° 3. 5.	Interpolación – Tabla Plastigama Q -V .....	64
Figura N° 3. 6.	Curva de selección de Bomba .....	67
Figura N° 3. 7.	Bomba de agua .....	68
Figura N° 3. 8.	Plano de la plantación de cacao .....	69
Figura N° 3. 9.	Curva I – V del panel de 90w .....	70
Figura N° 3. 10.	Mapa de Insolación Global.....	72

## CAPITULO IV

Figura N° 4. 1.	Estructura de hormigón del tanque y paneles .....	86
Figura N° 4. 2.	Instalación de tuberías eléctricas e hidráulicas de la torre.....	87
Figura N° 4. 3.	Instalación de tuberías eléctricas e hidráulicas hacia la bomba.....	87
Figura N° 4. 4.	Pozo para la succión de la bomba.....	88
Figura N° 4. 5.	Preinstalación de paneles solares en estructura .....	88
Figura N° 4. 6.	Revisión del material .....	89
Figura N° 4. 7.	Instalación de paneles solares en la torre.....	89
Figura N° 4. 8.	Puesta de paneles solares en la torre.....	90
Figura N° 4. 9.	Instalación en paralelo de los paneles solares .....	90
Figura N° 4. 10.	Inversor de 1kw .....	91
Figura N° 4. 11.	Conexión de baterías .....	91
Figura N° 4. 12.	Instalación del sensor de nivel en tanque elevado .....	92
Figura N° 4. 13.	Ubicación de tablero eléctrico .....	92
Figura N° 4. 14.	Distribución y conexión de los elementos de control y fuerza.....	95
Figura N° 4. 15.	Bomba centrífuga de ½ hp.....	95
Figura N° 4. 16.	Finalización de la instalación de los equipos y elementos en la torre .....	96
Figura N° 4. 17.	Válvula principal y sistema de filtrado.....	96
Figura N° 4. 18.	Colocación de tubería para el sistema de riego .....	97
Figura N° 4. 19.	Colocación de tubería para el sistema de riego .....	97
Figura N° 4. 20.	Válvulas de distribución V2 y V3 para apertura y cierre .....	98
Figura N° 4. 21.	Conexión de redes de distribución para goteros.....	98
Figura N° 4. 22.	Redes de distribución de agua .....	99

Figura N° 4. 23.	Perforación de manguera para puesta de gotero tipo katif .....	99
Figura N° 4. 24.	Caudal por el orificio realizado antes de la colocación del gotero ..	100
Figura N° 4. 25.	Colocación del gotero tipo katif en manguera.....	100
Figura N° 4. 26.	Vista del gotero tipo katif en manguera.....	101
Figura N° 4. 27.	Inversor de 1kw con sus respectivos valores de operación .....	102
Figura N° 4. 28.	Medición de voltaje en contactor de bomba.....	102
Figura N° 4. 29.	Medición de voltaje en la bomba.....	103
Figura N° 4. 30.	Medición de corriente en la bomba .....	103
Figura N° 4. 31.	Placa de bomba .....	104
Figura N° 4. 32.	Medición de voltaje en baterías .....	104
Figura N° 4. 33.	Medición de corriente entre batería e inversor .....	105
Figura N° 4. 34.	Capacidad y tipo de batería .....	105

## CAPITULO V

Figura N° 5. 1.	Breaker principal .....	108
Figura N° 5. 2:	Controlador de carga .....	109
Figura N° 5. 3:	Cabezal de riego .....	110
Figura N° 5. 4:	Curva de riego .....	110
Figura N° 5. 5:	Limpieza de paneles .....	111
Figura N° 5. 6:	Limpieza de lugares que dan sombra .....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPITULO III

Tabla N° 3. 1.	Coefficiente del cultivo .....	50
Tabla N° 3. 2.	Profundidad máxima efectiva de las raíces.....	51
Tabla N° 3. 3.	Propiedades físicas de los suelos .....	52
Tabla N° 3. 4.	Máximo porcentaje de agua aprovechada sugerida de acuerdo a Eto y al cultivo .....	52
Tabla N° 3. 5.	Accesorios.....	64
Tabla N° 3. 6.	Accesorios y tuberías para las subzonas .....	65
Tabla N° 3. 7.	Pérdida de carga en accesorios de PVC .....	66
Tabla N° 3. 8.	Pérdida de carga en accesorios .....	66
Tabla N° 3. 9.	Características técnicas de la bomba.....	68
Tabla N° 3. 10.	Determinación de la potencia y energía necesaria para el sistema de bombeo .....	70
Tabla N° 3. 11.	Encendido de la bomba.....	70
Tabla N° 3. 12.	Datos de energía solar Santo Domingo de los colorados NASA.....	73
Tabla N° 3. 13.	Datos de energía solar Santo Domingo de los colorados METEONORM .....	73
Tabla N° 3. 14.	Sección de cable.....	84
Tabla N° 3. 15.	Energía Semestral Generada .....	85

### CAPITULO IV

Tabla N° 4. 1.	Pruebas de caudal de tubería principal.....	106
Tabla N° 4. 2.	Pruebas de caudal de gotero tipo Katif .....	107

### CAPITULO VI

Tabla N° 6. 1.	Presupuesto .....	113
----------------	-------------------	-----

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.	Mapa del Ecuador de Evapotranspiración Potencial
ANEXO B.	Coefficiente del cultivo $K_c$
ANEXO C.	Profundidad máxima efectiva de las raíces
ANEXO D.	Propiedades físicas de los suelos
ANEXO E.	Máximo porcentaje de agua aprovechada sugerida de acuerdo a $E_{to}$ y al cultivo
ANEXO F.	Accesorios y tuberías para las subzonas
ANEXO G.	Pérdida de carga en accesorios de PVC
ANEXO H.	Pérdida de carga en accesorios
ANEXO I.	Sección de cable
ANEXO J.	Curva de Bomba
ANEXO K.	Características técnicas de la bomba
ANEXO L.	Características técnicas de la bomba
ANEXO M.	Mapa de Insolación Global Promedio anual
ANEXO N.	Panel solar fotovoltaico simax 90 w –12v
ANEXO O.	Datos del panel

## RESUMEN EJECUTIVO

Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares en la hacienda el oasis UTE extensión Santo Domingo 2013. Proyecto de graduación al título de ingeniero Electromecánico y Automatización.

El objetivo de este estudio fue determinar todos los parámetros o variables involucradas en la fase agrícola, fotovoltaica e hidráulica del sistema de riego por goteo. El área de la plantación es de cacao, con un área de 3 hectáreas, de las cuales se tiene previsto el riego por goteo para una porción del mismo (1/8 ha). La fuente de agua será aprovechada de un riachuelo que se encuentra por el sector, donde se instaló una bomba centrífuga mediante la cual nos permitirá llevar el agua hasta un tanque elevado para luego ser aprovechada en el sistema de riego por goteo.

La energía solar que alimenta al sistema es aprovechada por paneles fotovoltaicos, controlado por un regulador de carga y almacenada en un banco de baterías, para luego ser transformada de un sistema de corriente continua a 12V a corriente alterna de 120V. Para la determinación del sistema de riego se requiere estudiar ciertos parámetros como la evapotranspiración. Se denomina como evapotranspiración máxima de cultivo ( $\epsilon_{Tc}$ ), cuando no existe restricción de agua en el suelo. Para su determinación utilizaremos el método detallado por Doorembos y Pruitt (1977), en la que ( $\epsilon_{Tc}$ ) se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$\epsilon_{Tc} = \epsilon_{To} * K_c$$

Del mapa del Ecuador de Evapotranspiración Potencial para la zona de Santo Domingo de los Colorados y según datos del INHAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), la zona tiene una evapotranspiración potencial entre 900 – 1000 mm/año, por lo que seleccionaremos el dato más bajo. Con esto parámetros tendremos la cantidad necesaria de agua requerida para el sistema, además se determina el diseño de tuberías.

## EXECUTIVE SUMMARY

The objective of this study was to determine all parameters or variables involved in the agricultural phase, photovoltaic and hydraulic of the system of irrigation by dripping. The planting area is cocoa, with an area of 3 hectares, of which it is expected the drip irrigation for a portion of the same (1/8 has). The source of water will be exploited on a creek that is located by the sector, where it was installed by a centrifugal pump which will allow keeping the water up to an elevated tank then be exploited in the drip irrigation system.

Solar power feeding system is exploited by photovoltaic panels, a charge controller-controlled and stored in a battery bank, to then be transformed from a system of DC to 12V to 120V AC power. For the determination of the irrigation system is required to study certain parameters such as evapotranspiration. Maximum crop evapotranspiration is when there is no restriction of water on the floor. For its determination, it will be used the method described by Doorembos and Pruitt (1977), in which is calculated using the following formula.

$$\epsilon_{Tc} = \epsilon_{To} * K_c$$

The map of Ecuador of potential evapotranspiration for the area of Santo Domingo de los Colorados and according to data from (NIMH) the National Institute of meteorology and hydrology the area has a potential evapotranspiration between 900-1000 mm/year, so it will be selected the lowest data. With this parameters it will be having the required amount of water required for the system, also determines the piping design.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema.

La provincia de Santo Domingo, caracterizada por su vocación y condiciones agroclimáticas favorables para el desarrollo agropecuario, ciertas regiones de Santo Domingo se ven afectadas por la ausencia del recurso agua en épocas de verano. Esto ha permitido que los productores agrícolas se vean afectados por la falta de agua para sus cultivos en épocas de verano produciendo una baja de producción en sus cultivos. El sistema de riego por goteo contribuye a un aumento de la producción y de la productividad de los cultivos, debido a que se abastece de la cantidad necesaria de agua, para las diferentes etapas del desarrollo de la plantas.

Considerando que el Recurso Agua es uno de los más importantes para la alimentación y desarrolló de los sistemas productivos agrícolas, en la zonas agropecuarias se ha optado a la utilización de tecnologías de sistemas de riego tales como son; riego por aspersión, riego por inundación y riego por goteo.

Debido o los acontecimientos climáticos por el abuso de contaminación atmosférica debido a la mala utilización de los recursos naturales como el petróleo, carbón, y otras, han causado el gran tema conocido como el Calentamiento Global, se propone el tema de tesis “Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares en la hacienda el oasis UTE extensión Santo Domingo 2013.” se opta por este sistema de riego por que se prevé que la cantidad de potencia requerida para el funcionamiento del sistema de riego por goteo es de menor proporción en cuanto se refiere a los otros sistemas.

Como estudiantes y representantes del tema de tesis Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares en la hacienda el oasis UTE extensión Santo Domingo 2013 , se asume el reto con la capacidad y los conocimientos

básicos para solucionar el problema que produce las temporadas de verano y se requiere con ello dejar en alto el nombre de la Facultad y de la Universidad, dando a conocer la gran responsabilidad y capacidad de sus estudiantes fuera de la provincia y del país. También es muy beneficioso que un estudiante de la Facultad de Ingeniería Electromecánica se inserte en el ámbito laboral agrícola debido a que según los gobiernos actuales uno de los recursos más importante para sacar al país de en vías de desarrollo será el recurso agrícola mediante la utilización de tecnologías eficientes y amables con el medio ambiente.

La Globalización de la economía se ha caracterizado por la modificación de las estructuras tradicionales de producción, manejo y comercialización de los productos del sector agropecuario, lo que hace necesario que se generen nuevas tecnologías para desarrollo y considerando que el sector agrícola productivo es la fuente principal de la generación de riqueza y trabajo permanente en nuestra provincia y sus condiciones agro-climáticas, exigen el uso adecuado y eficiente de sus recursos naturales y la aplicación de éstas nuevas tecnologías como es la energía solar. Frente a la necesidad de emprender la búsqueda de solución a los acuciantes problemas de contaminación y producción se propone este tema de tesis, especialmente en temporadas de verano.

### **1.1.1 Formulación del problema.**

¿Cómo utilizar los paneles solares en un sistema de riego por goteo?

### **1.1.2 Sistematización.**

¿Será útil y productivo utilizar energías renovables como la de sol para mantener la agricultura y mantener la vida de nuestro planeta?

¿Será beneficioso la construcción de un sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares para mejorar la producción?

¿Cuál es la especificación de los paneles solares para el sistema de riego por goteo?

¿Qué pasa con los parámetros de potencia requeridos por el sistema de riego por goteo?

¿Será suficiente el producido por los paneles solares?

¿La eficiencia del proyecto depende de la cantidad de sol producida?

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de utilizar un sistema de riego con paneles solares?

## **1.2. Justificación:**

### **1.2.1. Conveniencia:**

El propósito de la investigación y uno de sus objetivos es darle un uso a la fuente inagotable de la energía solar, con la cual se obtendrá energía eléctrica que alimentaran al sistema de riego mediante la utilización de los paneles solares en una parcela muestra en la hacienda el Oasis.

### **1.2.2. Impacto Teórico**

Mediante la investigación se obtendrá motivar y difundir conocimientos sobre el empleo de recursos alternos para la generación de energía eléctrica, utilizando paneles fotovoltaicos. Lo cual conllevara a conocer nuevas fuentes de energía mediante el aprovechamiento de la existente como la del sol, además nos orienta como aplicar estos recursos al campo agrícola.

### **1.2.3. Impacto Social**

Se pretende incentivar al estudiante universitario mediante esta investigación, a la utilización de la energía solar para aplicarla a los diferentes casos, como en la propuesta al campo agrícola a las cuales en muchos casos no se ha podido llegar con las energías clásicas, además se podrán beneficiar los agricultores de la zona y los del país, los cuales

verificaran que si se puede utilizar la energía solar aprovechada por los paneles para mejorar sus producciones.

#### **1.2.4. Impacto Metodológico**

Metodológicamente será un modelo de estudio que logre ser una alternativa para adquirir energía eléctrica aplicada al campo de la agricultura, no muy común en nuestro país, pero que actualmente estamos encaminados a la investigación y a la aplicación de energías renovables como la del sol.

#### **1.2.5. Impacto Práctico**

Con la investigación de tesis, se solucionará el problema de escasez de agua y la contaminación al medio ambiente, siendo un tema investigativo y práctico para la búsqueda de nuevas alternativas de cómo generar energía eléctrica en caso de no disponer combustibles o en circunstancias de estiaje; problema fundamental para la obtención de energía eléctrica en nuestro país.

#### **1.2.6. Impacto Ecológico**

Como hemos mencionado en algunas partes del proyecto que al tratarse de un tipo de energías renovables, la energía solar es considerada como una de las energías limpias, porque va a contribuir ambientalmente teniendo la visión de reducir la contaminación de nuestro medio ambiente y además disminuir el uso de combustibles que provocan la emisión de gases contaminantes al ambiente y que destruyen la vida de nuestro planeta.

#### **1.2.7. Viabilidad**

Esta investigación la consideramos que es viable ya que contamos con un alto nivel de irradiancia en nuestro entorno como lo demuestra el INHAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), la NASA y Meteonorm, entre otros. Además se conoce que en

nuestro mercado ya existe la comercialización de los paneles solares, y contamos con profesionales de alta capacidad que nos guiaran en nuestro estudio.

Ya en otras universidades se han hecho proyectos con la utilización de energía fotovoltaica para otros casos no como para el nuestro que está dirigido al campo agrícola.

### **1.3. Alcance**

Éste estudio servirá como una sustentación para determinar que los proyectos de sistema de riego por goteo ayudan al mejoramiento de la producción ya que son uno de los sistemas más eficientes. Además con su complemento, la energía limpia, es decir de paneles fotovoltaicos queremos demostrar que son alternativas excelentes para su implementación.

### **1.4. Objetivos de la Investigación**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Diseñar e implementar un sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares en la hacienda el Oasis UTE extensión Santo Domingo.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinación de parámetros o variables involucradas en la fase agrícola, fotovoltaica e hidráulica del sistema de riego por goteo.
- Diseñar el sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares.
- Seleccionar el equipo de panel fotovoltaico y materiales involucrados en el requerimiento para el sistema de riego por goteo.

- Construir e instalar, el sistema de riego por goteo y el equipo de panel fotovoltaico, respectivamente
- Elaboración de planos del sistema.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema aplicado.

## **1.5. Hipótesis**

Mediante la determinación de los parámetros, la implementación de un sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares, permitirá mostrar a las personas en especial a la del campo agrícola que este sistema puede ser una solución eficiente para los escasez de agua utilizando energía limpia y disponible.

### **1.5.1. Formulación hipótesis**

**Hi:** El diseño e implementación del sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares es capaz de mejorar la producción y dar la suficiente energía para su funcionamiento.

**Ho:** El diseño e implementación del sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares no es capaz de mejorar la producción y dar la suficiente energía para su funcionamiento.

### **1.5.2. Operacionalización de la hipótesis**

Determinación de parámetros o variables involucradas en la fase agrícola, fotovoltaica e hidráulica del sistema de riego por goteo.

### **1.5.2.1. Variables**

#### **1.5.2.1.1. Variable independiente**

Sistema de riego con paneles solares.

#### **1.5.2.1.2. Variable dependiente**

- Evapotranspiración
- Carga y demanda eléctrica.
- Potencia panel.
- Voltaje, Corriente.

#### **1.5.2.1.3. Indicadores**

- Evapotranspiración del cultivo (Etc)
- Evapotranspiración de referencia (Eto)
- Caudal
- Watios y Watios/hora.
- Wh/m<sup>2</sup>/día, Wp y Ah.
- Voltios y Amperios.

### **1.6. Alcance de la investigación**

Determinar los indicadores para su respectivo diseño, evapotranspiración del sitio a riego, caudal necesario para el tipo de prueba, potencia requerida de suministro de agua hacia el tanque elevado y diseño de tuberías y complementos.

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. Antecedentes**

En este país mucho más en esta provincia se encuentra rodeada de recursos naturales hídricos y de la fuente del sol que poco han sido aprovechados, que es vital para la agricultura, ganadería y para la generación de energía limpia a través de paneles fotovoltaicos respectivamente.

Hace varios años se ha buscado la forma de ahorrar agua y de aprovechar la energía del sol, prueba de esto son la generación de métodos de riego, como es el riego por aspersión, el riego por goteo, entre otros.

Es importante la implementación de este sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares, ya que es una de las técnicas más propicias y adecuada debido a que garantiza la utilización necesaria del recurso hídrico y solar. Además porque en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas no se ha visto la unión de estos dos sistemas.

#### **2.2. Fundamentos teóricos.**

##### **2.2.1. Las energías renovables y no renovables.**

A medida que una sociedad es más desarrollada consume más energía. Pero la energía que se obtiene del carbón, del petróleo y del gas no se renueva y se va agotando año tras año.

Lo más adecuado sería aprovechar otras fuentes de energía que están a nuestro lado: viento, sol, residuos, etc. Las cuales son renovables año tras año, no se agotan y además no contaminan el ambiente, lo que significa una doble ventaja para la humanidad.

### **2.2.1.1. Energías renovables:**

- Solar
- Hidráulica
- Eólica
- Biomasa
- Mareomotriz
- Geotérmica, Energía de las olas

### **2.2.1.2. Energías no renovables:**

- Carbón,
- Petróleo
- Gas natural

El consumo de energía es necesario para el desarrollo económico y social. Entonces, ¿por qué es necesario utilizar fuentes energéticas diferentes de las tradicionales? Ante esta pregunta se pueden enumerar diversas razones, por ejemplo:

- Las energías no renovables se van agotando.
- Pueden producir impactos negativos en el medio ambiente.
- No aseguran el abastecimiento energético desde el exterior.

### **2.2.2. Energía solar fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esto se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para su fabricación suele ser el silicio. Cuando la luz del Sol (fotones) incide en una de las caras de la célula genera una corriente eléctrica que se suele utilizar como fuente de energía.

### 2.2.2.1. Sistema fotovoltaico

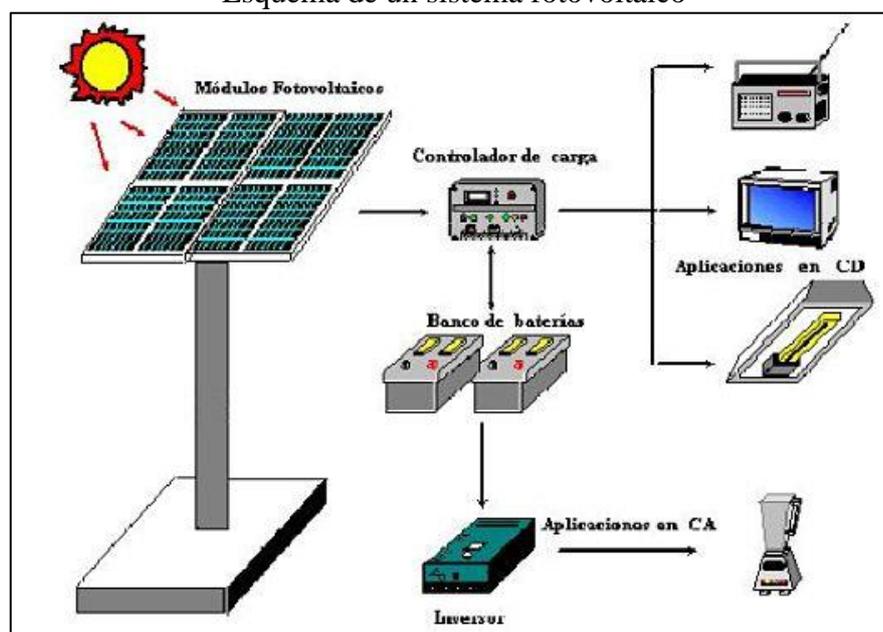
Según el manual de energía renovable, solar fotovoltaica. (2002) Un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica.
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada.
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada.
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada.

En el mismo orden antes mencionado, los componentes fotovoltaicos encargados de realizar las funciones respectivas son:

- El módulo o panel fotovoltaico.
- La batería.
- El regulador de carga.
- El inversor.
- Las cargas de aplicación (el consumo).

**Figura N° 2. 1.**  
Esquema de un sistema fotovoltaico



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

En instalaciones fotovoltaicas pequeñas es frecuente, (además de los equipos antes mencionados), el uso de fusibles para la protección del sistema. En instalaciones medianas y grandes, es necesario utilizar sistemas de protección más complejos y, adicionalmente, sistemas de medición y sistemas de control de la carga eléctrica generada.

#### **2.2.2.2. Efecto fotovoltaico**

Según Gregoria Gil García, (2008). Las células fotovoltaicas constan, en esencial, de la unión de dos finas capas de materiales semiconductores distintos, formando lo que se denomina **unión p-n**, es decir de tipos de semiconductores p (positivo) y n (negativo). Estos semiconductores se obtienen a partir del silicio.

**Semiconductores tipo n:** Están fabricados a partir de silicio cristalino que ha sido dopado con pequeñas cantidades de una impureza (usualmente fósforo), de modo que el material dopado posea un exceso de electrones libres. Los electrones son partículas subatómicas con carga eléctrica negativa.

**Semiconductor tipo p:** también están fabricados a partir de silicio cristalino, pero están dopados con muy pequeñas cantidades de distintas impurezas (usualmente boro), que hace que el material tenga un déficit de electrones. Estos electrones perdidos reciben el nombre de agujeros, ya que la ausencia de un electrón de carga negativa puede ser considerada, de hecho, como una partícula cargada positivamente.

**Unión p-n:** Une a estos dos materiales disímiles. Esto provoca un campo eléctrico en la región de la unión. El campo eléctrico es como campo electrostático idéntico al que puede generarse frotando una goma sobre un plástico, ello hace que las partículas cargadas negativamente se muevan en dirección opuesta.

El efecto fotovoltaico se produce cuando la luz incide sobre la unión **p-n** en el corazón de la célula solar FV.

La luz puede considerarse que consta de pequeñas partículas de energía llamadas fotones. Cuando los fotones procedentes de la luz de una adecuada longitud de onda caen dentro de la unión **p-n**, pueden transferir su energía a alguno de electrones del material, promoviéndolos a un nivel de energía más elevado. Normalmente estos electrones ayudan a mantener el material unido y forman lo que se llama la banda de valencia donde los átomos se encuentran tan juntos que no pueden moverse. En su estado excitado, sin embargo, los electrones quedan libre para conducir la corriente eléctrica moviéndose a través del material. Además, cuando los electrones se mueven dejan atrás agujeros en el material, los cuales también pueden moverse.

### 2.2.2.3. Módulos fotovoltaicos

Para el Manual sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica (2002) La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los módulos o paneles solares son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado.

- **Silicio Puro monocristalino.** Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% para éste tipo de paneles siendo en los comercializados del 12 al 17%.
- **Silicio puro policristalino.** Los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos (en laboratorio del 19.8% y en los módulos comerciales del 10 al 14%) siendo su precio también más bajo.
- **Silicio amorfo.** (TFS) Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna. Paneles de este

tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (Calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 6 al 8%.

- **Teluro de cadmio.** La elaboración de este tipo de células se consigue mediante separación galvánica o pulverización y lo que se hace es colocar el contacto metálico posterior, luego la capa absorbente de tipo “p” de telurio de cadmio encima de esta se adhiere una capa conductora tipo “n” y sobre esta una capa transparente absorbente generalmente de óxido de estaño, finalmente y como protección y una capa de sustrato de vidrio. La técnica de fabricación de este tipo de células es relativamente económica ya que se puede producir en masa pero tiene una desventaja y esta radica en la toxicidad que representa el cadmio. Su rendimiento está entre el 6 y 9%, tiene una estructura homogénea y se lo encuentra en colores como el verde oscuro y negro.
- **Arseniuro de Galio CIS.** Las células solares fabricadas a partir de la familia de compuestos a base de diseleniuro de cobre e indio ( $\text{CuInSe}_2$ , o simplemente CIS) son bastante similares a las del Teluro de cadmio. Debido a la buena apariencia, son atractivos para aplicaciones integradas a edificios, además de tener una buena eficiencia (llegan a tener una eficiencia superior a la del silicio amorfo).

Sin embargo, también involucran problemas relacionados a la toxicidad de los elementos y a la poca abundancia, tal como ocurre con las células de CdTe, Uno de los materiales más eficientes. Presenta unos rendimientos en laboratorio del 25.7% siendo los comerciales del 18 al 20%

- **Diseleniuro de cobre en indio GIGS.** De igual manera son muy semejantes a la del Teleniuro de cadmio. CIGS, es el acrónimo en inglés de (Copper indium gallium selenide  $\text{CuInGaSe}_2$ ), un material semiconductor compuesto de Cobre, Indio, Galio y Selenio.

Es utilizado sobre todo por su alta eficiencia fotovoltaica para construir paneles solares, y por su menor coste con respecto al Silicio Metalúrgico. Debido a que el material tiene alto coeficiente de absorción y absorbe fuertemente la luz del sol, se requiere una película mucho más delgada que de otros materiales semiconductores. Los dispositivos hechos con GIGS pertenecen a la categoría de película delgada de la energía fotovoltaica. Con rendimientos en laboratorio próximos al 17% y en módulos comerciales del 7 al 9%

- **Triple unión.** GaAs, Ge y GaInP2 esta unión de tres semiconductores obtiene un rendimiento del 34 al 39%. Cada tipo de semiconductores se caracteriza por un máximo de longitud de onda más allá del cual no es capaz de convertir los fotones en energía eléctrica

Según el manual de energía renovable, solar fotovoltaica. (2002) La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en vatios-pico (Wp) lo cual indica la capacidad de generar electricidad en condiciones óptimas de operación.

La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de irradiancia que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas. Por ejemplo, un módulo de 55 Wp es capaz de producir 55 W más o menos un 10 % de tolerancia, cuando recibe una irradiancia solar de 1.000 vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) y sus celdas poseen una temperatura de 25 °C. En condiciones reales, este mismo módulo produciría una potencia mucho menor que 55 W.

