



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**TRABAJO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
INDUSTRIAL**

**TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR  
FOTOVOLTAICO APLICADO AL RIEGO AGRÍCOLA.**

**Autor:**

Sr. ARISTEGAS CARDENAS JUAN ELIAS.

**Tutor:**

MAE. JOSE MARTIN MUÑOZ S.

**Milagro, Julio 2021  
ECUADOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

**RECTOR**

**Universidad Estatal de Milagro**

Presente.

Yo, ARISTEGAS CARDENAS JUAN ELIAS, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la alternativa de Titulación – Propuesta Tecnológica, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de la Propuesta Tecnológica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación **DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO APLICADO AL RIEGO AGRÍCOLA**, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 24 de julio de 2021

---

Aristegas Cárdenas Juan Elías

Autor

CI: 0940730807

## **APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Yo, \_\_\_\_\_ en mi calidad de tutor de la Propuesta Tecnológica, elaborado por el estudiante **ARISTEGAS CARDENAS JUAN ELIAS**, cuyo título es **DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO APLICADO AL RIEGO AGRÍCOLA** que aporta a la Línea de Investigación **TECNOLOGÍA EN INNOVACIÓN PARA LA SOCIEDAD** previo a la obtención del Grado **INGENIERO INDUSTRIAL**; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Propuesta Tecnológica de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 24 de julio de 2021

---

Mgr. José Martín Muñoz S.

Tutor

C.I: Haga clic aquí para escribir cédula (Tutor).

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Mgtr. José Martín Muñoz S.

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (Secretario/a).

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (integrante).

Luego de realizar la revisión del Trabajo de Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título (o grado académico) de INGENIERO INDUSTRIAL, presentado por ARISTEGAS CARDENAS JUAN ELIAS

Con el tema de trabajo de Titulación: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO APLICADO AL RIEGO AGRÍCOLA.

Otorga al presente Trabajo de Elija un elemento, las siguientes calificaciones:

Propuesta Tecnológica	[	]
Defensa oral	[	]
<b>Total</b>	[	]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) \_\_\_\_\_

Fecha: 24 julio del 2021

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos				Firma
Presidente	Apellidos	y	nombres	de	_____
	Presidente.				
Secretario /a	Apellidos	y	nombres	de	_____
	Secretario				
Integrante	Apellidos	y	nombres	de	_____
	Integrante.				

## **DEDICATORIA**

Se la dedico al forjador de mi camino, a mi Padre Celestial, el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo.

A mis padres Víctor y Mirella (+) por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se lo debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

## **AGRADECIMIENTO**

Mis sinceros agradecimientos a mi familia, amigos y personas especiales que forman parte de mi vida, lo cual son benefactores de una importancia inimaginable, a ellos dedico este trabajo de dedicación y esfuerzo y que me han permitido llegar a la cumbre de los conocimientos adquiridos, durante la fase de estudios y título profesional.

## INDICE GENERAL

<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	2
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA</b> .....	3
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR</b> .....	4
<b>DEDICATORIA</b> .....	5
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	6
<b>RESUMEN</b> .....	14
<b>ABSTRACT</b> .....	15
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>CAPITULO 1</b> .....	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
1.1.1 Delimitación del Problema .....	17
1.2 Formulación del problema .....	18
1.3 Objetivos .....	18
1.3.1 Objetivo General.....	18
1.3.2 Objetivos Específicos .....	18
1.4 Justificación .....	18
1.5 Alcance .....	19
1.6 Estado del Arte.....	19
1.6.1 Energía Solar .....	20
1.6.2 Tecnología Fotovoltaica .....	20
1.6.3 Efecto Fotovoltaico.....	21
1.6.4 Asociación de células para Sistema Fotovoltaico.....	21
1.6.5 Conexión de Paneles.....	22
1.6.6 Inversor .....	22

1.6.7	Tipos de Inversor .....	23
1.6.8	Regulador por ancho de pulsos.....	24
1.6.9	Controlador o Regulador de Carga.....	25
1.6.10	Tipos de Paneles Solares.....	26
1.6.11	Baterías .....	27
1.6.12	Sistemas Conectados a la Red.....	28
1.6.13	Sistema Aislado .....	28
1.6.14	Sistemas Híbridos .....	29
1.6.15	Producción Anual Esperada.....	30
1.6.16	Inclinación y Orientación de los Paneles .....	30
1.6.17	Trayectoria Solar.....	30
1.7	Mantenimiento .....	31
CAPITULO 2 .....		34
2.	METODOLOGIA.....	34
2.1	Investigación Documental .....	34
2.2	Diseño de Investigación .....	34
2.3	Técnicas para recolectar datos .....	34
2.3.1	La Observación.....	34
2.3.2	Entrevista.....	34
2.4	Diagnostico Situación Actual de la Finca.....	35
2.4.1	Importancia del agua en el cacao.....	36
2.4.2	Sistema De Riego Actual De La Finca “León” .....	36
2.4.3	Fuente de agua disponible .....	36
2.4.4	Necesidad del Agua en los Cultivos .....	36
2.5	Radiación Solar.....	37



2.5.1	Radiación Directa .....	38
2.5.2	Radiación Difusa .....	38
2.5.3	Radiación Reflejada.....	38
2.5.4	Radiación Global .....	38
CAPITULO 3 .....		46
3.	PROPUESTA SOLUCION .....	46
3.1	Hora Solar Pico .....	47
3.2	Determinación Agua necesaria para el riego .....	48
3.2.1	Agua Requerida en Riego de Cacao .....	48
3.2.2	Evapotranspiración .....	49
3.2.3	Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc) .....	49
3.2.4	Caudal .....	51
3.2.5	Selección de Bombo Centrífuga .....	51
3.3	Dimensionamiento del Sistema.....	53
3.3.1	Consumo Eléctrico .....	54
3.3.2	Cálculo de paneles fotovoltaicos o generador fotovoltaico.....	55
3.3.3	Cálculo de las Baterías .....	57
3.3.4	Cálculo del Inversor.....	58
3.3.5	Cálculo de Regulador de Carga.....	59
3.4	Análisis Económico del Sistema de Bombeo .....	62
3.4.1	Análisis con Instalación FV Aislada .....	67
3.5	Análisis Global de la finca .....	70
CONCLUSIONES.....		76
RECOMENDACIONES .....		77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		78



## INDICE DE FIGURA

<b>Figura 1.</b> Conformación de un generador Fotovoltaico, (Higuís, 2019) .....	21
<b>Figura 2.</b> Características del Panel Solar, <a href="http://www.ecosistemasdelsureste.com">www.ecosistemasdelsureste.com</a> .....	22
<b>Figura 3.</b> Partes principales del Inversor, <a href="http://www.areatecnologia.com">www.areatecnologia.com</a> . .....	23
<b>Figura 4.</b> Regulador de carga MPPT, <a href="http://www.areatecnologia.com">www.areatecnologia.com</a> . .....	24
<b>Figura 5.</b> Forma de onda de la tensión a la salida del Inversor, (Higuís, 2019).....	24
<b>Figura 6.</b> Regulador de Carga Solar, <a href="http://www.monsolar.com">www.monsolar.com</a> .....	25
<b>Figura 7.</b> Sistema Fotovoltaico Conectado a Red, <a href="http://www.energiasolar.lat">www.energiasolar.lat</a> .....	28
<b>Figura 8.</b> Sistema Fotovoltaico Aislado, Innobat, <a href="https://innobat.com.mx">https://innobat.com.mx</a> .....	29
<b>Figura 9.</b> Sistema Híbridos, (TECNOSOLAR, 2015).....	30
<b>Figura 10.</b> Diversos Procesos de Mantenimiento, <a href="http://www.areatecnologia.com">www.areatecnologia.com</a> *Elaboración propia.....	31
<b>Figura 11.</b> Plan de Mantenimiento, Serc Chile, 2018, <a href="http://www.ayllusolar.cl">www.ayllusolar.cl</a> .....	32
<b>Figura 12.</b> Tipos de Radiación Solar (Sunfiels Europe, 2020).....	37
<b>Figura 13.</b> Radiación Global Enero, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008) .....	39
<b>Figura 14.</b> Radiación Global Febrero, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008) .....	39
<b>Figura 15.</b> Radiación Global Marzo, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008) .....	40
<b>Figura 16.</b> Radiación Global Abril, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008) .....	40
<b>Figura 17.</b> Radiación Global Mayo, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008) .....	41
<b>Figura 18.</b> Radiación Global Junio, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008).....	41
<b>Figura 19.</b> Radiación Global Julio, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008).....	42
<b>Figura 20.</b> Radiación Global Agosto, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008) .....	42
<b>Figura 21.</b> Radiación Global Septiembre, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008) .....	43
<b>Figura 22.</b> Radiación Global Octubre, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008).....	43
<b>Figura 23.</b> Radiación Global Noviembre, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008).....	44
<b>Figura 24.</b> Radiación Global Diciembre, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008).....	44
<b>Figura 25.</b> Radiación Solar Cantón Milagro, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008).....	45
*Elaboración propia .....	45
<b>Figura 26.</b> Radiación Global Anual en el Cantón Milagro. (Conelec, 2008) *Elaboración propia .....	47

**Figura 27.** Curvas y Datos de Prestaciones,

[https://www.pedrollo.com/public/allegati/2CP\\_ES\\_60Hz.pdf](https://www.pedrollo.com/public/allegati/2CP_ES_60Hz.pdf) .....52

**Figura 28.** Regulador Victron Smart Solar 150V 70A, <https://www.victronenergy.com.es>....60

## INDICE TABLA

Tabla 1 <i>Tecnología de Regulador de Carga</i> .....	26
Tabla 3 <i>Radiación Global Anual en el Cantón Milagro</i> .....	46
Tabla 3 <i>Cálculo de Etc (Evapotranspiración de cultivo)</i> .....	49
Tabla 4 <i>Coefficiente único de cultivo de cacao Kc (1.05)</i> .....	50
Tabla 5 <i>Especificación Bomba Centrífuga Pedrollo</i> .....	53
Tabla 6 <i>Consumo Eléctrico Bomba Centrífuga</i> .....	53
Tabla 7 <i>Especificación Panel Solar 100W</i> .....	56
Tabla 8 <i>Especificación Técnica Batería Ritar 12V 70Ah</i> .....	58
Tabla 9 <i>Inversor EDECOA 1000W</i> .....	59
Tabla 10 <i>Presupuesto del Sistema de Bombeo Fotovoltaico</i> .....	61
Tabla 11 <i>Precio KW/h para Bomba de Agua</i> .....	62
Tabla 12 <i>Precio KW/h del Sistema</i> .....	63
Tabla 13 <i>Flujo de Caja sin Sistema FV (Red Convencional)</i> .....	64
Tabla 14 <i>Flujo de Caja Instalación Aislada</i> .....	68
Tabla 15 <i>Plan de sembrado por hectárea de cacao</i> .....	71
Tabla 16 <i>Plan de Acción Anual, Producción por Hectárea</i> .....	72
Tabla 17 <i>Flujo de Neto de la Finca</i> .....	74
Tabla 18 <i>Cálculo de TIR y VAN</i> .....	75

# **DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO APLICADO AL RIEGO AGRICOLA**

## **RESUMEN**

El presente proyecto corresponde a desarrollar un diseño de un sistema de bombeo solar fotovoltaico aplicado al riego agrícola en la Finca “León” ubicada en el Cantón Milagro, como Identificar las principales falencias que existen dentro de la misma, principalmente en la actividad de riego, se efectuó un análisis de radiación solar del Cantón, mediante datos bibliográficos, además se realizó un estudio específico para determinar los componentes necesarios para la eficiencia del sistema.

Además, se planteó dos casos de evaluación financiera con relación a la viabilidad de la Instalación Fotovoltaica y por último se realizó un Análisis Global Económico en base a la producción de la Finca con relación al sistema Fotovoltaico como parte final, para verificar que tan factible es el proyecto para su ejecución, el propósito de esta propuesta investigativa, es contribuir al mejoramiento del riego de la finca “León” el sistema fotovoltaico permite en condiciones óptimas desarrollar dicha actividad de manera confiable.

**PALABRAS CLAVE:** Sistema fotovoltaico, Bombeo Solar, Dimensionamiento, Irradiación

# **DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC SOLAR PUMPING SYSTEM APPLIED TO AGRICULTURAL IRRIGATION**

## **ABSTRACT**

This project corresponds to developing a design of a photovoltaic solar pumping system applied to agricultural irrigation in the “León” Farm located in the Milagro Canton, as to identify the main shortcomings that exist within it, mainly in the irrigation activity, an analysis of solar radiation of the Canton was carried out, using bibliographic data, in addition a specific study was carried out to determine the components necessary for the system's efficiency.

In addition, two cases of financial evolution were raised in relation to the viability of the Photovoltaic Installation and finally a Global Economic Analysis was carried out based on the production of the Farm in relation to the Photovoltaic system as a final part, to verify how feasible it is. The project for its execution, the purpose of this research proposal, is to contribute to the improvement of the irrigation of the “León” farm, the photovoltaic system allows in optimal conditions to develop said activity in a reliable way.

**KEY WORDS:** Photovoltaic system, Solar Pumping, Sizing, Irradiation.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto ha sido realizado en la finca “León” en el Cantón Milagro, que, debido a la falta de riego en sus plantaciones, la cosecha no alcanza lo estimado por sus propietarios, pues la falta de dinero en pequeños productores es una traba constante al momento de dar el respectivo mantenimiento de riego a sus cultivos, para realizar esta actividad es necesario la adquisición de combustible fósil que es con lo que operan sus equipos agrícolas.

Es por ello que sabiendo la necesidad latente que existe en pequeños productores, tómanos como referente la finca “León” para poder dimensionar este estudio. Tomando en cuenta la distribución de los capítulos de la manera como están conformados.

- En el capítulo I, se encuentra la problematización del proyecto a investigarse, en la cual se toman en cuenta cuales fueron las causas que permitieron la apertura a este proceso investigativo, su objetivo general y específico y como se justifica lo que se plantea. Además, se haya todo lo referente a la energía solar fotovoltaica, tomado de diferentes estudios, fichas bibliográficas, artículos de revistas científicas, es la parte complementaria y fundamental.
- En el capítulo II, se tomará la metodología por el cual se llevará a cabo el desarrollo de este estudio investigativo, los métodos y técnicas que se llevaron a cabo para la realización.
- En el Capítulo III, se encontrará la propuesta a este estudio, de acuerdo a libros, folletos y de más documentos que afianzan y hacen valides el tema que se ha tratado, así como las conclusiones y recomendaciones.



## CAPITULO 1

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en el país existen fincas que trabajan con sistemas de riego a diésel y gasolina, debido al problema constante del cambio climático, es necesario la utilización de esta actividad, principalmente en época de verano que debido a los escasos de lluvia disminuye la producción del sembrío y con ello hace que se incrementen los costos de producción.

Esto conlleva a que se estime ciertas condiciones que se debe tener, para aplacar dicha estancia climática, estos pueden ser: hacer que el uso de agua sea de mayor eficacia para el riego, encontrar el modo de aprovechar fuentes de energía renovables y de precio asequible para realizar la actividad de bombeo de agua.

Para aplacar este impacto medioambiental, los sistemas de riego fotovoltaico, son una excelente opción para el mantenimiento de los diferentes cultivos, con el abastecimiento de agua continuo que se mantendrá a lo largo del ciclo de la siembra, volviéndose el principal aliado del pequeño productor, y aportando así de manera significativa al crecimiento agrícola del país.

La finca “León” ubicada en el cantón Milagro, Provincia del Guayas, posee 8 cuadras de tierra, que son utilizados para la siembra de cacao, plátano, maíz, etc. Durante las visitas establecidas en la finca sea podido constatar distintas falencias y las más evidentes son las siguientes:

- Genera alto gasto económico en la adquisición de combustible fósil para la actividad de riego.
- No cuenta con canales de riego cercanos para toma de agua
- Optimiza el trabajo agrícola y la actividad de riego que actualmente se utiliza.
- El desarrollo de esta propuesta de sistema de riego nace con la finalidad de que sea más factible para el pequeño productor y que con su aplicación mejorar la producción.

#### **1.1.1 Delimitación del Problema**

País: Ecuador

Región: Costa

Cantón: Milagro

Área Temática: Finca “León”

Dirección: Vía carretero Carrizal, recinto “La Garganta”. (Zona Rural)

## **1.2 Formulación del problema**

¿Utilizando un sistema de bombeo solar fotovoltaico se podrá suministrar agua para el riego agrícola en la finca “León” en el cantón Milagro?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Calcular la cantidad de energía necesaria para el diseño de un sistema de bombeo directo por medio de energía solar fotovoltaica.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Cuantificar la demanda de agua promedio diaria que se utiliza para el riego agrícola.
- Evaluar la disponibilidad de radiación solar capaz de cubrir la demanda eléctrica de los equipos y componentes usados en el sistema de bombeo.
- Elaborar el presupuesto referencial del sistema, tomando como base la Tecnología disponible en el mercado y los requerimientos del equipo en base al cálculo de la potencia a instalar.

## **1.4 Justificación**

En la actualidad con la condición del daño ecológico causado por la contaminación, debido a la utilización de energía generada por combustibles fósiles, ha permitido orientarse por alternativas como las energías renovables para disminuir el nivel de deterioro ambiental provocado.

Se puede evidenciar que el territorio ecuatoriano no solo son tierras fértiles, sino también está compuesto de tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas, las cuales están en una constante transformación de degradación de la tierra.

A nivel nacional aproximadamente el 47% del territorio está sujeto a procesos de degradación, producida por la acción del hombre y por agentes naturales. (Ministerio del Agua y del Ambiente, 2016)

Son varias las causas que conllevan a las degradaciones, además de las condiciones de sequía periódicas que se manifiesta en general en todo el territorio nacional, las zonas más afectadas por dichos procesos se encuentran ubicadas en las provincias de Azuay, Chimborazo, Guayas, El Oro, Loja, Manabí, Pichincha, Santa Elena y Tungurahua.

La aplicación de este estudio es conveniente, porque permitirá reducir los daños causados en la naturaleza, lo cual significa un aporte social positivo, además el beneficio económico que se obtiene es bastante considerable debido a que se elimina el consumo de combustible fósil, los sistemas solares cumplen con diferentes tipos de usos, los cuales son eficientes, con ventajas que son bastantes evidentes al momento de producir energía, no produce ruido para la conversión de energía, mantenimiento sencillo y barato, es una tecnología que permite establecer una producción energética con bajos costos para sistemas de bombeo de agua.

### **1.5 Alcance**

El desarrollo de esta propuesta beneficiará al pequeño productor, permitiendo mejorar el riego existente de la finca, con un buen abastecimiento hídrico sin causar estrés en la plantación.

Se hizo una investigación para saber con exactitud cual son los requerimientos de la finca, para de esta manera saber el requerimiento eléctrico necesario alcanzar los objetivos planteados anteriormente, se analizará la necesidad hídrica de la plantación para en base a ello escoger los equipos correctos con los que va a funcionar el sistema FV.

El alcance en sí, es buscar un impacto positivo y equilibrado, tanto en el ámbito económico como en el medioambiental en relación con la finca y sectores aledaños.

### **1.6 Estado del Arte**

En el siguiente apartado se toma en cuenta los implementos para una correcta instalación de sistema solar fotovoltaico para la finca “León” ubicada en la ciudad de Milagro, donde se detalla el uso de cada uno de ellos, se hace una revisión del estado del arte de los diferentes recursos y conceptos relacionados, de acuerdo a las versiones de diferentes autores, artículos de revistas científicas y demás que afianzan la validez de este proyecto.

Según Simón Cortés (2017) da a conocer que en Latinoamérica ciertos territorios han optado por las energías renovables en sus matrices energéticas, teniendo presente que la parte importante del territorio cuenta con las condiciones naturales para hacer proyectos en energías renovables.

El agotamiento de las energías no renovables (gas natural, carbón, petróleo y energía nuclear) y el impacto que tiene su explotación para el medio ambiente han incrementado el interés en la diversificación de la matriz energética, mediante la incorporación de energías renovables en el sistema eléctrico. (Cortés & Arango Londoño, 2017, pág. 378)

Es por esto que se ha desarrollado un grupo de actividades encaminadas a vincular y comprometer a las naciones en la contienda por la defensa ambiental y a afrontar el calentamiento global que todo lo mencionado ha creado. A grado universal se realizan esfuerzos a partir del punto de vista de su regulación jurídica, así como internamente en la mayor parte de las naciones, unos con más adelantos que en otros, y Ecuador es uno de los que destaca en la región, es lo que da a entender. (Correa Alvarez, González González, & Pacheco Alemán, 2016)

### **1.6.1      *Energía Solar***

La energía solar es aquella generada por el Sol y que viaja por medio de radiaciones para llegar a la Tierra. Es una energía renovable la cual el hombre tiene intención de obtenerla de forma eficiente para su uso y aprovechamiento por medio de diferentes tecnologías que fueron evolucionando con el paso del tiempo.

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores. (Spiegeler & Cifuentes, 2016, pág. 4)

### **1.6.2      *Tecnología Fotovoltaica***

Ha sido descubierto en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. A pesar de este temprano descubrimiento, fue hasta la década de los años cincuenta del siglo XX que se encontró un material que presentaba el efecto fotovoltaico de manera eficiente: el silicio.

Dicho descubrimiento lo realizo cuando se encontraba experimentando con una pila electrolítica y se percató que, al exponer la pila al sol, ésta generaba electricidad, descubriendo así tal efecto de generación. Años más tarde en 1885, un profesor W. Grylls Adams, descubrió el “efecto fotoeléctrico” referente al flujo de corriente eléctrica, esto mientras hacía experimentos con selenio, elemento semiconductor, este descubrimiento tiene más relevancia que el de Alexander E. Becquerel. (Torres-Pacheco, Jurado-Pérez, Granados-Lieberman, & Lozano Luna, 2018, pág. 10)

De esta manera partiendo de los descubrimientos de los dos científicos, es como se sentaron las bases para lo que en la actualidad es la producción de energía solar por medio de celdas solares.

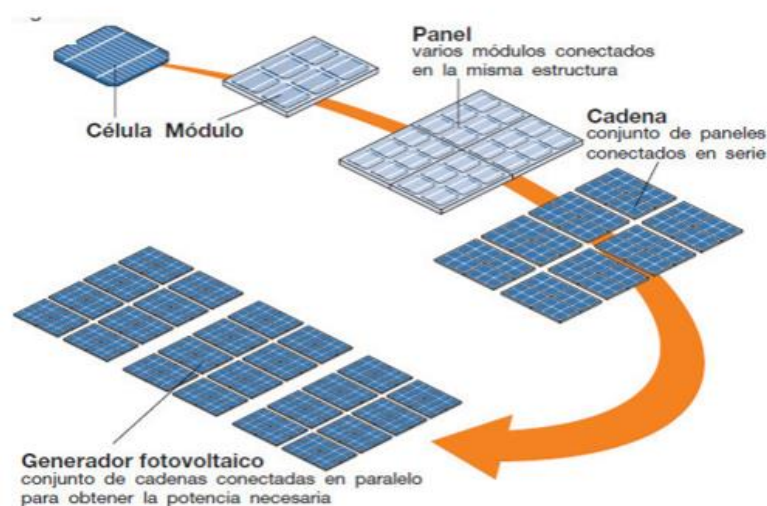
### 1.6.3 Efecto Fotovoltaico

Las celdas solares transforman de manera directa la luz solar en electricidad, debido al impacto fotovoltaico. La Luz está compuesta de fotones con diferentes energías, una vez que un fotón con energía suficiente choca con un átomo de cualquier material, tomando como ejemplo, el silicio, el átomo absorbe la energía del fotón y un electrón del material queda en un estado excitado por la energía absorbida, lo cual posibilita en algunas ocasiones, que se mueva libremente. Si en vez de uno son diversos los recursos que transitan libremente, tienen la posibilidad de producirse una corriente eléctrica bajo ciertas condiciones y, por consiguiente, generarse electricidad desde energía solar. (Molina-Garcia & Melchor-Hernandez, 2016, pág. 10)

### 1.6.4 Asociación de células para Sistema Fotovoltaico

Varios paneles conectados eléctricamente en serie componen una cadena, y varias cadenas conectadas en paralelo para generar la potencia necesaria constituyen el generador o huerto fotovoltaico.

La energía producida a través de los huertos solares puede ser empleada para la alimentación de sistemas de telecomunicación, asimismo, se utiliza por empresas grandes o pequeñas, conjuntos residenciales, hogares e instituciones gubernamentales; en resumen, puede ser aprovechada por todas aquellas personas que requieran de energía eléctrica para sus diversas labores, ya sea en casa, el trabajo, diversión y demás actividades. (López Mejía , 2017, pág. 27)

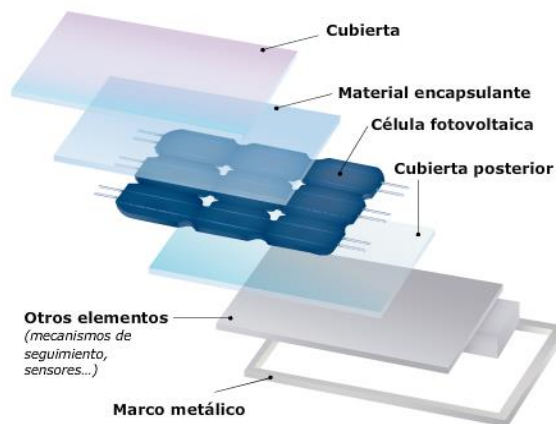


**Figura 1.** Conformación de un generador Fotovoltaico, (Higuís, 2019)

### 1.6.5 *Conexión de Paneles*

Dependiendo de la instalación que estemos desarrollando, y de la aplicación para la que se ha diseñado, existe la probabilidad de usar un solo panel o un grupo de paneles que se montaran agrupados sobre un definido soporte y conectados entre sí eléctricamente.

Cabe mencionar que la conexión de paneles en serie incrementará la tensión final de la instalación, y la magnitud va a ser igual para todos los módulos. Si los módulos son diferentes, la magnitud la fijara ese cuyo resultado sea menor.



**Figura 2.** Características del Panel Solar, [www.ecosistemasdelsureste.com](http://www.ecosistemasdelsureste.com)

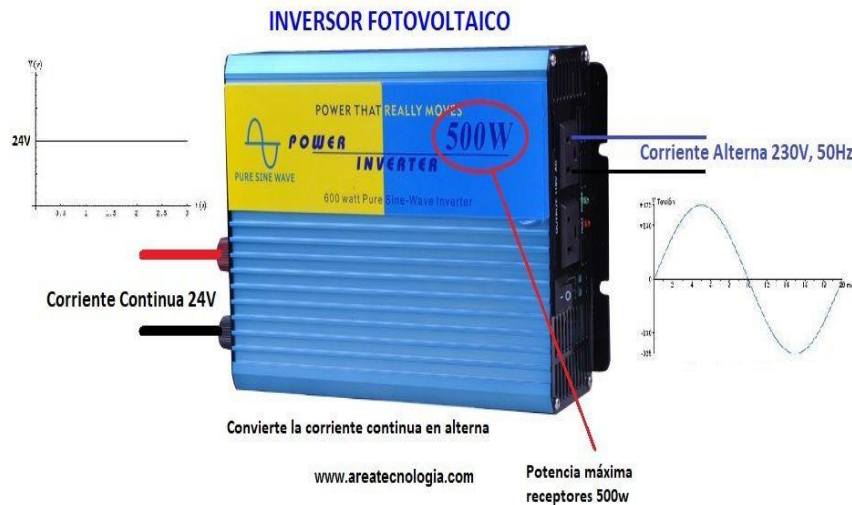
### 1.6.6 *Inversor*

La función principal del inversor es convertir la corriente directa en alterna (DC/AC). Los inversores básicamente se clasifican por su potencia nominal d salida. (Carmona, O., Vidal A., Martinez, A. G., Conde, J., & Tinoco, J.C., 2016, pág. 31)

A este dispositivo que procesa la energía se le llama inversor fotovoltaico. Los paneles solares, por las características propias de sus materiales, generan potencia en corriente directa, el inversor es la interfaz para interconectarlos a las cargas o a la red.

El sistema de acondicionamiento y control energético está formado por un inversor que transforma la corriente continua en alterna y controla la calidad de la energía aplicada a la red por medio de un filtro L-C montado en el interior del propio inversor. Los transistores, usados como

conmutadores estáticos, se controlan por medio de una señal de apertura-cierre que en su forma más sencilla proporcionaría una onda de salida cuadrada.



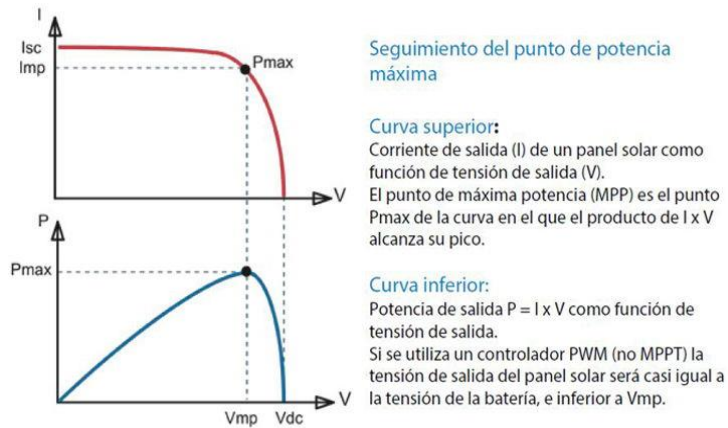
**Figura 3.** Partes principales del Inversor, [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com).

### 1.6.7 Tipos de Inversor

Existen dos tipos de inversores los cuales son:

- Seguidor de Puntos de Máxima Potencia
- Regulador por ancho de pulsos

Máximo Powers Point Trackers (MPPT) (en español: seguidores de puntos de máxima potencia) son algoritmos que se encargan de maximizar la potencia de salida de los módulos fotovoltaicos. La conexión directa de placas solar a una carga fija lleva a un punto de trabajo determinado por la intersección de las características I-V de los dos elementos. Por lo que, en general, este punto no coincide con el MPP del panel, restando así eficiencia al sistema fotovoltaico. (Cherres Argüello, Pozo, & Gallardo, 2020, pág. 80)

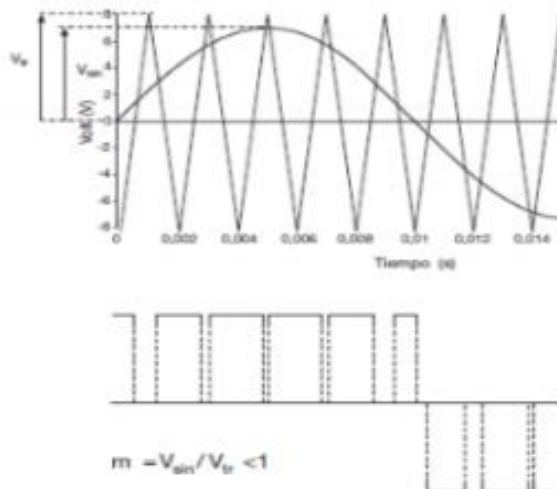


**Figura 4.** Regulador de carga MPPT, [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com).

### 1.6.8 Regulador por ancho de pulsos

La modulación por ancho o pulso (en inglés pulse width modulation PWM) es un tipo de señal de voltaje utilizada para enviar información o para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga. Esta acción tiene en cuenta la modificación del proceso de trabajo de una señal de tipo periódico.

Puede tener diversos fines, como tener el control de la energía que se otorga a una carga o realizar la transmisión de datos.



**Figura 5.** Forma de onda de la tensión a la salida del Inversor, (Higuís, 2019)



En PWM el periodo y la amplitud de los pulsos son constantes y la información entregada por la señal modulante va a variar el ancho, es decir la duración de pulso.

El ancho del pulso es proporcional a la amplitud de la señal analógica.

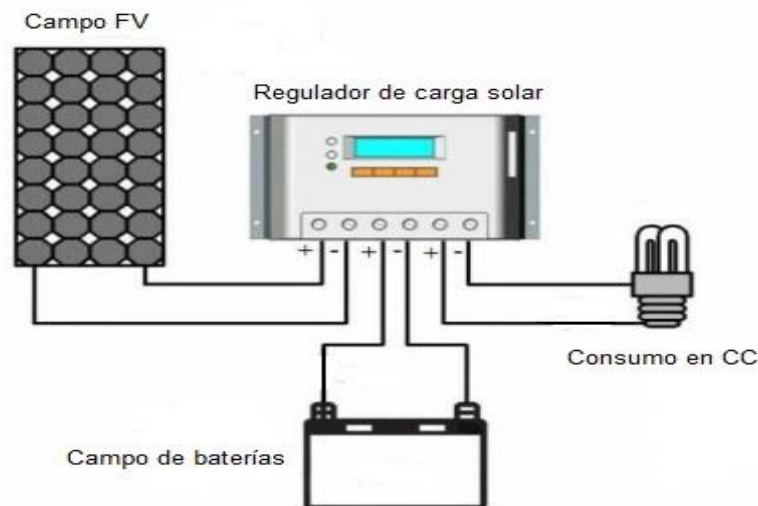
### **1.6.9 Controlador o Regulador de Carga**

El controlador como su nombre lo dice, se ocupa de mantener el control de una y otra vez el estado de carga de las baterías, así como de regular la magnitud de la carga para extender la vida eficaz de estas. El controlador, controla al acceso de la energía perteneciente de los paneles solares a las baterías dependiendo del estado en que las baterías estén, mientras el voltaje perteneciente de los paneles solares se eleva, el controlador de la carga regula la carga de las baterías para evadir algunas sobrecargas. Esto previene que la tensión desmesurada dañe las baterías.

Controlan la tensión y/o la magnitud de la corriente perteneciente de los paneles para cargar las baterías, cuentan con:

Protección: contra sobrecorriente, fallas a tierra, polaridad invertida y corto circuito.

Indicadores LED o una pantalla LCD que sugiere el estado de carga de las baterías, evita que las baterías se descarguen por completo y sufran averías.



**Figura 6.** Regulador de Carga Solar, [www.monsolar.com](http://www.monsolar.com).

**Tabla 1***Tecnología de Regulador de Carga*

<b>Paneles y Baterías</b>	<b>Tipo de Regulador</b>
Paneles de 36 celdas y Baterías 12V	MPPT
Paneles de 48 celdas y Batería 12V/24V	MPPT
Paneles de 54 celdas y Baterías 12V/24V	MPPT
Paneles de 72 celdas y Baterías 12V/24V	MPPT
Paneles de 144 celdas y Baterías 48V	MPPT
Paneles de 30 celdas y Baterías 12V	PWM
Paneles de 60 celdas y Baterías 24V	PWM
Paneles de 120 celdas y Baterías 48V	PWM

*Nota:* Regulador de carga solar, 2015, [www.mpptsolar.com](http://www.mpptsolar.com).

Esta tabla 1 de tecnología de regulador de carga, está compuesta por el número de celdas que conforman los paneles y el voltaje del banco de baterías que es necesario recargar, es una forma más sencilla de poder elegir los componentes necesarios con los que se requiere trabajar para el buen funcionamiento del sistema.

### **1.6.10 Tipos de Paneles Solares**

El manejo de las placas solares puede parecer difícil. Sin embargo, las placas solares no son más que dispositivos formados por celdas fotovoltaicas, cuya funcionalidad es cambiar la energía solar en eléctrica. El manejo es el siguiente: las celdas fotovoltaicas captan los fotones del sol y gracias al material semiconductor del cual permanecen desarrolladas, el silicio convierte los fotones en electrones.

#### **1.6.10.1 Monocristalinos.**

Este tipo de paneles se caracteriza en el mercado por ser el más eficiente de todos, esto es debido a que los paneles monocristalinos de silicio, son los paneles solares más viejos que se han desarrollado y además estos paneles han tenido un alto desarrollo tecnológico a lo largo de los años. Este tipo de paneles son manufacturados usando el método Czochralsky, creando cada

módulo a partir de un solo cristal de silicio puro. (Torres-Pacheco, Jurado-Pérez, Granados-Lieberman, & Lozano Luna, 2018, pág. 18)

#### ***1.6.10.2 Policristalinos***

Esta clase de paneles se caracteriza por tener el mejor costo en el mercado, sin embargo, su eficiencia es mala, está elaborada de una numerosa proporción de cristales de silicio juntos entre sí, es por ello que su efectividad es menor a los paneles monocristalinos.

El rango de capacidad de generación de ese tipo de panel es de 5W a 250W e incluso más, debido a que su precio es muy bajo en comparación del monocristalino y el de lámina fina. Este tipo de paneles los adquieren aquellas personas que no desean invertir mucho dinero en paneles solares pero que aun así ellos tengan buenos beneficios de eso, usualmente se usan en residencias y en comercios. (Torres-Pacheco, Jurado-Pérez, Granados-Lieberman, & Lozano Luna, 2018, pág. 19)

Comparados con los módulos de silicio cristalino, los de capa fina presentan una menor dependencia de la eficiencia en relación a la temperatura de manejo y una buena reacción, además frente a casos en los cuales el elemento difuso de la luz es más marcado y los niveles de radiación son bajos, más que nada en días nublados.

#### ***1.6.11 Baterías***

El almacenamiento de la energía es un vital instrumento para alcanzar la tarea de alimentar a los consumidores eléctricos de acuerdo a la demanda en el tiempo necesario. Los SA acumularán la energía cuando esté disponible; y la entregarán en el momento más conveniente, alcanzando un sistema más eficiente con mejores beneficios para los generadores y los consumidores. (Santillán Tituaña, 2016, pág. 7)

Otro aporte importante de los acumuladores es que protegen los equipos de consumo, haciendo que fluctuaciones y picos dañinos que se generan en los paneles FV, no pasen directo a ellos, los acumuladores son muy estables en las señales transmitidas. (Serna Ruiz, Marín García, & Alzate, 2016, pág. 65)

***Monoblock:*** poseen escasa durabilidad, mantenimiento complejo, sin embargo, son más económicas y bastante parecidas a las de un vehículo.

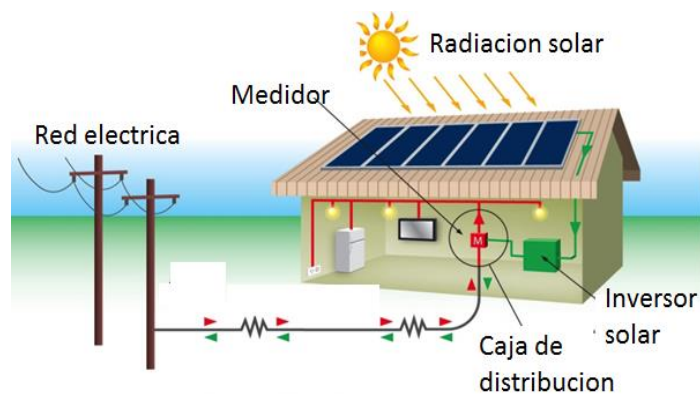
**Estacionarias:** poseen una mayor durabilidad y adaptabilidad, por lo que resultan más convenientes para dichos sistemas ya que tienen la posibilidad de conectarse en serie.

#### **1.6.12      *Sistemas Conectados a la Red***

Los sistemas conectados a red no poseen sistemas de acumulación, debido a que la energía producida a lo largo de las horas de insolación es canalizada a la red eléctrica.

Estas instalaciones cuentan con sistemas de seguimiento del estado de la tensión de la red de distribución, de manera que se garantice el correcto funcionamiento de las mismas en lo referente a la forma de entregar la energía, tanto en modo como en tiempo, evitando situaciones peligrosas. (Díaz Urbina, 2015, pág. 20)

Las plantas con conexión constante a la red toman energía de esta en la hora en las que el generador FV no puede elaborar suficiente energía para saciar las necesidades del consumidor. Por otro lado, si el sistema FV crea un exceso de energía eléctrica, el excedente se inyecta a la red, en funcionamiento, así como un acumulador de enormes magnitudes. Debido a lo cual, los sistemas conectados a la red no necesitan bancos acumuladores.