El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar a este fenómeno se lo conoce como factor de obsolescencia  $n_0$ .

### 2.2.3. Radiación Solar

Según E Lorenzo (Diciembre 2006, Electricidad Solar Fotovoltaica, volumen II Radiación Solar y Dispositivos Fotovoltaicos, pag 105) La Radiación Solar es la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esta energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima.

La radiación que alcanza la superficie externa de la atmosfera se llama radiación extra-atmosférica, y consiste esencialmente en rayos que llegan desde el sol en línea recta, la radiación solar se modifica al atravesar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la interacción con sus componentes. Algunos, las nubes, reflejan radiación; otros, como el ozono, el oxígeno, el dióxido de carbono y el vapor de agua, absorben radiación en algunas longitudes de ondas específicas; y otros, como las gotas de agua y el polvo en suspensión, dispersan radiación.

El resultado de estos procesos es que la radiación solar que incide sobre un receptor situado en la superficie de la tierra se divide en tres componentes bien diferenciados.

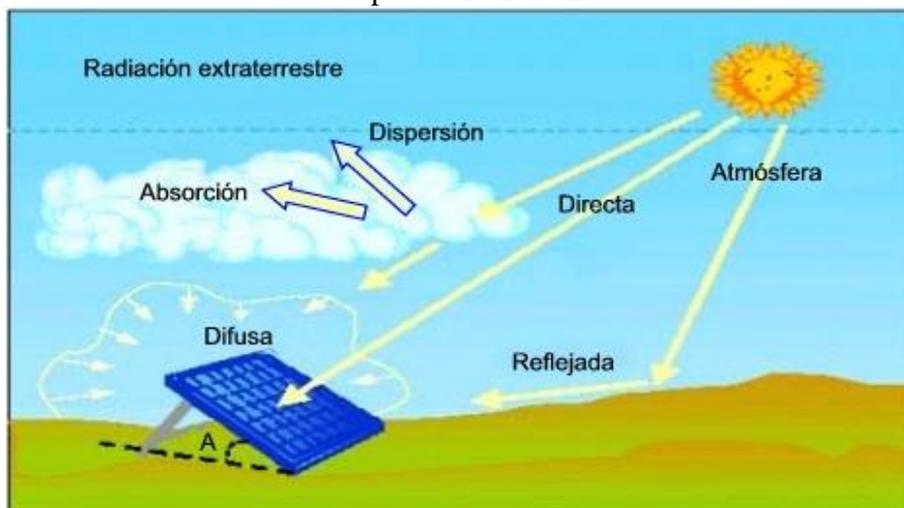
Para Gómez fontanills, David (2012. [http://www.eoi.es/wiki/index.php/Usuario:Editor\\_EOI](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Usuario:Editor_EOI), Ecomateriales y construcción sostenible: Capítulo 4: Conceptos básicos) La energía solar incidente en una superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

- **La radiación directa.** como su nombre indica, la que proviene directamente del sol.
- La radiación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que "ven" toda la semiesfera celeste,

mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo "ven" la mitad de la semiesfera celeste.

- La radiación reflejada (albedo) es como su propio nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no "ven" superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben.
- Radiación global. También conocida como radiación total. Es la suma de las tres radiaciones( directa, difusa y reflejada)

**Figura N° 2. 2.**  
Tipos de radiación

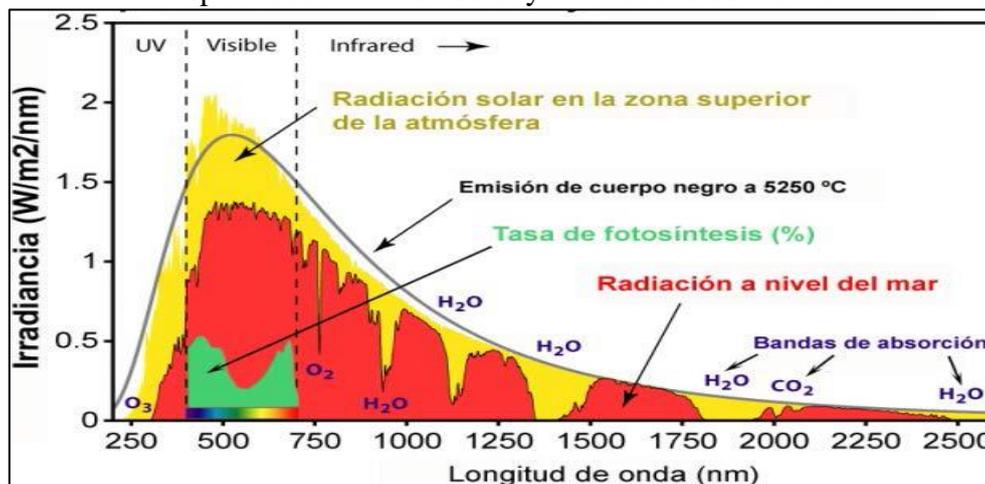


Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=radiacion+directa+difusa+y+reflejada>

### 2.2.3.1. Irradiación e Irradiancia

Según E Lorenzo (Diciembre 2006, Electricidad Solar Fotovoltaica, volumen II Radiación Solar y Dispositivos Fotovoltaicos, pag 107) Se conoce como irradiación a la densidad de energía incidente en una superficie a lo largo de un cierto tiempo (una hora, día, mes) su unidad de medida es ( $\text{Wh/m}^2$ ). La irradiancia es la densidad de potencia incidente a lo largo de una superficie, cuya unidad de medida es ( $\text{W/m}^2$ ). Y el termino radiación se empleara en sentido genérico

**Figura N° 2. 3.**  
Espectro de radiación solar y actividad fotosintética.

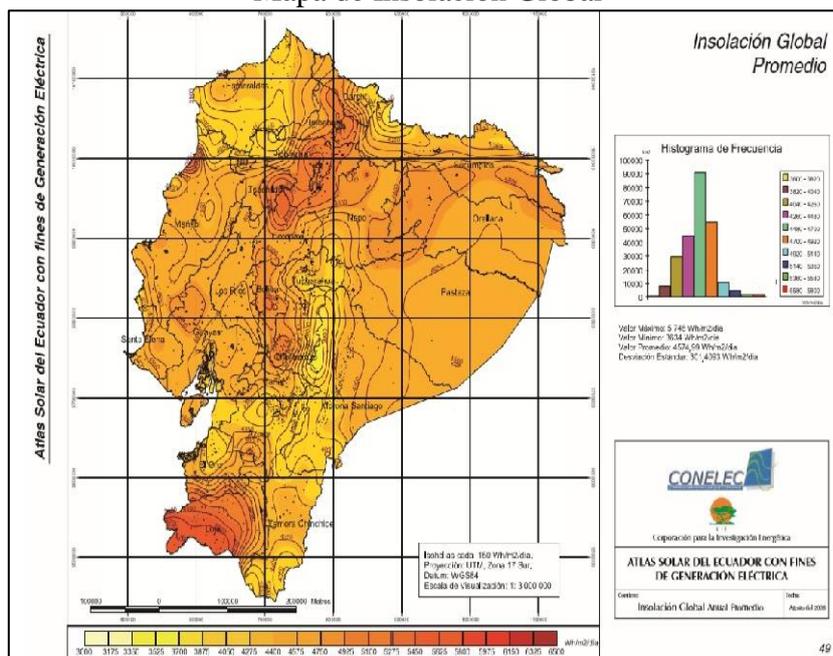


Fuente: <http://naturalmenteciencias.files.wordpress.com/2011/11/espectro-solar-y-fotosintesis.jpg>

### 2.2.3.2. Irradiación en Santo Domingo

Del Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica, publicado por el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) y CIE (Corporación para la Investigación Energética) en el año 2008, consideraremos el Mapa de Insolación Global Promedio Anual.

**Figura N° 2. 4.**  
Mapa de Insolación Global



Fuente: Atlas Solar del Ecuador, febrero 2008, pág. 49

Para la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas obtenemos el siguiente promedio anual:

Valor máximo: 4260.0  $wh/m^2/día$

Valor mínimo: 4040.0  $wh/m^2/día$

Valor promedio: 4150.0  $wh/m^2/día$

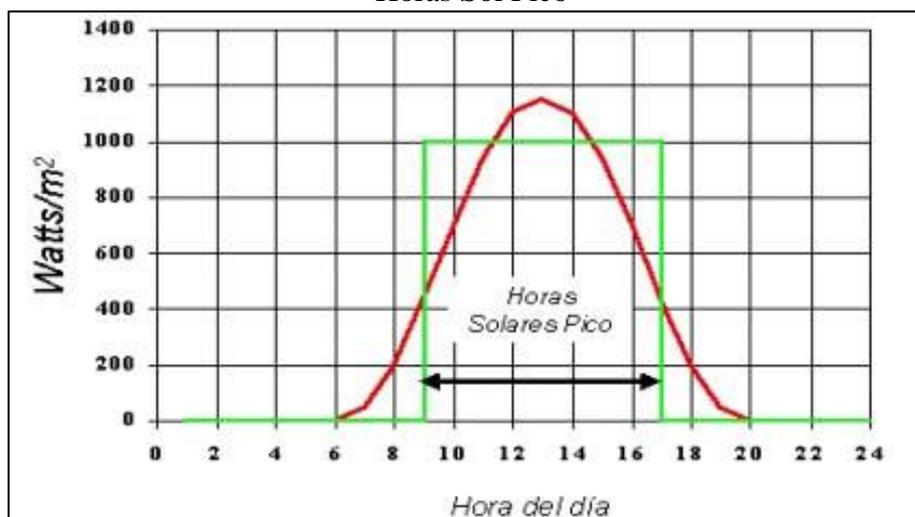
Por lo tanto consideraremos una instalación global promedio de 4.15  $kw/m^2/día$ .

### 2.2.3.3. Hora sol pico

Según(<https://autosolar.es/preguntas-frecuentes-de-la-tienda/item/134-hsp-en-energia-solar-y-energia-renovable>). La Hora de Sol Pico es una unidad utilizada para contabilizar la cantidad de energía solar durante un tiempo determinado. Es equivalente a la energía que genera una radiación solar de  $1000W/m^2$  durante 1 hora.

Cuando decimos que un día determinado ha registrado una radiación solar de 4 HSP, estamos diciendo que la cantidad de radiación solar recibida es equivalente a un día que tuviera 4 horas de sol a  $1000W/m^2$  (máxima radiación solar) y el resto del día oscuro totalmente.

**Figura N° 2. 5.**  
Horas Sol Pico

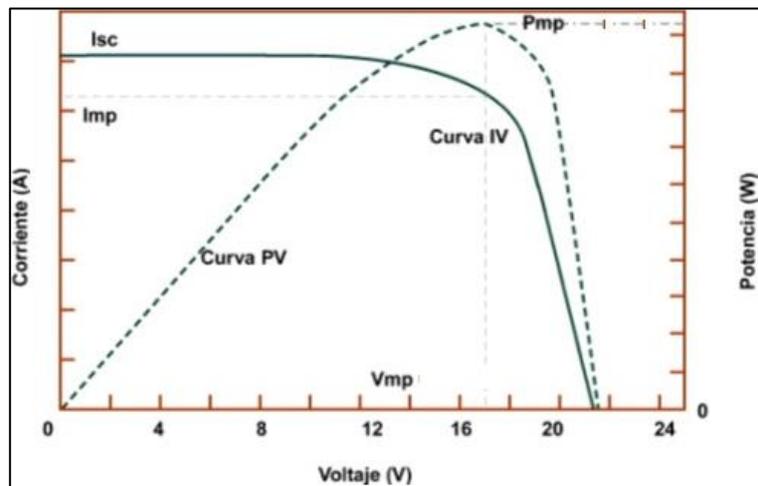


Fuente: <http://www.ocieties.org/imosolar/cont-74.jpg>

#### 2.2.3.4. Características de la curva I – V.

Para Eliseo, Sebastián. (2013. <http://eliseosebastian.com/curva-tension-intensidad-en-un-panel-fotovoltaico>). Dicha curva lo representan indicando los amperios en el eje de las ordenadas (vertical) y los voltios en el eje de las abscisas (horizontal). Se explican 5 características graficas en esta curva. Ellas son.

**Figura N° 2. 6:**  
Características de la curva I - V



Fuente: [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

De esta curva característica podemos definir:

- Voc.- voltaje de circuito abierto, es la diferencia de potencial que se genera en un panel al recibir irradiancia solar cuando a sus bornes no se encuentra ninguna carga conectada.
- Isc.- corriente de cortocircuito, es la corriente máxima que se obtiene en un panel al recibir irradiancia solar cuando sus bornes están cortocircuitados.
- Vpmax.- voltaje máximo, es el nivel de voltaje al que se obtiene la potencia máxima cuando se tiene una carga conectada, por lo general es menor a Voc.

- $I_{max}$ .- corriente máxima, es el nivel de corriente al que se obtiene la potencia máxima cuando se tiene una carga conectada, por lo general es menor a  $I_{sc}$ .
- $P_{max}$ .- potencia máxima, es la potencia obtenida en un panel al conectar una carga y tener los valores máximos tanto de voltaje como de corriente. Entonces podemos decir que:

$$P_{max}=V_{max}.I_{max}.$$

- Potencia pico.- potencia del panel fotovoltaico en condiciones de irradiancia de  $1000\text{W/m}^2$ , distribución espectral de la radiación incidente o masa de aire de 1.5, incidencia normal y una temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ .

Según David Menéndez (noviembre, 2011. Análisis del comportamiento temporal de los parámetros característicos de módulos fotovoltaicos de tres tecnologías diferentes, de la Universidad Carlos III de Madrid) A continuación se explicarán los tres coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  que representan la variación de los parámetros fundamentales de la curva característica V- I del generador fotovoltaico con la temperatura:

- Coeficiente de temperatura de corriente ( $\alpha$ )  $*/\text{ }^{\circ}\text{C}$ +: El coeficiente de temperatura de corriente te permite calcular, a partir de valores de temperatura, el valor de  $I_{sc}$  en función de la temperatura de la célula.
- Coeficiente de temperatura de tensión ( $\beta$ )  $*/\text{ }^{\circ}\text{C}$ +: El coeficiente de temperatura de tensión te permite calcular, a partir de valores de temperatura, el valor de  $V_{oc}$  en función de la temperatura de la célula
- Coeficiente de temperatura de Potencia ( $\gamma$ )  $[\%/\text{ }^{\circ}\text{C}]$ : El coeficiente de potencia permite calcular las pérdidas de potencia, en comparación con el valor obtenido anteriormente, pero con otro valor de temperatura distinto.

Este coeficiente de temperatura de potencia permite saber, de los módulos fotovoltaicos, la cantidad de energía (potencia) de salida que se disminuirá/aumentará a medida que se incrementa la temperatura.

Si el coeficiente de temperatura de potencia máxima para el panel es del- 0,5% significa que perderá un 0,5% de su potencia de salida por cada grado de temperatura que se eleva por encima de 25 ° C.

Debido a que nuestros módulos fotovoltaicos son de silicio, el valor del coeficiente de temperatura de corriente será mayor que cero, lo que significa, que a medida que aumenta la temperatura en los módulos fotovoltaicos, la corriente será mayor. Por contrario los coeficientes de temperaturas de tensión y de potencia serán menores que cero, lo que viene a significar, que a contrario que con el coeficiente de temperatura de corriente, a medida que aumenta la temperatura en los módulos fotovoltaicos, estos generarán tensiones y potencias menores.

Debido a que nuestros módulos fotovoltaicos son de silicio nos interesa que el coeficiente de temperatura de corriente sea cuanto mayor mejor, y por el contrario que los coeficientes de temperaturas de tensión y de potencia sean pequeños, ya que cuanto menor sean, las pérdidas serán menores en ese aumento de temperatura.

En algunos módulos se puede encontrar la curva característica I -V, o los parámetros de temperatura,  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$ , datos muy importantes para un estudio exhaustivo pero sin embargo no es muy común su publicación en las hojas técnicas de los módulos.

Además de los parámetros indicados también podemos considerar los siguientes:

- $V_n$ .- voltaje nominal, es el valor de voltaje de diseño al que trabaja el panel o módulo fotovoltaico. Por ejemplo: 6V, 12V, 24V. 36V y 48V.

- FF.- factor de forma o también denominado factor de llenado (fill factor por sus siglas en inglés), es la relación entre la potencia máxima del panel y el producto de  $V_{oc}$  e  $I_{sc}$ . Nos proporciona una medida de la calidad del panel, pues muestra que tan escalpada es la curva característica.

$$FF = P_{max} / V_{oc} \cdot I_{sc}$$

- E.- es la energía solar que llega al panel en condiciones estándar, es decir irradiancia de  $1000 \text{W/m}^2$ , distribución espectral de la radiación incidente o masa de aire de 1.5, incidencia normal y una temperatura de  $25^\circ\text{C}$ .
- $A_c$ .- es el área del panel solar.
- $\eta$ .- rendimiento, determina la cantidad de energía solar que es aprovechada para generar energía eléctrica, y se define por el cociente entre la potencia máxima que entrega el panel y la potencia de la radiación solar que incide sobre la superficie del panel (PL).

$$\eta = P_{max} / PL = V_{max} \cdot I_{max} / E \cdot A_c$$

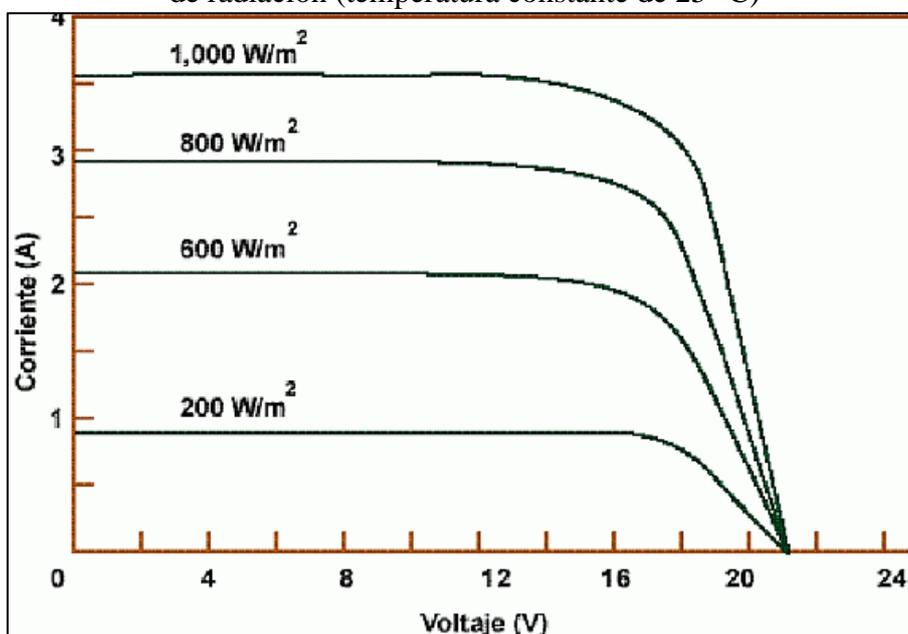
Podemos complementar las características de un panel mencionando un factor denominado TONC o Temperatura de Operación Nominal de la Célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares, cuando se somete al módulo a las condiciones de operación como son irradiancia de  $800 \text{W/m}^2$ , distribución espectral de la radiación incidente o masa de aire de 1.5, incidencia normal, temperatura de  $20^\circ\text{C}$  y velocidad del viento de  $1 \text{m/s}$ .

El conocimiento de los parámetros mencionados es suficiente para conocer el comportamiento de un panel en cualquier condición de operación definida por un valor de la irradiancia (I) y un valor de temperatura ambiente (T).

El funcionamiento del módulo fotovoltaico se ve afectado por la intensidad de la radiación y de la temperatura. La Figura 2.6 muestra el comportamiento de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de la radiación solar. Se presenta un aumento proporcional de la corriente producida con el aumento de la intensidad. También se debe observar que el voltaje a circuito abierto  $V_{ca}$ , no cambio lo cual demuestra su estabilidad frente a los cambios de iluminación.

**Figura N° 2. 7.**

Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de radiación (temperatura constante de 25 °C)

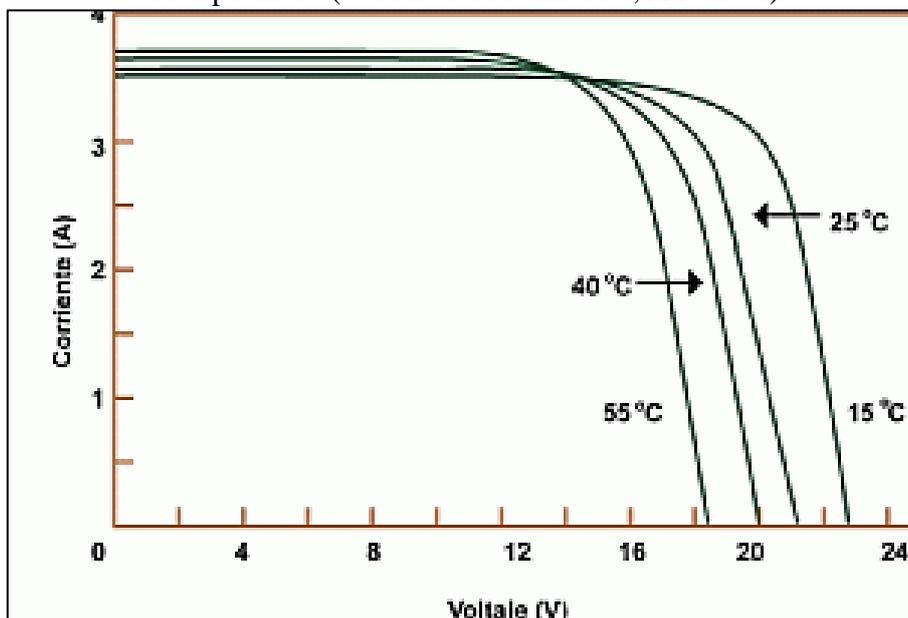


Fuente: [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

En la Figura 2.7 se muestra el efecto que produce la temperatura sobre la producción de corriente en el módulo. Esta vez, el efecto se manifiesta en el voltaje del módulo. La potencia nominal se reduce aproximadamente 0.5% por cada grado centígrado por encima de 25 °C.

**Figura N° 2. 8.**

Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes temperaturas de Operación (irradiancia constante 1,000W/m<sup>2</sup>)



Fuente: [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)

### 2.2.3.5. Puntos y células calientes

Según E. Lorenzo, (2014, Electricidad solar fotovoltaica, volumen III Ingeniería Fotovoltaica) Una célula presenta un fenómeno de punto caliente cuando, con el modulo funcionando, exhibe una temperatura significativamente más alta que las células de su entorno. La elevación de la temperatura es resultado de que la célula opera en el segundo cuadrante (corriente positiva y tensión negativa), en el que no solo genera potencia sino que se ve forzada a disipar la que generan otras.

Las sombras parciales (proyectadas por módulos, obstáculos, vegetación o, incluso suciedad) y de duración relativamente corta que desaparecen en cuanto lo hacen estas, son un acontecimiento esperable en la vida de un módulo fotovoltaico que, en consecuencia, los módulos deben superar sin daño, para lo que incorporan los llamados diodos de paso, que limitan la tensión inversa máxima que llega aplicarse a la célula afectada.

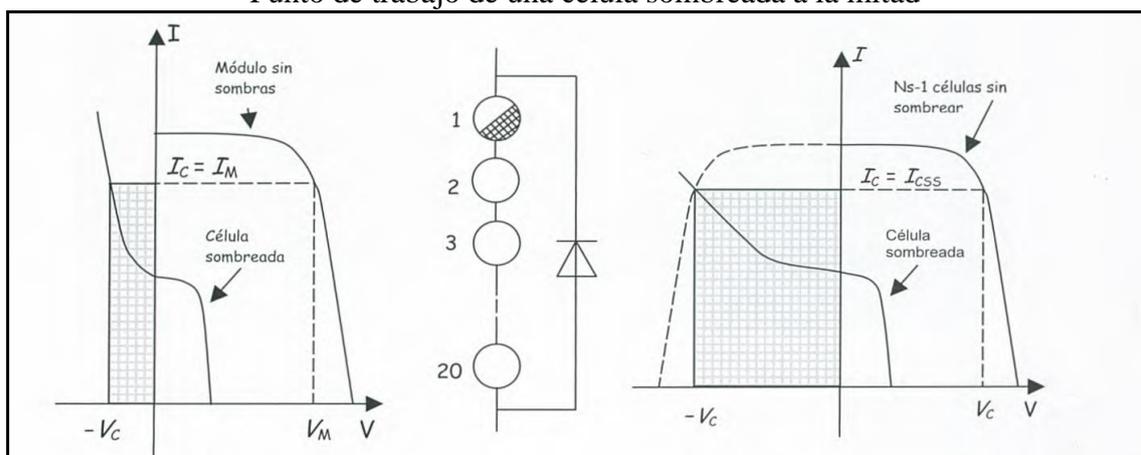
Significativamente, las pruebas de resistencia frente a la formación de puntos calientes se limitan a exigir que el modulo resista sin daño esta situación durante un tiempo

relativamente corto: 5 horas en el caso de IEC 61215(Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación) lo que es prácticamente equivalente a limitar la temperatura del punto caliente a valores inferiores a 150 °C.

Sin embargo si esta temperatura se mantiene permanentemente es causa de degradación temprana del módulo afectado, debido a que la alta temperatura fomenta la decoración del encapsulado y el deterioro de los contactos metálicos. Por lo tanto estos puntos calientes permanentes deben ser evitados necesariamente. Con limpieza, cuando se deben a sombras parciales permanentes, o sustituyendo el modulo por otro, cuando se deben a defectos de fabricación.