**Figura 7.** Sistema Fotovoltaico Conectado a Red, [www.energiasolar.lat](http://www.energiasolar.lat)

#### **1.6.13      *Sistema Aislado***

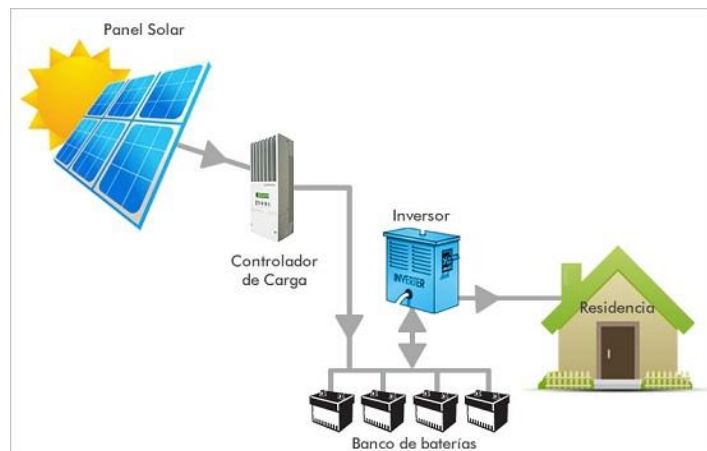
Poseen como objeto saciar total o parcialmente la demanda de energía eléctrica de esos sitios donde no existe red eléctrica de repartición o ésta es de difícil ingreso.

Los sistemas aislados normalmente están equipados con sistemas de acumulación de energía, ya que solo pueden proporcionar energía durante el día y la demanda se produce a lo largo del día y de la noche. Esto implica que el campo fotovoltaico ha de estar dimensionado de forma que

permita, durante las horas de insolación, la alimentación de la carga y la recarga de las baterías de acumulación. (Díaz Urbina, 2015, pág. 19)

El sistema fotovoltaico o sin conexión a la red es en la actualidad la solución en zonas rurales o remotas y son principalmente e imprescindibles para asegurar las comunicaciones.

Las baterías son elementos en los sistemas autónomos para guardar la energía que va a ser consumida progresivamente de consenso a las necesidades y en ciclos cotidianos.

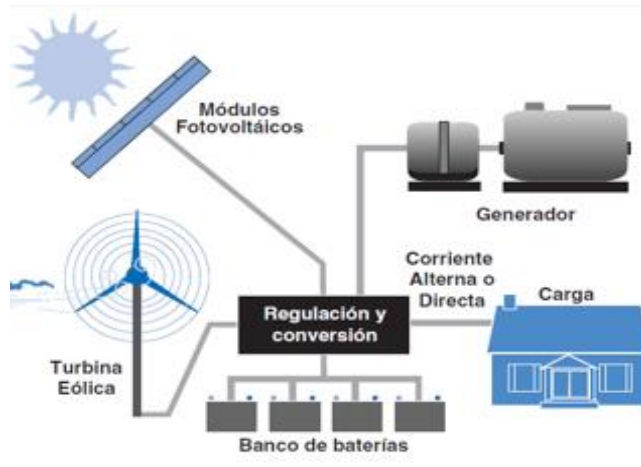


**Figura 8.** Sistema Fotovoltaico Aislado, Innobat, <https://innobat.com.mx>

#### **1.6.14      *Sistemas Híbridos***

Los sistemas híbridos tienen la capacidad de abastecer sistemas aislados o conectados a la red eléctrica, estos últimos pueden o no tener la capacidad de inyectar energía a la red. La combinación de las fuentes energéticas dependerá de los recursos que ofrezca la zona en estudio, y su conexión dependerá de la ubicación de la red eléctrica, el nivel de tensión y la distancia que lo separa del sistema que se desea abastecer de energía eléctrica. (Serván-Sócola, 2014, pág. 4)

El motivo o base para la elección por una u otra configuración y su conexión o no a la red eléctrica dependerá de diversos factores, sean estos económicos, geográficos, medioambientales, socialista, etc.



**Figura 9.** Sistema Híbridos, (TECNOSOLAR, 2015)

### **1.6.15 Producción Anual Esperada**

A partir de un criterio energético, el inicio de diseño adaptado comúnmente para un generador FV es el de captar la máxima radiación solar disponible. La energía eléctrica que puede elaborar una instalación FV anualmente es dependiente primordial de:

- Disponibilidad de radiación solar
- Orientación e inclinación de los módulos
- Eficiencia de la instalación FV

### **1.6.16 Inclinación y Orientación de los Paneles**

El ángulo de inclinación óptimo de las superficies captadoras de un sistema solar está determinado por muchos factores, entre ellos la radiación incidente en el lugar donde va situada la instalación, y el cielo solar, donde influye la sombra de objetos que no pueden ser eliminados, como edificios, montañas, etc. Además, las características de la instalación, o sea, si es única o híbrida, autónoma o acoplada a la red y el objetivo de la instalación, lo que define el régimen de uso y de consumo. (Palacios Rios & Morales Benavides, 2017, pág. 75)

### **1.6.17 Trayectoria Solar**

No basta conocer el ángulo  $\alpha$  para establecer la orientación óptima de los paneles. Se necesita tener en cuenta además la trayectoria solar por el cielo en las distintas épocas del año, por lo cual el ángulo de inclinación debe calcularse teniendo en cuenta todos los días del año. Esto posibilita obtener una radiación total anual capturada por los paneles (y por consiguiente una producción

energética anual) más grande que la obtenida bajo la condición anterior de incidencia de los rayos solares perpendicular a los paneles a lo largo del solsticio.

## 1.7 Mantenimiento

El rendimiento de los paneles fotovoltaicos también depende, en gran medida, de su limpieza y buen estado de mantenimiento. La suciedad se deposita en la superficie del panel dificultando la captación de la radiación electromagnética con la consiguiente reducción de la producción de electricidad. Las pérdidas producidas por la suciedad depositada en los colectores varían entre 10% a 15%. (SERC CHILE, 2018, pág. 19)

Por esta razón, en los diversos programas de mantenimiento preventivo del sistema fotovoltaico, va a ser primordial planear las labores de aseo correctas para conservar las áreas de los paneles en perfecto estado, maximizando la producción de electricidad y disminuyendo el lapso de amortización de la inversión.

Se puede hacer una categorización de los diversos procedimientos de aseo que tiene la posibilidad de emplearse en los paneles fotovoltaicos, estos pueden ser:

- a) Limpieza por rodillo autopropulsado.
- b) Limpieza con vapor de agua.
- c) Limpieza mediante robots.
- d) Limpieza mecánica automática.



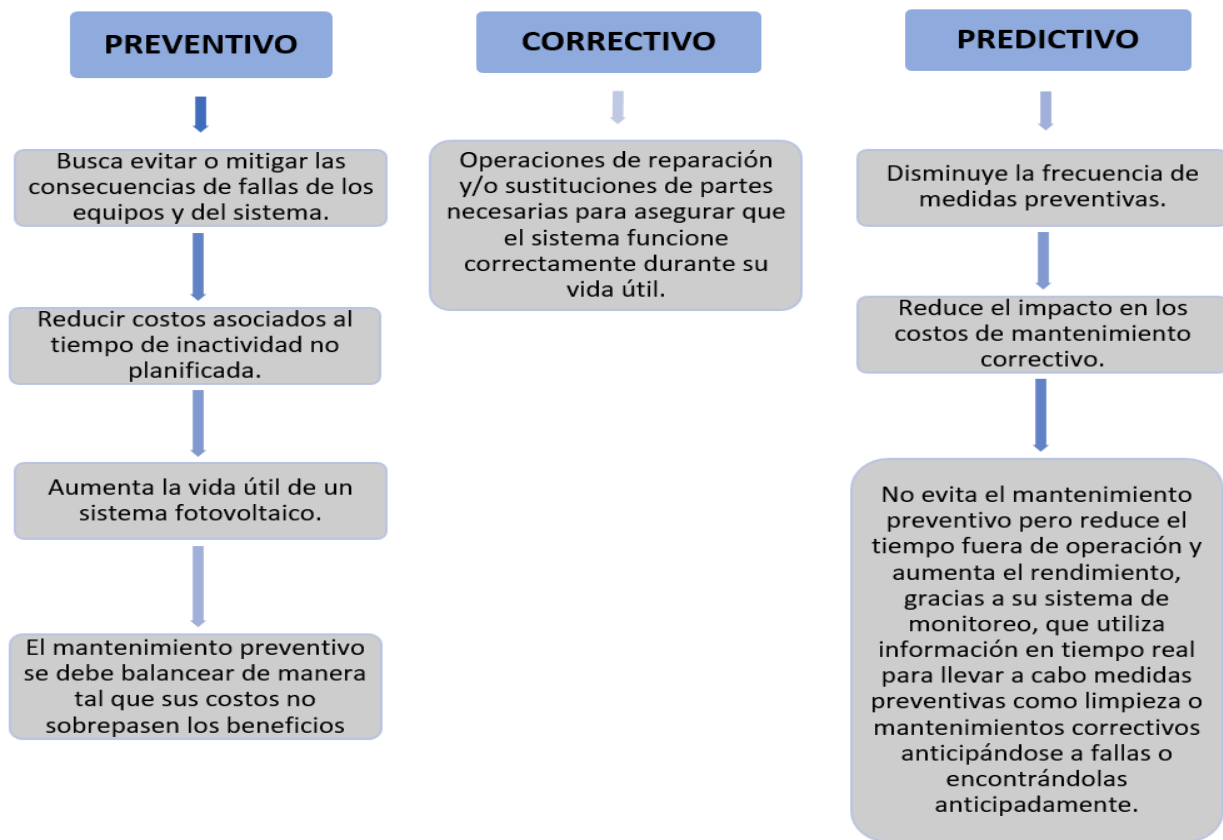
**Figura 10.** Diversos Procesos de Mantenimiento, [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com) \*Elaboración propia

***Limpieza por rodillo autopropulsado*** El sistema trata de un vehículo autopropulsado con un rodillo de limpieza con cerdas de limpieza suaves para no dañar la superficie del módulo. El

operario se sitúa en una zona con una visión óptima de instalación. La limpieza se realiza con agua descalcificada que evita los residuos de cal que acorten la vida del sistema. (Análisis de Distintas Tecnologías de Limpieza, 2013)

**Limpieza con vapor de agua** Pertenece a los sistemas más usados. Se fundamenta en el aseo mecánica con pértigas especiales para vidrio, usando como apoyo un sistema de conjuntos de bombeo de agua y mangueras comúnmente incluidos en un transporte para desplazarlos, que tratan el agua in situ por medio de sistemas de filtros de partículas y un descalcificador (o agua por osmosis inversa), cuya finalidad es la de evadir la acumulación de cal que usualmente porta el agua.

**Limpieza mecánica automática** El sistema es adaptable a sistemas fijos y con seguimiento y dispone de sensor de lluvia electrónico regulable y un sistema programable para ajustarlo a cada necesidad de limpieza (Análisis de Distintas Tecnologías de Limpieza, 2013)



**Figura 11.** Plan de Mantenimiento, Serc Chile, 2018, [www.ayllusolar.cl](http://www.ayllusolar.cl)



Los sistemas fotovoltaicos poseen una necesidad menor de mantenimiento comparado a otros sistemas generadores de electricidad. Todavía de esta forma, el mantenimiento es un elemento importante para asegurar el rendimiento pronosticado.

Generalmente el mantenimiento es de bajo precio y las fallas corregidas principalmente valen los costos y de esta forma se asegura el retorno de la inversión. No obstante, continuamente se debe tener presente que un sistema que no funciona de manera correcta no crea ahorros, por lo mismo se debería contraponer las pérdidas probables por no desempeño y los precios para el mantenimiento.

## CAPITULO 2

### 2. METODOLOGIA

#### 2.1 Investigación Documental

Para el desarrollo del proyecto se ha utilizado información técnica, la cual ha servido para dimensionar cada uno de los elementos que conforman de un sistema fotovoltaico aislado.

Las Técnicas de Investigación Documental se centran en todos aquellos procedimientos que conllevan el uso práctico y racional de los recursos documentales disponibles en las fuentes de información. (Rizo Maradiaga, 2015)

#### 2.2 Diseño de Investigación

Este proyecto de investigación se fundamenta en las metodologías de investigación, cualitativa haciendo referencia a las condiciones de la finca, cuantitativa por el análisis respectivo para dimensionar el sistema. La problemática los objetivos y los datos necesarios a obtener poseen puntos con los que se quiere conocer la viabilidad del estudio de un sistema de energía solar fotovoltaico en la finca “León” del cantón Milagro.

#### 2.3 Técnicas para recolectar datos

##### 2.3.1 *La Observación*

Es aplicada para de conocer los múltiples procedimientos que van a ser necesarios una vez que se diseñe el sistema fotovoltaico. Solo de esta forma se va a poder disponer de energía eléctrica para el sistema de bombeo, es de esta forma que uno de los procedimientos es realizar el cálculo de agua necesario por el riego de la finca “León”, de allí se calculará la demanda elemental de energía para bombear agua, paralelamente calcular el grado de radiación solar que existe en el sitio.

##### 2.3.2 *Entrevista*

Se estima una técnica bastante completa, con la cual le permite al investigador un acercamiento directo a las personas, y de esta manera obtener información de manera oral y personalizada, teniendo como objetivo entender las necesidades reales que se dan en la finca “León”, en lo que respecta a la demanda de agua necesaria para el riego, y con ello conocer la energía eléctrica requerida para el sistema.

## **2.4 Diagnostico Situación Actual de la Finca**

En el plan de investigación se expone, una forma de elección de un sistema de riego, que radica prácticamente en el aprovechamiento de energía solar. Con la utilización de este, se pretende minimizar la utilización de combustible que genera una contaminación más grande, además de reducir los costos económicos en mano de obra siendo beneficioso de manera directa para los pequeños productores.

Para hacer un mejor estudio en el análisis de las tierras y el cultivo de la finca “León” ubicada en el Cantón Milagro, se hizo la siguiente entrevista y el propietario de la misma, nos manifestó sus ventajas y desventajas del sistema de riego usado en la actualidad.

En la entrevista elaborada, el entrevistado supo manifestar que el tipo de riego usado en los cultivos es a base de manguera espiralada para succión de agua, luego esta agua es llevada a través de tubos de 3, 2 pulgadas conectado de uno en uno a partir de pozo de agua hasta el punto de riego, expulsado por un motor de 6.5 HP de potencia, en el que piensa que es un procedimiento bastante bueno, pues los cultivos se mantienen bastante frescos en temporada secas y con escasas de lluvias.

El motor usado en el sistema de riego por aspersión requiere un mantenimiento cada 3 meses, esto incluye limpieza de válvula check y tubos, comprobar cómo está el bobinado, engrasar, alcanzando de 15 a 20 años de utilidad eficaz, llevando a cabo un consumo de 1 galón/h y 4 galones día, produciendo cultivos variados como son: cacao, plátano, maíz entre otros.

El propietario de la finca nos manifestó que le agradaría llevar a cabo el sistema de riego fotovoltaico debido a que pese a los precios que es necesario invertir y buscar financiamiento para el mismo, es consciente de que podría ser una mejor forma de aprovechar los recursos naturales y facilitar el trabajo.

Se dañaría menos el medio ambiente pues no se necesitaría combustible para su funcionamiento, además se aprovecharía la luz solar para abastecer el sistema de bombeo, basada en la recepción que tengan los paneles para captar la radiación solar necesaria de acuerdo con la capacidad que ofrezcan.

#### **2.4.1      *Importancia del agua en el cacao***

Los cultivos de *Theobroma cacao* son considerados como hidropériódicos, y las precipitaciones son el factor ambiental de mayor importancia e influyente para la producción de este cultivo en condiciones de campo, siendo los periodos de lluvia el factor ambiental principal que induce los brotes vegetativos y estimula las floraciones. No obstante, los extensos periodos secos están afectando los procesos fisiológicos del cacao. (Velasco Guim, 2019)

Las necesidades de agua de la planta de cacao van del orden 1,500 a 2,500 mm. repartidos en todo el ahajó para zonas cálidas; y de 1,200 a 1,500 en zonas más húmedas. (Anecacao, 2016)

#### **2.4.2      *Sistema De Riego Actual De La Finca “León”***

El riego usado en la finca “León” en la actualidad, es manual, el cual es un riego enteramente sin modificación a los que se hallan en los sistemas de riegos recientes, cada una de las conexiones de la tubería trabajan con la función de la bomba, a medida que mas grande sea el área a regar, menor va a ser la presión de la bomba disminuyendo así el riego en la plantación.

#### **2.4.3      *Fuente de agua disponible***

La fuente de agua disponible para el abastecimiento del sistema de riego de los cultivos de la finca “León” será tomada de un pozo de agua que tiene aproximadamente 30 metros de profundidad y 1m de ancho, este mismo se lo viene utilizando hace bastante tiempo, según supo informar el propietario de la finca.

#### **2.4.4      *Necesidad del Agua en los Cultivos***

El agua representa un 80 a 90% del peso en los tejidos activos de las plantas, constituyéndose no solamente en la materia prima de la fotosíntesis, sino que participa como elemento activo en sus transformaciones. En la fisiología de las plantas el agua es de mucha importancia en muchos aspectos ya que como principal disolvente universal disuelve todos los minerales contenidos en el suelo. (Namicela Romero, 2016)

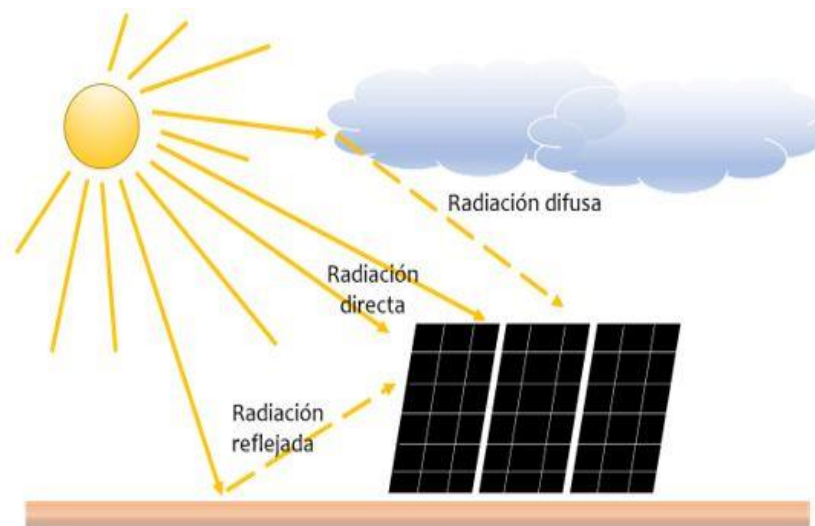
Según PACC ( 2009) se puede entender que a partir de la perspectiva de riego el agua disponible es aquella que está a disposición de la planta entre la funcionalidad de campo y punto de marchitez persistente. Se debería impedir que el porcentaje de humedad en el suelo se reduzca hasta el punto de marchitez, lo cual traería como resultado una sensible disminución en los rendimientos, por lo

cual el riego debería efectuarse según el umbral o limite beneficioso que va a estar en función de la era de desarrollo de cultivo, tipo de suelo, y de la tecnología de riego disponible.

## 2.5 Radiación Solar

Por definición la radiación solar es la transferencia de energía por medio de ondas electromagnéticas, el grupo de estas llamadas además espectro solar son emitidas a la tierra. Al no necesitar un medio material para propagarse llegan a la tierra sin complejidad. De esta forma además se podría mencionar que es luz y calor los cuales tiene efectos en la Tierra.

Según Sepúlveda (2014) se entiende que para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos es imprescindible conocer la potencia solicitada por la carga y la radiación solar. Este último parámetro representa el recurso energético disponible en una ubicación geográfica específica. Si no se conoce la radiación solar promedio de un sitio es posible subdimensionar o sobredimensionar el sistema fotovoltaico, Ocasionando pérdidas económicas y/o un desaprovechamiento del recurso solar.



**Figura 12.** Tipos de Radiación Solar (Sunfiels Europe, 2020)

En esta ilustración nos indica los diferentes de tipos de radiaciones existentes, las cuales pueden ser: radiación difusa, radiación directa, radiación reflejada, y la radiación global que consiste en la suma de la difusa y directa.

### **2.5.1 Radiación Directa**

Sugiere que es la que mide sobre el área dirigida en dirección al sol. A medida que los relámpagos solares se encuentran constantemente perpendiculares a esa área.