**Figura N° 2. 9.**

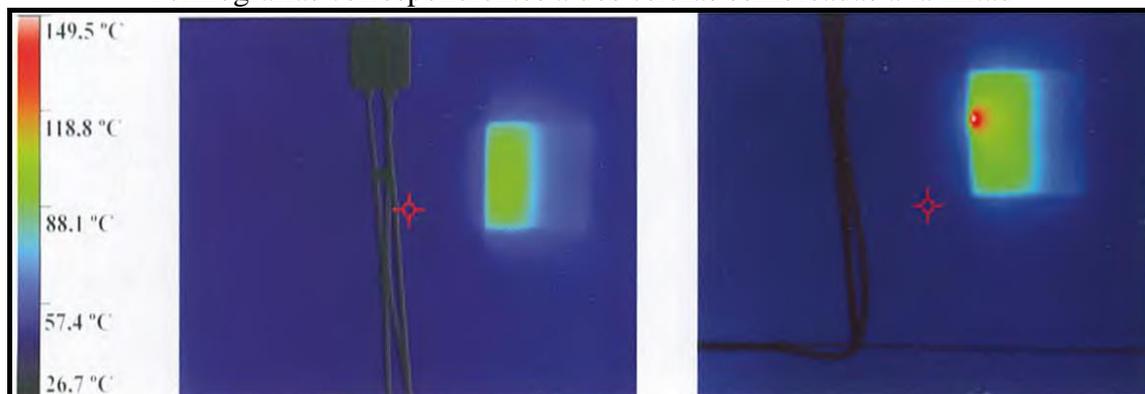
Punto de trabajo de una célula sombreada a la mitad



**Fuente:** E. Lorenzo (2014, Electricidad solar fotovoltaica, volumen III Ingeniería Fotovoltaica) pág. 143

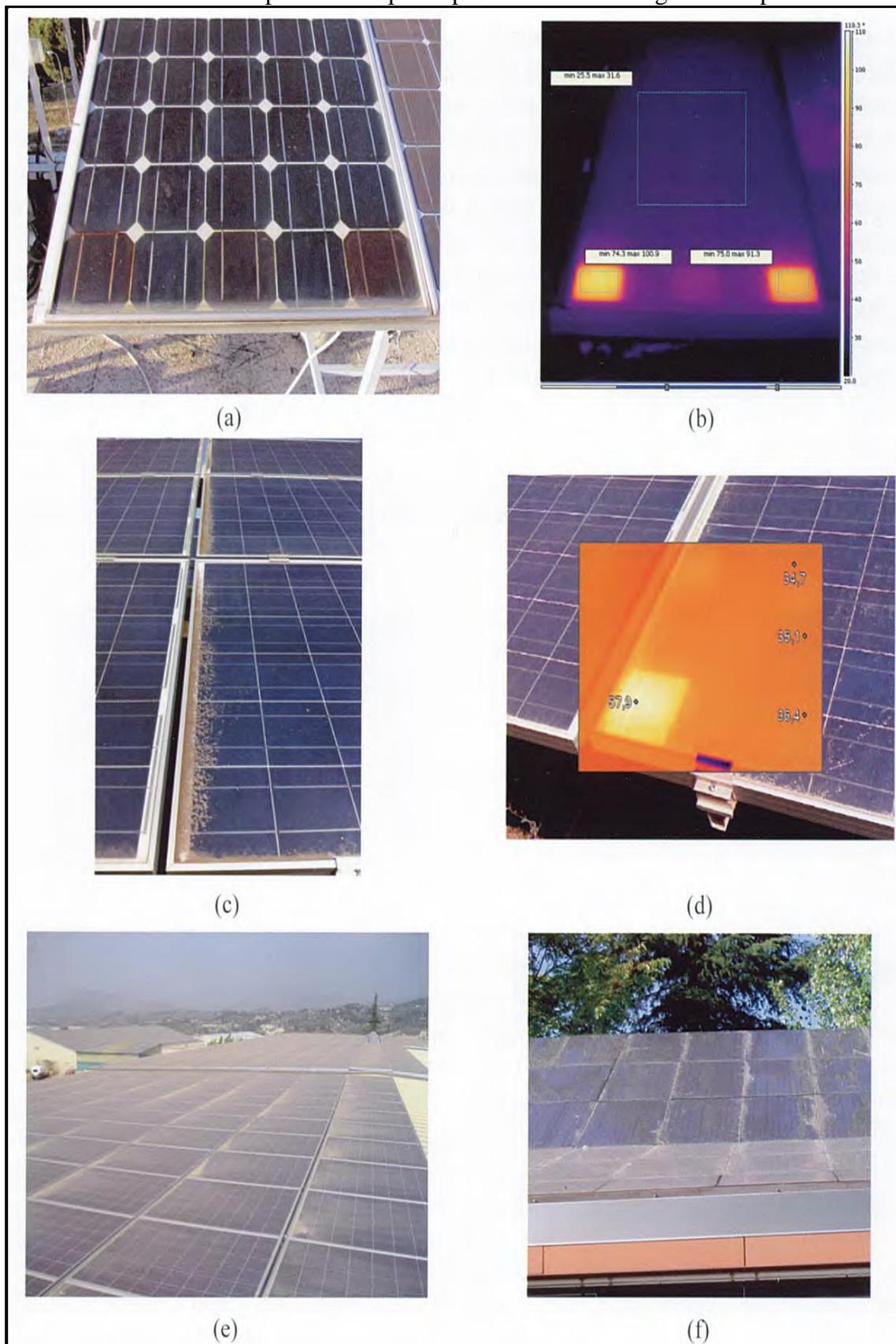
**Figura N° 2. 10.**

Termografías correspondientes a dos células sombreadas a la mitad



**Fuente:** E. Lorenzo (2014, Electricidad solar fotovoltaica, volumen III Ingeniería Fotovoltaica) pág. 144

**Figura N° 2. 11.**  
Puntos calientes provocados por deposiciones no homogéneas de polvo.



**Fuente:** E. Lorenzo (2014, Electricidad solar fotovoltaica, volumen III Ingeniería Fotovoltaica) pág. 145

#### **2.2.4. Batería**

El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos. Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema, debido a la capacidad de almacenar energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería. La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente.

##### **2.2.4.1. Características de una batería**

La batería muy independiente del tipo y fabricante tiene varias características técnicas, las cuales nos sirven para diferenciar entre una y otra y seleccionar la más adecuada para nuestro sistema solar fotovoltaico aislado, entre los principales podemos mencionar:

##### **2.2.4.2. Capacidad de Batería**

Se refiere a la capacidad nominal y se define como la cantidad de energía que puede almacenar una batería y suministrar la misma a determinada carga. La capacidad nominal suele estar representada en términos de carga Ah (amperios/hora). Es proporcionada por el fabricante para una duración de 10 horas existen parámetros que definen esta capacidad:

- In.- intensidad de descarga que corresponde a la corriente consumida por la carga eléctrica conectada al sistema.
- h.- régimen de descarga, el cual se define como el cociente entre la capacidad nominal y la intensidad de descarga, por ejemplo si tenemos una batería con una capacidad nominal de 100Ah y le conectamos una carga eléctrica que consuma 10A la podremos alimentar durante 10 horas.

- $T^\circ$ .- temperatura de funcionamiento, la capacidad de una batería está directamente relacionada con la temperatura ambiente y como estándar tenemos que una batería funciona a capacidad nominal a  $25^\circ\text{C}$ , entonces podemos decir que la capacidad es directamente proporcional a la temperatura.
- $V_n$ .- voltaje nominal, corresponde al voltaje medido entre los bornes de la batería cuando la capacidad nominal está al 100% y se encuentra conectada una carga eléctrica.

#### **2.2.4.3. Profundidad de descarga**

Esta característica se refiere al porcentaje de la capacidad total de la batería que es utilizada durante un ciclo de carga o descarga. Entonces podemos tener dos tipos de baterías en cuanto a la profundidad de descarga:

- Descargas superficiales.- este tipo de baterías pueden soportar descargas de hasta el 20% de su capacidad nominal sin que se produzca una notable reducción en su vida útil.
- Descargas profundas.- este tipo de baterías pueden soportar descargas de hasta el 80% de su capacidad nominal sin que se produzca una notable reducción en su vida útil.

Para un sistema solar fotovoltaico aislado, por lo general se utilizan baterías con una profundidad de descarga profunda por su capacidad para sostener el almacenamiento de su capacidad nominal durante varios días mientras la carga eléctrica lo vaya consumiendo.

#### **2.2.4.4. Vida útil**

La vida útil de una batería depende de los ciclos de carga y descarga a los que estará expuesta determinada batería. Es decir con cada ciclo la batería va perdiendo sus propiedades y por ende va envejeciendo y disminuyendo su capacidad nominal.

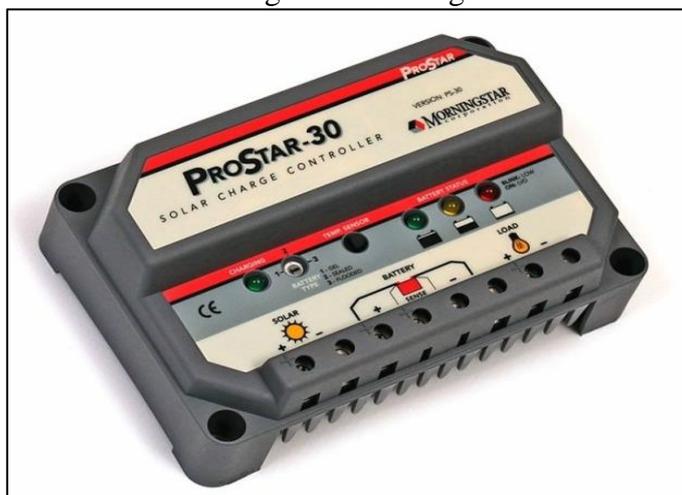
Podemos concluir entonces que la vida útil de una batería es mayor cuando menos ciclos de carga y descarga soporta y que se producen menos ciclos cuando mayor es descargada la capacidad nominal. Por ejemplo una batería de ciclo profundo soporta durante su vida útil alrededor de 2500 ciclos cuando se encuentra descargada un 20% y con 80% de carga; 1200 ciclos cuando se encuentra descargada un 50% y con 50% de carga; 500 ciclos cuando se encuentra descargada un 80% y con 20% de carga.

### 2.2.5. El regulador o controlador de carga

Es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia los aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las cargas.

Algunos controladores miden la temperatura de la batería. Esto permite operar las baterías dentro de los límites indicados por los fabricantes. Es muy importante el uso de un controlador de carga para incrementar la vida útil de las baterías.

**Figura N° 2. 12.**  
Regulador de carga



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=prostar+solar+controlador>

Además de su función principal estos dispositivos pueden cumplir otras funciones secundarias entre las que podemos destacar:

- Protección de cortocircuito a carga y paneles solares.
- Protege de sobrecarga a carga y paneles solares.
- Elementos protección contra polaridad invertida.
- Desconexión por alta tensión.
- Desconexión por baterías bajas.
- Desconexión por alta temperatura.

#### **2.2.5.1. Características de un regulador**

Existen características técnicas de los reguladores de carga las cuales nos van a permitir seleccionarlos de acuerdo al tipo de potencia que van a manejar, algunas de estas son:

- $V_n$ .- voltaje nominal, indica el voltaje de trabajo del regulador.
- $I_{max}$ .- corriente máxima, se refiere a la máxima corriente que podrá soportar el regulador.
- $V_{rc}$ .- voltaje de histéresis, se refiere al voltaje al cual se reinicia el proceso de recarga desde los paneles fotovoltaicos hacia las baterías.
- $V_{sd}$ .- voltaje mínimo, corresponde al valor mínimo de tensión a partir del cual el regulador corta el suministro de energía hacia la carga.
- $V_{rd}$ .- voltaje normal de reconexión, corresponde al valor de tensión a partir del cual el regulador reconecta el suministro de energía hacia la carga.

#### **2.2.6. El inversor**

Los módulos fotovoltaicos proveen corriente continua a 12 ó 24 Voltios por lo que se requiere de un componente adicional, el inversor, que transforme, a través de dispositivos electrónicos, la corriente continua a 12 V de la batería en corriente alterna a 120 V.

**Figura N° 2. 13.**  
Inversor de carga



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=power+star+w7>

### 2.2.6.1. Características de un inversor

Existen características técnicas de los inversores las cuales nos van a permitir seleccionarlos de acuerdo al tipo de potencia que van a alimentar, algunas de estas son:

- Pn.- potencia nominal, esta se refiere a la potencia capaz de alimentar dentro de las condiciones de seguridad, esta viene expresada en voltios-amperios (VA).
- Vo.- tensión o voltaje de entrada, corresponde al voltaje que recibe en sus bornes de entrada, se expresa en voltios (V).
- Vs.- tensión o voltaje de salida, este se refiere al voltaje ( $V_{rms}$ ) que el inversor entrega en sus bornes de salida y el cual es entregado a la carga instalada, se expresa en voltios (V).
- Fs.- frecuencia de salida, corresponde a un parámetro muy importante para el funcionamiento de las diversas cargas a instalarse este es entregado junto con el voltaje de salida, se expresa en hertz (Hz).
- $\eta$ .- rendimiento, corresponde a la relación que existe entre la potencia de entrada y la potencia de salida, tomando en cuenta las pérdidas que se producen al momento de la conversión.

### 2.2.7. Riego

Según el Diario Opinión (2009, Machala, Ecuador, es una edición de TELEDPRES Cía. Ltda.) El riego consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan favoreciendo así su crecimiento. Se utiliza en la agricultura y en jardinería. Los métodos más comunes de riego son:

Por arroyamiento o surcos.

Por inundación. Generalmente, en bancales o tablones aplanados entre dos caballones.

Por aspersión. El riego por aspersión rocía el agua en gotas por la superficie de la tierra, asemejándose al efecto de la lluvia

Por infiltración o canales.

Por goteo o riego localizado. El riego de goteo libera gotas o un chorro fino, a través de los agujeros de una tubería plástica que se coloca sobre o debajo de la superficie de la tierra.

Por drenaje.

El método principal de entrega de agua al campo (para cerca del 95 por ciento de los proyectos en todo el mundo) es el riego por inundación o de surco. Otros sistemas emplean aspersores y riego de goteo. Aunque sean técnicas relativamente nuevas, que requieren una inversión inicial más grande y manejo más intensivo que el riego de superficie, el riego por aspersión y el de goteo suponen una mejora importante en la eficiencia del uso del agua, y reducen los problemas relacionados con el riego.

### **2.2.7.1. Métodos de riego.**

El uso de un método de riego u otro depende de numerosos factores, entre los que es preciso destacar los siguientes:

- La topografía del terreno y la forma de la parcela.
- Las características físicas del suelo, en particular las relativas a su capacidad para almacenar el agua de riego.
- Tipo de cultivo, del que es imprescindible conocer sus requerimientos de agua para generar producciones máximas, así como su comportamiento en situaciones de falta de agua.
- La disponibilidad de agua y el precio de la misma.
- La calidad del agua de riego.
- La disponibilidad de la mano de obra.
- El coste de las instalaciones de cada sistema de riego, tanto en lo que se refiere a inversión inicial como en la ejecución de los riegos y mantenimiento del sistema.
- El efecto en el medio ambiente. A su vez, una vez elegido el sistema de riego, existen bastantes tipos de sistemas o variantes, cuya elección se realizará teniendo en cuenta aspectos más particulares.

### **2.2.8. Conceptos generales de goteo**

El riego por goteo se podría definir como la aplicación frecuente de agua filtrada al suelo en pequeñas cantidades a través de una red de tuberías y dispositivos especiales denominada "emisores", ubicadas a lo largo de la línea de distribución. De esta manera el agua es conducida desde la fuente a cada planta, eliminando totalmente las pérdidas por conducción y minimizando aquellas por evaporación y percolación.

Con este método se pretende además controlar, bajo adecuadas condiciones de diseño, operación y manejo, el patrón con que el agua se distribuye en el suelo generando en la zona radicular del cultivo un ambiente con características físicas, químicas y biológicas que permitan mayores rendimientos, productos de alta calidad que incrementen la

rentabilidad de la empresa agrícola. El diseño de los sistemas de riego por micro aspersión y goteo, desde un punto de vista ingenieril y agronómico, tiene como objetivo fundamental mantener un volumen de dimensiones adecuadas de la zona radicular de las plantas bajo un nivel de humedad cercano a Capacidad de Campo.

La distribución y el nivel de humedad del suelo deben adecuarse en tal forma que la relación entre los factores agua-suelo-planta optimice el uso del recurso, el rendimiento de la planta en términos de producción y desarrollo y maximice el beneficio neto a la empresa agrícola considerando restricciones medioambientales.

#### **2.2.8.1. Ventajas del sistema.**

El riego por goteo y micro-aspersión presenta numerosas ventajas algunas de ellas son comunes a otros métodos de riego, sin embargo existen algunas que le son exclusivas como, Una importante reducción de la evaporación del suelo, lo que trae una reducción significativa de las necesidades de agua, también bajos requerimientos de potencia y de consumo de energía en el sistema de bombeo.

#### **2.2.8.2. Desventajas del sistema.**

Los sistemas de goteo y micro aspersión pueden presentar serios problemas en su operación y manejo, si el diseño es inadecuado y no se consideran todos los antecedentes de calidad de agua, tipo de suelo y característica de los emisores. Pero para tratar de eliminar esto se realizó un estudio y un plan de mantenimiento.

#### **2.2.8.3. Eficiencia en el uso del agua.**

En general las pérdidas que presenta el método son mínimas. Las pérdidas por conducción en un sistema bien instalado son nulas ya que el agua se conduce por tuberías. La evaporación desde el suelo es reducida ya que al estar el emisor sobre el suelo las fuerzas capilares tienden a absorber el agua muy rápidamente, además que el área humedecida es pequeña como para producir altos niveles de evaporación bajo un diseño adecuado que

evite escurrimiento superficial. Finalmente los niveles de percolación profunda son muy pequeños en un sistema bien diseñado, aunque bajo ciertas condiciones se requiere para lixiviar sales. Con este sistema de riego la zona radicular del cultivo permanece la mayor parte del tiempo bajo condiciones óptimas de humedad.

#### **2.2.8.4. Componente del método de riego por goteo.**

##### **Cabezal de control.**

El cabezal del sistema consiste en una serie de dispositivos para entregar a la red hidráulica agua presurizada, de calidad adecuada, en el momento oportuno y en la cantidad requerida. El cabezal de control se compone en general de medidores de flujo, válvulas de control, inyector de productos químicos, filtros, manómetros, sensores especiales, controles automáticos o computadoras y equipo de bombeo (optativo). Normalmente, el cabezal de control está localizado en o cerca de la fuente de agua y/o energía. Es esencial utilizar aguas limpias para un buen trabajo del método de riego por goteo y por ello los filtros son una parte importante del cabezal. La mayoría de los filtros son equipos sencillos, pero deben cumplir con ciertas características como permitir limpieza automática y ser eficientes en el control de materias que provoquen obturación de los emisores.

El sistema de filtro debe tener la capacidad para transportar el caudal requerido y remover las partículas finas, de tamaño varias veces menor que el diámetro del elemento dentro del emisor. Normalmente las partículas que se filtran deben tener un tamaño igual o mayor a un octavo del área de flujo del emisor. La mayoría de las instalaciones incluyen dos tipos de filtros: de arena y de malla, que evitan la obturación de los emisores con material extraño. Es recomendable utilizar des enredadores en la zona adyacente al pozo de captación para proteger la bomba y sacar del flujo hacia el equipo las partículas de tamaño mayor.

Los equipos modernos de riego presurizado tiene normalmente incorporado un módulo para inyectar fertilizantes y otros productos químicos al sistema a través de pequeñas bombas, estanques presurizados que operan por diferencia de presión, de un Venturi o una

válvula de variación de presión Cuando se inyectan productos químicos al sistema de riego es conveniente incluir en la unidad central una válvula de control de devolución de flujo. Por razones de seguridad se debe garantizar que elementos contaminantes no regresen hacia la fuente de agua. Junto con esta válvula es importante establecer un sistema para el control del golpe de ariete que provocaría serios daños al equipo si este se ubica en partes más bajas que la zona de riego del sistema. Bajo ciertas condiciones del riego por goteo o micro aspersión, se requiere de reguladores de presión. Dichos reguladores son utilizados para el control de la presión deseada en diferentes partes del sistema.

Además, los equipos poseen válvulas que controlan la apertura y cierre de la sección del sistema en general.

### **2.2.9. Tuberías de distribución**

Según([www.megaplast.com.ec/catalogos/amanco/riego/RiegoAmanco](http://www.megaplast.com.ec/catalogos/amanco/riego/RiegoAmanco)) La línea principal transporta el agua desde el cabezal de control a la línea de distribución, ya sean secundarias, auxiliares o laterales, dependiendo del diseño que se haya realizado. Normalmente se utilizan materiales como PVC, o polietileno. Las tuberías de toda la línea de distribución deben poseer las características establecidas en el diseño referentes al diámetro nominal y la capacidad de soportar los niveles de presión calculados para cada sección del sistema. Los laterales distribuyen el agua desde el principal, secundario o auxiliar a los emisores que se encuentran conectados a él y es la última parte de la tubería de distribución que conduce el agua al cultivo.

Los emisores se colocan a lo largo de esta línea en los puntos que se desea distribuir el agua. Los laterales son por lo general de polietileno y tienen diámetros que fluctúan entre 12, 16, 20 ó 25 mm. Los laterales se pueden enterrar, dejar descansar directamente sobre el suelo, o bien levantar para no interferir ciertas labores del cultivo. Es conveniente mencionar que diferentes experiencias demuestran que la mayor vida útil de la tubería lateral se obtiene cuando esta se emplaza directamente sobre el suelo, evitándose de esta manera deformaciones o constricciones de la tubería que afectan el flujo.

### 2.2.10. Emisores.

El elemento más importante de un sistema de riego por goteo o micro aspersión es el emisor ya que afectara directamente los posteriores criterios de diseño. Los emisores son estructuras que reducen la presión prácticamente a cero, aplicando de esta manera el agua a la forma de una gota en la superficie del suelo o asperjada en finas gotas con microjet y micro aspersores. Los emisores varían en tipo y modelo, desde tubos perforados, micro tubos y bandas perforadas, a complicados diseños. Los micros aspersores son de tipo rotativo o de jet. En general la clasificación de los sistemas de riego localizado se basa en el tipo de emisor utilizado.

**Figura N° 2. 14.**  
Gotero tipo katif



**Fuente:** <https://www.google.com.ec/search?q=goteros+tipo+katif>

El caudal que entregan los emisores es función de la presión en la línea, normalmente en goteo varía entre 2 a 10 litros por hora y para micro aspersión entre 15 a 60 litros por horas.

En general existen en el mercado variados tipos de emisores. En goteros se encuentran de larga trayectoria, vortex, laberinto y compensados. En el caso del micro aspersión existen los fijos y rotatorios.

## 2.2.11. Bombas centrífugas

### 2.2.11.1. Curvas características y punto de operación

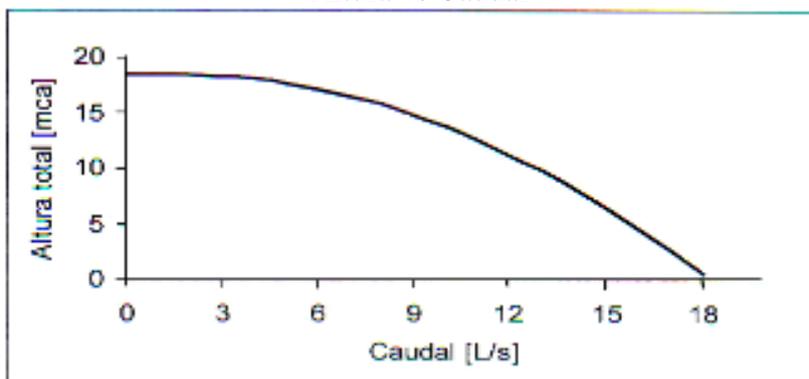
Un sistema de bombeo se caracteriza por un conjunto de curvas (altura vs caudal, eficiencia vs caudal, altura requerida vs caudal) que describen el comportamiento durante su operación. Estas curvas se denominan curvas características; todas estas curvas se trazan en función del caudal y a una velocidad de giro constante. En cada sección de este capítulo se aborda una curva característica, un gráfico de una curva típica, y las expresiones matemáticas necesarias para trazar dicha curva.

### 2.2.11.2. Curva característica del funcionamiento de la bomba

La curva de funcionamiento de una bomba es una gráfica que muestra la energía total desarrollada por la bomba en función del caudal entregado por la misma, a una velocidad de giro constante. Se muestra una curva de Funcionamiento típica de una bomba centrífuga. La altura total entregada por la bomba disminuye a medida que el caudal aumenta.

El cálculo de la altura total entregada por la bomba requiere que se aplique el teorema de Bernoulli entre la succión (entrada) y la descarga (salida) de la bomba. La Ecuación muestra el teorema de Bernoulli aplicada entre la succión y la descarga de una bomba.

**Figura N° 2. 15.**  
Altura vs Caudal



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=altura+versus+caudal>

Teorema de Bernoulli aplicado entre la succión y la descarga de una bomba

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Dónde:

$\frac{P_1}{\gamma}$ : Altura de succión en la entrada de la bomba (mca.)

$\frac{V_1^2}{2g}$ : Altura de velocidad en la entrada de la bomba (mca.)

**Z1**: Altura potencial geodésica en la entrada o succión de la bomba (m.)

$\frac{P_2}{\gamma}$ : Altura de descarga en la salida de la bomba (mca.)

$\frac{V_2^2}{2g}$ : Altura de velocidad en la salida de la bomba (mca.)

**Z1**: Altura potencial geodésica en la descarga o salida de la bomba (m.)

**hA**: Altura total entregada por la bomba (mca.)

Los diámetros de la tubería de succión y de descarga del banco experimental donde se miden las presiones son iguales (diámetro una pulgada), por lo que  $V_s = V_d$ . Teniendo en cuenta que las presiones medidas experimentalmente están en metros de columna de agua, al simplificar y despejar  $h_A$  de la Ecuación anterior se obtiene:

$$h_A = P_2 - P_1 + (Z_2 + Z_1)$$

Dónde:

**hA**: Altura total entregada por la bomba (mca)

**P1**: Presión de entrada de la bomba (mca)

**P2**: Presión de descarga en la salida de la bomba (mca)

**Z1**: Altura potencial geodésica en la entrada o succión de la bomba (m)

**Z2**: Altura potencial geodésica en la descarga o salida de la bomba (m)

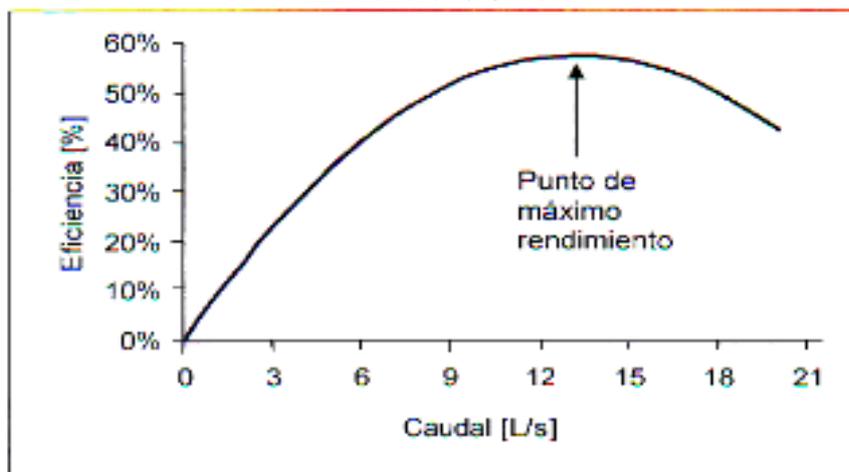
**Vs**: Velocidad de succión (m/s)

**Vd**: Velocidad de descarga (m/s)

### 2.2.11.3. Curva característica de la eficiencia de la bomba

La eficiencia de la bomba es otra curva característica de un sistema de bombeo que se traza en función del caudal a una velocidad de giro constante. La eficiencia de una bomba es la relación entre la potencia hidráulica agregada por la bomba al fluido y la potencia eléctrica consumida por el motor. En la figura se muestra una curva típica de la eficiencia de una bomba centrífuga. El valor de la eficiencia es cero cuando el caudal es cero. A medida que el caudal aumenta, la eficiencia aumenta hasta un valor máximo, denominado punto de máximo rendimiento. A partir de este punto, cuando aumenta el caudal, la eficiencia disminuye. La ecuación es la expresión matemática que se utiliza para calcular la eficiencia de una bomba.

**Figura N° 2. 16.**  
Eficiencia vs Caudal



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=eficiencia+versus+caudal>

Eficiencia de una bomba

$$Pe = \frac{Ph}{n}$$

Dónde:

Pe: Potencia hidráulica agregada por la bomba al fluido (w)

Ph: Potencia eléctrica agregada (w)

n: Eficiencia

#### 2.2.11.4. Potencia hidráulica entregada por la bomba

Es el producto del peso específico del fluido, el caudal entregado por la bomba y la altura total desarrollada por la bomba.

Potencia hidráulica entregada por una bomba

$$Ph = \gamma \cdot Q \cdot h_A$$

Dónde:

Ph: Potencia hidráulica agregada por la bomba al fluido (w)

$\gamma$ : Peso específico del fluido ( $N/m^3$ )

Q: Caudal Volumétrico ( $m^3/s$ ) (

hA: Altura total entregada por la bomba (mca)

#### 2.2.11.5. Potencia eléctrica suministrada por el motor a la bomba

La bomba del banco experimental es movida por un motor monofásico. La potencia eléctrica que consume dicho motor es el producto del voltaje, la intensidad de corriente, el factor de potencia. La Ecuación expresa la potencia que consume un motor monofásico.

Potencia eléctrica consumida por un motor monofásico.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Dónde:

P: Potencia en watt (w)

V: Voltaje o tensión (volt)

I: Valor de intensidad (A)

Cos  $\varphi$ : Factor de potencia constante para luz eléctrica.

### 2.2.11.6. Curva característica del sistema de bombeo

La curva de un sistema de bombeo es una gráfica que muestra la altura de bombeo requerida en función del caudal a una velocidad de giro constante. La altura de bombeo requerida por el sistema es igual a la elevación que la bomba le debe proporcionar al fluido más la pérdida total de carga en todo el sistema. La obtención de la curva característica de un sistema de bombeo puede hacerse de varias formas. Una de ellas consiste en variar el caudal que circula por el sistema restringiendo el porcentaje de apertura de la válvula en la línea de descarga.

En este caso se debe calcular la altura requerida para cada valor de caudal, sumando las pérdidas totales en el sistema con la elevación que la bomba le debe dar al fluido. Otra forma de obtener la curva de un sistema es variando las revoluciones del motor. Este método requiere que se conozca el punto de operación a una velocidad de giro dada. Para obtener la curva, se comienza a operar el sistema en el punto de operación que se conoce. Las siguientes mediciones se toman con el sistema operando igual, excepto que se va disminuyendo la velocidad de giro del motor. Ahora, se debe calcular la altura total agregada por la bomba al fluido, y se debe medir el caudal para cada velocidad de giro. Los valores de caudal y las alturas desarrolladas por la bomba se grafican y esta es la curva del sistema.

Altura requerida por un sistema de bombeo

$$h_R = Z_B + h_L$$

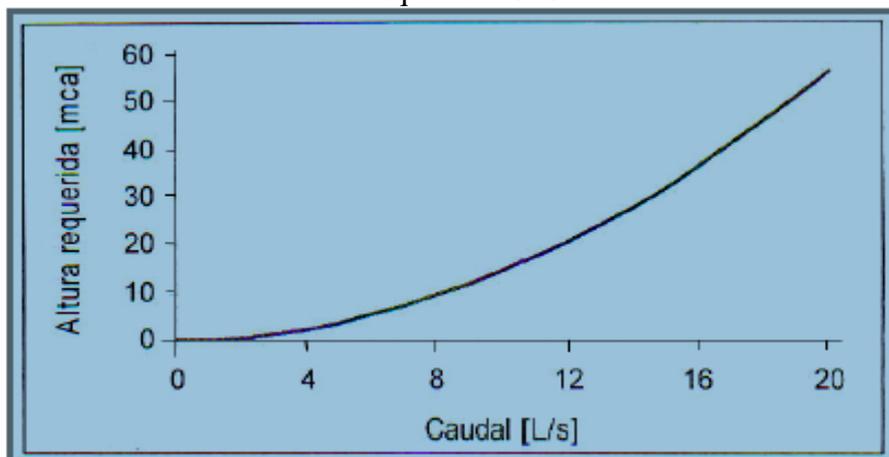
Dónde:

$h_R$ : Altura requerida por un sistema de bombeo [mca].

$Z_B$ : Elevación que la bomba le debe proporcionar al fluido [m]

$h_L$ : Pérdida total de carga en todo el sistema [mca].

**Figura N° 2. 17.**  
Altura requerida vs. Caudal.



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=altura+requerida+versus+caudal>

Una curva característica típica de un sistema de bombeo, donde la elevación que la bomba le debe dar al fluido es cero, En este caso, cuando el caudal es igual a cero, la altura de bombeo requerida por el sistema también es cero. Cuando la bomba le debe proporcionar al fluido cierta elevación, la curva característica del sistema empieza en ese valor de altura, es decir, cuando el caudal es cero, la altura de bombeo requerida es igual a dicha elevación. La altura de bombeo requerida por el sistema aumenta a medida que el caudal aumenta.

### 2.2.12. Pérdidas de carga en un sistema de bombeo

La pérdida total de carga en un sistema de bombeo es la suma de las pérdidas primarias y las pérdidas secundarias

Pérdida total de carga en un sistema de bombeo.

$$h_L = h_{rp} + h_{rs}$$

Dónde:

$h_L$ : Pérdida total de carga en todo el sistema [mca].

$h_{rp}$ : Pérdidas primarias de carga en el sistema [mca].

$h_{rs}$ : Pérdidas secundarias de carga en el sistema [mca].

### 2.2.12.1. Pérdidas primarias de carga

En contacto del fluido con la tubería, el rozamiento entre las capas del fluido en el régimen laminar y el rozamiento de las partículas de fluido entre sí en el régimen turbulento, origina pérdidas de energía hidráulica denominadas pérdidas primarias o pérdidas en tramo recto. Las pérdidas primarias en una tubería son función del factor de fricción, la longitud y el diámetro de la misma, así como de la velocidad del fluido. Estas se calculan por medio de la fórmula de Darcy – Weisbach

Fórmula de Darcy – Weisbach para pérdidas primarias

$$h_{rp} = F \left( \frac{L}{D} \right) \cdot \frac{a^2}{2g}$$

Dónde:

$h_{rp}$ : Pérdidas primarias de carga en una tubería (mca.)

$F$ : Factor de fricción de la tubería (adimensional.)

$L$ : Longitud de la tubería (m)

$D$ : Diámetro de la tubería ( m.)

#### 2.2.12.1.1 El factor de fricción de una tubería

Es un número adimensional que depende del número de Reynolds y de la rugosidad relativa de la tubería. Para el cálculo de este factor se utiliza el diagrama de Moody. Este diagrama está constituido por dos ecuaciones, la fórmula de Poiseuille se utiliza para flujo laminar ( $Re < 2000$ ) y la Fórmula de Colebrook para flujo turbulento ( $Re > 4000$ )

Fórmula de Poiseuille. Factor de fricción para flujo laminar ( $Re < 2000$ )

$$f = \left( \frac{64}{Re} \right)$$

Dónde:

$f$ : Factor de fricción de la tubería [adimensional].

$Re$ : Número de Reynolds [adimensional].

Fórmula de Colebrook. Factor de fricción para flujo turbulento ( $Re > 400$ )<sup>2</sup>

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Dónde:

$f$ : Factor de fricción de la tubería (adimensional)

$\varepsilon$ : Rugosidad absoluta de la tubería (m)

$D$ : Diámetro de la tubería (m)

$Re$ : Numero de Reynolds (adimensional)

### 2.2.12.1.2 Número de Reynolds.

El cociente de las fuerzas inerciales por las fuerzas viscosas de un fluido se denomina número de Reynolds. Este parámetro adimensional determina si un fluido es laminar o turbulento y se calcula por medio de la Ecuación.

$$N_R = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Dónde:

$N_R$ : Número de Reynolds [adimensional].

$V$ : Velocidad media del fluido [m/s].

$D$ : Diámetro de la tubería [m].

$\nu$ : Viscosidad cinemática del fluido [m<sup>2</sup>/s].

### 2.2.12.2. Pérdidas secundarias de carga.

Las pérdidas que se dan en las transiciones de la tubería (restricción, expansión o cambio de dirección de la corriente de fluido), tales como codos, válvulas, contracciones, y en general en todos los accesorios de la tubería, se denominan pérdidas secundarias.

Fórmula fundamental para pérdidas secundarias

$$h_{rp} = k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

$h_{rp}$ : Pérdidas secundarias de carga [mca].

$k$ : Coeficiente de pérdida de carga secundaria [adimensional].

$V$ : Velocidad media del fluido [m/s].

$g$ : Aceleración de la gravedad [m/s<sup>2</sup>].

El coeficiente de pérdida de carga secundaria  $K$  depende del tipo de accesorio, del número de Reynolds, de la rugosidad y de la configuración de la corriente antes del accesorio. Los valores de  $K$  para cada tipo de accesorio se calculan experimentalmente y se pueden consultar en tabla.

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Sitio de estudio

##### 3.1.1 Localización geográfica

La hacienda el oasis UTE se encuentra ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas, a 4km de la vía Santo Domingo el Carmen y a 2 km de la vía san Jacinto del Búa .El sitio mismo donde se va a ejecutar el proyecto de riego está ubicado a  $0^{\circ}13'51''$  latitud sur,  $79^{\circ}17'46''$  longitud oeste y 625 m.s.n.m.

**Figura N° 3. 1.**  
Ubicación geográfica



Fuente: Google Earth

##### 3.1.2 Características climáticas

Santo Domingo también conocida como Santo Domingo de los Colorados, es una ciudad de Ecuador, capital de la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. Tiene una población de 270 875 habitantes siendo la cuarta ciudad más poblada del país. Se ubica en la Región Costa en una zona climática lluviosa y tropical, teniendo una temperatura promedio de  $22.9^{\circ}\text{C}$  y un volumen de precipitaciones de 3000 a 4000mm anuales

### 3.2. Diseño agronómico del cultivo

#### 3.2.1 Determinación de la evapotranspiración del cultivo

Se denomina como evapotranspiración máxima de cultivo ( $\epsilon_{Tc}$ ), a la evapotranspiración que tiene lugar cuando no existe restricción de agua en el suelo.

Para su determinación utilizaremos el método detallado por Doorembos y Pruitt (1977), en la que ( $\epsilon_{Tc}$ ) se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$\epsilon_{Tc} = \epsilon_{To} * K_c$$

Dónde:

$\epsilon_{Tc}$  = Evapotranspiración de cultivo

$\epsilon_{To}$  = Evapotranspiración de referencia en mm/día

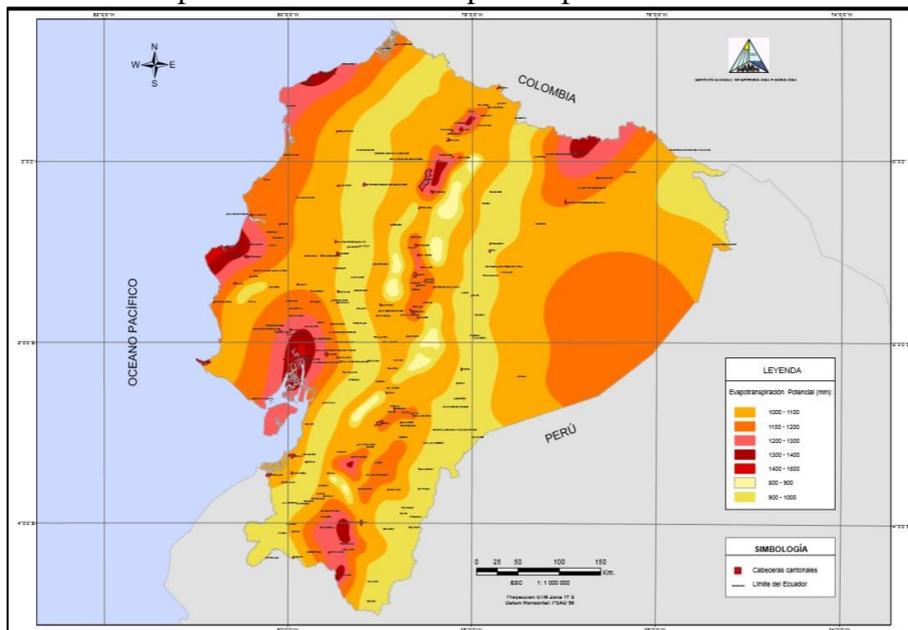
$K_c$  = Coeficiente de cultivo (adimensional)

Del mapa del Ecuador de Evapotranspiración Potencial para la zona de Santo Domingo de los Colorados y según datos del INHAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), la zona tiene una evapotranspiración potencial entre 900 – 1000 mm/año, por lo que seleccionaremos el dato más bajo. *Anexo A.*

$$\epsilon_{TP} = 900 \frac{mm}{año} \times \frac{1 año}{365 días}$$

$$\epsilon_{To} = 2.47 \frac{mm}{día}$$

**Figura N° 3. 2.**  
**Mapa del Ecuador de Evapotranspiración Potencial**



**Fuente:** Datos del INHAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)

$$P = P_0 + \rho gh$$

**Dónde:**

P = Presión Hidráulica

$P_0$  = Presión Atmosférica ( $1.013 \times 10^5 P_a$ )

$\rho$  = Densidad del líquido (densidad del agua a  $20^\circ C = 1000 \text{Kg/m}^3$ )

g = Fuerza de gravedad ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

h = Altura del recipiente (1.27m)

Del estudio de la FAO de Riego y Drenaje 56, referente a la Evapotranspiración del cultivo y guías para la determinación de los requerimientos del cultivo, de la tabla del Coeficiente del cultivo  $K_c$  – **FAO – 2006**.

Seleccionamos un  $K_c$  para cacao:  $K_c = 1.05$ . **Anexo B.**

**Tabla N° 3. 1.**  
Coeficiente del cultivo

Coeficiente basal del cultivo $K_{cb}$ para cultivos no estresados y bien manejados en climas sub-húmedos ( $HR_{min} \approx 45\%$ , $u_2 \approx 2 \text{ m s}^{-1}$ ) para ser usados con la Ecuación FAO Penman-Monteith $E_{To}$ .				
Cultivo	$K_c$ ini	$K_c$ med	$K_c$ fin	Altura Max Cultivo (h) (m)
<b>I. Frutas Tropicales y Árboles</b>				
Banana				
- 1er año	0,50	1,10	1,00	30
- 2do año	1,00	1,20	1,10	
Cacao	1,00	1,05	1,05	3
Café				
- suelo sin cobertura	0,90	0,95	0,95	2-3
- con malezas	1,05	1,10	1,10	2-3
Palma Datilera	0,90	0,95	0,95	8
Palmas	0,95	1,00	1,00	8
Piña				
- suelo sin cobertura	0,50	0,30	0,30	0,6-0,2
- con cobertura de gramíneas	0,50	0,50	0,50	0,6-1,2
Árbol del Caucho	0,95	1,00	1,00	10
Té				
- no sombreado	0,95	1,00	1,00	1,5
- sombreado	1,10	1,15	1,15	2

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>

**Datos:**

$$\epsilon_{To} = 2.47 \frac{mm}{día}$$

$$K_c = 1.05$$

**Entonces:**

$$\epsilon_{Tc} = \epsilon_{To} * K_c$$

$$\epsilon_{Tc} = 2.47 \frac{mm}{día} * 1.05$$

$$\epsilon_{Tc} = 2.59 \frac{mm}{día}$$

### Parámetros de siembra del cultivo:

Distancia laterales entre árboles ( $dl$  o  $dh$ ) = **3 m**

Distancia entre árboles ( $dp$ ) = **3 m**

Coefficiente de cultivo  $K_c = 1.05$

Profundidad máxima efectiva de las raíces: **Anexo C.**

**Tabla N° 3. 2:**  
Profundidad máxima efectiva de las raíces

Cultivo	Profundidad radicular máxima <sup>a</sup> (m)	Fracción de agotamiento <sup>b</sup> (para ET = 5 mm día <sup>-1</sup> ) p
<b>J. Forrajes</b>		
Alfalfa – para heno	1,0-2,0	0,55
– para semilla	1,0-3,0	0,60
Bermuda – para heno	1,0-1,5	0,55
– cultivo de primavera para semilla	1,0-1,5	0,60
Trébol heno, Biersim	0,6-0,9	0,50
Rye Grass (heno)	0,6-1,0	0,60
Pasto Sudán, heno (anual)	1,0-1,5	0,55
Pastos de Pastoreo – pastos de rotación	0,5-1,5	0,60
– pastoreo extensivo	0,5-1,5	0,60
Pasto (turfgrass, césped) – época fría <sup>a</sup>	0,5-1,0	0,40
– época caliente <sup>a</sup>	0,5-1,0	0,50
<b>k. Caña de Azúcar</b>	<b>1,2-2,0</b>	<b>0,65</b>
<b>l. Frutas Tropicales y Árboles</b>		
Banana – 1 <sup>o</sup> año	0,5-0,9	0,35
– 2 <sup>o</sup> año	0,5-0,9	0,35
Cacao	0,7-1,0	0,30
Café	0,9-1,5	0,40
Dátiles	1,5-2,5	0,50
Palmas	0,7-1,1	0,65
Piña	0,3-0,6	0,50
Árbol del caucho	1,0-1,5	0,40
Té – no sombreado	0,9-1,5	0,40
– sombreado	0,9-1,5	0,45

**Fuente:** RICHARD G. ALLEN, Evapotranspiración del cultivo Guías para la Determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, pág. 165

Para el cacao:

$$Z_r = 0.7 - 1.0 (m)$$

Seleccionaremos una  $Z_r$  media, entonces:

$$Z_r = 0.85 (m)$$

Seleccionamos los datos de la tabla para un suelo franco - arcilloso: *Anexo D*.

**Tabla N° 3. 3.**  
Propiedades físicas de los suelos

Textura del suelo	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Capacidad de campo (% θ g)	Punto de marchitez permanente (% θ g)	Infiltración básica (mm/h)
Arenoso	1.65 (1.55 – 1.90)	9 (6 – 12)	4 (2 – 6)	50 (25 – 250)
Franco arenoso	1.50 (1.40 – 1.60)	14 (10 – 18)	6 (4 – 8)	25 (13 – 75)
Franco	1.40 (1.35 – 1.50)	22 (18 – 26)	10 (8 – 12)	13 (8 – 20)
Franco arcilloso	1.35 (1.30 – 1.40)	27 (23 – 31)	13 (11 – 15)	8 (2.5 – 15)
Arcilloso	1.25 (1.20 – 1.30)	35 (31 – 39)	17 (15 – 19)	5 (1.3 – 10)

**Fuente:** JULIÁN CARRAZÓN ALOCÉN, Manual Práctico para el Diseño de Sistemas de miniriego, pág. 58

**Tabla N° 3. 4.**

Máximo porcentaje de agua aprovechada sugerida de acuerdo a Eto y al cultivo

Valor de Pa (%)	Eto	
	< 4 mm/día	> 4 mm/día
Tipo de Cultivo.		
Hortalizas.	25% - 40 %	15% - 25 %
Frutales, palma.	30% - 40 %	20% - 30 %
Pasto.	40% - 60 %	30% - 40 %
Cereales, maíz, trigo, oleaginosas, caña de azúcar, tabaco.	40% - 50 %	30% - 40 %

**Fuente:** Programa Tlaloc v1.0, software de riegos.

**Datos:**

Capacidad de campo:	$C_{cc} = 27\%$
Punto de marchitez permanente:	$PMP = 13\%$
Densidad Aparente:	$Pea = 1.35 \text{ g/cm}^3$
Densidad del agua	$Pew = 1\text{g/cm}^3$
Infiltración básica:	$Ib = 8 \text{ mm/h}$
Porcentaje de agua:	$Pa = 40\%$

1. Cálculo ( $L_{DZR}$ ), Lámina de agua disponible a profundidad radicular efectiva:

$$L_{DZR} = (C_{cc} - PMP) - (P_{ea} * P_{ew}) * Z_r * 10$$

$$L_{DZR} = (27\% - 13\%) - \left(1.35 \frac{g}{cm^3} * 1 \frac{g}{cm^3}\right) * 0.85 * 10$$

$$L_{DZR} = 107.53 \frac{mm}{Z_r}$$

2. Cálculo ( $V_{DZR}$ ), Volumen de agua disponible a una profundidad radicular efectiva:

$$V_{DZR} = L_{DZR} * 10 = m^3/h_a/Z_r$$

$$V_{DZR} = 107.53 \frac{mm}{Z_r} * 10$$

$$V_{DZR} = 1075.3 m^3/h_a/Z_r$$

3. Cálculo ( $L_{AZr}$ ), Lámina de agua aprovechada a una profundidad radicular efectiva:

$$L_{AZr} = L_{DZR} * \left(\frac{P_a}{100}\right) = \frac{mm}{Z_r}$$

$$L_{AZr} = 107.53 \frac{mm}{Z_r} * \left(\frac{40}{100}\right) = \frac{mm}{Z_r}$$

$$L_{AZr} = 43.01 \frac{mm}{Z_r}$$

$S_p$  =Superficie de Plantación:

$$S_p = dh * dp = m^2$$

$$S_p = 3 m * 3 m = m^2$$

$$S_p = 9 m^2$$

$db$  =Diámetro de bulbo:

$q_e = 2.2$  l/h, gotero tipo katif.

$$db = \sqrt{\frac{qe}{0.785 * lb}} = (m)$$

$$db = \sqrt{\frac{2.2l/h}{0.785 * 8}} = (m)$$

$$db = 0.59 m$$

4. Cálculo del porcentaje bajo riego  $P_{ar}$

$$P_{ar} = \frac{\pi * \frac{db^2}{4}}{dp * dl} * 100 = \%$$

$$P_{ar} = \frac{\pi * \frac{(0.59 m)^2}{4}}{3 m * 3 m} * 100 = \%$$

$$P_{ar} = 3.03\%$$

5. Cálculo ( $P_{hr}$ ) Precipitación horaria de riego.

$$P_{hr} = \frac{q_e(l/h)}{dp * dl * P_{ar}} * 100 = \frac{mm}{h}$$

$$P_{hr} = \frac{2.2 l/h}{3 m * 3 m * 3\%} * 100 = \frac{mm}{h}$$

$$P_{hr} = 8 \frac{mm}{h}$$

6. Cálculo ( $I_r$ ), Intervalo de riego

$$I_r = \frac{L_{Azr} * P_{ar}}{E_{Tc} * 100} = \text{días}$$

$$I_r = \frac{43.01 \frac{mm}{Z_r} * 3\%}{2.59 \frac{mm}{día} * 100}$$

$$I_r = 0.5 \text{ día}$$

$$I_{r(aj)} = 1 \text{ día}$$

7. Cálculo ( $C_r$ ) Ciclo de riego.

$$C_r = I_{r(aj)} - Dp = \text{días}$$

$$C_r = 1 \text{ día} - 0 \text{ días}$$

$$C_r = 1 \text{ día}$$

8. Cálculo ( $L_{r(aj)}$ ) Lámina de riego ajustado.

$$L_{r(aj)} = \frac{I_{r(aj)} * E_{Tc}}{P_{ar}} * 100 \text{ (mm)}$$

$$L_{r(aj)} = \frac{1 \text{ día} * 2.59 \frac{\text{mm}}{\text{día}}}{3\%} * 100$$

$$L_{r(aj)} = 86.33 \text{ mm}$$

9. Cálculo ( $Pa_{(aj)}$ ) Porcentaje de agua aprovechable ajustada.

$$Pa_{(aj)} = \frac{I_{r(aj)}}{L_{Azr}} * 100 \text{ (\%)}$$

$$Pa_{(aj)} = \frac{1 \text{ día}}{43.01 \frac{\text{mm}}{Z_r}} * 100 \text{ (\%)}$$

$$Pa_{(aj)} = 2.32 \%$$

10. Cálculo ( $L_B$ ) Lámina bruta.

$$L_B = \frac{L_{r(aj)}}{\text{Eficiencia Sistema}} * 100 \text{ (mm)}$$

$$L_B = \frac{86.33 \text{ mm}}{90\%} * 100$$

$$L_B = 95.9 \text{ mm}$$

11. Cálculo ( $D_B$ ) Dosis de riego bruto

$$D_B = \frac{L_B * P_{ar}}{10} = \frac{m^3}{ha}$$

$$D_B = \frac{95.9 \text{ mm} * 3\%}{10}$$

$$D_B = 28.78 \frac{m^3}{ha}$$

12. Cálculo ( $H_t$ ) Horas de riego por turno:

$$H_t = \frac{L_B}{P_{hr}} = \frac{\text{horas}}{\text{turno}}$$

$$H_t = \frac{95.9 \text{ mm}}{8 \frac{mm}{h}}$$

$$H_t = 12 \frac{\text{horas}}{\text{turno}}$$

13. Cálculo ( $T_d$ ) Máximo de turnos de riego diario

$$T_d = \frac{H_{max}}{H_t} = \frac{\text{turnos}}{\text{día}}$$

$$T_d = \frac{12 \text{ horas}}{12 \frac{\text{horas}}{\text{turno}}}$$

$$T_d = 1 \frac{\text{turnos}}{\text{día}}$$

$$T_{d(aj)} = 1 \frac{\text{turnos}}{\text{día}}$$

14. Cálculo ( $H_d$ ) Horas de riego por día:

$$H_d = T_d * H_t = \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$H_d = 1 \frac{\text{turnos}}{\text{día}} * 12 \frac{\text{horas}}{\text{turno}}$$

$$H_d = 12 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

15. Cálculo ( $H_c$ ) Horas de riego por ciclo:

$$H_c = C_r * H_d = \frac{\text{horas}}{\text{ciclo}}$$

$$H_c = 1 \text{ días} * 12 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$H_c = 12 \frac{\text{horas}}{\text{ciclo}}$$