### **2.5.2 Radiación Difusa**

Es aquella que al conseguir el área de la tierra se dispersa por las moléculas atmosféricas y estas hacen que se aleje de su dirección inicial.

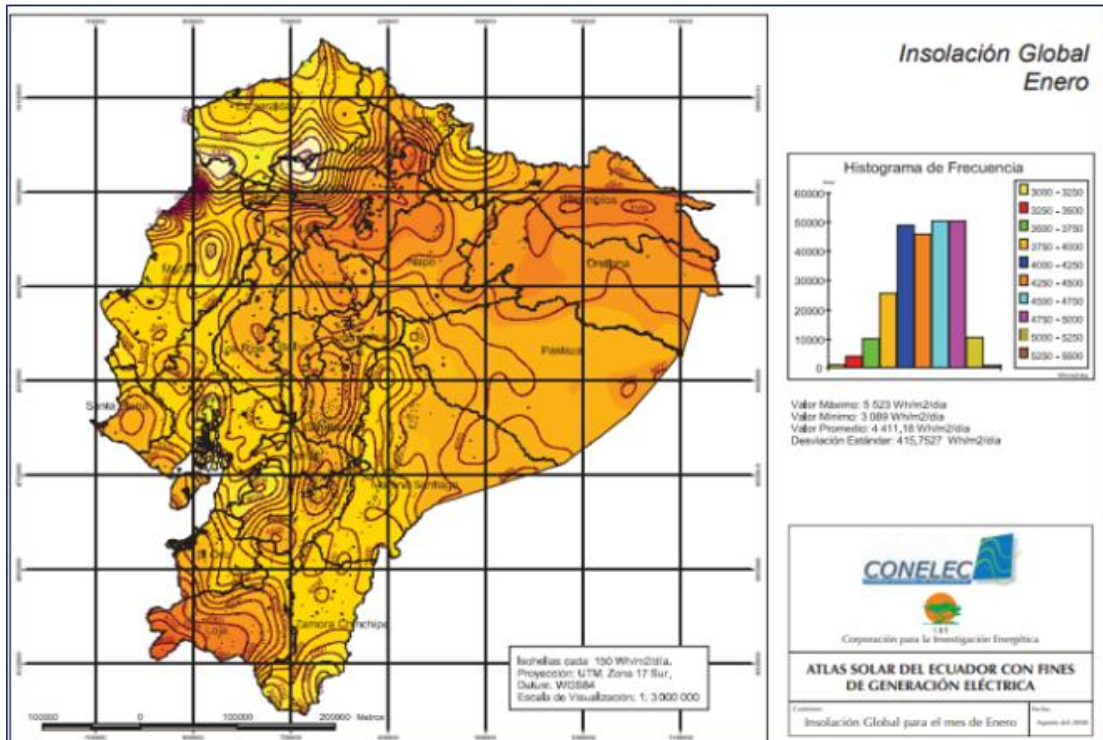
### **2.5.3 Radiación Reflejada**

Fracción de la irradiancia solar que es reflejada por la superficie. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no se ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben. (Sunfields Europe, 2020)

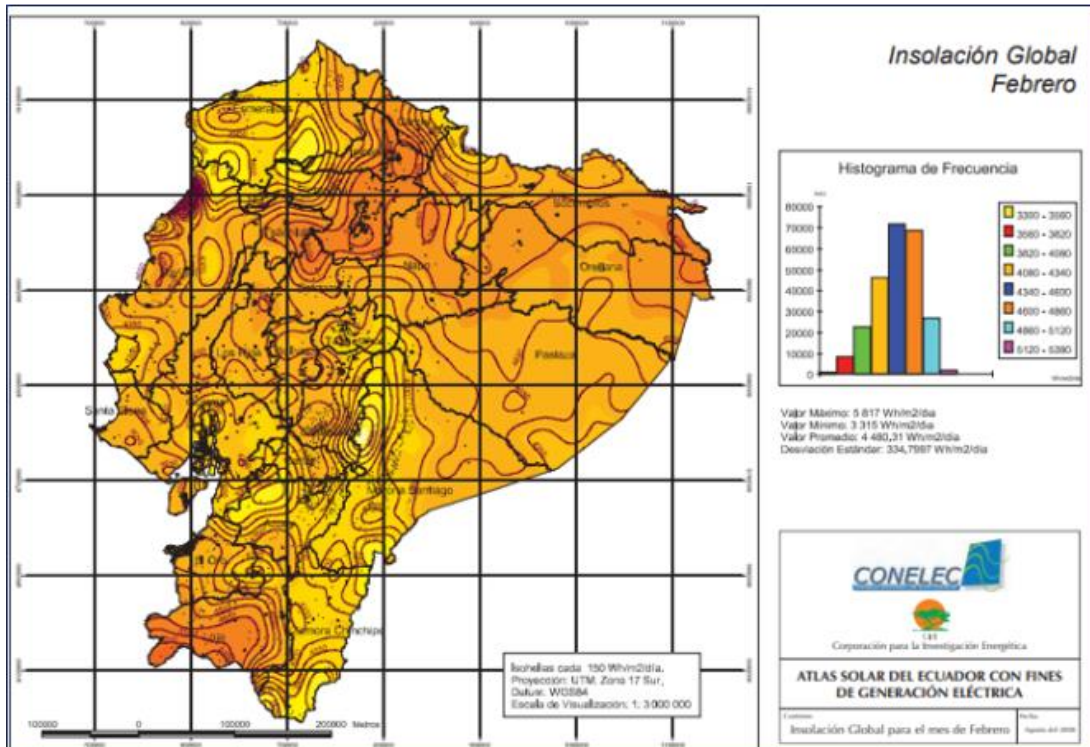
### **2.5.4 Radiación Global**

De acuerdo con IDEAM ( 2007) menciona que es la proporción de energía solar que incide sobre un área. La radiación solar universal diaria es la proporción de radiación global en medio de las 6 de la mañana y de las 6 de la tarde (en ciertos sitios de todo el mundo y en ciertos meses, este lapso se puede expandir en medio de las 5 de la mañana y las 7 de la noche) y sus valores oscilan entre 300 y 9800  $W \cdot h / m^2$  al día.

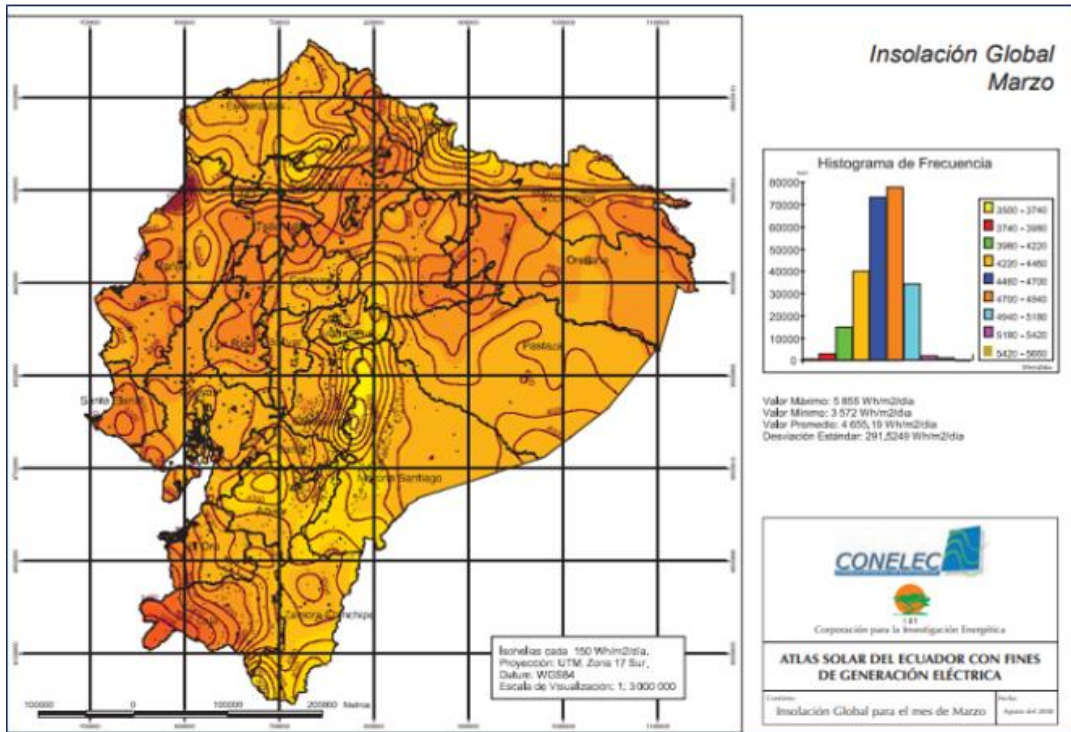
En las próximas graficas se observa la insolación global de cada mes, dichas graficas se emplearán para hacer el análisis requerido. Los datos representan la radiación a lo largo de todo el año para el Ecuador expresados en  $Wh/m^2 / dia$ , mismo que ha sido elaborado por la Corporación para la Investigación Energética, CIE.



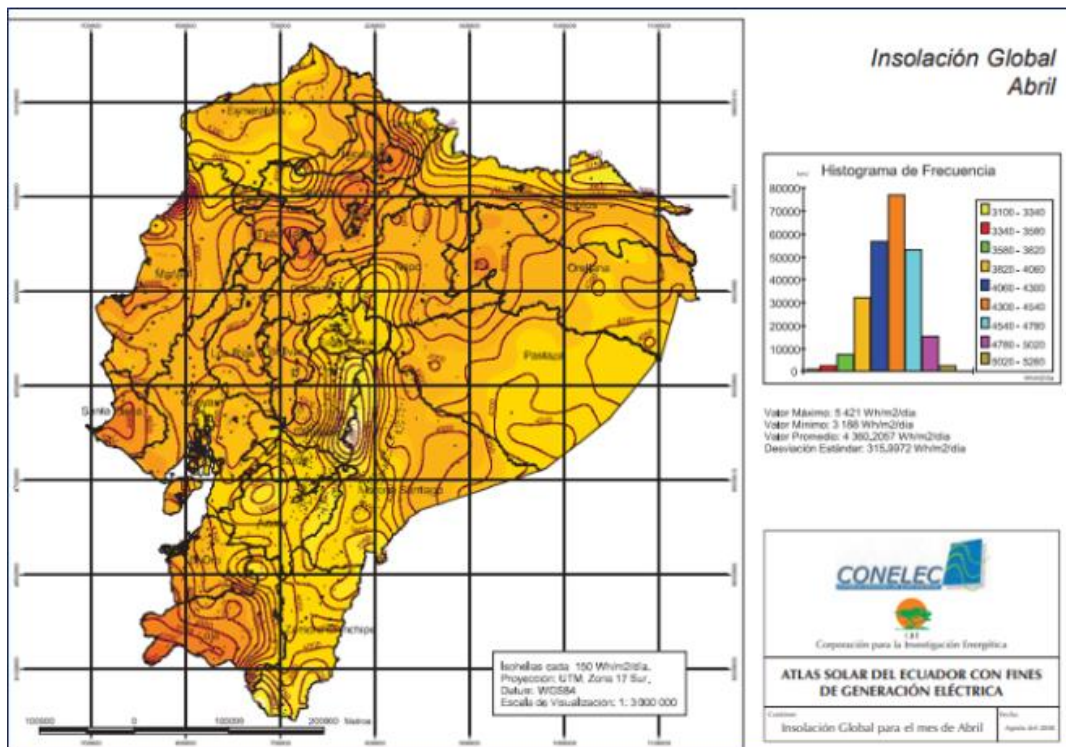
**Figura 13.** Radiación Global Enero, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)



**Figura 14.** Radiación Global Febrero, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)

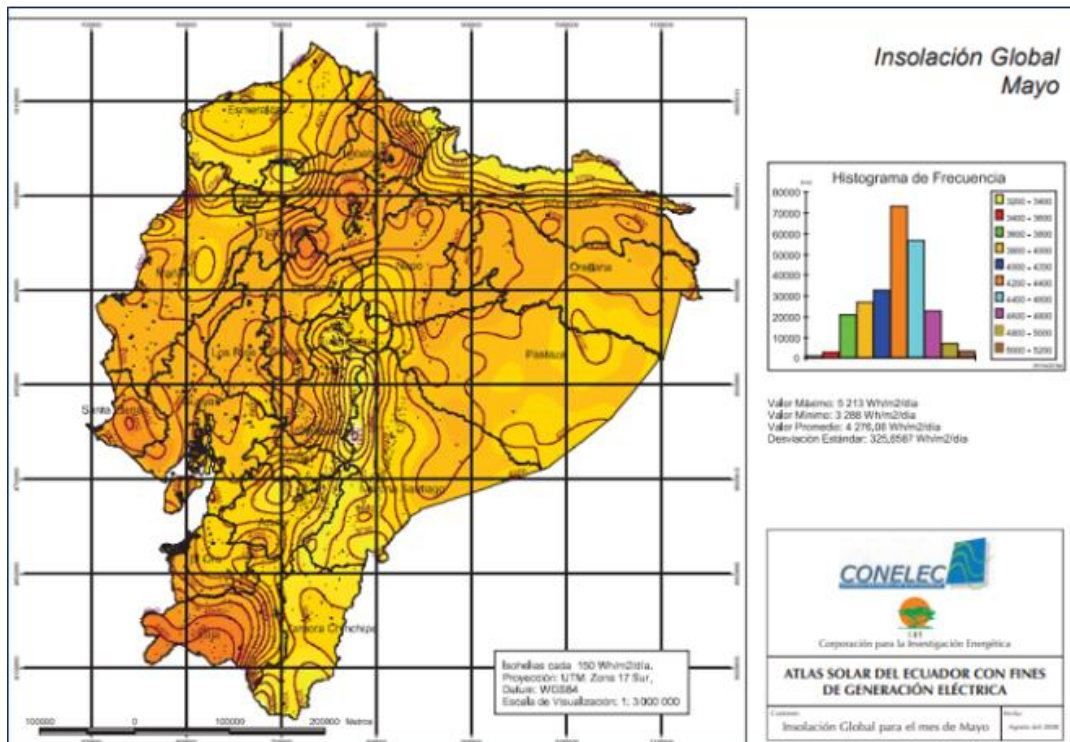


**Figura 15.** Radiación Global Marzo, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)

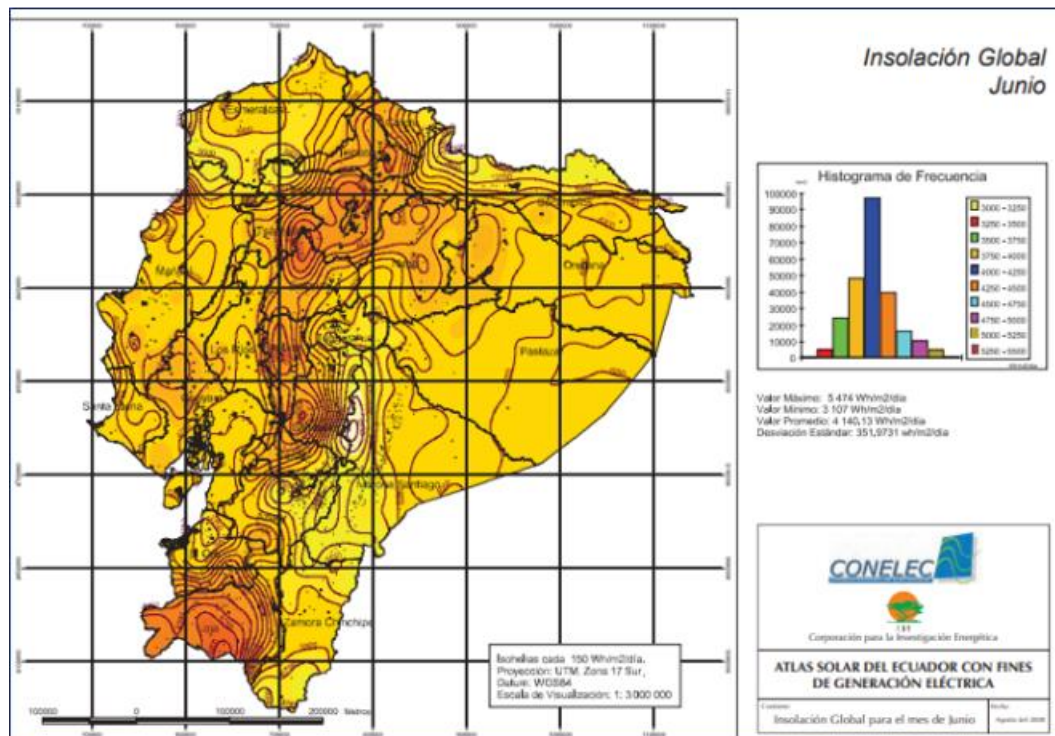


**Figura 16.** Radiación Global Abril, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)





**Figura 17.** Radiación Global Mayo, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)



**Figura 18.** Radiación Global Junio, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)

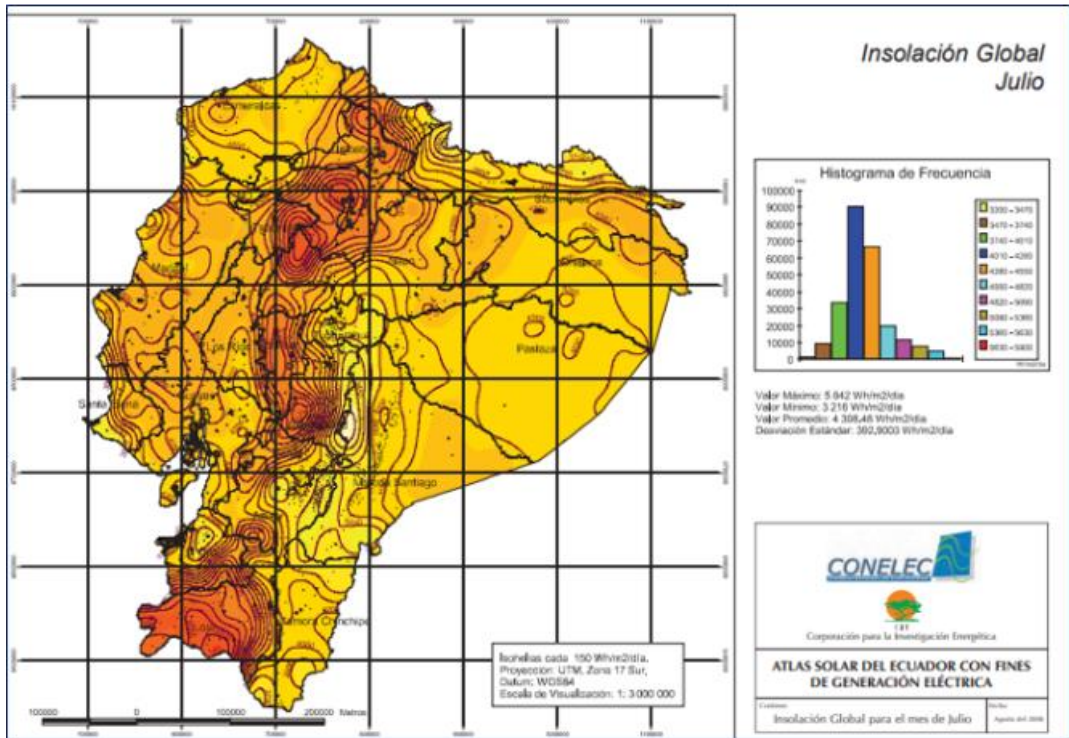


Figura 19. Radiación Global Julio, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)