16. Cálculo ( $T_c$ ) Dosis de riego bruto:

$$T_c = C_r * T_{d(aj)} = \frac{\text{turno}}{\text{ciclo}}$$

$$T_c = 1 \text{ días} * 1 \frac{\text{turno}}{\text{día}}$$

$$T_c = 1 \frac{\text{turno}}{\text{ciclo}}$$

## 17. Cálculo de superficie bajo riego por turno

$$S_r = 75 * 170 \text{ m}^2 + 92 * 170 \text{ m}^2$$

$$S_r = 25 * 50 \text{ m}^2$$

$$S_r = 28390 \text{ m}^2 \cong 2.84 \text{ ha}$$

$$S_r = 1250 \text{ m}^2 \cong 0.125 \text{ ha}$$

$$S_t = \frac{S_r}{T_c} = \frac{\text{has}}{\text{turno}}$$

$$S_t = \frac{2.84 \text{ ha}}{1 \frac{\text{turno}}{\text{ciclo}}}$$

$$S_t = \frac{0.125 \text{ ha}}{1 \frac{\text{turno}}{\text{ciclo}}}$$

$$S_t = 2.84 \frac{\text{has}}{\text{turno}}$$

$$S_t = 0.125 \frac{\text{has}}{\text{turno}}$$

18. Cálculo ( $D_{Bt}$ ) Dosis de riego bruto por turno

$$D_{Bt} = S_t * D_B = \frac{\text{m}^3}{\text{turno}}$$

$$D_{Bt} = 2.84 \frac{\text{has}}{\text{turno}} * 28.78 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}}$$

$$D_{Bt} = 0.125 \frac{\text{has}}{\text{turno}} * 28.78 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}}$$

$$D_{Bt} = 81.73 \frac{\text{m}^3}{\text{turno}}$$

$$D_{Bt} = 3.6 \frac{\text{m}^3}{\text{turno}}$$

19. Cálculo ( $Q_r$ ) Caudal requerido

$$Q_r = \frac{D_{Bt}}{H_t} = \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

$$Q_r = \frac{81.73 \frac{\text{m}^3}{\text{turno}}}{12 \text{ horas/turno}}$$

$$Q_r = \frac{3.6 \frac{\text{m}^3}{\text{turno}}}{12 \text{ horas/turno}}$$

$$Q_r = 6.8 \frac{m^3}{hora}$$

$$Q_r = 0.300 \frac{m^3}{hora}$$

20. Cálculo ( $V_{Bc}$ ) Volumen bruto por ciclo de riego:

$$V_{Bc} = D_{Bt} * T_c = \frac{m^3}{ciclo}$$

$$V_{Bc} = 81.73 \frac{m^3}{turno} * 1 \frac{turno}{ciclo}$$

$$V_{Bc} = 3.6 \frac{m^3}{turno} * 1 \frac{turno}{ciclo}$$

$$V_{Bc} = 81.73 \frac{m^3}{ciclo}$$

$$V_{Bc} = 3.6 \frac{m^3}{ciclo}$$

21. Cálculo ( $Q_e$ ) Caudal específico:

$$Q_e = \frac{Q_r}{Area} = m^3/has/hora$$

$$Q_e = \frac{6.8 \frac{m^3}{hora}}{2.84 ha}$$

$$Q_e = \frac{0.300 \frac{m^3}{hora}}{0.125 ha}$$

$$Q_e = 2.4 m^3/has/hora$$

$$Q_e = 2.4 m^3/has/hora$$

$$Q_e * 0.2777 = lt/seg$$

$$Q_e = 2.4 m^3/has/hora * 0.2777 lt/seg$$

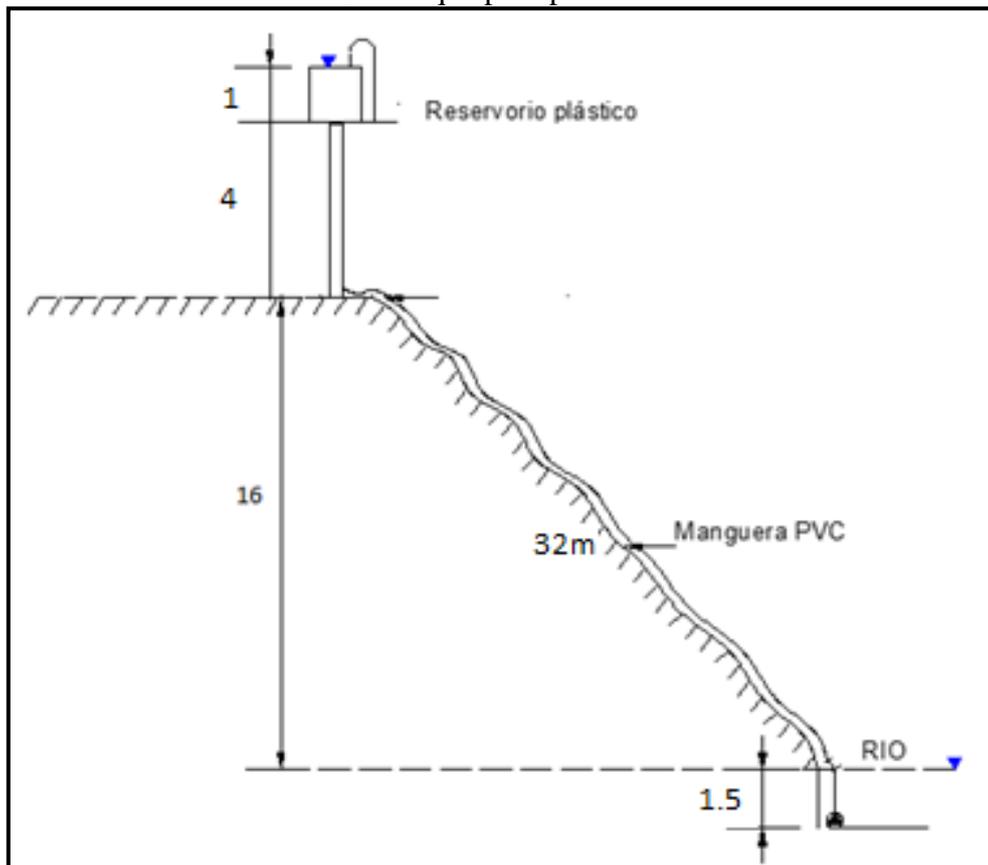
$$Q_e = 0.6 \frac{lt}{seg} * \frac{1 gal}{3.785 lt} * \frac{60 seg}{1 min}$$

$$Q_e = 10 GPM$$

### 3.2.2 Cálculo y selección de la bomba y sistema hidráulico de Riego.

Considerando que el agua necesaria para el sistema de riego por goteo para la plantación de cacao la extraeremos de un afluente que pasa por el sector y que su sistema referencial consta de acuerdo al siguiente gráfico:

**Figura N° 3. 3.**  
Afluente que pasa por el sector



Fuente: Solidwork – datos obtenidos del efluente que pasa por el sector

#### 3.2.2.1. Cálculo de la bomba mediante el método $T_{DH}$ (Altura Dinámica Total)

Dónde:

$$T_{DH} = \frac{\text{Altura estática} + \text{Altura dinámica}}{\text{Altura Dinámica Total}}$$

### 3.2.2.2. Cálculo de la altura estática

De acuerdo al gráfico anterior y tomando como referencia el punto más bajo de la succión y el punto más alto de la descarga tenemos:

$$\mathbf{Altura\ estática = 1.5m + 16m + 4m + 1m}$$

$$\mathbf{Altura\ estática = 22.5m}$$

### 3.2.2.3. Cálculo de la altura dinámica:

Las pérdidas de altura dinámica se componen de dos partes:

- Pérdida por fricción
- Columna de velocidad

#### Accesorios:

- 1 und. Codo a 45°  $\varnothing = 1''$
- 2 und. Codos a 90°  $\varnothing = 1''$
- 5 und. Uniones  $\varnothing = 1''$

#### Longitud de tubería:

- 38.5 m de manguera *Pvc*  $\varnothing = 1''$

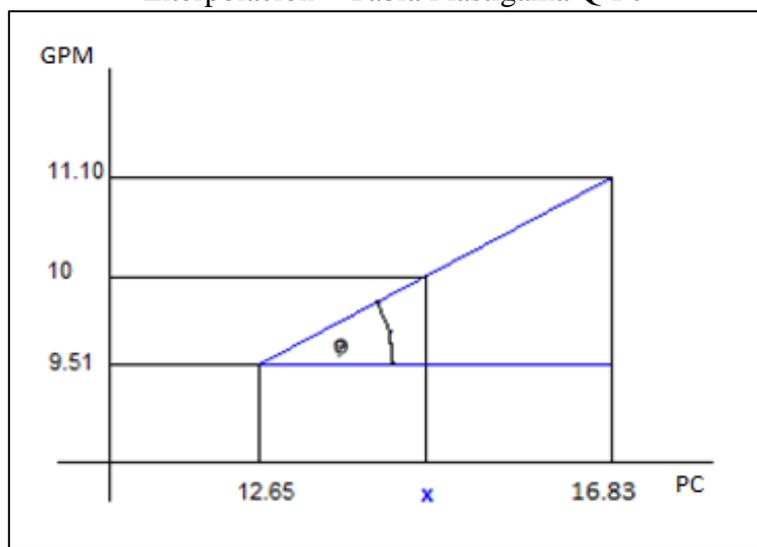
Con la información de accesorios y la longitud de tubería necesaria tomamos el catálogo de Tubería y Accesorios de Pvc y PE BD para uso agrícola plastigama de Amanco y realizamos la siguiente tabla; y considerando que para una tubería de  $\varnothing = 1''$  y una capacidad máxima de transporte de fluido es de 10 GPM o 0.64 l/s, obtenemos:

Interpolando la tabla de plastigama:

$$\mathit{tg} \theta = \frac{11.10 - 9.51}{16.83 - 12.65} = \frac{10 - 9.51}{x - 12.65}$$

$$x = 13.94 \text{ m. c. a}$$

**Figura N° 3. 4.**  
Interpolación – Tabla Plastigama Q-Pc

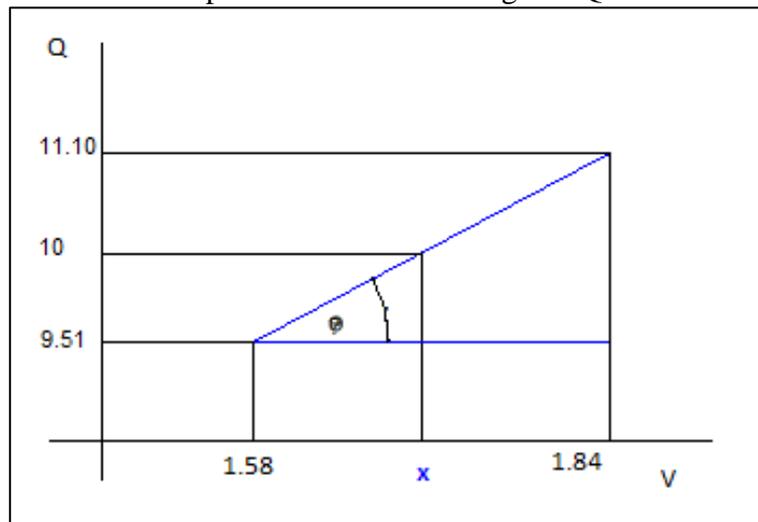


Fuente: Solidwork

$$\mathit{tg} \theta = \frac{11.10 - 9.51}{1.84 - 1.58} = \frac{10 - 9.51}{x - 1.58}$$

$$x = 1.66 \text{ m/}$$

**Figura N° 3. 5.**  
Interpolación – Tabla Plastigama Q -V



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Tabla N° 3. 5.**  
Accesorios

DENOMINACIÓN	CANTIDAD (Unid.)	FACTOR (m)	TOTAL (m)
te $\varnothing=1$	1	0,8	0,8
codo $90^{\circ} \varnothing=1$	1	1,2	1,2
manguera $\varnothing=1$	38,5	0,1539	5,9
válvula de pie $\varnothing=1$	1	6	6
válvula de compuerta $\varnothing=1$	1	0,2	0,2
			14,1

**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

Los factores para accesorios y tubería constantes en los *Anexo E* y *Anexo F* respectivamente.

**Tabla N° 3. 6.**  
Accesorios y tuberías para las subzonas

D. Nominal (mm)		20		25		32		40		50		63	
Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V
lps	gpm												
0.01	0.16	0.02	0.04										
0.02	0.32	0.08	0.09	0.02	0.05								
0.04	0.63	0.29	0.18	0.08	0.11								
0.06	0.95	0.62	0.26	0.18	0.16								
0.08	1.27	1.06	0.35	0.30	0.21								
0.10	1.59	1.61	0.44	0.46	0.26								
0.20	3.17	5.80	0.88	1.65	0.53	0.43	0.30						
0.30	4.76	12.30	1.32	3.50	0.79	0.91	0.45						
0.40	6.34	20.95	1.76	5.97	1.05	1.55	0.61						
0.50	7.93	31.68	2.20	9.02	1.32	2.35	0.76	0.72	0.47				
0.60	9.51	44.40	2.64	12.65	1.58	3.29	0.91	1.01	0.56				
0.70	11.10			16.83	1.84	4.38	1.06	1.34	0.65				
0.80	12.68			21.55	2.10	5.61	1.21	1.71	0.74				
0.90	14.27			26.80	2.37	6.98	1.36	2.13	0.84	0.66	0.52		
1.00	15.85			32.58	2.63	8.49	1.51	2.59	0.93	0.81	0.58		
1.20	19.02					11.89	1.82	3.63	1.12	1.13	0.69		
1.40	22.19					15.82	2.12	4.83	1.30	1.51	0.81	0.46	0.50
1.60	25.36					20.26	2.42	6.19	1.49	1.93	0.92	0.59	0.57
1.80	28.53					25.20	2.73	7.69	1.67	2.40	1.04	0.73	0.64
2.00	31.70							9.35	1.86	2.92	1.15	0.89	0.71
2.20	34.87							11.16	2.05	3.48	1.27	1.06	0.78
2.40	38.04							13.11	2.23	4.09	1.38	1.24	0.85
2.60	41.21							15.20	2.42	4.74	1.50	1.44	0.92
2.80	44.38							17.44	2.60	5.44	1.61	1.66	0.99
3.00	47.55									6.18	1.73	1.88	1.06
3.25	51.51									7.17	1.87	2.18	1.15
3.50	55.48									8.22	2.02	2.50	1.24
3.75	59.44									9.34	2.16	2.84	1.33
4.00	63.40									10.53	2.31	3.21	1.41
4.25	67.36									11.78	2.45	3.59	1.50
4.50	71.33									13.10	2.59	3.99	1.59
4.75	75.29											4.41	1.68
5.00	79.25											4.85	1.77
5.25	83.21											5.30	1.86
5.50	87.18											5.78	1.95
5.75	91.14											6.28	2.03
6.00	95.10											6.79	2.12
6.25	99.06											7.33	2.21
6.50	103.03											7.88	2.30
6.75	106.99											8.45	2.39
7.00	110.95											9.04	2.48
7.25	114.91											9.64	2.56

Fuente: Catálogo de Tuberías y accesorios de PVC y PE BD uso agrícola Pág. 7

**Tabla N° 3. 7.**  
Pérdida de carga en accesorios de PVC

DIÁMETRO NOMINAL		20	25	32	40	50	63	75	90	110	160	200
PÉRDIDAS DE CARGA		( m )										
TEE		0.70	0.80	0.90	1.50	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	3.60	5.00
CODO 90°		1.10	1.20	1.50	2.00	3.20	3.40	3.70	3.90	4.30	5.40	5.50
CODO 45°		0.40	0.50	0.70	1.00	1.30	1.50	1.70	1.80	1.90	2.60	3.50
CODO 90° L/R		0.40	0.50	0.60	0.70	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	2.10	2.60
CODO 45° L/R		0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20	1.40
VÁLVULA CHECK		2.50	2.70	3.80	4.90	6.80	7.10	8.20	9.30	10.40	13.90	17.60
VÁLVULA DE BOLA		11.10	11.40	15.00	22.00	35.80	37.90	38.00	40.00	42.30	56.70	72.10
VÁLVULA DE COMPUERTA		0.10	0.20	0.30	0.40	0.70	0.80	0.90	0.90	1.00	1.20	1.40

**Fuente:** Catálogo de Tuberías y accesorios de PVC y PEBD uso agrícola Pág. 20

**Tabla N° 3. 8.**  
Pérdida de carga en accesorios

Diámetro del tubo	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500	600	700
Curva 90°	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	1.2	1.8	2	3	5	5.5	7	8	14	16
Codo 90°	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1.3	1.7	2.5	2.7	4	5	7	9.5	11	19	22
Conos difusores	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Válvula de pie	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	30	45	60	75	90	100
Válvula retención	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	25	35	50	60	75	85
Válv. Compuerta 100% Abierta	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1.5	2	2	2	3	3.5	4	5
Válv. Compuerta 75% Abierta	2	2	2	2	2	2	4	4	6	8	8	8	12	14	16	20
Válv. Compuerta 50% Abierta	15	15	15	15	15	15	30	30	45	60	60	60	90	105	120	150

**Fuente:** [http://www.reboja.com/Productos/ESPA/pdf/Calculo\\_Perdidas\\_Carga\\_ESPA](http://www.reboja.com/Productos/ESPA/pdf/Calculo_Perdidas_Carga_ESPA)

De las tablas anteriores obtenemos que la pérdida por: fricción son de 14.1m.c.a.

A continuación calculamos la columna de velocidad:

$$H_r = \frac{v^2}{2g}$$

**Dónde:**

**V** = Velocidad para  $\varnothing$  1"

**Q** = 10GPM

**g** = Gravedad

$$H_r = \frac{V^2}{2g}$$

$$H_r = \frac{\left(1.66 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.8 \frac{m}{s}}$$

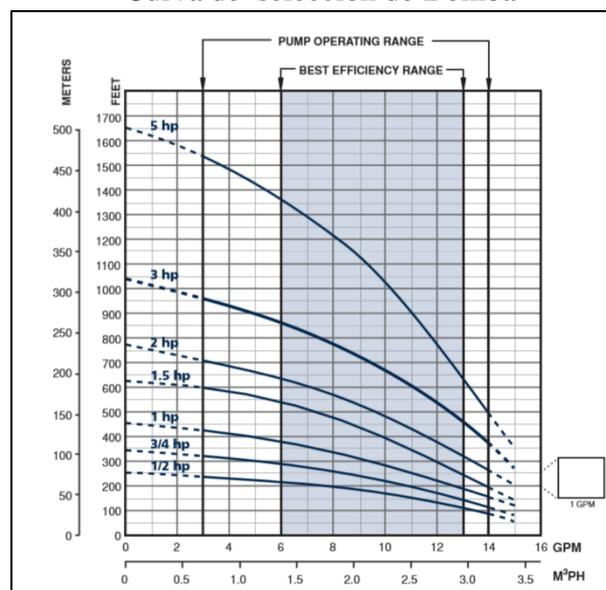
$$H_r = 0.14 m$$

Entonces la altura dinámica total = 14.1m.c.a. + 0.14m.c.a. + 22.5m.c.a.

El  $T_{DH} = 36.74 m. c. a.$

**Selección de la Bomba.-** Para un caudal máximo de 10 GPM y un  $T_{DH} = 36.74 m. c. a.$  y de acuerdo al Catálogo obteneos una bomba de la marca Franklin Electric de  $\frac{1}{2}$  hp. [Anexo G y Anexo H.](#)

**Figura N° 3. 6.**  
Curva de selección de Bomba



**Fuente:** Catálogo de Bomba marca Franklin Electric, Pág. 2

**Figura N° 3. 7.**  
Bomba de agua



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Tabla N° 3. 9.**  
Características técnicas de la bomba

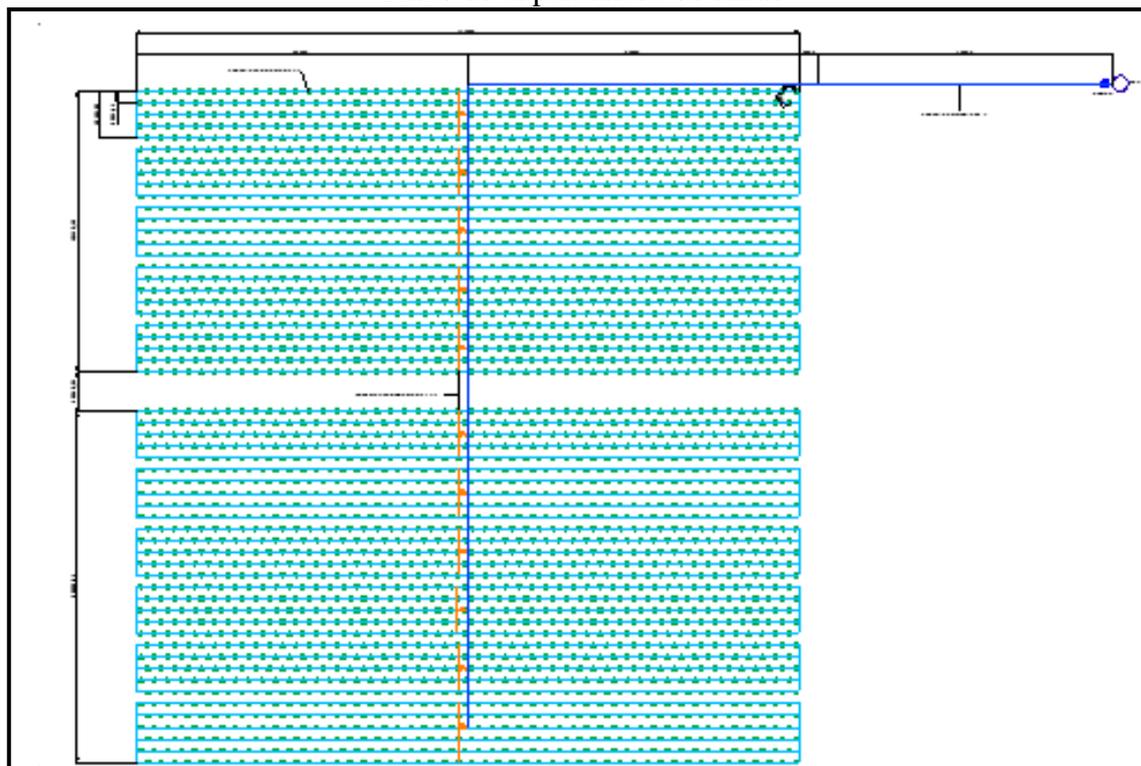
GPM	HP	Stg	Volts	2-Wire		3-Wire	
				Model No.	Order No.	Model No.	Order No.
5	1/2	8	115	5FV05P4-2W115	95400505	5FV05P4-3W115	95400530
	1/2	8	230	5FV05P4-2W230	95400510	5FV05P4-3W230	95400535
	3/4	12	230	5FV07P4-2W230	95400515	5FV07P4-3W230	95400540
	1	15	230	5FV1P4-2W230	95400520	5FV1P4-3W230	95400545
	1.5	21	230	5FV15P4-2W230	95400525	5FV15P4-3W230	95400550
7	1/2	7	115	7FV05P4-2W115	95400705	7FV05P4-3W115	95400730
	1/2	7	230	7FV05P4-2W230	95400710	7FV05P4-3W230	95400735
	3/4	10	230	7FV07P4-2W230	95400715	7FV07P4-3W230	95400740
	1	13	230	7FV1P4-2W230	95400720	7FV1P4-3W230	95400745
	1.5	18	230	7FV15P4-2W230	95400725	7FV15P4-3W230	95400750
10	1/2	6	115	10FV05P4-2W115	95401005	10FV05P4-3W115	95401030
	1/2	6	230	10FV05P4-2W230	95401010	10FV05P4-3W230	95401035
	3/4	8	230	10FV07P4-2W230	95401015	10FV07P4-3W230	95401040
	1	11	230	10FV1P4-2W230	95401020	10FV1P4-3W230	95401045
	1.5	15	230	10FV15P4-2W230	95401025	10FV15P4-3W230	95401050
15	1/2	4	115	15FV05P4-2W115	95401505	15FV05P4-3W115	95401530
	1/2	4	230	15FV05P4-2W230	95401510	15FV05P4-3W230	95401535
	3/4	6	230	15FV07P4-2W230	95401515	15FV07P4-3W230	95401540
	1	8	230	15FV1P4-2W230	95401520	15FV1P4-3W230	95401545
	1.5	11	230	15FV15P4-2W230	95401525	15FV15P4-3W230	95401550
20	3/4	5	230	20FV07P4-2W230	95402015	20FV07P4-3W230	95402040
	1	7	230	20FV1P4-2W230	95402020	20FV1P4-3W230	95402045
	1.5	10	230	20FV15P4-2W230	95402025	20FV15P4-3W230	95402050
25	1	6	230	25FV1P4-2W230	95402520	25FV1P4-3W230	95402545
	1.5	8	230	25FV15P4-2W230	95402525	25FV15P4-3W230	95402550

Fuente: Catálogo de Bomba sumergible marca Franklin Electric, Pág. 9

En el siguiente gráfico se ha realizado la planificación en vista de Planta del Sistema de Riego, el mismo que se lo ha dividido en 2 zonas, la primera **Zona A** con un área de riego de  $172\text{ m} \times 72.75\text{ m}$ , la otra nos da un área de riego de  $172\text{ m} \times 90.93\text{ m}$ , lo que nos da un área para la **Zona B** de  $15639.93\text{ m}^2$  para un área total a regar de  $28152.96\text{ m}^2$  cercano a las 3 hectáreas de sembrío.

La **Zona A**, la hemos subdividido en 10 subzonas, cada una con un total de 285 plantas, correspondiente a 57 plantas por hilera y la **Zona B** la hemos subdividido en 12 subzonas, cada una con un total de 285 plantas, a excepción de la última subzona que consta de 342 plantas correspondiente a 57 plantas por hilera, tal como muestra la figura.

**Figura N° 3. 8.**  
Plano de la plantación de cacao



Fuente: Solidwork

Cada subzona consta de una válvula de apertura y cierre de tal forma que podamos dosificar a cada subzona la cantidad de agua para riego mínimo necesaria para su óptimo funcionamiento, de tal forma que la bomba a calcular y seleccionar sea lo más pequeña posible en potencia para no encarecer el costo de los paneles solares y por ende su instalación. De acuerdo al plano referencial realizaremos la distribución del flujo de agua para riego por mitad del sembrío con una tubería principal de 2" en PVC y para cada una de las subzonas lo realizaremos con una tubería de 1 ½" en PVC, a lo cual denominaremos **Tubería secundaria**, finalmente para la tubería terciaria utilizaremos manguera de ½" y goteros tipo katif de 2.2 l/hora ubicados a 3 m en cada una de las plantas de cacao.



$$P = V * I$$

$$P = 17,6 * 5,11$$

$$P = 89,936$$

### **Factor de forma o factor de llenado**

$$FF = (I_M * V_M) / (I_{sc} * V_{oc})$$

$$FF = (5,11 * 17,6) / (5,51 * 21,8)$$

$$FF = 0,748 \quad \text{Toma valores entre 0,7 y 0,8}$$

### **Potencia máxima entregada por el panel**

$$P_M = FF * I_{sc} * V_{oc}$$

$$P_M = 0,748 * 5,51 * 21,8$$

$$P_M = 89,848 \text{ w}$$

### **La eficiencia de conversión de una célula solar**

$$\eta = I_M * V_M / P_L = FF * I_{sc} * V_{oc} / P_L$$

### **Voltaje de una célula solar**

$$V_m / \# \text{ celdas}$$

$$17,6 / 36$$

$$0,488 \text{ v}$$

$$P_L = E * A_c$$

$$P_L = 1000 \text{ W/m}^2 * (0,125\text{m} * 0,125\text{m})$$

$$P_L = 15,625 \text{ W}$$

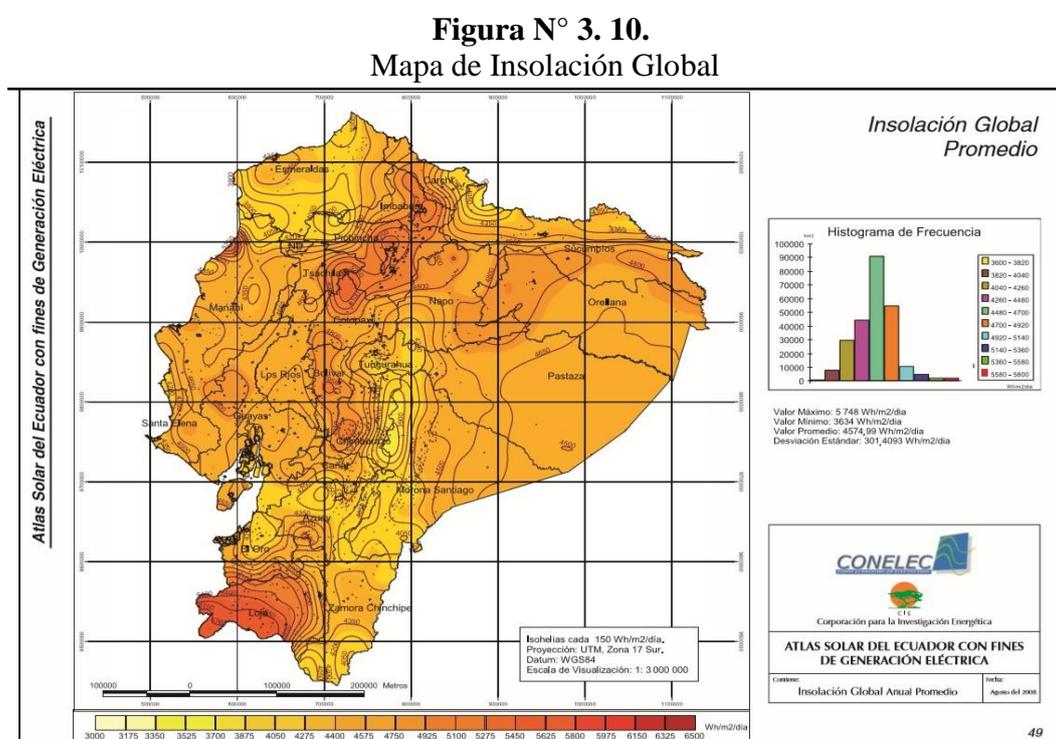
$$\eta = I_M * V_M / P_L$$

$$\eta = 5,11A * 0,488V / 15,625W$$

$$\eta = 0,15959$$

$$\eta = 16 \%$$

Del Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica, publicado por el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) y CIE (Corporación para la Investigación Energética) en el año 2008, consideraremos el Mapa de Insolación Global Promedio Anual. *Anexo J.*



Para la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas obtenemos el siguiente promedio anual:

Valor mínimo: 4040.0  $wh/m^2/día$

Valor máximo: 4260.0  $wh/m^2/día$

Valor promedio: 4150.0  $wh/m^2/día$

Por lo tanto consideraremos una instalación global promedio de 4.15  $kw/m^2/día$ .

**Tabla N° 3. 12.**  
 Datos de energía solar Santo Domingo de los colorados NASA

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	23.0	80.4%	4.24	94.4	2.3	25.0	0	404
February	23.2	80.7%	4.43	94.3	1.8	24.9	0	377
March	23.4	80.1%	5.00	94.3	1.7	25.2	0	420
April	23.9	77.0%	4.80	94.3	1.9	26.0	0	422
May	24.4	71.3%	4.22	94.4	2.0	26.9	0	452
June	24.5	65.8%	3.73	94.4	2.4	27.2	0	440
July	24.5	60.6%	3.87	94.5	2.6	27.5	0	457
August	24.8	58.0%	4.06	94.5	2.8	28.7	0	467
September	24.4	63.8%	4.21	94.5	2.7	28.5	0	441
October	23.8	69.5%	3.98	94.4	2.7	27.7	0	435
November	23.2	73.4%	3.81	94.4	2.7	26.5	0	401
December	23.1	77.7%	4.07	94.4	2.6	25.6	0	410
Annual	23.9	71.5%	4.20	94.4	2.4	26.6	0	5126
Measured at (m)					10.0	0.0		

Fuente: NASA

**Tabla N° 3. 13.**  
 Datos de energía solar Santo Domingo de los colorados METEONORM

	Gh kWh/m <sup>2</sup>	Dh kWh/m <sup>2</sup>	Bn kWh/m <sup>2</sup>	Ta °C	Td °C	FF m/s	
Enero	131	74	85	16,3	12,6	2,8	
Febrero	135	75	87	16,3	12,8	2,6	
Marzo	156	88	95	16,2	13,2	2,3	
Abril	143	74	98	16,2	13,2	2,3	
Mayo	135	73	95	16,2	12,8	2,7	
Junio	127	62	100	15,9	11,6	3,3	
Julio	127	65	93	15,9	10,5	3,7	
Agosto	119	69	72	16	10,1	3,8	
Setiembre	132	73	87	16,2	10,7	3,5	
Octubre	118	69	71	16,3	11,9	2,9	
Noviembre	105	65	63	16,2	12,2	2,7	
Diciembre	121	68	80	16,2	12,7	2,7	
Año	1553	855	1026	16,2	12	2,9	

Fuente: Meteonorm

Del catálogo de SIMAX, seleccionamos el panel 90 W – 12 VDC, debido a su existencia comercial en el país y a su bajo costo cuyos datos teóricos se presentan en el [Anexo K](#).

**Figura N° 3. 11.** Especificaciones del Panel solar 90 W – 12 VDC



**Fuente:** Catálogo de Simax, seleccionamos el panel 90 W – 12 VDC

Potencia nominal por panel de:  $P_p = 90 \text{ W}$ .

De acuerdo a la tabla 3.10, la energía requerida por carga instalada es:

$$E_r = 1119 \text{ wh/día}$$

- Selección de factores de rendimiento:

- Sistema de Acumulación

$$n_B = 89\%$$

- Temperatura de operación de los paneles:

$$n_T = 95\%$$

- Regulador:

$$n_R = 90\%$$

- Cálculo de tensión:

$$n_C = 96.04\%$$

- Otros factores como polvo sobre paneles, obsolescencia:

$$n_o = 86.96\%$$

### CALCULO CON LOS DATOS DE CONELEC

- Cálculo de la potencia requerida por el sistema:

$$P_R = \frac{E_r}{n_B * n_T * n_R * n_C * n_o * I_G}$$

$$P_R = \frac{1119wh/día}{0.89 * 0.95 * 0.90 * 0.9604 * 0.8696 * 4.15}$$

$$P_R = 424.28 w$$

- **Número de paneles.-** Este cálculo se refiere al número de paneles que se conectarán en paralelo para abastecer al sistema.

$$\text{Número de paneles} = \frac{P_R}{P_P}$$

$$\text{Número de paneles} = \frac{424.28 w}{90 w}$$

$$\text{Número de paneles} = 4.7 \text{ (Se requiere de 5 paneles)}$$

### CALCULO CON LOS DATOS DE LA NASA.

- Cálculo de la potencia requerida por el sistema para el mes más bajo. Que es junio de 3.73Kwh/m<sup>2</sup>/día

$$P_R = \frac{E_r}{n_B * n_T * n_R * n_C * n_o * I_G}$$

$$P_R = \frac{1119wh/día}{0.89 * 0.95 * 0.90 * 0.9604 * 0.8696 * 3.73}$$

$$P_R = 472 w$$

- **Número de paneles.-** Este cálculo se refiere al número de paneles que se conectarán en paralelo para abastecer al sistema.

$$\text{Número de paneles} = \frac{P_R}{P_P}$$

$$\text{Número de paneles} = \frac{472 w}{90 w}$$

$$\text{Número de paneles} = 5,2 \text{ (Se requiere de 5 paneles)}$$

### CALCULO CON LOS DATOS DEL PROGRAMA METEONORM

- Cálculo de la potencia requerida por el sistema para el mes más bajo. Que es noviembre de 105 Kwh/m<sup>2</sup> al mes y diario de 3.5 Kwh/m<sup>2</sup>/día

$$P_R = \frac{E_r}{n_B * n_T * n_R * n_C * n_o * I_G}$$

$$P_R = \frac{1119wh/día}{0.89 * 0.95 * 0.90 * 0.9604 * 0.8696 * 3.5}$$

$$P_R = 503 w$$

- **Número de paneles.-** Este cálculo se refiere al número de paneles que se conectaran en paralelo para abastecer al sistema.

$$\text{Número de paneles} = \frac{P_R}{P_P}$$

$$\text{Número de paneles} = \frac{503w}{90 w}$$

$$\text{Número de paneles} = 5,5 \text{ (Se requiere de 5 paneles)}$$

- **Dimensionamiento del Sistema de Acumulación.-** Para el dimensionamiento del sistema de acumulación se utilizarán los datos anteriormente descritos como son: potencia instalada, demanda de energía y demanda horaria de energía; además se recopilarán datos técnicos de catálogos referente a baterías utilizadas para sistemas fotovoltaicos.
- **Carga diurna.-** La carga diurna son los equipos que serán utilizados exclusivamente en horas del día, cabe indicar que esta carga no requiere sistema de acumulación.

$$\text{Carga diurna} = C_{total} - C_{nocturna}$$

$$\text{Carga diurna} = 1119 w - 559.5 w \text{ (1119w = 100\%)}$$

$$\text{Carga diurna} = 559.5w \text{ (559.5w = 50\%)}$$

- **Energía diaria de acumulación requerida.-** Es la cantidad de energía necesaria para alimentar la carga que funcionará mediante el sistema de acumulación.

$$Eda = (1 - C_{diurna})(E_r/n_B)$$

$$Eda = (1 - 0.5) \left( \frac{1119 \frac{wh}{día}}{0.89} \right)$$

$$Eda = 628.65 \frac{wh}{día}$$

- **Capacidad diaria de acumulación.-** Dado que la capacidad de las baterías del sistema de acumulación viene expresada en función de la carga que puede mantener durante determinado tiempo se hace necesario calcular la capacidad diaria de acumulación.

$$Cda = (1 - Cdiurna)(E_r/V * n_B); V = \text{Voltaje de la batería}$$

$$Cda = (1 - 0.5) \left( 1119 \frac{wh}{día} / (12 V * 0.89) \right)$$

$$Cda = 52.39 Ah/día$$

- **Profundidad de descarga máxima.-** Es la propiedad que tiene la batería para entregar toda su energía disponible a la carga y es un dato que se toma de los catálogos.

$$Pdm = 70\%$$

- **Amperios hora al día.-** Es la capacidad de cargarse de energía diariamente que tiene la batería en relación con su profundidad de descarga, esta energía será la que logre mantener a la carga nocturna a través del sistema de acumulación.

$$Ahdía = \frac{Cda}{Pdm}$$

$$Ahdía = \frac{52.39Ah/día}{0.7}$$

$$Ahdía = 74.84Ah/día$$

- **Días de autonomía.-** Por condiciones meteorológicas se hace necesario garantizar el suministro de energía a la carga nocturna de manera continua, entonces se puede elegir entre 3 y 5 días de autonomía del sistema ante fenómenos de la naturaleza.

$$da = 3 \text{ días}$$

- **Capacidad total necesaria del sistema de acumulación.-** Con todas las consideraciones anteriormente tomadas podemos calcular la capacidad que debe tener nuestro sistema de acumulación.

$$Ahtotal = Ahdía \times da$$

$$Ahtotal = 74.84 \frac{Ah}{día} \times 3 \text{ días}$$

$$Ahtotal = 224.52 \text{ Ah}$$

- **Capacidad nominal de la batería.-** Teniendo en valor de la capacidad total del sistema de acumulación acudimos a catálogos donde seleccionaremos la batería con una capacidad cercana y superior a la calculada.

$$Cnb = 150 \text{ Ah}$$

- **Número de baterías**

$$\text{Número de baterías} = \frac{Ahtotal}{Cnb}$$

$$\text{Número de baterías} = \frac{224.52 \text{ Ah}}{150 \text{ Ah}}$$

**Número de baterías = 1.5 baterías** (Se requiere de 2baterías)

- **Dimensionamiento del Inversor.-** Para el dimensionamiento del inversor se utilizarán los datos anteriormente descritos como son: potencia instalada; además se recopilarán datos técnicos de catálogos referentes a inversores.
- **Potencia mínima requerida.-** El voltaje recibido tanto por el sistema de generación como de acumulación es de corriente continua, al ser las cargas instaladas de funcionamiento con corriente alterna, se hace necesario el cálculo y utilización de un inversor.

$$P_{mr} = P_{alterna} \times 1.25$$

$$P_{mr} = 373 \text{ w} \times 1.25$$

$$P_{mr} = 466.25 \text{ w}$$

- **Dimensionamiento del Regulador.-** Para el dimensionamiento del regulador se utilizarán los datos anteriormente descritos como son: número de paneles, voltaje de salida de los paneles, potencia nominal de los paneles; además se recopilarán datos técnicos de catálogos referentes a reguladores.
- **Corriente del Regulador.-** El regulador al ser el dispositivo que se encargará de manejar la energía proporcionada por los paneles hacia el sistema de acumulación y luego hacia la carga instalada se hace necesario calcular la corriente que circulará por el sistema fotovoltaico.

$$I_{cr} = (N \times P_p) / (V * 1.33)$$

$$I_{cr} = (5 \times 90\text{w}) / (12\text{V} * 1.33)$$

$$I_{cr} = 28.20 \text{ A}$$

- **Cálculo de la caída de tensión.-** Para el dimensionamiento de conductores y la caída de tensión que estos provocarían en los diversos trayectos del sistema solar fotovoltaico, utilizaremos datos descritos anteriormente de nuestro sistema como son corriente y potencias de ciertos equipos. Se considera los conductores a utilizarse de cobre con una conductividad a una temperatura de 20°C.

Para instalaciones de baja tensión tanto en interiores como de enlace no se toman en cuenta el efecto piel y de proximidad que son factores más de los conductores de gran sección.

### De los paneles fotovoltaicos al regulador

#### a. Caída de tensión máxima admisible

$$e = \frac{\% * \textit{Voltaje nominal}}{100 \%}$$

#### Dónde:

e: porcentaje de caída de tensión (voltios).

V: voltaje nominal del sistema (voltios).

$$e = \frac{\% * \textit{Voltaje nominal}}{100 \%}$$

$$e = \frac{8 \% * 12 V}{100 \%}$$

$$e = \mathbf{0.96 \textit{ voltios}}$$

#### b. Sección mínima

$$S = \frac{2 * \textit{longitud(m)} * \textit{corriente(A)} * \textit{cos}\varphi}{\gamma * \Delta V}$$

**Dónde:**

- S: sección del conductor ( $\text{mm}^2$ ).  
 L: longitud del conductor (metros).  
 A: corriente (amperios).  
 P: potencia de la carga a instalar (vatios).  
 $\gamma$ : conductividad del cobre a 20°C ( $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$ ).

$$S = \frac{2 * longitud(m) * Corriente(A) * \cos\phi}{\gamma * \Delta V}$$

$$S = \frac{2 * 6 \text{ m} * 30 \text{ A} * \cos 1}{56 \frac{\text{m}}{\Omega\text{mm}^2} * 0.96 \text{ V}}$$

$$S = 6.69 \text{ mm}^2 \text{ Calibre del conductor: 8 AWG.}$$

**De regulador a batería****a. Caída de tensión máxima admisible**

$$e = \frac{\% * Voltaje nominal}{100 \%}$$

$$e = \frac{8 \% * 12 \text{ V}}{100 \%}$$

$$e = 0.96 \text{ voltios}$$

**b. Sección mínima**

$$S = \frac{2 * longitud(m) * Corriente(A) * \cos\phi}{\gamma * \Delta V}$$

$$S = \frac{2 * 5 \text{ m} * 30 \text{ A} * \cos 1}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} * 0.96 \text{ V}}$$

$$S = 5.57 \text{ mm}^2 \text{ Calibre del conductor: 8 AWG.}$$

De batería a inversor

a.- Caída de tensión máxima admisible.

$$e = \frac{\% * \text{Voltaje nominal}}{100 \%}$$

$$e = \frac{8\% * 12 \text{ V}}{100 \%}$$

$$e = 0.96 \text{ voltios}$$

c. Sección mínima

$$S = \frac{2 * \text{longitud}(\text{m}) * \text{Corriente}(\text{A}) * \cos \varphi}{\gamma * \Delta V}$$

$$S = \frac{2 * 1 \text{ m} * 150 \text{ A} * \cos 1}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} * 0,96 \text{ V}}$$

$$S = 5.57 \text{ mm}^2 \text{ Calibre del conductor: 8 AWG.}$$

De inversor a carga

a.- Caída de tensión máxima admisible.

$$e = \frac{\% * \text{Voltaje nominal}}{100 \%}$$

$$e = \frac{2.5 \% * 120 Vac}{100 \%}$$

$$e = 3 \text{ voltios}$$

### b. Sección mínima

$$S = \frac{2 * longitud(m) * Potencia (w)}{\gamma * \Delta V * V}$$

$$S = \frac{2 * 40 m * 373 w}{56 \frac{m}{\Omega mm^2} * 3 V * 120V}$$

$$S = 1.48 mm^2 \text{ Calibre del conductor: 14 AWG.}$$

**Tabla N° 3. 14.**

Sección de cable

Sección de cable <i>Wire section</i>	Número del cable AWG, <i>american wire gauge</i>	Límites de seguridad <i>Safety Limits</i>	
		Corriente <i>Current</i>	Potencia <i>Power</i>
0.33	22	5 A	350 W
0.52	20	7.5 A	530 W
0.82	18	10 A	700 W
1.30	16	13 A	920 W
2.08	14	15 A	1060 W
3.31	12	20 A	1400 W
5.26	10	30 A	2100 W
8.37	8	45 A	3100 W
13.30	6	60 A	4600 W

**Fuente:** <https://www.google.com.ec/search?q=tabla+de+calibres+de+cables+electricos>

**Tabla N° 3. 15.**  
Energía Semestral Generada

MESES	DÍAS	Días Radiación global (Kwh/m2día)	Horas sol pico (h)	Potencia del sistema (Kw)	Energía mensual(Kwh)
JUNIO	30	3,73	3,73	0,441	49,35
JULIO	31	3,87	3,87	0,441	52,91
AGOSTO	31	4,06	4,06	0,441	55,50
SEPTIEMBRE	30	4,21	4,21	0,441	55,70
OCTOBRE	31	3,98	3,98	0,441	54,41
NOVIEMBRE	30	3,81	3,81	0,441	50,41
<b>Energía semestral generada(KW)</b>					<b>318,27</b>

Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

## CAPITULO IV

### IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

#### 4.1. Implementación

##### 4.1.1 Construcción de la estructura de hormigón del tanque y de paneles solares

Se construyó la torre de hormigón a una altura de 4,5 metros que es la que se estableció para el funcionamiento de nuestro diseño mediante gravedad. La torre está constituida de una columna de 25 X 25 cm con una longitud de 4.5 y una losa de soporte 150 X 150 con un espesor de 10cm. En la losa se empotraron los parantes para el soporte de los paneles.

**Figura N° 4. 1.**  
Estructura de hormigón del tanque y paneles



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

#### 4.1.2 Instalación de tuberías eléctricas e hidráulicas

Se procedió a ser la instalación de tuberías por la parte interna de la torre, para el sistema eléctrico con manguera de  $\frac{3}{4}$  y para lo hidráulico en carga y descarga con 1 pulgada.

**Figura N° 4. 2.**  
Instalación de tuberías eléctricas e hidráulicas de la torre



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

Para la alimentación eléctrica desde el área de control ubicada en la torre, hacia la bomba se utilizó manguera eléctrica de  $\frac{3}{4}$ , y para el sistema hidráulico manguera de 1".

**Figura N° 4. 3.**  
Instalación de tuberías eléctricas e hidráulicas hacia la bomba



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

### 4.1.3 Pozo de agua

Se procedió a ser un pozo de 2 m<sup>3</sup> en el río que pasa por el sector, este está constituida de tal manera que nos otorgue el caudal necesario para el sistema, se procedió a instalar un tubo de 10 pulgadas por 2m de longitud al cual se le hizo ranuras para la entrada de agua. El objetivo de esto es para obstruir el paso de suciedades como hojas, ramas, entre otros y permitir a la válvula cheque el flujo normal de caudal de agua.

**Figura N° 4. 4.**  
Pozo para la succión de la bomba



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

### 4.1.4 Preinstalación de paneles en estructura

Se procedió hacer la estructura metálica para los paneles y se probó que queden en buena posición.

**Figura N° 4. 5.**  
Preinstalación de paneles solares en estructura



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

#### 4.1.5 Instalación del equipo fotovoltaico

Para la instalación del equipo fotovoltaico es necesario: paneles solares, controlador de carga. Baterías, inversor, tablero eléctrico.

Se procedió a revisar los materiales en el lugar donde se va a proceder a armarlos y conectarlos. La preinstalación nos sirvió para el montaje de los paneles, ya que su ubicación estaba previamente establecida. En paneles, baterías, inversor y el tablero de control se realizaron las conexiones necesarias para su correcto funcionamiento.

**Figura N° 4. 6.**  
Revisión del material



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 7.**  
Instalación de paneles solares en la torre



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 8.**  
Puesta de paneles solares en la torre



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 9.**  
Instalación en paralelo de los paneles solares



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 10.**  
Inversor de 1kw



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

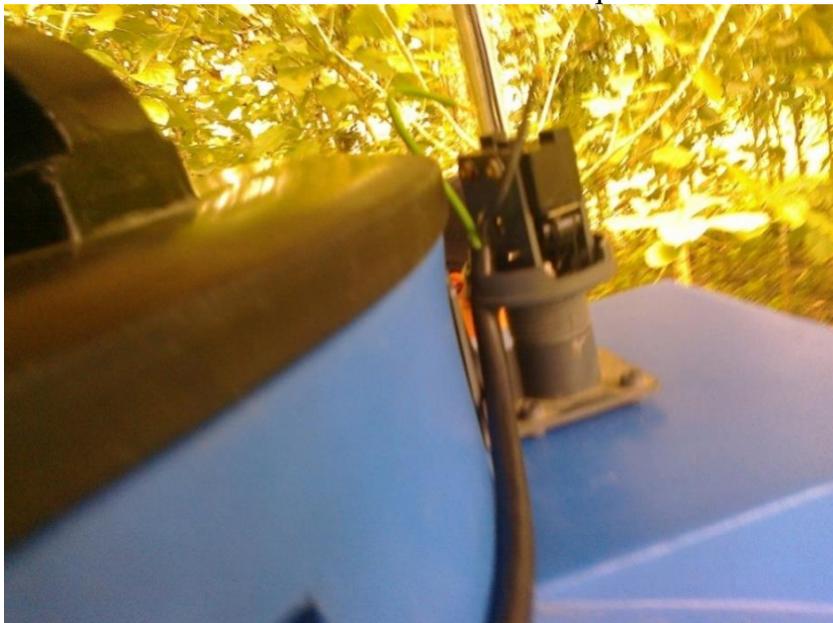
**Figura N° 4. 11.**  
Conexión de baterías



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

El sensor de nivel es el que nos ayuda a controlar el circuito de control de encendido cuando el tanque esta vacío y de apagado cuando este esta lleno.

**Figura N° 4. 12.**  
Instalación del sensor de nivel en tanque elevado



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 13.**  
Ubicación de tablero eléctrico



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

#### 4.1.6 Construcción de tablero eléctrico de control y fuerza del sistema de riego.

Para el tablero eléctrico de control y fuerza se instalaron los siguientes dispositivos:

- Tablero metálico

Será el espacio en el cual se instalaran los elementos, (regulador de carga, breaker principal, contactor, relé térmico, selector, luces de señalización, mini relay)

- Regulador de carga

Es el encargado de regular la energía captada de los paneles fotovoltaicos para ser almacenadas en un banco de baterías.

- Breaker principal

Es el dispositivo que nos va a proteger de sobrecargas y cortocircuitos, además de darnos la facilidad de abrir la alimentación de energía en cascada para cualquier maniobra de mantenimiento u otro. Por motivo de dimensionamiento del circuito eléctrico se instaló un breaker de 1P / 10A.

- Contactor

Este dispositivo electromecánico tiene como objetivo establecer o interrumpir el paso de la corriente, ya sea en el circuito de fuerza y de control. Su dimensionado fue en base a la corriente nominal del motor por lo tanto se estableció un contactor de 3P/9A/120V.

- Relé térmico

Es utilizado para proteger el motor en sobrecargas débiles y prolongadas, impidiendo que funcione en condiciones de calentamiento anormales. Cabe aclarar que el motor que se utilizó tiene una corriente nominal de 5A por lo tanto se utilizó un relé con un rango de 4 – 6A

- Selector

Su función es de abrir o cerrar un contacto, normalmente abierta o normalmente cerrada.

Se utilizó un selector de dos posiciones estado 0 y estado 1, estado 0 apagado (OFF), estado 1 prendido (ON).

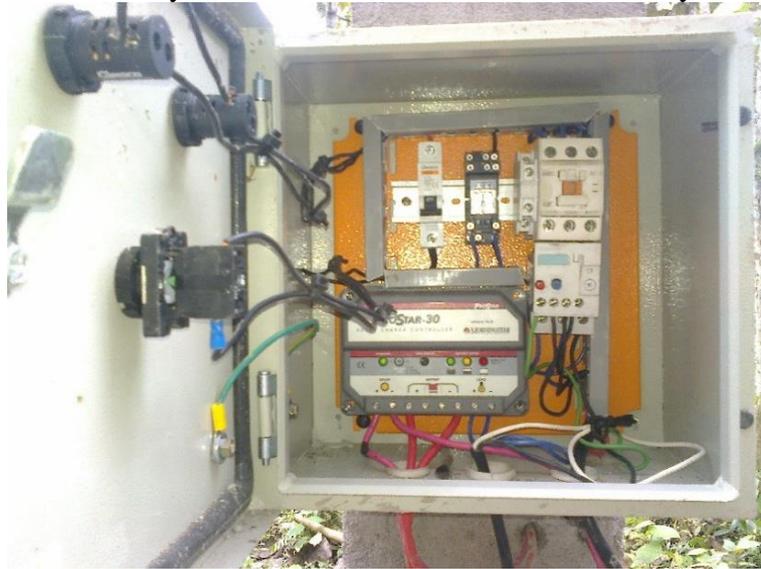
- Luces piloto

Son las encargadas de mostrarnos un estado de funcionamiento del circuito, estas pueden ser prendidas, apagadas o de falla. Se utilizó 2 luces piloto a 120V, de color verde para el encendido y rojo para la falla del relé térmico.

- Mini relay

Este dispositivo funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico, que al momento de su activación se acciona un juego de uno o varios contactos independientes que permite abrir o cerrar otros circuitos eléctricos. En nuestra implementación se hizo necesario utilizarlo ya que nuestro inversor no detecta cuando las baterías están sin capacidad necesaria de carga para abrir el circuito. Se instaló un mini relay a 12V que está controlado mediante el regulador de carga que activa un contacto cuando detecta que las baterías están en un nivel bajo de carga.

**Figura N° 4. 14.**  
Distribución y conexión de los elementos de control y fuerza



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 15.**  
Bomba centrífuga de ½ hp



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 16.**  
Finalización de la instalación de los equipos y elementos en la torre



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

#### **4.1.7 Instalación de elementos del sistema de riego por goteo.**

Esta instalación de sistema de riego por goteo consta de 3 válvulas, válvula principal (válvula1), válvulas secundarias del riego por goteo (válvula 2 y válvula3).

La válvula principal es la encargada de permitir el paso del caudal de agua hasta las áreas de riego

**Figura N° 4. 17.**  
Válvula principal y sistema de filtrado



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 18.**  
Colocación de tubería para el sistema de riego



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 19.**  
Colocación de tubería para el sistema de riego



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

Se puede observar la conexión de la línea primaria con las líneas secundarias con sus respectivas válvulas de apertura y cierre, además se colocó un tapón en casos de extensión del sistema.

**Figura N° 4. 20.**  
Válvulas de distribución V2 y V3 para apertura y cierre



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

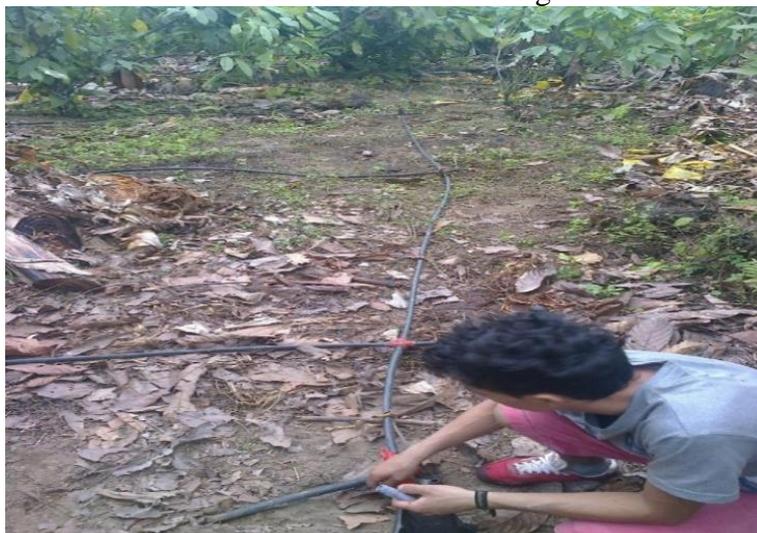
Se hace la conexión de las redes secundarias que son las que van a estar previstas por lo goteros para el riego, cuyos redes estarán a pie la las plantas.

**Figura N° 4. 21.**  
Conexión de redes de distribución para goteros



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 22.**  
Redes de distribución de agua



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

Para la perforación de la manguera se utilizó puntas diseñadas caseras que nos da la perforación adecuada para la colocación del gotero, cave recalcar que existe en el mercado maquinas diseñadas para la perforación.

**Figura N° 4. 23.**  
Perforación de manguera para puesta de gotero tipo katif



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 24.**

Caudal por el orificio realizado antes de la colocación del gotero



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

Para la ubicación de los goteros luego de ya previsto la perforación, se coloca el gotero presionando como podemos observar en la figura, en casos se puede hacer el uso de pegamento de ser necesario.

**Figura N° 4. 25.**

Colocación del gotero tipo katif en manguera



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

Se observa la forma en que se va a predisponer el gotero para cumplir la función a regar

**Figura N° 4. 26.**  
Vista del gotero tipo katif en manguera



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

## 4.2 Pruebas de funcionamiento

### 4.2.1. Inversor

- Capacidad de 1000W
- Capacidad durante 15 segundos 2000W
- Entrada 12V DC
- Salida 120 V AC
- Frecuencia 60 Hz

Se puede observar en el display del inversor los datos de operación dándonos como voltaje de salida 119V AC a una frecuencia de 60hz y un voltaje en baterías de 11.2V DC. Estos datos están dentro de los rangos característicos de los dispositivos.

**Figura N° 4. 27.**

Inversor de 1kw con sus respectivos valores de operación



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

#### 4.2.2. Medición de voltaje y corriente para el encendido de la bomba

Se realizó la medición del voltaje con carga en el contactor dando como resultado una medición de 118V, con una caída de tensión de 1V

**Figura N° 4. 28.**

Medición de voltaje en contactor de bomba



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

El valor obtenido de voltaje en el inversor es de 119V, según los cálculos mediante las características por longitud y sección del calibre del conductor se determinó una caída de tensión de 3V por lo que nos debería dar un voltaje de 116V lo cual se pudo comprobar, además la corriente de consumo del motor es de 4,7 A que está dentro de las características de placa del motor.

**Figura N° 4. 29.**  
Medición de voltaje en la bomba



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 30.**  
Medición de corriente en la bomba



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 31.**  
Placa de bomba



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

#### 4.2.3. Medición de voltaje y corriente en baterías

El voltaje en los bornes de batería nos muestra una lectura de 11V DC en un determinado tiempo.

**Figura N° 4. 32.**  
Medición de voltaje en baterías



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

La medición de corriente entre baterías e inversor nos muestra una corriente de 33,1 A que está en referencia a lo determinado por el dimensionamiento del conductor de calibre 8 AWG que soporta una corriente máxima de 40 A.

**Figura N° 4. 33.**  
Medición de corriente entre batería e inversor



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

**Figura N° 4. 34.**  
Capacidad y tipo de batería



Fuente: Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

#### 4.2.4. Verificación de caudal

Para determinar el caudal otorgado por la tubería principal se realizó lo siguientes pruebas, basándonos mediante la fórmula de caudal.

$$Q=V/T$$

Q= Caudal

V=Volumen

T= Tiempo

#### Pruebas

**Tabla N° 4. 1.**  
Pruebas de caudal de tubería principal

Volumen (ltr )	1,5
Tiempo (seg)	12
Caudal( ltr/seg)	0,125
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	0,450

Volumen (ltr )	20
Tiempo (seg)	165
Caudal( ltr/seg)	0,121
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	0,435

Volumen (ltr )	200
Tiempo (seg)	1660
Caudal( ltr/seg)	0,120
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	0,433

**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

El gotero instalado es tipo katif con un caudal de 2.2 ltr/h

Para verificar el caudal otorgado por los goteros se realizó lo siguientes pruebas, basándonos mediante la fórmula de caudal. En lo cual se puede constatar que los valores son aproximados a los datos característicos del gotero

**Tabla N° 4. 2.**

Pruebas de caudal de gotero tipo Katif

Volumen (ltr )	2,4
Tiempo (h)	1
Caudal( ltr/h)	2,4
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	0,0024

Volumen (ltr )	1,5
Tiempo (h)	0,65
Caudal( ltr/h)	2,31
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	0,0023

**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

## CAPITULO V

### MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

#### 5.1. Manual de operación de llenado del tanque elevado

Para la operación de la bomba se deberá tomar en cuenta los siguientes pasos.

- Revisar que el breaker principal este en el estado activo (ON)

**Figura N° 5. 1.**  
Breaker principal



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

- Revisar en el controlador de carga los estados de la batería, si se encuentra en estado bajo y prendido la luz roja que nos muestra la descarga total del banco de baterías, no proceder a los siguientes ítems y esperar hasta que se encuentre en estado óptimo de carga , esto se muestra cuando la luz verde está encendida

**Figura N° 5. 2.**  
Controlador de carga



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

- Poner el selector de dos posiciones en estado de encendido (ON)
  - En esta posición (ON) el control del llenado del tanque elevado será automático.
  - En posición apagada (OFF) se detendrá el funcionamiento.
- En darse el caso de que no se active la bomba se podría dar los siguientes acontecimientos:
  - Puede dar el caso que se activó la protección de sobre carga del relé térmico, esto se puede observar si se ha activado la luz de señalización roja que se encuentra en la parte frontal del tablero de control. Para la solución se debe resetear el relé térmico como se muestra en la figura, además verificar la calibración de corriente que sea referenciada a la corriente nominal del motor para este caso es de 5A.
  - Verificar voltajes de operación en tablero y bomba.
  - Podría ser los sensores de nivel, tomar en cuenta que cuando el tanque este lleno la bomba no se podrá activar, si caso contrario se observa que el tanque está vacío y no se activa esto nos muestra que el sensor de nivel no está funcionando correctamente. Para esto se debería sustituir el elemento dicho.
  - De permanecer sin encender se tendrá que hacer una revisión más minuciosa para eso es recomendable solicitar un técnico

## 5.2. Manual de operación del sistema de riego

Para el funcionamiento del sistema de riego por goteo se debe realizar las siguientes acciones.

- Apertura de la válvula principal (válvula 1)

**Figura N° 5. 3.**  
Cabezal de riego



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

- Apertura de las válvulas de la zona a regar(válvula 2) y (válvula 3)

**Figura N° 5. 4.**  
Curva de riego



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

### 5.3. Manual de mantenimiento del sistema fotovoltaico

- El mantenimiento básico del panel solar fotovoltaico comprende las acciones siguientes:
  - Limpie sistemáticamente la cubierta frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico (se recomienda que el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental. Para las condiciones de santo domingo se aconseja cada 4 meses). La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave; de ser necesario, emplee detergente.

**Figura N° 5. 5.**  
Limpieza de paneles



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

- Verificar que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones.
- Podar los árboles que puedan provocar sombra en el panel solar fotovoltaico.

**Figura N° 5. 6.**  
Limpieza de lugares que dan sombra



**Fuente:** Marco Paguay / Mijail Herrera /2014

- El mantenimiento básico de la batería de acumulación comprende las siguientes acciones:
  - Limpie la cubierta superior de la batería y proteja los bornes de conexión con grasa antioxidante para evitar la sulfatación
  - Verifique que los bornes de conexión estén bien apretados.
  
- El mantenimiento básico para el regulador de carga comprende la siguiente acción:
  - Verificar que las conexiones estén correctas y bien apretadas.
  
- El mantenimiento del inversor comprende las siguientes acciones:
  - Verificar que los terminales de entrada a 12v DC estén bien apretadas.
  - Verificar que los terminales de salida a 120v AC estén bien apretadas.
  
- Verificar que los elementos de protección de los equipos de arranque de la bomba estén funcionando.( asiendo un té en el relé térmico, verificar que los sensores de nivel estén actuando, tanto en la succión como en la descarga)

#### **5.4. Manual de mantenimiento del sistema de riego**

- Al equipo de filtración inspecciones periódicas para el lavado; inspección de los elementos de filtrado (discos, arena y mallas) para determinar el grado de filtración y limpieza manual.
- Mantener el área de riego libre de malezas para un mejor aprovechamiento de agua hacia la planta.

## CAPITULO VI

### PRESUPUESTO

#### 6.1. Presupuesto

A continuación se detalla en la siguiente tabla todos los gastos realizados, para poder poner en práctica y el sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares en la hacienda de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

**Tabla N° 6. 1.**  
Presupuesto

1/2

Cant.	Descripción	V. unit	V. total
<b>Material Eléctrico</b>			
5	Panel solar simax 90W / 12Vdc	170,00	850,00
1	Controlador morningstar PS30	170,00	170,00
1	Inversor Powerstar 1kW/ 12Vdc	450,00	450,00
2	Batería ultracell UCG 150	400,00	800,00
1	Bomba de agua de 1/2hp	110,00	110,00
1	Tablero eléctrico 40 x 40 cm	35,00	35,00
1	Contactador	32,00	32,00
1	Relé térmico de 4 - 6,5 A	30,00	30,00
1	Breaker de 1P/ 10A	10,00	10,00
30	Cable concéntrico 2x14	1,14	34,20
2	Sensores de nivel	11,00	22,00
1	Varios eléctricos	100,00	100,00
<b>Construcción Torre</b>			
4	Varilla construcción 12x12	10,20	40,78
5	Varilla construcción 8x12	4,54	22,68
10	Tablas de encofrado de 30x30	3,70	37,00
1	Arena	12,00	12,00
1	Ripio	18,00	18,00
5	Cemento	7,60	38,00
2	Ángulos de 1 1/2 X 1/8"	17,00	34,00
1	Varios construcción	60,00	60,00
<b>Sistema de Riego</b>			
1	Tanque de 500 ltr	80,00	80,00
50	Tubería de succión	0,20	10,00
100	Tubería principal para riego de 1"	0,25	25,00
25	Tubería secundaria para riego 1/2"	0,17	4,25
400	Tubería terciaria para riego 1/2"	0,17	68,00
1	Filtro de agua para 18 gpm	25,00	25,00
128	goteros tipo katif 2.2 ltr/h	0,13	16,64
1	varios	120,00	120,00
<b>Pagos a Universidad</b>			
2	Aranceles UTE	1200,00	2400,00

2/2

<b>Varios</b>			
500	impresiones	0,15	75,00
2	empastados	50,00	100,00
1	transporte	150,00	150,00
1	mano de obra	600,00	600,00
1	varios	100,00	100,00
		subtotal	6733,51
		IVA 12%	808,02
		total	7541,53

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. Conclusiones:

- Se Diseñó e implemento un sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares en la hacienda el Oasis UTE extensión Santo Domingo.
- A través del estudio se logró establecer los diferentes parámetros agronómicos, fotovoltaicos e hidráulicos del diseño, cumpliendo con el requerimiento de satisfacer de agua para el riego por goteo a un sector de la superficie de cultivo, a una frecuencia de 12 horas por día.
- Se diseñó un plano general del sistema de riego por goteo para poder apreciar el funcionamiento de las áreas de riego, por sectores y las distintas válvulas tanto de apertura y cierre para lo anterior mente mencionado.
- Mediante los cálculos se pudo determinar la cantidad de los paneles fotovoltaicos y materiales involucrados necesarios para generar la máxima potencia requerida diaria para el sistema de 1119 WDIA.
- Concluida la elaboración del diseño, se procedió a realizar la implementación y construcción, de los equipos fotovoltaicos para la generación de energía y del sistema de riego por goteo respectivamente.
- Mediante las pruebas de funcionamiento se puede determinar que el sistema aplicado cumplió con todo los parámetros esperados. (voltaje, corriente, caudal). En voltaje tanto en 12v DC, en paneles fotovoltaicos, en el controlador solar, en el de banco baterías y en la entrada del inversor; y a 120V AC, en salida del inversor para luego su utilización en los equipos de control, fuerza y carga. En corriente

tanto en la selección de los equipos, del controlador solar de 30 A, baterías de 150AH y en la selección del conductor del cable para todos los equipos. Por ultimo en el sistema de riego por goteo, en selección de potencia de la bomba para el caudal requerido por el sistema de 10GPM.

## **7.2. Recomendaciones:**

- Se recomienda tomar en cuenta este sistema de estudio para mejorar la producción agrícola en toda su extensión, ya que se puede evidenciar que es posible la aplicación de nuevas tecnologías de generación eléctrica para aplicarlas en la agricultura, además de ser una energía amigable con el medio ambiente.
- se recomienda a no aplicar el sistema después de sus 12 horas necesarias de riego por goteo ni en temporadas de invierno, ya que los diferentes parámetros del diseño agronómico así lo requiere, por motivos que exceso de agua produciría ciertos perjuicios como (pudrición, presencia de hongos, aflojamiento del terreno y otros). Pero se debe tomar en cuenta que los equipos que generan la energía para el sistema deben estar en constante funcionamiento ya que así lo detalla el fabricante.
- Se recomienda ver en el plano general realizado, si la Universidad Tecnológica Equinoccial desea seguir implementando este sistema para el resto de la plantación ya que este sistema solo está para una parte de esta; y también para poder maniobrar las distintas válvulas de apertura y cierre del sistema de riego por goteo alimentado por paneles solares.
- Se recomienda que para generar la máxima potencia requerida diaria para el sistema de 1119 WDIA seguir las instrucciones del manual de operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico para que los paneles puedan absorber la energía necesaria que necesita al día.

- Se recomienda que para mantener la vida útil de materiales y equipos tanto en la implementación y construcción, de los equipos fotovoltaicos y del sistema de riego por goteo respectivamente se dé el mantenimiento detallado en el manual de operación de mantenimiento.
- Se recomienda que para que siga cumpliendo con todos los parámetros esperados, realizados en las pruebas de funcionamiento del sistema aplicado, por varios años se le dé el mantenimiento adecuado a todos los elementos involucrados en el sistema de riego por goteo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. PEDRO GÓMEZ POMPA, Riesgos a presión, aspersion y goteo, Editorial AEDOS, primera edición, 1975, Barcelona – España.
2. IGNACIO GARCÍA CASILLAS, GREGORIO BRIONES SÁNCHEZ, Sistemas de Riego, Editorial Trillas, primera edición, 1997, México.
3. JULIÁN CARRAZÓN ALOCÉN, Manual Práctico para el Diseño de Sistemas de miniriego, Edición Honduras, octubre 2007.
4. Plano del Ecuador de evapotranspiración Potencial, Datos del INHAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)
5. ROME, Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE 56, 2006.
6. Richard G. Allen Utah StateUniversity Logan, Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE 56 Utah, EE.UU.
7. MARIO RUBIO Cía. Ltda., Catálogo de Tuberías y accesorios de PVC y PE BD uso agrícola,
8. Catálogo de Bomba marca Franklin Electric de ½ hp
9. Catálogo simax

10. E. Lorenzo, Electricidad solar fotovoltaica, volumen II radiación solar y dispositivos fotovoltaicos, Diciembre 2006
11. E. Lorenzo, Electricidad solar fotovoltaica, volumen III Ingeniería Fotovoltaica, 2014
12. Compendio de tablas eléctricas, COELEC s.c.
13. Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica, publicado por el CONELEC y CIE, febrero 2008.
14. RANALD V. GILES, Mecánica de los Fluidos e Hidráulica, McGRAW HILL INTERAMERICANA.
15. VICTOR L. STREETER – E. BENJAMIN WYLIE, Mecánica de los Fluidos, octava edición, McGRAW HILL INTERAMERICANA. México 1988.
16. YUNUS A. CENGEL, MICHAEL A. BOLES, Termodinámica, segunda edición, Editorial McGRAW HILL, Bogotá Colombia.
17. SALDARRIAGA, JUAN, Hidráulica de Tubería, Editorial McGRAW HILL, Bogotá Colombia 1998.
18. MOTT L, ROBERT, Mecánica de fluidos aplicada, Prentice – Hall Hispanoamericana S.A. 1996.
19. LEONTOVICH, VALERIAN, Pórticos y Arcos, primera edición, editorial Continental, México 1961.

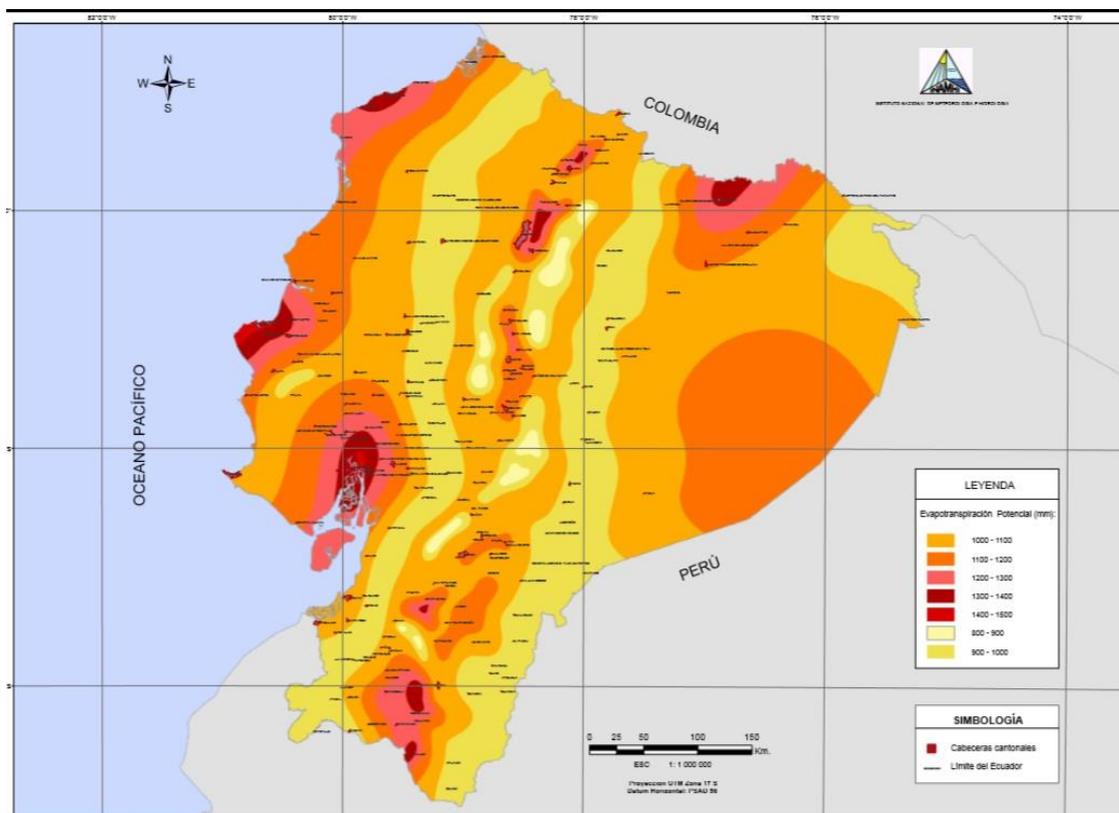
20. CREUS SOLE ANTONIO, Instrumentación Industrial, edición Alfaomega, México 1996.
21. <http://franklinlinkmx.files.wordpress.com/2010/12/mf2179-fps-con-versajet-sp-5.pdf>
22. [http://www.franklin-electric.com/media/documents/FP\\_SeriesV.pdf](http://www.franklin-electric.com/media/documents/FP_SeriesV.pdf)
23. <http://es.scribd.com/doc/89693272/Acero-ASTM-A36>.
24. [http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual\\_Construccion\\_2013/Capitulo\\_1.pdf](http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual_Construccion_2013/Capitulo_1.pdf)
25. [www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual...2013/Capitulo\\_1.pdf](http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual...2013/Capitulo_1.pdf)
26. [www.ecotecnia.org/dimensio/acero/acero.htm](http://www.ecotecnia.org/dimensio/acero/acero.htm)
27. [http://www.solartronic.com/download/Catalogo\\_Solartronic.pdf](http://www.solartronic.com/download/Catalogo_Solartronic.pdf)
28. <http://www.atersa.com/img/201042815342.pdf>
29. <http://www.hispaniasolar.es/pdf/Catalogos%202010/Cat.%20Hispania%20Solar%20comp.pdf>
30. <http://www.coltecnica.com/solar.html>
31. [http://www.drssolar.es/products\\_solar\\_panels.html](http://www.drssolar.es/products_solar_panels.html)
32. <http://www.ingenieriasolar-ec.com/images/catalogo1.pdf>

33. <http://www.ingenieriasolar-ec.com/images/catalogo2.pdf>
34. <http://www.buenastareas.com/ensayos/P%C3%A9rdidas-Primarias-y-Secundarias-En-Tuber%C3%ADas/4518626.html>
35. <http://www.slideshare.net/yuricomartinez/labo-4-prdida-de-carga-en-tuberas-y-accesorios>
36. <http://html.rincondelvago.com/disenio-de-un-modulo-de-perdidas-de-presion-en-fluidos.html>
37. [https://www5.uva.es/guia\\_docente/uploads/2012/389/51453/1/Documento6.pdf](https://www5.uva.es/guia_docente/uploads/2012/389/51453/1/Documento6.pdf)
38. <http://clubensayos.com/Ciencia/P%C3%A9rdidas-Primarias/722719.html>
39. <http://es.scribd.com/doc/75876661/Perdidas-Primarias-en-Tuberias>
40. <http://www.taringa.net/posts/info/1045344/Explicacion-dela-ecuacion-de-Einstein.html>
41. [http://hidraulica.umich.mx/laboratorio/images/man\\_pdf/3o/3\\_p4.pdf](http://hidraulica.umich.mx/laboratorio/images/man_pdf/3o/3_p4.pdf)
42. <http://larelatividad.esparatodos.es/relesp-a08.htm>

# **ANEXOS**

## ANEXO A

## Mapa del Ecuador de Evapotranspiración Potencial



## ANEXO B

Coeficiente del cultivo  $K_c$ 

**Coeficiente basal del cultivo  $K_{cb}$  para cultivos no estresados y bien manejados en climas sub-húmedos ( $HR_{min} \approx 45\%$ ,  $u_2 \approx 2 \text{ m s}^{-1}$ ) para ser usados con la Ecuación FAO Penman-Monteith ETo.**

Cultivo	$K_c$ ini	$K_c$ med	$K_c$ fin	Altura Max Cultivo (h) (m)
<b>I. Frutas Tropicales y Arboles</b>				
Banana				
- 1er año	0,50	1,10	1,00	30
- 2do año	1,00	1,20	1,10	
Cacao	1,00	1,05	1,05	3
Café				
- suelo sin cobertura	0,90	0,95	0,95	2-3
- con malezas	1,05	1,10	1,10	2-3
Palma Datilera	0,90	0,95	0,95	8
Palmas	0,95	1,00	1,00	8
Piña				
- suelo sin cobertura	0,50	0,30	0,30	0,6-0,2
- con cobertura de gramíneas	0,50	0,50	0,50	0,6-1,2
Árbol del Caucho	0,95	1,00	1,00	10
Te				
- no sombreado	0,95	1,00	1,00	1,5
- sombreado	1,10	1,15	1,15	2

## ANEXO C

## Profundidad máxima efectiva de las raíces

Cultivo	Profundidad radicular máxima <sup>a</sup> (m)	Fracción de agotamiento <sup>b</sup> (para ET = 5 mm día <sup>-1</sup> ) p
<b>J. Forrajes</b>		
Alfalfa – para heno	1,0-2,0	0,55
– para semilla	1,0-3,0	0,60
Bermuda – para heno	1,0-1,5	0,55
– cultivo de primavera para semilla	1,0-1,5	0,60
Trébol heno, Bersim	0,6-0,9	0,50
Rye Grass (heno)	0,6-1,0	0,60
Pasto Sudán, heno (anual)	1,0-1,5	0,55
Pastos de Pastoreo – pastos de rotación	0,5-1,5	0,60
– pastoreo extensivo	0,5-1,5	0,60
Pasto (turfgrass, césped) – época fría <sup>c</sup>	0,5-1,0	0,40
– época caliente <sup>d</sup>	0,5-1,0	0,50
<b>k. Caña de Azúcar</b>		
	1,2-2,0	0,65
<b>l. Frutas Tropicales y Árboles</b>		
Banana – 1 <sup>er</sup> año	0,5-0,9	0,35
– 2 <sup>er</sup> año	0,5-0,9	0,35
Cacao	0,7-1,0	0,30
Café	0,9-1,5	0,40
Dátiles	1,5-2,5	0,50
Palmas	0,7-1,1	0,65
Piña	0,3-0,6	0,50
Árbol del caucho	1,0-1,5	0,40
Té – no sombreado	0,9-1,5	0,40
– sombreado	0,9-1,5	0,45

## ANEXO D

## Propiedades físicas de los suelos

Textura del suelo	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Capacidad de campo (% θ g)	Punto de marchitez permanente (% θ g)	Infiltración básica (mm/h)
Arenoso	1.65 (1.55 – 1.90)	9 (6 – 12)	4 (2 – 6)	50 (25 – 250)
Franco arenoso	1.50 (1.40 – 1.60)	14 (10 – 18)	6 (4 – 8)	25 (13 – 75)
Franco	1.40 (1.35 – 1.50)	22 (18 – 26)	10 (8 – 12)	13 (8 – 20)
Franco arcilloso	1.35 (1.30 – 1.40)	27 (23 – 31)	13 (11 – 15)	8 (2.5 – 15)
Arcilloso	1.25 (1.20 – 1.30)	35 (31 – 39)	17 (15 – 19)	5 (1.3 – 10)

## ANEXO E

## Máximo porcentaje de agua aprovechada sugerida de acuerdo a Eto y al cultivo

Valor de Pa (%)	Eto	
	< 4 mm/día	> 4 mm/día
Tipo de Cultivo.		
Hortalizas.	25% - 40 %	15% - 25 %
Frutales, palma.	30% - 40 %	20% - 30 %
Pasto.	40% - 60 %	30% - 40 %
Cereales, maíz, trigo, oleaginosas, caña de azúcar, tabaco.	40% - 50 %	30% - 40 %

## ANEXO F

## Accesorios y tuberías para las subzonas

D. Nominal (mm)		20		25		32		40		50		63	
Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V
lps	gpm												
0.01	0.16	0.02	0.04										
0.02	0.32	0.08	0.09	0.02	0.05								
0.04	0.63	0.29	0.18	0.08	0.11								
0.06	0.95	0.62	0.26	0.18	0.16								
0.08	1.27	1.06	0.35	0.30	0.21								
0.10	1.59	1.61	0.44	0.46	0.26								
0.20	3.17	5.80	0.88	1.65	0.53	0.43	0.30						
0.30	4.76	12.30	1.32	3.50	0.79	0.91	0.45						
0.40	6.34	20.95	1.76	5.97	1.05	1.55	0.61						
0.50	7.93	31.68	2.20	9.02	1.32	2.35	0.76	0.72	0.47				
0.60	9.51	44.40	2.64	12.65	1.58	3.29	0.91	1.01	0.56				
0.70	11.10			16.83	1.84	4.38	1.06	1.34	0.65				
0.80	12.68			21.55	2.10	5.61	1.21	1.71	0.74				
0.90	14.27			26.80	2.37	6.98	1.36	2.13	0.84	0.66	0.52		
1.00	15.85			32.58	2.63	8.49	1.51	2.59	0.93	0.81	0.58		
1.20	19.02					11.89	1.82	3.63	1.12	1.13	0.69		
1.40	22.19					15.82	2.12	4.83	1.30	1.51	0.81	0.46	0.50
1.60	25.36					20.26	2.42	6.19	1.49	1.93	0.92	0.59	0.57
1.80	28.53					25.20	2.73	7.69	1.67	2.40	1.04	0.73	0.64
2.00	31.70							9.35	1.86	2.92	1.15	0.89	0.71
2.20	34.87							11.16	2.05	3.48	1.27	1.06	0.78
2.40	38.04							13.11	2.23	4.09	1.38	1.24	0.85
2.60	41.21							15.20	2.42	4.74	1.50	1.44	0.92
2.80	44.38							17.44	2.60	5.44	1.61	1.66	0.99
3.00	47.55									6.18	1.73	1.88	1.06
3.25	51.51									7.17	1.87	2.18	1.15
3.50	55.48									8.22	2.02	2.50	1.24
3.75	59.44									9.34	2.16	2.84	1.33
4.00	63.40									10.53	2.31	3.21	1.41
4.25	67.36									11.78	2.45	3.59	1.50
4.50	71.33									13.10	2.59	3.99	1.59
4.75	75.29											4.41	1.68
5.00	79.25											4.85	1.77
5.25	83.21											5.30	1.86
5.50	87.18											5.78	1.95
5.75	91.14											6.28	2.03
6.00	95.10											6.79	2.12
6.25	99.06											7.33	2.21
6.50	103.03											7.88	2.30
6.75	106.99											8.45	2.39
7.00	110.95											9.04	2.48
7.25	114.91											9.64	2.56