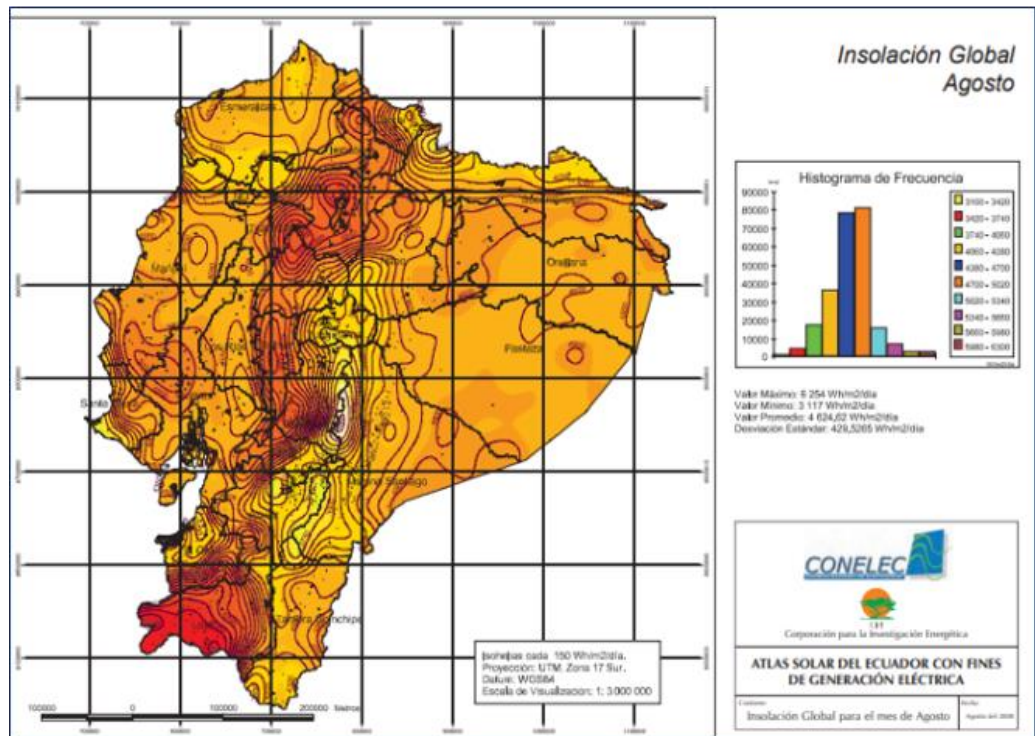
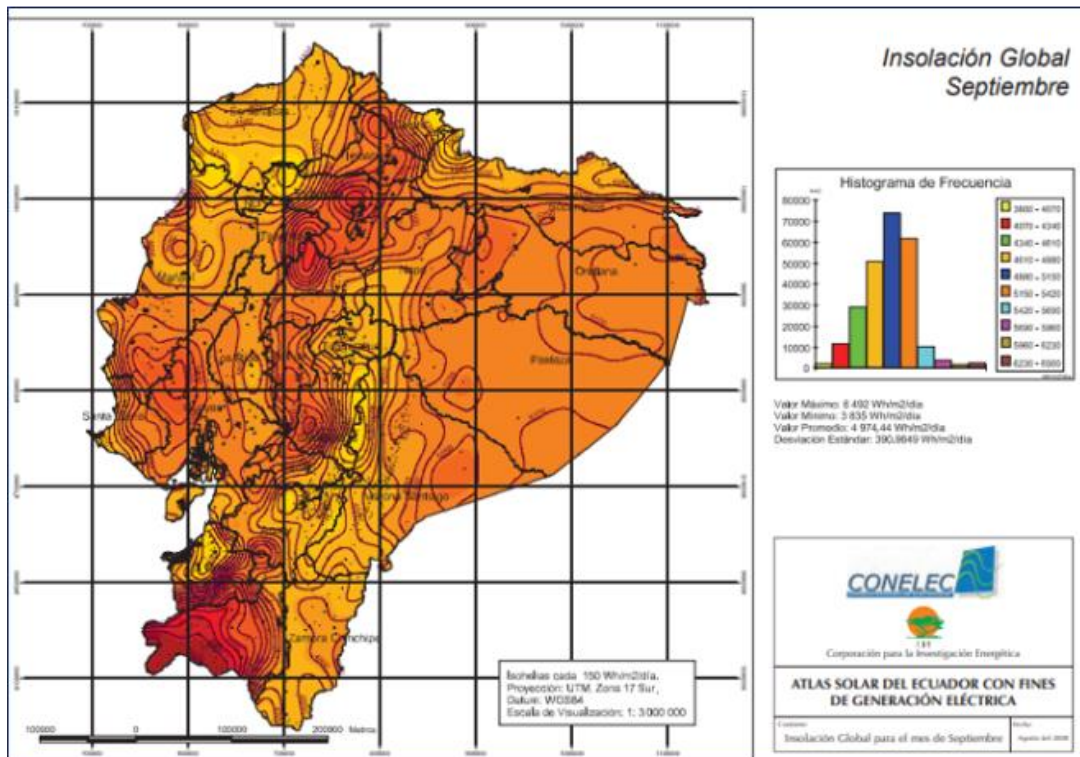
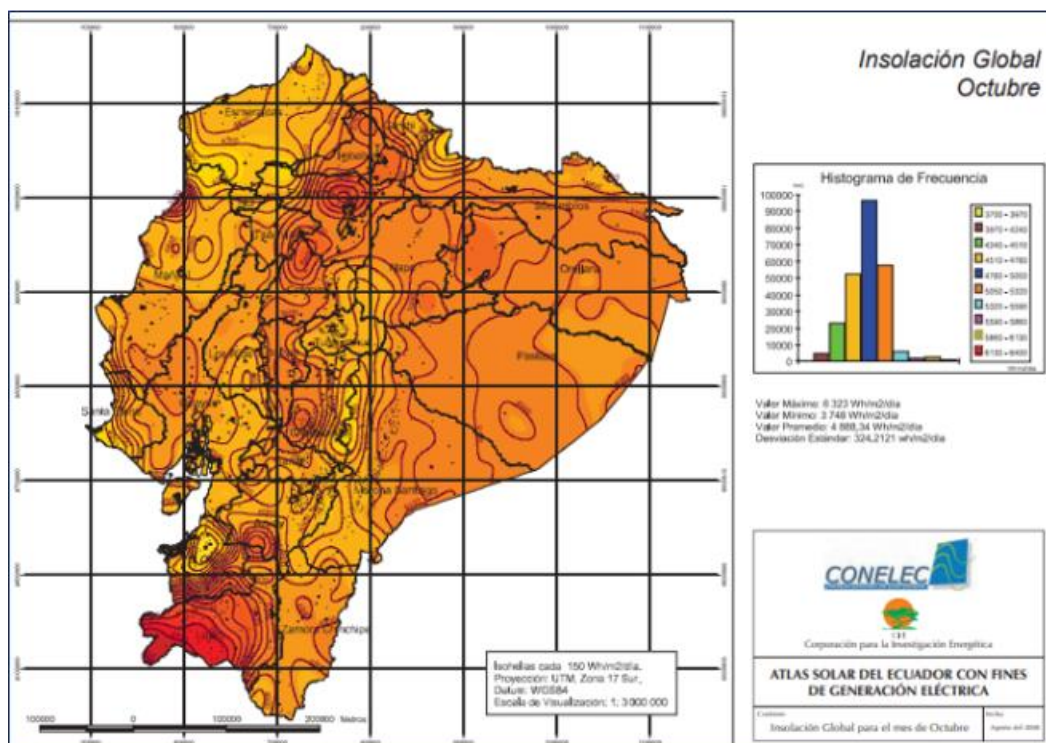


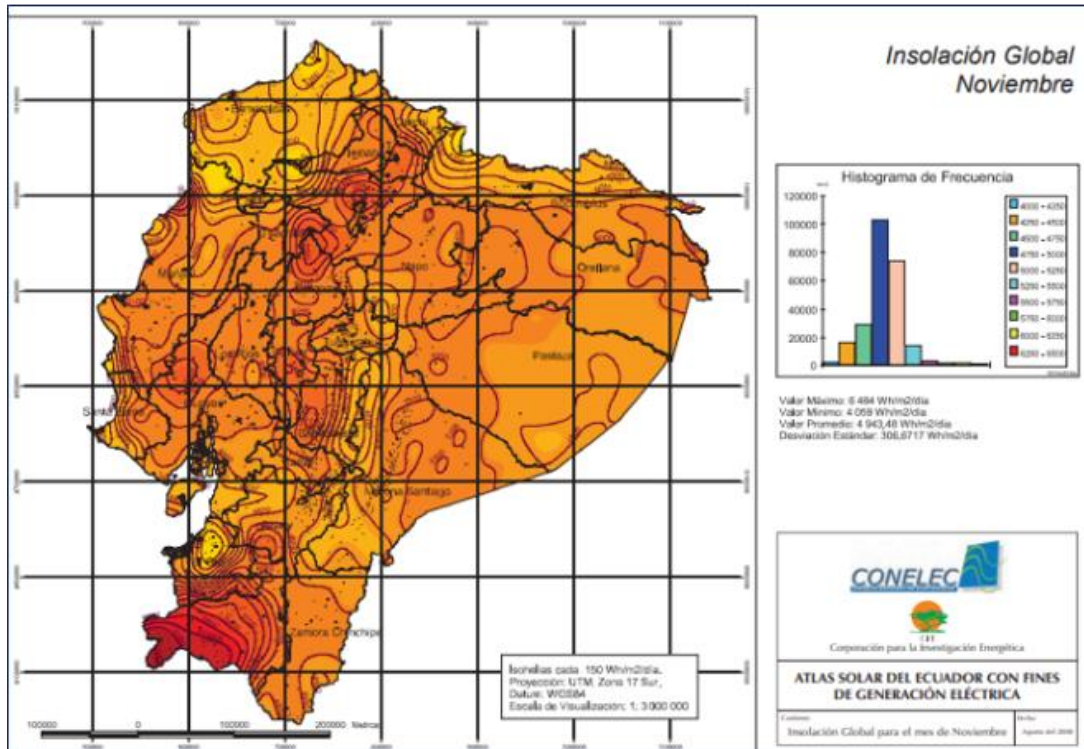
Figura 20. Radiación Global Agosto, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)



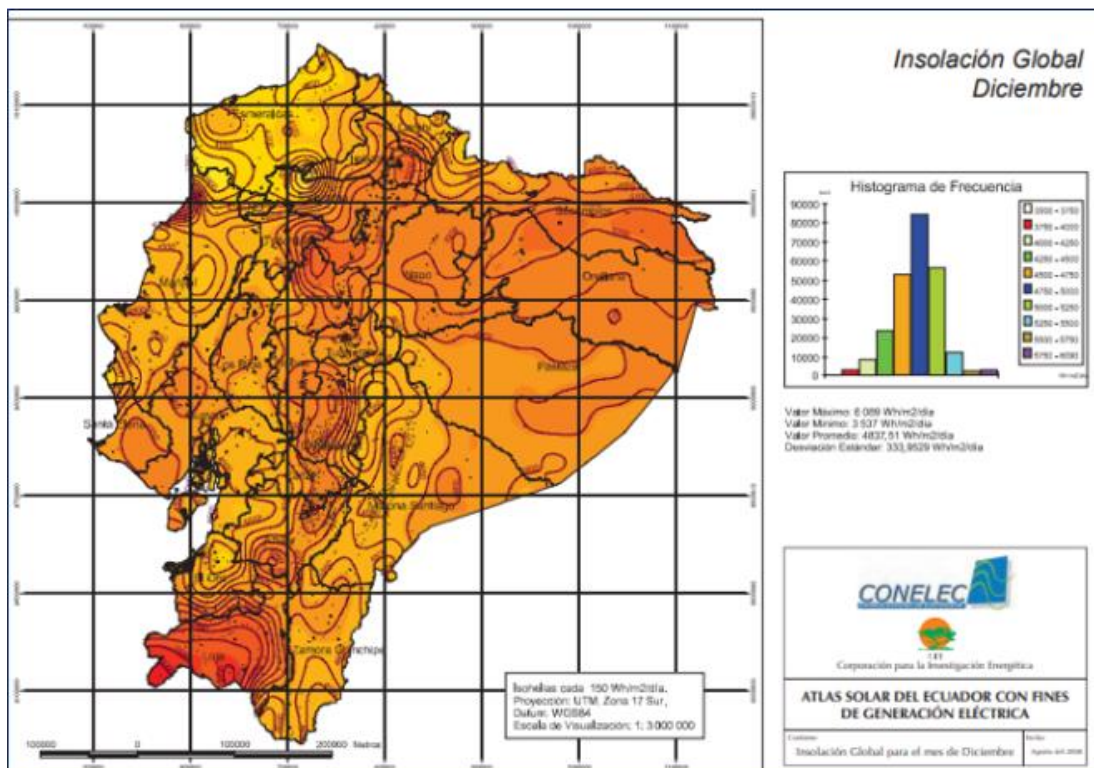
**Figura 21.** Radiación Global Septiembre, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)



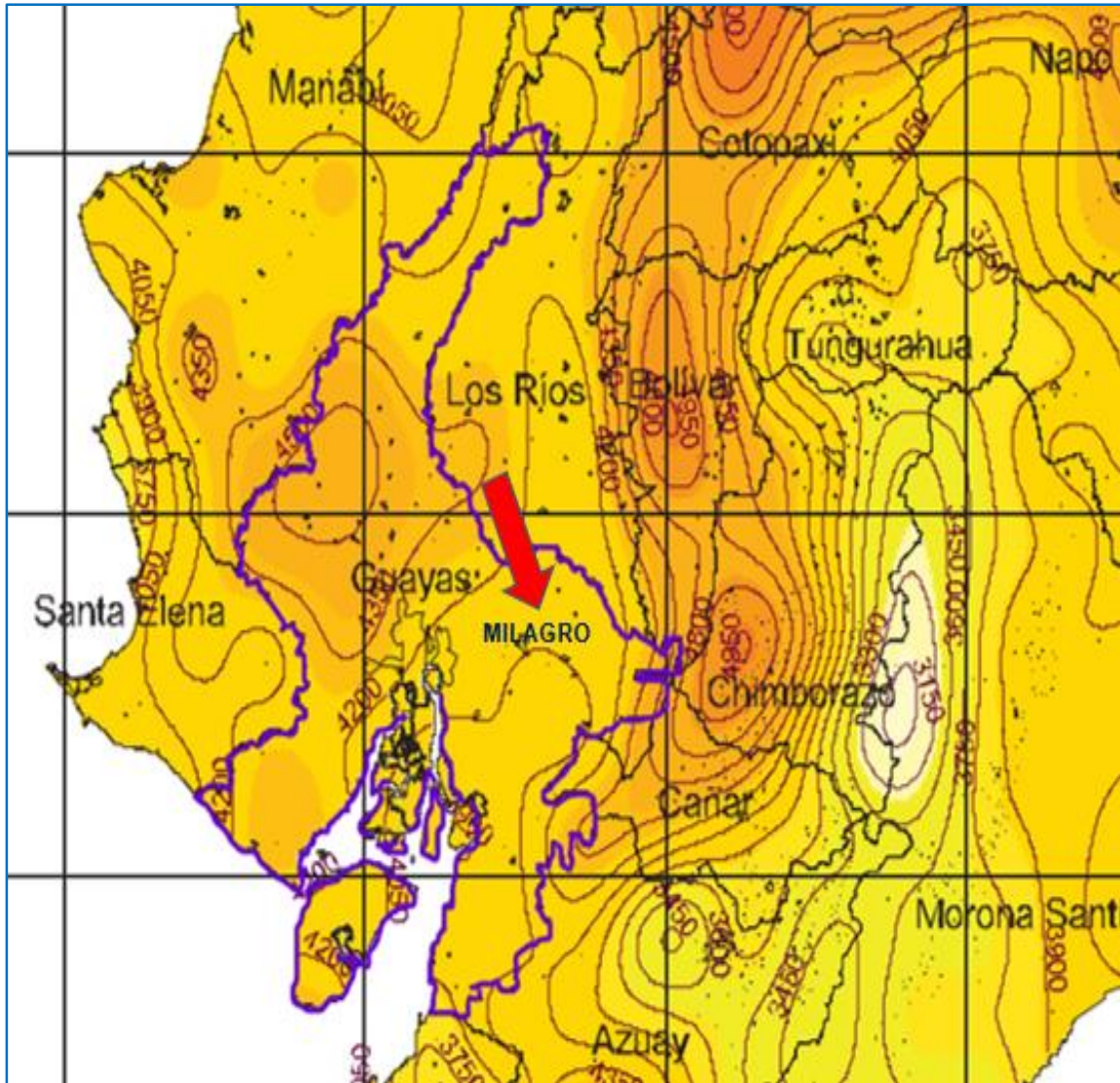
**Figura 22.** Radiación Global Octubre, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)



**Figura 23.** Radiación Global Noviembre, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)



**Figura 24.** Radiación Global Diciembre, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)



**Figura 25.** Radiación Solar Cantón Milagro, Atlas Solar del Ecuador. (Conelec, 2008)

\*Elaboración propia

En la gráfica 26, se representa la ubicación del Cantón Milagro dentro de la provincia del Guayas, lugar donde se hará el estudio de Radiación para el dimensionamiento del sistema FV.

## CAPITULO 3

### 3. PROPUESTA SOLUCION

Con cada uno de los diferentes gráficos utilizados para los niveles de radiación de los diferentes meses del año en el Cantón Milagro, procedemos a hacer una tabla indicando los valores estimados para cada uno de los 12 meses, misma que ayudará con la apreciación del valor requerido para el análisis y así encontrar la hora solar pico.

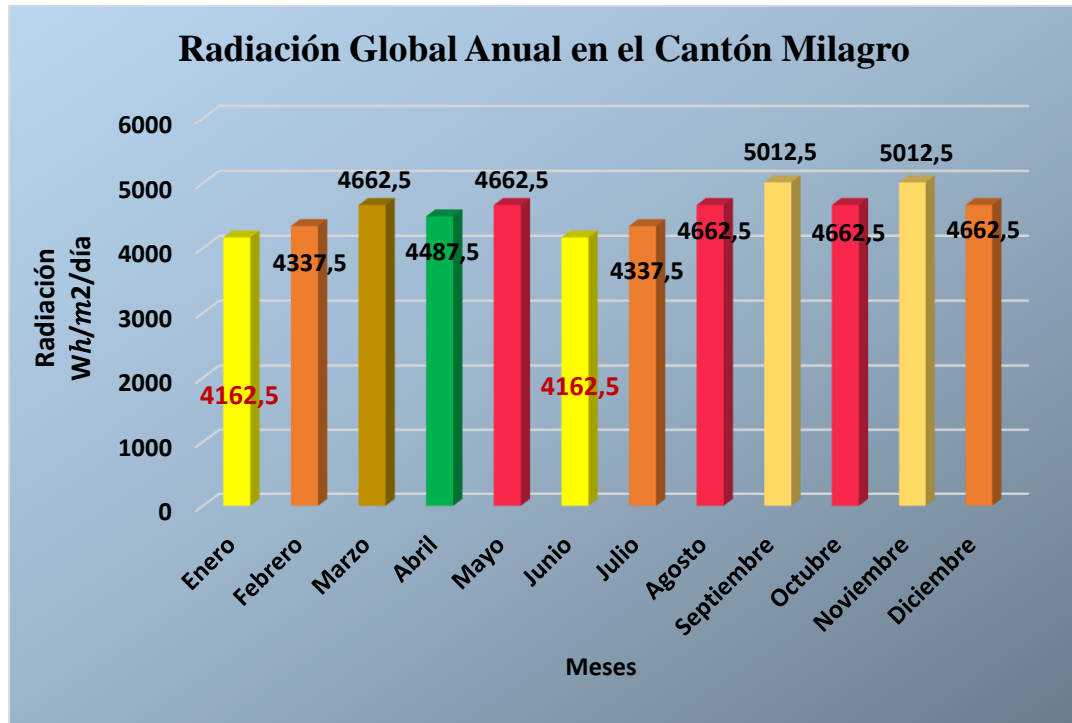
**Tabla 3**

*Radiación Global Anual en el Cantón Milagro*

MESES	Wh/m <sup>2</sup> /día	Valor Promedio de Radiación
Enero	4050 - 4275	4162,5
Febrero	4275 - 4400	4337,5
Marzo	4575 - 4750	4662,5
Abril	4400 - 4575	4487,5
Mayo	4575 - 4750	4662,5
Junio	4050 - 4275	4162,5
Julio	4275 - 4400	4337,5
Agosto	4575 - 4750	4662,5
Septiembre	4925 - 5100	5012,5
Octubre	4575 - 4750	4662,5
Noviembre	4925 - 5100	5012,5
Diciembre	4575 - 4750	4662,5

Nota: Atlas Solar del Ecuador, (Conelec, 2008) \*Elaboración propia

En base a la Tabla 3. de Radiacion Global Anual del canton Milagro, se pudo constatar que los meses en que se da baja radiación son: Enero y Junio, con un valor de 4162.5 Wh/m<sup>2</sup>, valor que utilizaremos para encontrar la hora solar pico.



**Figura 26.** Radiación Global Anual en el Cantón Milagro. (Conelec, 2008) \*Elaboración propia

Según la Figura 26, de Radiación Global Anual en el Cantón Milagro, nos indica el comportamiento de los diferentes niveles que alcanza la radiación durante el año, de los cuales se trabajará con la radiación más baja, siendo estos los meses de Enero y Junio con un valor promedio mensual de  $4162.5 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$

### 3.1 Hora Solar Pico

Un criterio bastante fundamental para dimensionar instalaciones fotovoltaicas es la llamada hora solar pico (HSP) que es un parámetro que expresa la época en horas de una hipotética irradiación solar constante de  $1000 \text{ W/m}^2$  sobre un definido desplazamiento. La hora solar pico equivale, puesto que, al mismo tiempo teórico diario en el cual se estima que incide de manera constante de  $1\text{KWh/m}^2$ . Una forma fácil de obtener la HSP es desde las tablas de radiación mensual por provincia. (Eficiencia Energetica Ahorro Energetico, 2015)

$$HSP = \frac{R}{I}$$

$$HSP = \frac{KWh/m^2}{1KW/m^2}$$

En donde:

*HSP*: Son las horas solar pico

*R*: Es la radiación media diaria en ( $KWh/m^2$ )

*I*: Constante igual a  $1KW/m^2$

**Ecuación 1. Hora Solar Pico**

$$HSP = \frac{KWh/m^2}{1KW/m^2} \tag{1}$$

$$HSP = \frac{4162,5 Wh/m^2}{1000 W/m^2}$$

$$HSP = 4.162 h$$

$$HSP = 4,2 h$$

**3.2 Determinación Agua necesaria para el riego**

La finca en la que se trabajará tiene 8 cuadras de terreno, resultando un valor de 5,6 hectáreas, medida que adoptaremos para realizar el estudio de nuestro sistema.

**3.2.1 Agua Requerida en Riego de Cacao**

Según Orozco-Aguilar (2016) aconseja que, una vez que se cultiva cacao con árboles de sombra, regar semanalmente a lo largo del verano (Noviembre - Diciembre), una vez cada 5 días entre Enero - Marzo y una vez cada 4 días a lo largo Abril-Mayo a razón de 17.5 litros/planta/día. Se logran excelentes rendimientos si se riega a razón de 20.5 litros/ planta/día. Teniendo una densidad de 1600 plantas/ha ( $2.5 m \times 2.5 m$ ), tales cifras suponen un uso equivalente de agua de 5-7 mm/planta/día.

Según Anecacao (2016) menciona que en Ecuador la necesidad hídrica de una planta de cacao va en orden de 1500 a 2500mm, repartidos en todo el ahajó para zonas cálidas; y de 1,200 a 1,500 en zonas más húmedas.



En lo que respecta a la necesidad de agua en el cacao no existen muchos estudios específicos sobre este cultivo, es por ello que será determinado mediante el método estándar de la **Ecuación de FAO Penman-Montain**, un método bastante recomendado en la agricultura.

### 3.2.2 Evapotranspiración

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y otra parte mediante transpiración del cultivo. (Allen, Pereira, Raes Dirk, & Smith, 2006)

### 3.2.3 Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc)

Se refiere a la evapotranspiración de cualquier clase de cultivo cuando se encuentra exento de las enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes. (Allen, Pereira, Raes Dirk, & Smith, 2006, pág. 7)

**Tabla 3**

*Cálculo de Etc (Evapotranspiración de cultivo)*

Regiones	Temperatura promedio durante el día (°C)		
	Templada ~10°C	Moderada 20°C	Caliente > 30°C
<b>Trópicos y subtropicos</b>			
- húmedos y subhúmedos	2 - 3	3 - 5	5 - 7
- áridos y semiáridos	2 - 4	4 - 6	6 - 8
<b>Regiones templadas</b>			
- húmedas y subhúmedas	1 - 2	2 - 4	4 - 7
- áridas y semiáridas	1 - 3	4 - 7	6 - 9

Nota: Estudio FAO Riego y cultivo. (Allen, Pereira, Raes Dirk, & Smith, 2006)

En la tabla 3, se puede apreciar el promedio para las diferentes regiones agroclimáticas existentes en mm día, la cual se la tomará como base para el cálculo de evapotranspiración del cacao, se la expresa mediante la siguiente ecuación:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

Donde:

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo [ $mm d^{-1}$ ]

$K_c$  = coeficiente del cultivo

$ET_o = \text{evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d}^{-1}\text{]}$

Para ello teniendo en cuenta el clima de la región, haciendo referencia a la tabla 3, vemos que existe una temperatura moderada en lo que respecta al Cantón Milagro, es por ello que se tomará un valor de:

$ET_o = 5\text{mm/día}$

Esta cantidad en milímetros/día hace referencia a la medición por pluviómetro, utilizado para medir que proporción de agua ha caído durante la lluvia, equivale a 1 litro de lluvia caída en un metro cuadrado.

#### Tabla 4

*Coefficiente único de cultivo de cacao  $K_c$  (1.05)*

CUADRO 12 (continuación)					
Cultivo		$K_{c, \text{in}^2}$	$K_{c, \text{med}}$	$K_{c, \text{fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
<b>j. Forrajes</b>					
Alfalfa (heno)	– efecto promedio de los cortes	0,40	0,95 <sup>12</sup>	0,90	0,7
	– períodos individuales de corte	0,40 <sup>14</sup>	1,20 <sup>14</sup>	1,15 <sup>14</sup>	0,7
	– para semilla	0,40	0,50	0,50	0,7
Bermuda (heno)	– efecto promedio de los cortes	0,55	1,00 <sup>12</sup>	0,85	0,35
	– cultivo para semilla (primavera)	0,35	0,90	0,65	0,4
Trébol heno, Bersím	– efecto promedio de los cortes	0,40	0,90 <sup>12</sup>	0,85	0,6
	– períodos individuales de corte	0,40 <sup>14</sup>	1,15 <sup>14</sup>	1,10 <sup>14</sup>	0,6
Rye Grass (heno)	– efecto promedio de los cortes	0,95	1,05	1,00	0,3
Pasto del Sudán (anual)	– efecto promedio de los cortes	0,50	0,90 <sup>14</sup>	0,85	1,2
	– período individual de corte	0,50 <sup>14</sup>	1,15 <sup>14</sup>	1,10 <sup>14</sup>	1,2
Pastos de Pastoreo	– pastos de rotación	0,40	0,85-1,05	0,85	0,15-0,30
	– pastoreo extensivo	0,30	0,75	0,75	0,10
Pastos (césped, turfgrass)	– época fría <sup>15</sup>	0,90	0,95	0,95	0,10
	– época caliente <sup>13</sup>	0,80	0,85	0,85	0,10
k. Caña de azúcar		0,40	1,25	0,75	3
<b>l. Frutas Tropicales y Árboles</b>					
Banana	– 1 <sup>er</sup> año	0,50	1,10	1,00	3
	– 2 <sup>do</sup> año	1,00	1,20	1,10	4
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 <sup>16</sup>	– suelo sin cobertura	0,50	0,30	0,30	0,6-1,2
	– 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 <sup>17</sup>	1,10	1,15	1,15	2
<b>m. Uvas y Moras</b>					
Moras (arbusto)		0,30	1,05	0,50	1,5
Uvas	– Mesa o secas (pasas)	0,30	0,85	0,45	2
	– Vino	0,30	0,70	0,45	1,5-2

Nota: Estudio FAO Riego y cultivo. (Allen, Pereira, Raes Dirk, & Smith, 2006)

Plantación por hectárea = 1240 (cantidad de plantas existentes en hectárea)

**Ecuación 2.** *Calculo Evapotranspiración*

$$ET_C = K_C * ET_o \quad (2)$$

$$ET_C = 1.05 * 5mm/dia$$

$$ET_C = 5.25 mm/dia$$

$$ET_C = 5.25 lt/dia$$

**Ecuación 3.** *Agua requerida por Hectárea*

$$lt req = ET_C * unidades de planta \quad (3)$$

$$lt req = 5.25 lt/dia * unidades plantación$$

$$lt req = 6510 lt/h$$

Se entiende que el valor de 6510 lt/h es lo que se requiere en su época de mayor exigencia de agua en el cultivo.

**3.2.4 Caudal**

El caudal es el volumen de líquido que pasa por medio de un sistema bajo condiciones de presión concretas, podría ser medido en galones por minuto (gal/min), litros por minuto (lt/min), litros por segundo (lt/sg).

La forma más simple de calcular es la medición directa del tiempo que se tarda el llenado de un contenedor de volumen conocido.

**Ecuación 4.** *Cálculo Caudal*

$$CC = \frac{lt}{HSP} \quad (4)$$

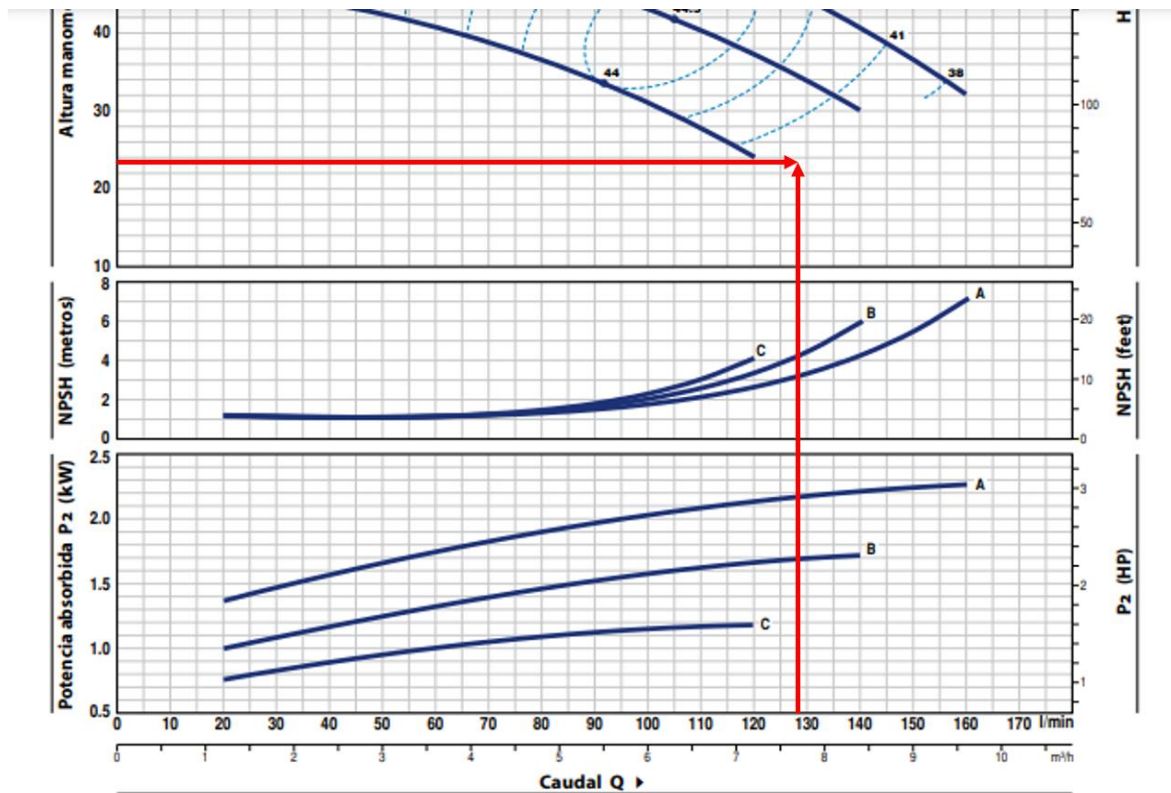
$$CC = \frac{6510 lt/dia}{4.2 h/dia}$$

$$CC = (1550lt/h) * (1h/60min)$$

$$CC = 25.83 lt/min$$

**3.2.5 Selección de Bombo Centrífuga**

Tomando como base el valor del caudal de 25.83lt/min, se seleccionará la bomba específica que cumpla con las condiciones técnicas necesarias, para abastecer lo requerido para cumplir la actividad de riego.



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		▲	Q	m <sup>3</sup> /h															
Monofásica	Trifásica	kW	HP			0	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	8.4	9.6		
					l/min	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160		
2CPm 25/16C	2CP 25/16C	1.1	1.5			47	46	45	44	42.5	40.5	38.5	36	33.5	30.5	27.5	24				
2CPm 25/16B	2CP 25/16B	1.5	2	IE3	H metros	58	56	55	54	53	51	49.5	47.5	45.5	43	40	37	30			

**Figura 27.** Curvas y Datos de Prestaciones,

[https://www.pedrollo.com/public/allegati/2CP\\_ES\\_60Hz.pdf](https://www.pedrollo.com/public/allegati/2CP_ES_60Hz.pdf)

De acuerdo a el valor de caudal trabajaremos con una bomba de 1.5 HP Bomba Centrífuga con doble rebote, modelo 2PCm 25/16C monofásica, la cual tendrá una toma de agua a 20m de profundidad del nivel del suelo, cabe recordar que el propietario de la finca, indico anteriormente que la profundidad del pozo con el que cuentan en la finca tiene una profundidad aproximada de 30 metros, siendo un ojo de agua muy eficaz.

En la tabla 5 se indica las características de la bomba Centrífuga Pedrollo

**Tabla 5***Especificación Bomba Centrífuga Pedrollo*

Bomba Centrífuga Pedrollo 2CPm 25/16C	
Voltaje	220V
Frecuencia	60 Hz
Ø Eje	18mm
DN1	1 1/4
DN2	1 1/2
h1	93
h2	130
h3	223
Peso	19,3 kg

Nota: Catalogo General 2CP Pedrollo, [https://www.pedrollo.com/public/allegati/2CP\\_ES\\_60Hz.pdf](https://www.pedrollo.com/public/allegati/2CP_ES_60Hz.pdf)

En la tabla 6 se describe la potencia de la bomba siendo esta de 1.1 KW, sus horas de trabajo, el consumo diario y mensual.

**Tabla 6***Consumo Eléctrico Bomba Centrífuga*

Equipo	Unidad	Potencia (W)	Hora diaria de Trabajo	KW/h Diario	Total KW/h al mes
Bomba Centrífuga	1	1.12 KW	2	2,24 KW/h	67.20KW/h

Nota: Elaboración propia

**3.3 Dimensionamiento del Sistema**

Es un grupo de recursos y adecuados equipos conectados entre sí, cuya funcionalidad es la generación de energía eléctrica desde módulos solares fotovoltaicos, en donde la energía eléctrica producida es aprovechada de forma rápida y no es almacenada, de tal forma que la energía producida por el sistema fotovoltaico se aprovecha como energía consumida por la carga o inyectada a la red, en un momento específico.

El propósito del dimensionado del sistema FV es el cálculo del número de módulos y baterías necesarias para suministrar de modo fiable un determinado consumo durante un año típico. Esto involucra el balance entre dos objetivos, normalmente opuestos, máxima fiabilidad y mínimo coste. (Alonso Abella, 2014)

### 3.3.1 Consumo Eléctrico

Se trata de obtener el consumo medio diario, en amperios-hora por día, en la batería. Si este no es constante durante todo el año, se ha de calcular para cada mes. Se puede utilizar el voltaje de la batería, pero se ha de tener en cuenta que el voltaje al que operan los equipos incluye las caídas de tensión, lo cual aumenta el consumo. (Alonso Abella, 2014)

Esta parte es fundamental definirla de forma correcta. Aquí podemos ir indicando que consumos vamos a querer conecta a nuestro sistema fotovoltaico. Debemos conocer tanto los consumos de cada equipo como las horas de uso de todos ellos, debido a que de esta forma obtendremos los datos necesarios para saber la proporción de acumulación que iremos a necesitar y la potencia del inversor.

Para encontrar el consumo eléctrico se empleará la siguiente ecuación, añadiéndole un factor de seguridad para precaución en el sistema.

$$L_{md} = W * h * F_C$$

Donde:

$W$  = Potencia

$h$  = Horas de Trabajo

$F_C$  =Factor de seguridad

#### **Ecuación 5. Cálculo Consumo Eléctrico**

$$L_{md} = W * h * F_C \tag{5}$$

$$L_{md} = 1118W * (2) * (0.30)$$

$$L_{md} = 2906.23 Wh$$

$$L_{md} = 2.9KWh$$

### 3.3.2 *Cálculo de paneles fotovoltaicos o generador fotovoltaico*

Con la validación de los datos anterior iremos viendo que unión de paneles es la mas correcta, tanto por número como por magnitudes accesibles en vez de instalación de los mismos.

Para determinar los paneles requeridos para el sistema se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Num. de paneles} = \frac{L_{md} * (1 + F_c)}{HSP * P * PR}$$

Donde:

$L_{md}$ = Consumo medio diario

$F_c$ = Factor de seguridad

$HSP$ = Hora solar pico

$P$ = Potencia del panel

$PR$ = Eficiencia del sistema

**Ecuación 6.** *Cálculo de paneles fotovoltaicos*

$$N \text{ paneles} = \frac{L_{md} * (1 + F_c)}{HSP * P * PR} \quad (6)$$

$$N \text{ paneles} = \frac{2908.23 \text{ Wh} * (1.3)}{4.2h * 100 * 0.80}$$

$$N \text{ paneles} = 11.25$$

Sabiendo el resultado por dispocision tecnica lo haremos de un total de 12 paneles para mejorar el generador fotovoltaico a instalar.

**Tabla 7***Especificación Panel Solar 100W*

<b>MODELO ERA 100W – 12V</b>	
Potencia máxima	100W
Tolerancia	± 3%
Voltaje de potencia máx. (Vm)	18,3V
Corriente de potencia máx. (Im)	5,46A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	22,7V
Corriente de cortocircuito (Isc)	5,79A
Peso (kg)	7.5kg
Dimensiones (mm)	1014 x 676 x 156mm
Tipo de célula (mm)	Policristalina

Nota: Ficha técnica Panel solar ERA 100W 12V

**Ecuación 7.** Corriente Corregida Amperios hora (Ah)

$$C. \text{ corregida} = \frac{L_{md}}{V. \text{ Sist.}} \quad (7)$$

$$C. \text{ corregida} = \frac{2908.23 \text{ Wh}}{24V}$$

$$C. \text{ corregida} = 121.12A$$

**Ecuación 8.** Corriente Pico del Sistema FV

$$C. \text{ pico} = \frac{C. \text{ corregida}}{HSP} \quad (8)$$

$$C. \text{ pico} = \frac{242.35 \text{ A}}{4.2h}$$

$$C. \text{ pico} = 28.84 \text{ Ah}$$



### 3.3.3 Cálculo de las Baterías

El banco de baterías deberá suministrar la energía requerida por la carga cuando no haya sol, o en días nublados. Este debe acumular la energía necesaria para alimentar la carga durante los días sin sol y durante la noche. Además, esta energía debe complementar las pérdidas producidas por los diversos componentes. (Salamanca-Ávila, 2017, pág. 268)

Se aplico la siguiente fórmula para sacar el número de baterías necesarias.

$$\text{Cant. de baterías} = \frac{L_{md} * (1.3)}{(W_{bat}) * (D.o.D.) * (Rend)}$$

Donde:

$L_{md}$  = Consumo medio diario

$F_c$  = Factor de seguridad

$W_{bat}$  = Potencia de la Batería

$D.O.D.$  = Profundidad de descarga

$Rd$  = Rendimineto

**Ecuación 9.** Cálculo de Baterías

$$\text{Cant. de baterías} = \frac{L_{md} * (1.3)}{(W_{bat}) * (D.o.D.) * (Rend)} \quad (9)$$

$$\text{Cant. de baterías} = \frac{2908.23 * (1.3)}{(840) * (0.5) * (0.9)}$$

$$\text{Cant. de baterías} = 10$$

**Ecuación 10.** Potencia de Batería

$$W_{bat} = V * Ah \quad (10)$$

$$W_{bat} = 12V * 70Ah$$

$$W_{bat} = 840$$

## Tabla 8

### Especificación Técnica Batería Ritar 12V 70Ah

<b>Batería Ritar Modelo RA12-70</b>	
Celdas por Unidad	6
Voltaje	12
Capacidad	70Ah
Peso	19,5 kg
Resistencia Interna	6 m $\Omega$
Max. Corriente de Descarga	700 A (5seg)
Tipo	Plomo-acido
Rango de Temperatura	Descarga: -20°C-60°C
	Carga: 0°C-50°C
	Almacenamiento: -20°C-60°C
Temperatura Operacional	25°C $\pm$ 5°C

Nota: Batería Ritar, 2020, <http://www.ritarpower.com/uploads/ueditor/spec/RA12-70.pdf>

#### 3.3.4 *Cálculo del Inversor*

Este equipo va a establecer la potencia simultánea que dispondremos en el sistema, con lo cual es fundamental elegirlo correctamente para que no se nos apague en cuanto conectemos determinados consumos elevados.