## ANEXO G

### Pérdida de carga en accesorios de PVC

DIÁMETRO NOMINAL		20	25	32	40	50	63	75	90	110	160	200
PÉRDIDAS DE CARGA		( m )										
TEE		0.70	0.80	0.90	1.50	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	3.60	5.00
CODO 90°		1.10	1.20	1.50	2.00	3.20	3.40	3.70	3.90	4.30	5.40	5.50
CODO 45°		0.40	0.50	0.70	1.00	1.30	1.50	1.70	1.80	1.90	2.60	3.50
CODO 90° L/R		0.40	0.50	0.60	0.70	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	2.10	2.60
CODO 45° L/R		0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20	1.40
VÁLVULA CHECK		2.50	2.70	3.80	4.90	6.80	7.10	8.20	9.30	10.40	13.90	17.60
VÁLVULA DE BOLA		11.10	11.40	15.00	22.00	35.80	37.90	38.00	40.00	42.30	56.70	72.10
VÁLVULA DE COMPUERTA		0.10	0.20	0.30	0.40	0.70	0.80	0.90	0.90	1.00	1.20	1.40

## ANEXO H

### Pérdida de carga en accesorios

Diámetro del tubo	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500	600	700
Curva 90°	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	1.2	1.8	2	3	5	5.5	7	8	14	16
Codo 90°	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1.3	1.7	2.5	2.7	4	5	7	9.5	11	19	22
Conos difusores	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Válvula de pie	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	30	45	60	75	90	100
Válvula retención	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	25	35	50	60	75	85
Válv. Compuerta 100% Abierta	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1.5	2	2	2	3	3.5	4	5
Válv. Compuerta 75% Abierta	2	2	2	2	2	2	4	4	6	8	8	8	12	14	16	20
Válv. Compuerta 50% Abierta	15	15	15	15	15	15	30	30	45	60	60	60	90	105	120	150

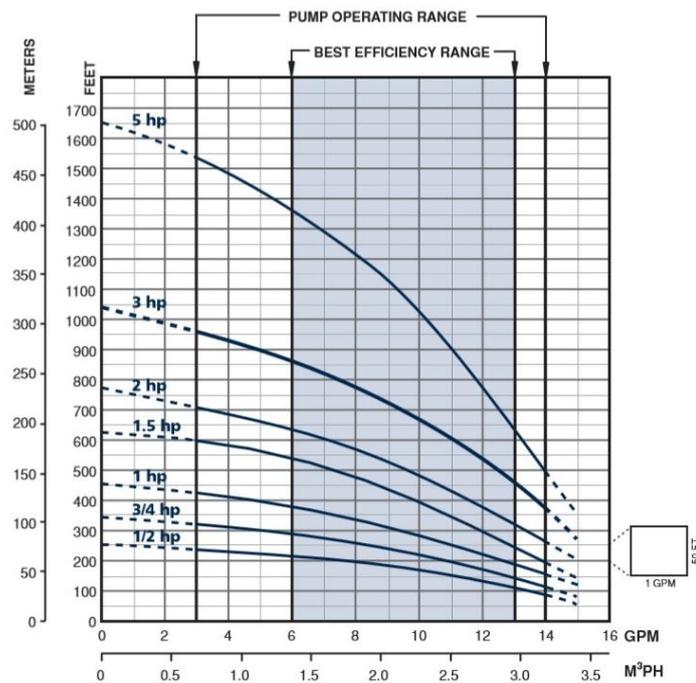
## ANEXO I

### Sección de cable

Sección de cable <i>Wire section</i>	Número del cable AWG, <i>american wire gauge</i>	Límites de seguridad <i>Safety Limits</i>	
		Corriente <i>Current</i>	Potencia <i>Power</i>
0.33	22	5 A	350 W
0.52	20	7.5 A	530 W
0.82	18	10 A	700 W
1.30	16	13 A	920 W
2.08	14	15 A	1060 W
3.31	12	20 A	1400 W
5.26	10	30 A	2100 W
8.37	8	45 A	3100 W
13.30	6	60 A	4600 W

## ANEXO J

### Curva de Bomba



## ANEXO K

## Características técnicas de la bomba

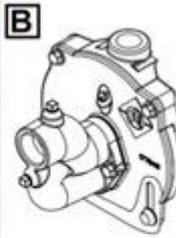
GPM	HP	Stg	Volts	2-Wire		3-Wire	
				Model No.	Order No.	Model No.	Order No.
5	1/2	8	115	5FV05P4-2W115	95400505	5FV05P4-3W115	95400530
	1/2	8	230	5FV05P4-2W230	95400510	5FV05P4-3W230	95400535
	3/4	12	230	5FV07P4-2W230	95400515	5FV07P4-3W230	95400540
	1	15	230	5FV1P4-2W230	95400520	5FV1P4-3W230	95400545
	1.5	21	230	5FV15P4-2W230	95400525	5FV15P4-3W230	95400550
7	1/2	7	115	7FV05P4-2W115	95400705	7FV05P4-3W115	95400730
	1/2	7	230	7FV05P4-2W230	95400710	7FV05P4-3W230	95400735
	3/4	10	230	7FV07P4-2W230	95400715	7FV07P4-3W230	95400740
	1	13	230	7FV1P4-2W230	95400720	7FV1P4-3W230	95400745
	1.5	18	230	7FV15P4-2W230	95400725	7FV15P4-3W230	95400750
10	1/2	6	115	10FV05P4-2W115	95401005	10FV05P4-3W115	95401030
	1/2	6	230	10FV05P4-2W230	95401010	10FV05P4-3W230	95401035
	3/4	8	230	10FV07P4-2W230	95401015	10FV07P4-3W230	95401040
	1	11	230	10FV1P4-2W230	95401020	10FV1P4-3W230	95401045
	1.5	15	230	10FV15P4-2W230	95401025	10FV15P4-3W230	95401050
15	1/2	4	115	15FV05P4-2W115	95401505	15FV05P4-3W115	95401530
	1/2	4	230	15FV05P4-2W230	95401510	15FV05P4-3W230	95401535
	3/4	6	230	15FV07P4-2W230	95401515	15FV07P4-3W230	95401540
	1	8	230	15FV1P4-2W230	95401520	15FV1P4-3W230	95401545
	1.5	11	230	15FV15P4-2W230	95401525	15FV15P4-3W230	95401550
20	3/4	5	230	20FV07P4-2W230	95402015	20FV07P4-3W230	95402040
	1	7	230	20FV1P4-2W230	95402020	20FV1P4-3W230	95402045
	1.5	10	230	20FV15P4-2W230	95402025	20FV15P4-3W230	95402050
25	1	6	230	25FV1P4-2W230	95402520	25FV1P4-3W230	95402545
	1.5	8	230	25FV15P4-2W230	95402525	25FV15P4-3W230	95402550

Notes: Discharge is 1-1/4" NPT. Maximum diameter across cable guard is 3.90" on all models.

## ANEXO L

### Características técnicas de la bomba

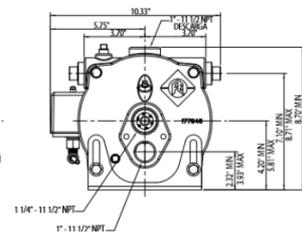
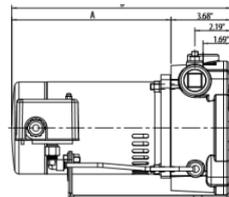
No. de Modelo	No. de Pedido	Peso (lb)
SW1	96151001	11.7
SW2	96151002	11.7
SW3	96151003	11.7
SW4	96151004	11.7
SW5	96151005	11.7
SW6	96151006	11.7
SW7	96151007	11.7



El kit para pozo somero incluye el ensamble del inyector para pozo somero, la brida de succión K1-S y otras piezas para soporte.

### Dimensiones:

HP	A	B
1/2	9.63	13.31
3/4	10.38	14.06
1	11.00	13.68
1-1/2	11.88	15.56



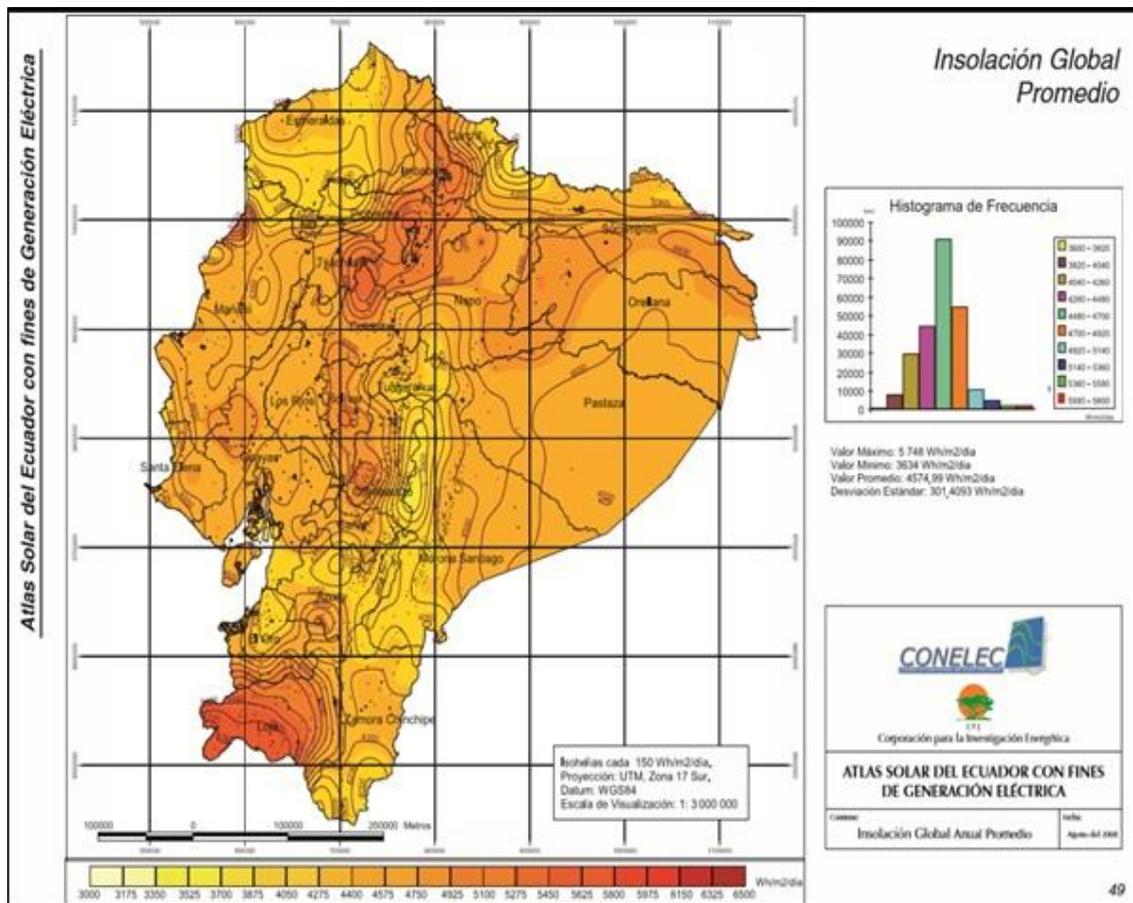
### Rendimiento para Pozo Poco Profundo (Cisterna):

SERIE CVJ			PRESIÓN DE DESCARGA - PSI						PSI A VOLVULA CERRADA
HP	KIT INYECTOR	ELEVACIÓN DE SUCCIÓN EN PIES	30	40	50	60	70	80	
			GALONES POR MINUTO						
1	SW4 96151004	5	21.4	18.6	11.8	5.2			68
		10	18.8	17.1	10.4	3.8			66
		15	16.2	15.4	8.9	2.4			64
		20	13.4	13.4	7.5	0.8			61
		25	10.5	10.5	6.2				59
	SW5 96151005	5	18.7	18.5	13.0	7.7	2.8		76
		10		16.4	11.8	6.6	1.6		73
		15		14.2	10.7	5.4			71
		20		11.6	9.5	4.5			69
		25		9.0	8.4	3.6			67
	SW6 96151006	5		11.7	11.1	7.8	5.2	3.1	98
		10		10.3	10.2	7.2	4.8	2.8	96
15				8.8	6.7	4.4	2.5	94	
20				7.3	6.2	4.0	2.1	92	
25				5.7	5.6	3.6	1.7	90	
1-1/2	SW4 96151004	5		21.3	20.5	13.5	6.6		81
		10		18.7	18.3	11.8	5.2		78
		15		16.0	15.9	10.1	3.8		76
		20		13.3	13.3	8.6	2.0		73
		25		10.5	10.5				71
	SW5 96151005	5			18.3	15.2	9.5	4.4	89
		10			16.1	13.8	8.5	3.4	87
		15			13.9	12.4	7.4	2.3	85
		20			11.4	10.9	6.0	1.1	82
		25			8.8	8.8	4.7		80
	SW6 96151006	5			11.4	11.3	9.3	6.7	118
		10				10.1	8.6	6.2	116
15					8.7	8.0	5.7	113	
20					7.2	7.1	5.3	111	
25						5.7	4.8	108	

Nota: 1. Interruptor de presión pre-ajustado a 30-50 psi.  
 2. Los kits de inyector se venden por separado.  
 3. La presión de trabajo máxima de la bomba es 150 psi.

### ANEXO M

#### Mapa de Insolación Global Promedio anual



**ANEXO N**

Panel solar fotovoltaico simax 90 w -12v



## ANEXO O

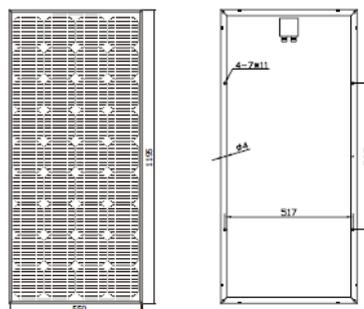
### Datos del panel

## TECHNICAL DATA SHEET

### SM536-85, SM536-90, SM536-95



Technical Data	
Type	SM536-85, SM536-90, SM536-95
Type of Solar Cell	Mono-crystalline, 125mm×125mm
Number of Cells	36 pcs
Size of module	1200×540×35mm ( 125×125mm cell)
Module, Weight	8 kg
Connector / Cross-Section	Cxii Renhe, TOP
Cables, Length (+/-)	Customizable
Front Cover Glass	Safety Glass
Front Cover Glass, Thickness	3.2 mm
Frame	Anodized Aluminium



Electrical Data	
Maximum Power	$P_{MPP, STC}$ 85 W 90 W 95 W
Power Tolerance	$\Delta_{STC}$ $\pm 2\%$ $\pm 2\%$ $\pm 2\%$
Maximum Power Voltage	$U_{MPP, STC}$ 17.4 V 17.6 V 17.8 V
Maximum Power Current	$I_{MPP, STC}$ 4.89 A 5.11 A 5.33 A
Open Circuit Voltage	$U_{OC, STC}$ 21.6 V 21.8 V 22.2 V
Short Circuit Current	$I_{SC, STC}$ 5.25 A 5.51 A 5.79 A
Cell Efficiency	$\eta_{STC}$ 15.9% 16.8% 17.8%
Maximum System Voltage	$U_{DC}$ 700 V 700 V 700 V

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>; Spectrum AM 1.5; Cell Temperature 25°C, Wind 0 m/s

Temperature Coefficients		
Power Coefficient	$\alpha_p (P_{MPP})$	- 0.45 %/K
Voltage Coefficient	$\beta_p (U_{OC})$	- 0.35 %/K
Current Coefficient	$\gamma_p (I_{SC})$	0.065 $\pm$ 0.015 %/K

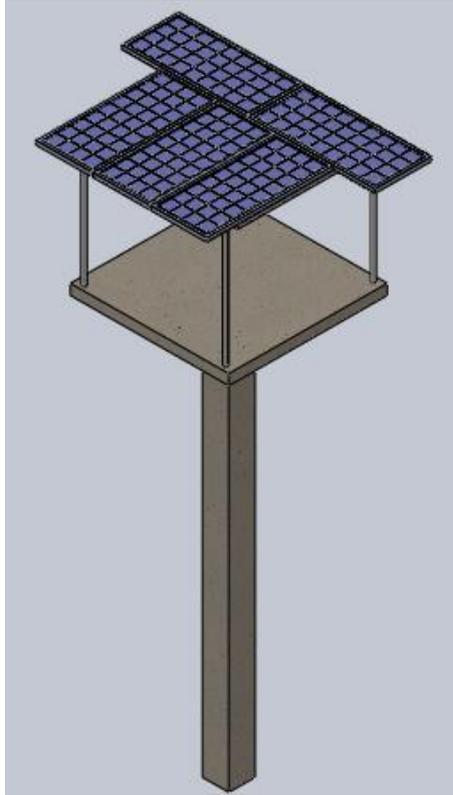
Power Warranty	
10 years performance warranty to 90 %	
25 years performance warranty to 80 %	
5 years warranty against production and material defects	

Certifications	
IEC 61215, IEC 61730 ,TUV, CE, ISO9001:2000	

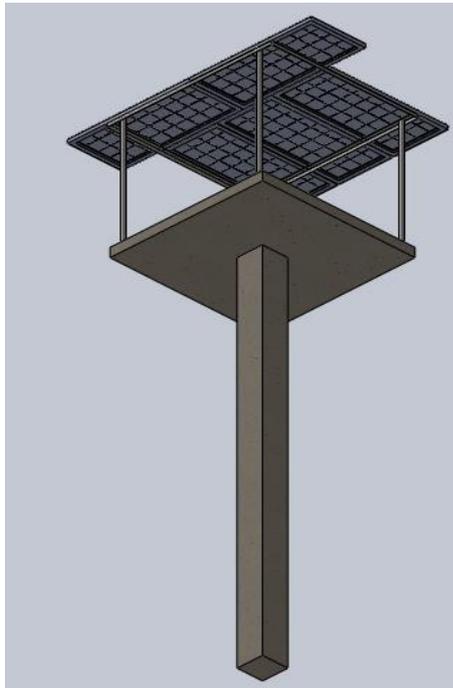
Simax(suzhou) Green New Energy Co.,Ltd Add:beibanjing riverside,suzhou road,taicang city,jiangsu province,China  
 Tel: +86 - 512 - 53378555 Fax:+86-512-53378556  
 Url: www.simaxsolar.com Email: info@simaxsolar.com jacky@simaxsolar.com



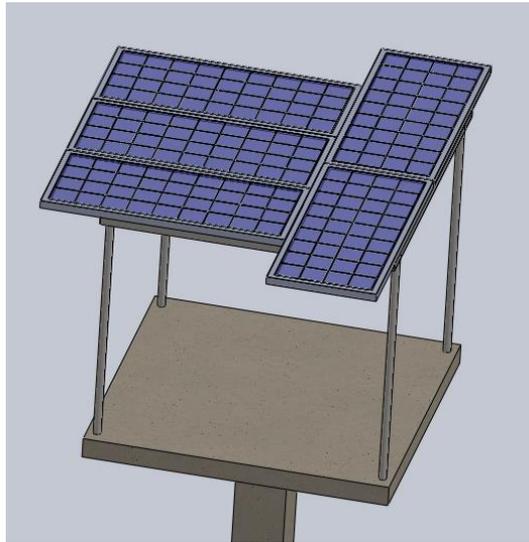
# PLANOS

**Vista isométrica Superior**

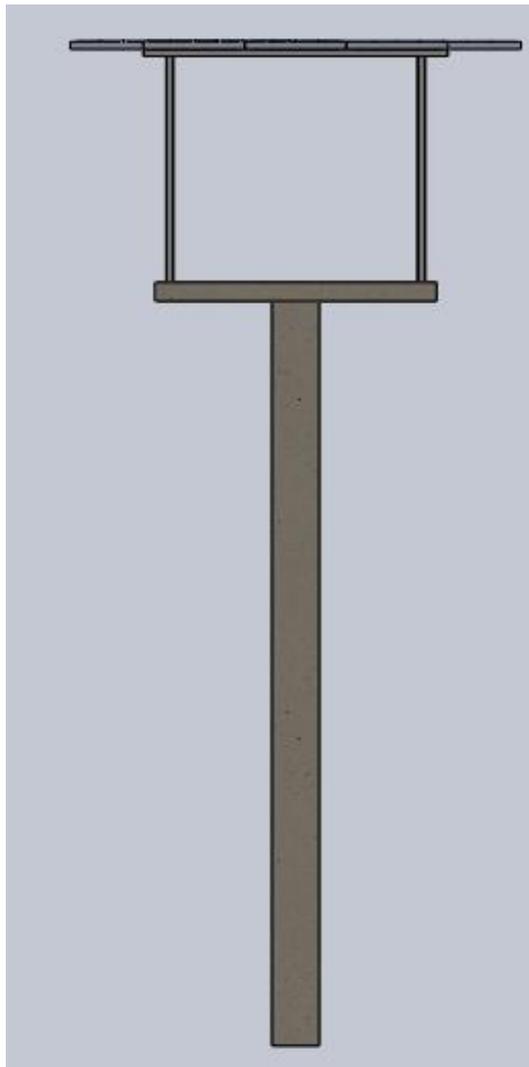
Fuente: solidwork

**Vista Isométrica Posterior**

Fuente: solidwork

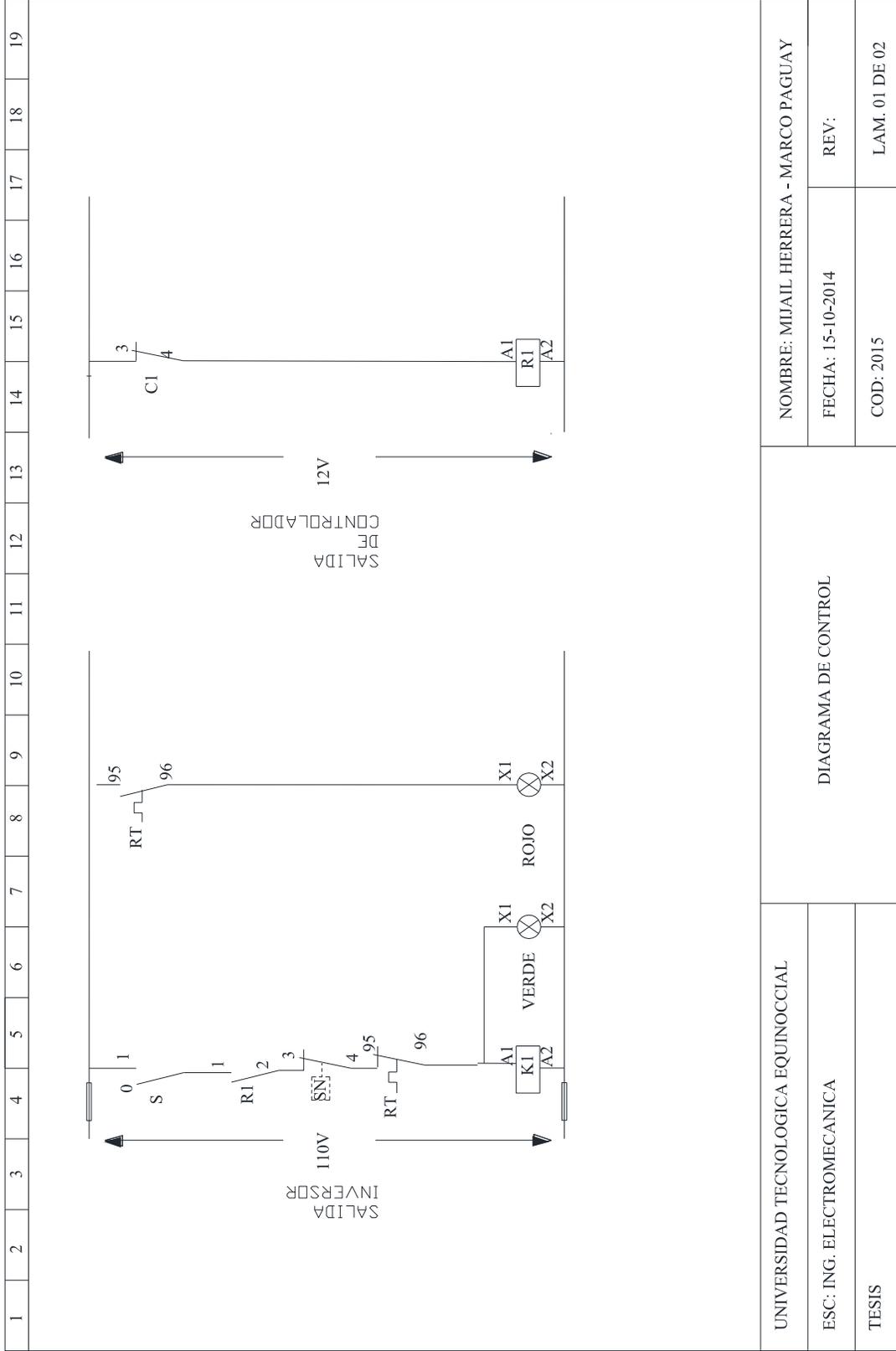
**Vista de Paneles**

Fuente: solidwork

**Vista Frontal**

Fuente: solidwork

**PLANOS DE  
DIAGRAMA  
DE  
CONTROL Y  
FUERZA**



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

ESC. ING. ELECTROMECÁNICA

TESIS

DIAGRAMA DE CONTROL

NOMBRE: MIJAIL HERRERA - MARCO PAGUAY

FECHA: 15-10-2014

REV:

COD: 2015

LAM. 01 DE 02

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
<p>The diagram illustrates a power supply system for a motor. It starts with a 110V AC source consisting of a live line (L1) and a neutral line (N). A fuse is placed on the L1 line. The circuit then branches into two paths: a main power path and a control path. The main power path goes through a switch (K1) and a thermal relay (T1, T2, T3) to a motor (M). The control path branches off from the main power path before the switch and goes through the thermal relay's control circuit (terminals 1-6) to the motor's winding. The thermal relay is used for motor protection, likely providing a time delay before disconnecting the motor in case of an overload.</p>																						
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL							DIAGRAMA DE FUERZA												NOMBRE: MIJAIL HERRERA - MARCO PAGUAY			
ESC: ING. ELECTROMECÁNICA																			FECHA: 15-10-2014		REV:	
TESIS																			COD: 2015		L.AM. 02 DE 02	