Escogeremos el tipo de onda del inversor, pura o cuadrada según sea el requerimiento de los equipos. Además, es correcto que, si disponemos de un conjunto de apoyo, o si vamos a tener a la compañía eléctrica como apoyo (esto es bastante común en instalaciones de autoconsumo) nos inclinemos por un inversor/cargador, para que aprovechemos la utilización del conjunto o de la red para recargar nuestras propias baterías.

Para encontrar el inverso se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Inversor: } W_{\text{bomba}} * F_c$$

Donde:

$W_{bomba}$ : Potencia Bomba

$F_c$ : Factor de seguridad

**Ecuación 11.** Cálculo de Inversor

$$Inversor = W_{bomba} * F_c \quad (11)$$

$$Inversor = 746 W * 1.3$$

$$Inversor = 969.80 W$$

### Tabla 9

*Inversor EDECOA 1000W*

<b>EDECOA Inversor 1500W</b>	
Modelo	1500W-24V
Forma de Salida	Senoidal pura
Voltaje de entrada	24V
Voltaje de salida	220V-240V AC
Tamaño	245 x 150 x 60mm
Peso	3 kg
Frecuencia	50 Hz

Nota: Inversor EDECOA 1500W, 2020, <https://www.generatuz.com>

### 3.3.5 Cálculo de Regulador de Carga

**Ecuación 12.** Cálculo de regulador de carga

$$R. Carga = Corriente Arreglo Paneles * 1.25 \quad (12)$$

$$R. Carga = 28.85A * 1.25$$

$$R. Carga = 36.05 A$$

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software)				
Corriente de carga nominal	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600 W	3440 W	4000 W	4900 W	5800 W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98 %				
Autoconsumo	10 mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95 %, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 2)	35 mm <sup>2</sup> /AWG2 (modelos Tr), o conectores Dual MC4 (modelos MC4)				
Bornes de batería	35 mm <sup>2</sup> / AWG2				
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg			4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103 mm	

Figura 28. Regulador Victron Smart Solar 150V 70A, <https://www.victronenergy.com.es>

**Tabla 10***Presupuesto del Sistema de Bombeo Fotovoltaico*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>P. U.</b>	<b>P. Total</b>
Panel 100 W	12	\$ 98,25	\$1.179,00
Batería Ritar 12V 70Ah	10	\$ 164,32	\$1.643,20
Inversor EDECOA 24V 220V	1	\$ 284,74	\$ 284,74
Regulador MPPT 150V 70A Victron Smart	1	\$694,00	\$694,00
Bomba Centrífuga 1.5HP Pedrollo 2PCm 25/16C	1	\$ 390,53	\$ 390,53
Accesorios, conexión y cableado	varios	\$ 420,00	\$ 420,00
Estructura Soporte Placas Solares	3	\$210,00	\$630,00
Caseta de control 2m x 2m	1	\$280,00	\$280,00
<b>TOTAL</b>			\$5.521,47
SERVICIO DE INSTALACION SISTEMA	1	\$1.400,00	\$1.400,00
<b>PRESUPUESTO TOTAL SISTEMA AISLADO</b>			\$6.921,47

*Nota:* Elaboración Propia

La Tabla 10, indica el presupuesto de todos los elementos necesarios para la instalación del sistema de bombeo y el costo de la instalación del sistema, se muestra la tabla de manera generalizada, sin adicionar pequeños gastos que se puedan presentar.

### 3.4 Análisis Económico del Sistema de Bombeo

Una vez hecho el respectivo estudio técnico del dimensionamiento del sistema, se procederá con la evaluación económica de la instalación fotovoltaica, para comprobar si el sistema FV es o no rentable económicamente, cabe aclarar que el análisis en sí, está enfocado al ahorro económico que se tendrá, para la realización del análisis tomamos como referente el precio del KW/h, mismo que se encuentra en el Pliego Tarifario para las empresas eléctricas de distribución.

**Tabla 11**

*Precio KW/h para Bomba de Agua*

**CNEL EL ORO - CNEL ESMERALDAS - CNEL GUAYAS LOS RÍOS - CNEL LOS RÍOS - CNEL MANABÍ - CNEL MILAGRO - CNEL SANTA ELENA - CNEL SANTO DOMINGO - CNEL SUCUMBÍOS - GALÁPAGOS**

**CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS  
JUNIO - NOVIEMBRE \*\***

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
<b>NIVEL VOLTAJE</b>	<b>GENERAL MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA</b>		
	<b>COMERCIALES</b>		1,414
	4,790	0,095	
	<b>INDUSTRIALES</b>		
	4,790	0,083	
	<b>E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES</b>		
	4,790	0,071	
	<b>BOMBEO AGUA</b>		
	4,790	0,061	
<b>NIVEL VOLTAJE</b>	<b>MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA</b>		
	<b>COMERCIALES</b>		1,414
08:00 hasta 22:00 horas	4,576	0,095	
22:00 hasta 08:00 horas		0,077	
	<b>E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES</b>		
08:00 hasta 22:00 horas	4,576	0,071	
22:00 hasta 08:00 horas		0,059	
	<b>BOMBEO AGUA</b>		
08:00 hasta 22:00 horas	4,576	0,061	
22:00 hasta 08:00 horas		0,049	
<b>NIVEL VOLTAJE</b>	<b>MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA</b>		

*Nota:* Precio KW/h. (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2020)

Para este análisis el primero se hará en función de conexión a red convencional sin uso de energía FV, para en base de ello conocer el costo que se genera, al querer trabajar el riego de la finca de esta manera.

**Tabla 12***Precio KW/h del Sistema*

<b>Equipo</b>	<b>KW/h diario</b>	<b>Total, KW/h al mes</b>	<b>Total, KW/h al Año</b>
Consumo Eléctrico	2,24KW	67,20KW	806.400KW
<b>Precio KW/h</b>			
\$ 1,414	\$ 3,17	\$ 94,02	\$ 1.140,25

*Nota:* Elaboración propia

Para la elaboración del cálculo del Precio de KW/h, se tomó el valor de \$ 1,414 del Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución, indicado en la tabla 11, se ha estimado la producción de energía al mes.

Los costos de producción para los próximos años serán calculados mediante:

$$\text{CostoProd. año}_N = \text{CostoProd. año}_{N-1} * (1 + \text{IPC})$$

$$\text{IPC} = 0,73\%$$

IPC, es un indicador mensual, nacional y para nueve ciudades, que mide los cambios en el tiempo del nivel general de los precios, correspondientes al consumo final de bienes y servicios de los hogares de estratos de ingreso: alto, medio y bajo, residentes en el área urbana del país. (INEC, 2013)

**Tabla 13***Flujo de Caja sin Sistema FV (Red Convencional)*

<b>AÑOS</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Inversión	\$0,00										
Préstamo Financiero	\$0,00										
Ingreso	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Costo de Operación		\$1.140,25	\$1.148,57	\$1.156,96	\$1.165,40	\$1.173,91	\$1.182,48	\$1.191,11	\$1.199,81	\$1.208,57	\$1.217,39
Costos Financieros		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Depreciación		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Utilidad Bruta		-1.140,25	-1.148,57	-1.156,96	-1.165,40	-1.173,91	-1.182,48	-1.191,11	-1.199,81	-1.208,57	-1.217,39
Impuestos		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Utilidad Neta		-1.140,25	-1.148,57	-1.156,96	-1.165,40	-1.173,91	-1.182,48	-1.191,11	-1.199,81	-1.208,57	-1.217,39
S. Inicial		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
<b>Flujo de Caja</b>	\$0,00	-1.140,25	-1.148,57	-1.156,96	-1.165,40	-1.173,91	-1.182,48	-1.191,11	-1.199,81	-1.208,57	-1.217,39



AÑOS	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión										
Préstamo Financiero										
Ingreso	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Costo de Operación	\$1.226,28	\$1.235,23	\$1.244,25	\$1.253,33	\$1.262,48	\$1.271,69	\$1.280,98	\$1.290,33	\$1.299,75	\$1.309,24
Costos Financieros	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Depreciación	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Utilidad Bruta	-1.226,28	-1.235,23	-1.244,25	-1.253,33	-1.262,48	-1.271,69	-1.280,98	-1.290,33	-1.299,75	-1.309,24
Impuestos	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Utilidad Neta	-1.226,28	-1.235,23	-1.244,25	-1.253,33	-1.262,48	-1.271,69	-1.280,98	-1.290,33	-1.299,75	-1.309,24
S. Inicial	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
<b>Flujo De Caja</b>	-1.226,28	-1.235,23	-1.244,25	-1.253,33	-1.262,48	-1.271,69	-1.280,98	-1.290,33	-1.299,75	-1.309,24

Se tomará una tasa de descuento del 3%, puesto que es un proyecto que de vida útil es aproximadamente 25 años, se obtuvo un VAN de \$ **-1.191,11** en 20 años de funcionamiento, asumiendo si trabaja con red convencional sin instalación FV para el funcionamiento de la bomba.



### 3.4.1 *Análisis con Instalación FV Aislada*

En la Tabla 14 de flujo de caja de Instalación Aislada, se aprecia el porcentaje de la eficiencia del sistema y como cada año pierde su desempeño, además se contempló el consumo anual en KW/h donde se lo estimo a un valor constante del requerimiento de consumo eléctrico para su funcionamiento, puesto que se trata de un solo componente en este caso la bomba.

Para calcular los costos de mantenimiento de la Instalación FV se lo realizó mediante la aplicación del 1,5% del costo total de la instalación, es lo que a menudo se lo aplica, viéndolo como el valor de porcentaje máximo que será necesario aplicar a cualquier tipo de Instalación FV quedando la siguiente expresión:

$$\text{Costo mantenimiento} = \$6.921,47 * 1.5\%$$

$$\text{Costo mantenimiento} = \$103,82$$

Se obtiene que para el primer año el costo de mantenimiento del sistema es de \$103.82, se aplicó una depreciación del 20% al sistema, cabe recordar que las baterías con las que trabajará el sistema tienen una vida útil de 10 años, por lo que, al momento de hacer nuestro flujo de caja, será necesario hacer la consideración de inversión del costo total de baterías, en el año que se considera hacer el cambio de baterías en el sistema.

Los costos de producción para los próximos años serán calculados mediante:

$$\text{CostoProd. año}_N = \text{CostoProd. año}_{N-1} * (1 + IPC)$$

$$IPC = 0,73\%$$

**Tabla 14***Flujo de Caja Instalación Aislada*

<b>AÑOS</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Inversión	\$6.921,47										
Préstamo Financiero	\$0,00										
Desempeño Del Panel	100%	99%	98%	97%	96%	95%	94%	93%	92%	91%	90%
Rendimiento Del KW/Anual	1209,6	1197,5	1185,4	1173,3	1161,2	1149,1	1137,0	1124,9	1112,8	1100,7	1088,6
Consumo Del Sistema KW/H Anual	806.400										
Ahorro Anual		\$1.140,25	\$1.148,57	\$1.156,96	\$1.165,40	\$1.173,91	\$1.182,48	\$1.191,11	\$1.199,81	\$1.208,57	\$1.217,39
Costos de Operación		\$103,82	\$104,65	\$105,66	\$106,67	\$107,67	\$108,68	\$109,69	\$110,70	\$111,70	\$112,71
Costos Financieros		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Depreciación		\$1.507,37	\$1.507,37	\$1.507,37	\$1.507,37	\$1.507,37					
Utilidad Bruta		-470,94	-463,45	-456,07	-448,63	-441,13	\$1.073,80	\$1.081,42	\$1.089,11	\$1.096,86	\$1.104,68
Impuestos		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Utilidad Neta		-470,94	-463,45	-456,07	-448,63	-441,13	\$1.073,80	\$1.081,42	\$1.089,11	\$1.096,86	\$1.104,68
S. Inicial	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
<b>Flujo De Caja</b>	-6.921,47	-470,94	-463,45	-456,07	-448,63	-441,13	\$1.073,80	\$1.081,42	\$1.089,11	\$1.096,86	\$1.104,68

AÑOS	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión										
Inversión Propia										
Préstamo Financiero										
Desempeño del Panel	89%	88%	87%	86%	85%	84%	83%	82%	81%	80%
Rendimiento del KW/Anual	1076,5	1064,45	1052,35	1040,26	1028,16	1016,06	1003,97	991,87	979,78	967,68
Consumo del Sistema KW/H Anual	806.400									
Ahorro Anual	\$1.226,28	\$1.235,23	\$1.244,25	\$1.253,33	\$1.262,48	\$1.271,70	\$1.280,98	\$1.290,33	\$1.299,75	\$1.309,24
Costos Operación	<b>\$1.756,92</b>	\$114,73	\$115,74	\$116,74	\$117,75	\$118,76	\$119,77	\$120,77	\$121,78	\$122,79
Costos Financieros	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Depreciación	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Utilidad Bruta	-530,64	\$1.120,50	\$1.128,51	\$1.136,59	\$1.144,73	\$1.152,94	\$1.161,21	\$1.169,56	\$1.177,97	\$1.186,45
Impuestos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Utilidad Neta	-530,64	\$1.120,50	\$1.128,51	\$1.136,59	\$1.144,73	\$1.152,94	\$1.161,21	\$1.169,56	\$1.177,97	\$1.186,45
S. Inicial	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
<b>FLUJO DE CAJA</b>	-530,64	\$1.120,50	\$1.128,51	\$1.136,59	\$1.144,73	\$1.152,94	\$1.161,21	\$1.169,56	\$1.177,97	\$1.186,45

Como es un proyecto de aproximadamente 25 años de vida útil se tomó una tasa de descuento del 3%, la evaluación económica se la realizó en 20 años de funcionamiento del proyecto y se obtuvo un VAN positivo de \$ 4.583,68 y un TIR de 4%.

### **3.5 Análisis Global de la finca**

Se procede a estimar el costo de producción de la finca “León” para poder realizar la evaluación financiera global en relación de la inversión en sistema FV, con respecto a la producción de la finca, la variedad de cacao que se encuentra sembrado en la finca es la CCN-51, una de las más comunes actualmente en el país, con un total de 1240 unidades por hectárea.

En la Tabla 15. Está plasmado el plan de acción del primer año de la finca indicando los costos de siembra y especificando los valores de mantenimiento.

Es necesario hacer esta tabla de valoración, para tomar como guía de los procesos necesarios que se hacen dentro de la finca, para con ello hacer un estudio económico de los próximos años, y a la vez partiendo de esta como parte del estudio al plan de producción que se desea tener, es por esto que no se tomará atención al resultado que se obtuvo de esta tabla para la evaluación económica, cabe recalcar que la finca en la que se propone realizar el proyecto, el 90% de la misma está sembrada con cacao, desde hace ya 4 años y el 10% restante del terreno se lo utiliza para cultivos de ciclo corto.

**Tabla 15***Plan de sembrado por hectárea de cacao*

Concepto	AÑO 1		
	Descripción	P. Unitario	P. Total
Preparación de terrero a sembrar	2 J	\$ 60,00	\$ 120,00
Siembra	Contrato	\$ 0,45	\$ 558,00
Costo plantas de cacao/ resiembra 10%	1363	\$ 0,50	\$ 681,50
<b>MANTENIMIENTO DE LA PLANTACIÓN</b>			
Regulación Maleza	6 J	\$ 20,00	\$ 120,00
Urea	2,5 sacos	\$ 25,00	\$ 62,50
Super fosfato triple	1 saco	\$ 32,00	\$ 32,00
Muriato de Potasio	3 sacos	\$ 24,00	\$ 72,00
Fertilizante Super Green	2 lt	\$ 16,00	\$ 32,00
Mano de obra	3 J	\$ 20,00	\$ 60,00
<b>RIEGO</b>			
Turnos de agua	3 turnos		
Aplicación	3 J		
<b>CONTROL INSECTOS</b>			
Aplicación	3 J	\$ 20,00	\$ 60,00
Insecticida (Thiodán)	1 lt	\$ 6,00	\$ 6,00
	<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.804,00</b>

*Fuente:* Ing. Ricardo Jacinto Suárez Medina*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 16***Plan de Acción Anual, Producción por Hectárea*

Mantenimiento de Plantación	AÑO 2			AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6	
	C. Unit.	Detalle	C. Total	Detalle	C. Total	Detalle	C. Total	Detalle	C. Total	Detalle	C. Total
Limpieza de Maleza	\$20,00	6 J	\$120,00	6 J	\$120,00	6 J	\$ 120,00	6 J	\$ 120,00	6 J	\$ 120,00
Herbicida (Aminapac 720)	\$ 6,00	2 lt	\$ 12,00	2 lt	\$ 12,00	2 lt	\$ 12,00	2 lt	\$ 12,00	2 lt	\$ 12,00
Insecticida (Thiodán)	\$ 6,00	1,5 lt	\$ 9,00	1,5 lt	\$ 9,00	1,5 lt	\$ 9,00	1,5 lt	\$ 9,00	1,5 lt	\$ 9,00
Análisis de suelo	\$ 56,00	1	\$ 56,00	1	\$ 56,00	1	\$ 56,00	1	\$ 56,00	1	\$ 56,00
Fertilizante Urea	\$25,00	4 sacos	\$100,00	4 sacos	\$100,00	4 sacos	\$100,00	4 sacos	\$ 100,00	4 sacos	\$ 100,00
Muriato de Potasio	\$24,00	8 sacos	\$216,00	8 sacos	\$216,00	8 sacos	\$216,00	8 sacos	\$ 216,00	8 sacos	\$ 216,00
Fertilizante D.A.P.	\$32,00	3 sacos	\$ 96,00	3 sacos	\$ 96,00	3 sacos	\$ 96,00	3 sacos	\$ 96,00	3 sacos	\$ 96,00
Fertilizante Super Green	\$16,00	2 lt	\$ 32,00	2 lt	\$ 32,00	2 lt	\$ 32,00	2 lt	\$ 32,00	2 lt	\$ 32,00
Poda	\$20,00	2 J	\$ 40,00	2 J	\$ 40,00	2 J	\$ 40,00	2 J	\$ 40,00	2 J	\$ 40,00
<b>Subtotal A</b>			\$681,00		\$681,00		\$681,00		\$ 681,00		\$ 681,00
<b>RIEGO</b>											
Aplicación	\$ 0,00	12 J	\$ 0,00	12 J	\$ 0,00	12 J	\$ 0,00	12 J	\$ 0,00	12 J	\$ 0,00



<b>COSECHA</b>											
Recolección											
Cosecha	\$ 4,00	12 J	\$ 48,00	18 J	\$ 72,00	24 J	\$ 96,00	30 J	\$ 120,00	30 J	\$ 120,00
Post cosecha	\$ 4,00	5 J	\$ 20,00	6 J	\$ 24,00	7 J	\$ 28,00	8 J	\$ 32,00	8 J	\$ 32,00
<b>Subtotal B</b>			\$ 68,00		\$ 96,00		\$ 124,00		\$ 152,00		\$ 152,00
<b>TOTAL, EGRESOS</b>			\$ 749,00		\$ 777,00		\$ 805,00		\$ 833,00		\$ 833,00
<b>INGRESOS</b>											
Precio Unitario	C. Producción	V. Total	C. Prod.	V. Total	C. Prod.	V. Total	C. Prod.	V. Total	C. Prod.	V. Total	
\$ 102,00	10 qq	\$ 1.020,00	12 qq	\$ 1.224,00	15 qq	\$ 1.530,00	18 qq	\$ 1.836,00	19qq	\$ 1.938,00	

*Fuente:* Ing. Ricardo Jacinto Suárez Medina

*Nota:* Elaboración propia

En la Tabla 16, Se detalla el Plan de Producción anual por hectaria, se puede ver la estimación de producción apartir del segundo año, despues de haber sido sembrada la plantación, ademas de los implementos a utilizar para su mantenimiento.

En la Tabla 17. Podemos apreciar el Flujo Neto de la Finca, en los primeros 5 años de trabajo luego de haber sido instalado el sistema de bombeo solar.

**Tabla 17***Flujo de Neto de la Finca*

<b>AÑO</b>	<b>Cantidad Producción por hectárea</b>	<b>Número de hectáreas</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>INGRESO TOTAL COSECHA</b>	<b>Egreso por hectárea</b>	<b>EGRESO TOTAL</b>	<b>INGRESO NETO</b>
2	10 qq	5	\$ 102,00	\$ 5.100,00	\$ 749,00	\$ 3.745,00	\$ 1.355,00
3	12 qq	5	\$ 102,00	\$ 6.120,00	\$ 777,00	\$ 3.885,00	\$ 2.235,00
4	15 qq	5	\$ 102,00	\$ 7.650,00	\$ 805,00	\$ 4.025,00	\$ 3.625,00
5	18 qq	5	\$ 102,00	\$ 9.180,00	\$ 833,00	\$ 4.165,00	\$ 5.015,00
6	19 qq	5	\$ 102,00	\$ 9.690,00	\$ 833,00	\$ 4.165,00	\$ 5.525,00

*Nota: Elaboración propia*

**Tabla 18***Cálculo de TIR y VAN*

<b>PROYECTO</b>	
Tasa de Descuento	9%
Inversión	\$ 6.921,47
Ingreso Neto 1	\$ 1.355,00
Ingreso Neto 2	\$ 2.235,00
Ingreso Neto 3	\$ 3.625,00
Ingreso Neto 4	\$ 5.015,00
Ingreso Neto 5	\$ 5.525,00
<b>Resultados</b>	
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<b>\$ 6.145,59</b>
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<b>32%</b>

## CONCLUSIONES

En el transcurso de la investigación de este proyecto, se realizó un análisis de radiación solar Global de la ciudad de Milagro y dimensionamiento de un Sistema de bombeo solar para la Finca, se verificó las condiciones del estado actual de la finca para constatar que si factible instalar el sistema FV.

Para la evaluación económica se consideró realizar dos tipos de casos para el análisis de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

- En el primer caso en el que se trabajaba con la bomba conectada a la red eléctrica convencional se obtuvo un VAN negativo de \$ **-1.191,11**
- Mientras que, en el segundo caso, en el que se trabaja con la Instalación FV Aislada se obtuvo una VAN positivo de \$ **4.583,68** y un TIR de **4%**

En base a estos resultados se puede decir que la implementación del Sistema FV, es viable, puesto que el ahorro es muy bueno para el propietario de la finca, además el aporte que tiene con el medio ambiente es muy bueno, debido a que no se implementara grupos de electrógenos para trabajar.

Por último, se realizó un análisis global en base a la producción de la finca con respecto a la Inversión del sistema FV, donde se obtuvo un VAN de \$ **6.145,59** y un TIR del **32%**, así que con el debido mantenimiento agrícola a la finca y la correcta utilización apropiada del sistema FV, si resulta viable la adquisición de este tipo de sistema, para abastecimiento de agua en el riego de la finca.

## **RECOMENDACIONES**

De acuerdo a lo investigado se sugiere las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda establecer limpiezas periódicas a los paneles fotovoltaicos, para evitar que las impurezas acumuladas impidan la correcta captación de radiación y producto de esto se de algún desperfecto en la función del sistema.
- Tener precaución de no sobrecargar el sistema con un consumo excesivo, debido a que está configurado para cierto consumo, caso contrario lo más probable es que se deteriore antes del tiempo estimado.
- Hacer un estudio agroclimático específico de acuerdo al cultivo en el que se pretenda implementar un Sistema FV.
- Es recomendable la capacitación de quienes operen el funcionamiento del sistema FV, puesto que, si se presente alguna falla en el mismo, puedan actuar a tiempo y con la debida eficacia para evitar daños mayores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2020). Pliego Tarifario para las Empresas Electricas de Distribución. *Resolución Nro. ARCONEL – 035/19* , 26-35. Obtenido de [https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/pliego\\_tarifario\\_del\\_spee\\_2020\\_resolucion\\_nro\\_035\\_19.pdf](https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/pliego_tarifario_del_spee_2020_resolucion_nro_035_19.pdf)
- Allen, R., Pereira, L., Raes Dirk, & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del Cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Estudio FAO Riego Y Cultivo*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>
- Alonso Abella, M. (2014). Dimensionado de sistemas fotovoltaico. *CIEMAT Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas*, 1-73. Obtenido de <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45301.pdf>
- Analisis de Distintas Tecnologias de Limpieza. (18 de FEBRERO de 2013). *UNIVERSIDAD DE SEVILLA*, 90. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70290/fichero/6-ANALISIS+DE+DISTINTAS+TECNOLOGIAS+DE+LIMPIEZA.pdf>
- Anecacao*. (11 de Abril de 2016). Obtenido de Anecacao: <http://www.anecacao.com>
- Carmona, O., Vidal A., Martinez, A. G., Conde, J., & Tinoco, J.C. (2016). Estudio de la viabilidad técnica para la implementación de un sistema de autoconsumo electrico basico en paneles fotovoltaicos para una vivienda. *Institución Universitaria Salazar y Herrera*, 29-38. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5704160.pdf>
- Cherres Argüello, D., Pozo, M., & Gallardo, C. (Enero de 2020). Análisis del Seguimiento del Punto de Máxima Potencia Global (GMPPT) con Perfiles de Sombras para una Granja Fotovoltaica. *JOURNAL IDEAS*, 2, 75-90. Obtenido de <http://revistasojs.utn.edu.ec/index.php/ideas/article/download/353/288/>
- Conelec. (Agosto de 2008). Atlas Solar del Ecuador. *CIE, Corporación para la investigación energética*, 1-51. Obtenido de <http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/AtlasSolar.pdf>
- Correa Alvarez, P. F., González González, D., & Pacheco Alemán, J. G. (2016). **ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE. SU REGULACIÓN JURÍDICA EN**

- ECUADOR. *Revista Universidad y Sociedad*, 179 -183. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n3/rus24316.pdf>
- Cortés, S., & Arango Londoño, A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Revista Ciencias Estratégicas*, 25(38), 375 - 390. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1513/151354939007.pdf>
- Díaz Urbina, C. (2015). ANALISIS DEL IMPACTO SOBRE LAS PROTECCIONES ELÉCTRICAS AL INSTALAR SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN CON NIVEL DE TENSIÓN 13.2 kV. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA*, 1-124. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57305/24338030.2015.pdf?sequence=1>
- Eficiencia Energetica Ahorro Energetico*. (29 de Junio de 2015). Obtenido de Eficiencia Energetica Ahorro Energetico: <https://certificacionenergetica.info/hora-solar-pico-hsp/>
- INEC. (12 de Octubre de 2013). Obtenido de INEC: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/indice-de-precios-al-consumidor/>
- López Mejía , E. (2017). Evaluación de Proyecto de inversión: viabilidad financiera de la generación de energía fotovoltaica por medio de un huerto solar en Pereira. *Universidad EAFIT*, 1-68. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/12303>
- Ministerio del Agua y del Ambiente*. (26 de Junio de 2016). Obtenido de Ministerio del Agua y del Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/lineas-de-accion-del-ecuador-para-la-lucha-contra-la-desertificacion-fueron-presentadas/>
- Molina-García, M., & Melchor-Hernández, C. (14 de Septiembre de 2016). Prototipo de un Sistema Fotovoltaico Autónomo. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 9-18. Obtenido de [http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones\\_de\\_la\\_Ingenieria/vol3num8/Revista\\_Aplicaciones\\_de\\_la\\_Ingenieria\\_V3\\_N8\\_2.pdf](http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol3num8/Revista_Aplicaciones_de_la_Ingenieria_V3_N8_2.pdf)
- Namicela Romero, J. (2016). COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), BAJO CUATRO NIVELES DE HUMEDAD DEL SUSTRATO EN LA QUINTA EXPERIMENTAL DOCENTE LA

- ARGELIA. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA*, 1-113. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/15426>
- Palacios Rios, J. I., & Morales Benavides, A. (Septiembre de 2017). Productividad de paneles solares monocristalinos. *Instituto Tecnológico de Chihuahua*, 73-81. Obtenido de [http://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A5\\_148.pdf](http://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A5_148.pdf)
- Rizo Maradiaga, J. (2015). Tecnicas de Investigacion Documental. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA*, 1-131. Obtenido de <http://repositorio.unan.edu.ni/12168/1/100795.pdf>
- Salamanca-Ávila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 263-277. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/12213>
- Santillán Tituaña, A. (2016). Estudio de la incorporación de baterías en sistemas fotovoltaicos. *UNIVERSITAT DE BARCELONA*, 1-37. Obtenido de [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/101966/1/TFM\\_MERSE\\_Alberto%20Santill%C3%A1n.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/101966/1/TFM_MERSE_Alberto%20Santill%C3%A1n.pdf)
- SERC CHILE. (2018). Manual sobre instalaciones de plantas fotovoltaicas. *Ayllu Solar, una iniciativa serc chile*, 1-24. Obtenido de [https://ayllusolar.cl/wp-content/uploads/2018/05/manual\\_instalaciones\\_fotovoltaicas.pdf](https://ayllusolar.cl/wp-content/uploads/2018/05/manual_instalaciones_fotovoltaicas.pdf)
- Serna Ruiz, A. F., Marín García, E. J., & Alzate, S. L. (Diciembre de 2016). Herramienta para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados. *Lámpsakos*, 61-74. Obtenido de <https://funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/1936>
- Serván-Sócola, J. (2014). ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE BAJA POTENCIA EÓLICO SOLAR CONECTADO A LA RED. *UNIVERSIDAD DE PIURA, Repositorio Institucional PIRHUA*, 1-166. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2038/IME\\_176.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2038/IME_176.pdf?isAllowed=y&sequence=1)



Spiegeler, C., & Cifuentes, J. I. (2016). DEFINICION E INFORMACION DE ENERGIAS RENOVABLES. *ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO*, 1-7. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/4455>

*Sunfields Europe*. (21 de SEPTIEMBRE de 2020). Obtenido de Sunfields Europe: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/radiacion-solar/>

Torres-Pacheco, S., Jurado-Pérez, F., Granados-Lieberman, D., & Lozano Luna, A. (2018). Eficiencia en paneles solares. *Revista del Diseño Innovativo*, 2(2 ), 9-21. Obtenido de [http://www.ecorfan.org/taiwan/research\\_journals/Diseno\\_Innovativo/vol2num2/Revista\\_Diseno\\_Innovativo\\_V2\\_N2\\_2.pdf](http://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Diseno_Innovativo/vol2num2/Revista_Diseno_Innovativo_V2_N2_2.pdf)

Velasco Guim, O. (2019). "Descripción del sistema de riego en la finca cacaotera Batón de Oro de la parroquia La Unión cantón Babahoyo". *Universidad Tecnica de Babahoyo*, 1-26. Obtenido de [https://www.academia.edu/42154370/Descripci%C3%B3n\\_del\\_sistema\\_de\\_riego\\_en\\_la\\_finca\\_cacaotera\\_Bot%C3%B3n\\_de\\_Oro\\_de\\_la\\_parroquia\\_La\\_Uni%C3%B3n\\_cant%C3%B3n\\_Babahoyo](https://www.academia.edu/42154370/Descripci%C3%B3n_del_sistema_de_riego_en_la_finca_cacaotera_Bot%C3%B3n_de_Oro_de_la_parroquia_La_Uni%C3%B3n_cant%C3%B3n_Babahoyo)

## ANEXOS

### Anexo 1 Currículum Vitae Ing. Ricardo Suárez Medina

---

Ricardo Jacinto Suárez Medina

Teléfono: 0968323531

Correo: rsuarez@ambiente.gob.ec  
rjsuarezmedina\_ec@hotmail.es



### ESTUDIOS

Título: Master en Ciencias Empresariales en Universidad Alas Peruanas – Facultad Ciencias Empresariales Filial Cuzco

Título: Ingeniero Agrónomo en Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)

### EXPERIENCIA LABORAL

Grupo Quiroga

Compañía Azucarera Valdez

Gerente Zonal en Del Monte

Gerente Zonal en Ungerer del Ecuador

Responsable Técnico del Proyecto AgroSeguro provincia de El Oro, Estrategia de Banano, Coordinación Zonal 7. En Agricultura El Oro

Especialista en Diseño e Implementación de Medidas de Adaptación al cambio climático en Ministerio del Ambiente y Agua de Ecuador.

# 2CP

## Electrobombas centrífugas con doble rodete

-  Agua limpia
-  Uso doméstico
-  Uso civil
-  Uso industrial



### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **450 l/min** (27 m<sup>3</sup>/h)
- Altura manométrica hasta **112 m**

### LÍMITES DE USO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C**
- Temperatura ambiente de **-10 °C** hasta **+40 °C**
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba **10 bar** (**6 bar** para 2CP25/130)
- Funcionamiento continuo **S1**

### EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1  
IEC 60335-1  
CEI 61-150

EN 60034-1  
IEC 60034-1  
CEI 2-3



### CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV  
ISO 9001: CALIDAD

### USOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Los rendimientos elevados y la adaptabilidad a las más variadas aplicaciones, la convierten en la elección ideal para el sector doméstico, civil e industrial, en particular para la distribución del agua acopladas con tanques de presurización, para el aumento de la presión de la red, para los grupos antiincendio.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados, bien aireados y protegidos de la intemperie.

### EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para:
  - 2CP32/200
  - 2CP40/180
  - 2CP32/210
  - 2CP40/200


### GARANTIA





2 años según nuestras condiciones generales de venta

## Anexo 2 Componentes del Sistema FV





# Panel Solar 100W 12V



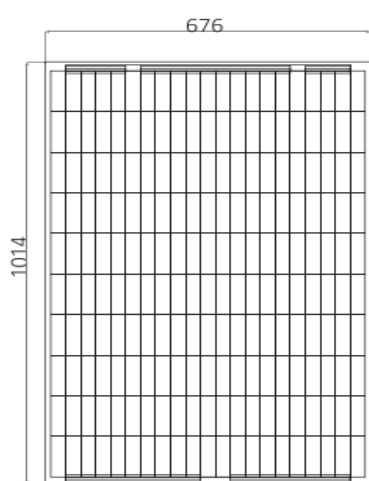


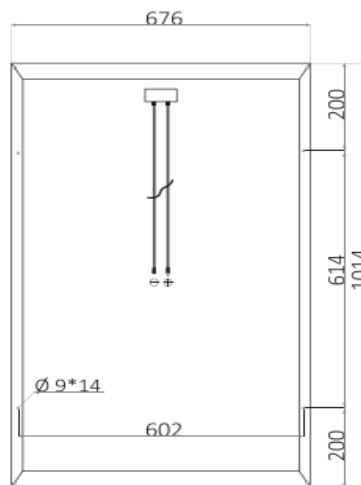
## Especificaciones

<b>Tamaño del módulo</b>	<b>1014 x 676 x 35 mm</b>
Tipo de célula	Policristalina 104 x 156 mm
Número de células	36 (4x9)
Potencia máxima (Wp)	100W
Tolerancia de potencia (%)	±3%
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	5.79A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.3V
Intensidad a máxima potencia (Im)	5.46A
Fusible máximo Serie	10A
Número de diodos	2
Longitud y tipo cable	60cm, 2.5mm <sup>2</sup>
Condiciones del test	1000W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coeficiente temperatura – Isc	+0.08558%/°C
Coeficiente temperatura – Uoc	-0.29506%/°C
Coeficiente temperatura – Pmpp	-0.38001%/°C
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	14.6%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	7.5Kg





Parte delantera



Parte delantera





# RA12-70(12V70Ah)

## Specification

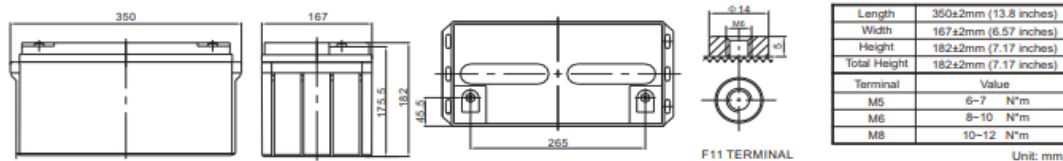
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Nominal Capacity	70Ah@10hour-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 19.5 Kg (Tolerance ± 3.0%)
Internal Resistance	Approx. 7.0 mΩ
Terminal	F5(M8)/F11(M6)
Max. Discharge Current	700A (5 sec)
Short Circuit Current	1520A
Design Life	12 years (Float charging)
Max. Charging Current	21.0 A
Reference Capacity	C3 54.3AH C5 61.0AH C10 70.0AH C20 74.2AH
Standby Use Voltage	13.6 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.6 V~14.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charge batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



RA series is a general purpose battery with 12 years design life in float service. It meets with IEC, JIS, BS, GB/T and YD/T standards. With advanced AGM valve regulated technology and high purity raw material, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, Telecom, power grid, medical equipment, emergency light and security system applications.



## Dimensions



### Constant Current Discharge Characteristics : A (25°C)

F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	170.8	129.8	76.7	42.8	25.5	19.7	15.5	13.2	8.88	7.38	3.86
1.65V	161.4	124.1	73.6	41.3	24.7	19.1	15.1	12.9	8.78	7.29	3.80
1.70V	148.6	116.2	70.3	40.0	23.9	18.6	14.7	12.5	8.64	7.18	3.76
1.75V	136.0	108.1	67.2	38.5	23.0	18.1	14.3	12.2	8.52	7.09	3.71
1.80V	123.2	99.9	64.3	37.0	22.2	17.5	13.9	11.9	8.38	7.00	3.67
1.85V	100.6	82.9	55.3	33.2	20.3	16.2	12.9	11.1	7.86	6.59	3.49

### Constant Power Discharge Characteristics : WPC (25°C)

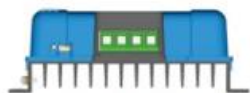
F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	290.4	226.9	139.2	80.4	48.3	37.7	29.8	25.5	17.3	14.5	7.61
1.65V	279.7	220.1	135.1	78.1	47.0	36.7	29.1	24.9	17.2	14.4	7.50
1.70V	262.2	209.3	130.4	76.0	45.7	35.9	28.4	24.3	16.9	14.2	7.41
1.75V	244.4	197.6	125.9	73.7	44.3	34.9	27.8	23.8	16.7	14.0	7.33
1.80V	225.1	185.0	121.6	71.3	42.9	34.0	27.1	23.3	16.5	13.8	7.27
1.85V	187.2	155.7	105.7	64.3	39.5	31.6	25.3	21.8	15.5	13.0	6.91

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values. The battery must be fully charged before the capacity test. The C<sub>3</sub> should reach 95% after the first cycle and 100% after the third cycle.

# Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV

MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

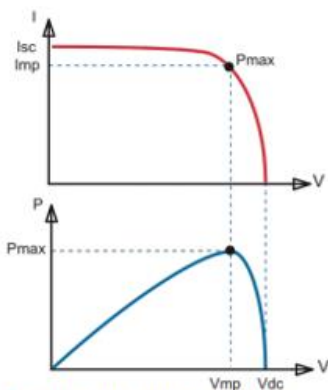
www.victronenergy.com



Controlador de carga solar  
MPPT 150/70-Tr



Controlador de carga solar  
MPPT 150/70-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

#### Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

#### Curva inferior:

Potencia de salida  $P = I \times V$  como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

#### Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

#### Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

#### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

#### Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

#### Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

#### Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

#### Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software)				
Corriente de carga nominal	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600 W	3440 W	4000 W	4900 W	5800 W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 14,5 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98 %				
Autoconsumo	10 mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95 %, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
<b>CARCASA</b>					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 2)	35 mm <sup>2</sup> /AWG2 (modelos Tr), o conectores Dual MC4 (modelos MC4)				
Bornes de batería	35 mm <sup>2</sup> / AWG2				
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg			4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103 mm	
<b>ESTÁNDARES</b>					
Seguridad	EN/IEC 62109				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.					
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.					
2) Modelos MC4: se necesitarán varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares					