



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**TEMA:**

“Análisis y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico como fuente de energía para el sistema de suministro de agua del rcto. El Cerrito, cantón Balzar provincia del Guayas-Ecuador”

**AUTOR:**

Macías Aguayo, Ermen Hernán

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de

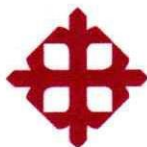
**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**TUTOR:**

Ing. Gallardo Posligua, Jacinto Esteban, MSc.

Guayaquil, Ecuador

14 de febrero de 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Macías Aguayo Ermen Hernán**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRICIDAD**.

**TUTOR**

f. 

**Ing. Gallardo Posigua, Jacinto Esteban, MSc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. 

**Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, MSc.**

**Guayaquil, a los 14 del mes de febrero del año 2023.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Macías Aguayo, Ermen Hernán**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, “**Análisis y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico como fuente de energía para el sistema de suministro de agua del rcto. El Cerrito, cantón Balzar provincia del Guayas – Ecuador**” previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 14 del mes de febrero del año 2022.**

**EL AUTOR**

f. 

**Macías Aguayo, Ermen Hernán**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE ELECTRICIDAD

### AUTORIZACIÓN

Yo, **Macías Aguayo, Ermen Hernán**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Análisis y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico como fuente de energía para el sistema de suministro de agua del rcto. El Cerrito, cantón Balzar provincia del Guayas – Ecuador**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 14 del mes de febrero del año 2023**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Macías Aguayo, Ermen Hernán**

## Reporte Urkund



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

### REPORTE URKUND DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Original

#### Document Information

Analyzed document	Avances nuevo Tesis E. Macías.docx (ID: 746692)
Submitted	1/31/2023 2:55:00 PM
Submitted by	
Submitter email	ermenmacias@ucsg.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	jacinto.gallardo@ucsg@analysis.arkund.com

#### Sources included in the report

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / ieti311PScedeñodgomez10082021.pdf

Reporte URKUND del trabajo de titulación de la carrera de Ingeniería en Electricidad R, denominado **“Análisis y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico como fuente de energía para el sistema de suministro de agua del rcto. El Cerrito, cantón Balzar provincia del Guayas-Ecuador”** del estudiante **Macías Aguayo, Ermen Hernán**, se encuentra en 3 % de coincidencias.



Ing. Jacinto E. Gallardo Escalona, MAE  
Tutor de Trabajo de Titulación

## **Agradecimiento**

Mi agradecimiento está dirigido a quien guío y forjó este camino de bien, que nunca me abandonó ni en las situaciones más difíciles de mi vida, a Dios, que a pesar de todo lo malo me sostuvo y jamás soltó de mi en toda mi carrera universitaria.

A mis padres, por su apoyo incondicional, por haberme enseñado lo bueno y malo de la vida; y por cuidar de mi hija en mi ausencia dándole el amor y cariño que ella se merece.

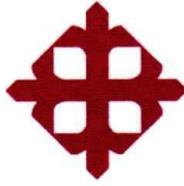
## **Dedicatoria**

Este trabajo se lo dedico con mucho amor y cariño a mi hija Jherly Aylem porque ha sido mi fuente de motivación e inspiración para superarme cada día y así poder luchar por un mejor futuro.

A mi novia que, llegó en un momento difícil y que a pesar de todo se quedó a darme las fuerzas necesarias para seguir, por creer en mí y por hacer que sea cada día una mejor persona.

A mi madrina Yadira, que siempre creyó en mí y me daba palabras de aliento, aunque no esté presente físicamente en este mundo.

A mi mami Carmen, por creer que lo iba a lograr, que cuidaba de mi con sus oraciones y por su amor incondicional.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE ELECTRICIDAD

**Tribunal de Sustentación**

**Ing. John E. Franco Rodríguez, Ph.D.**

DECANO DE LA CARRERA

**Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, MSc.**

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

**Ing. Bastidas Cabrera Tomas Gaspar**

OPONENTE



## Contenido

Introducción.....	2	
<b>1</b>	<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....</b>	<b>3</b>	
1.1	Definición del Problema .....	3
1.2	Justificación .....	3
1.3	Antecedentes.....	4
1.4	Planteamiento del problema.....	5
1.5	Objetivos.....	5
1.5.1	Objetivo general .....	5
1.5.2	Objetivos específicos .....	5
1.6	Metodología .....	6
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1	Radiación solar .....	8
2.2	Horas pico de sol .....	9
2.3	Elementos de un ISF .....	9
2.3.1	La célula solar: características básicas .....	10
2.3.2	El panel solar .....	10
2.3.3	Tipos de paneles solares.....	11
2.3.3.1	Paneles Fotovoltaicos monocristalinos: .....	12
2.3.3.1.1	Ventajas: .....	13
2.3.3.1.2	Desventajas:.....	13
2.3.3.2	Paneles Fotovoltaicos Policristalinos:.....	14
2.3.3.3	Paneles silicio amorfo (capa fina): .....	15
2.3.3.4	Paneles solares flexibles:.....	17
2.3.4	Tipos según el número de células solares:.....	17
2.4	Potencia de la célula solar.....	18
2.5	Agrupamiento y conexión de paneles .....	18
2.5.1	Conexionado en serie .....	19
2.5.2	Conexionado en paralelo .....	20
2.5.3	Conexionado mixto (serie-paralelo).....	20
2.6	Ubicación de los paneles fotovoltaicos .....	21
2.6.1	Orientación .....	21
2.6.2	Inclinación de los paneles .....	23
2.7	El regulador .....	24
2.8	Acumuladores, tipos de baterías.....	25
2.9	Tipos de baterías .....	27
2.9.1	Baterías de Ion litio .....	27
2.9.2	Batería estacionaria OPzS.....	27
2.9.3	Batería estacionaria OPzV.....	28
2.9.4	Baterías Estacionarias .....	28
2.9.5	Baterías tipo AGM o VRLA.....	28
2.10	El inversor.....	28
2.11	Inversores en instalaciones conectadas a red .....	30
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>32</b>
<b>LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN, DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN</b>	<b>ACTUAL.....</b>	<b>32</b>
3.1	Antecedentes.....	32
3.2	Informe de visita técnica para la adquisición de datos para el proyecto. ....	33

3.2.1	Diagrama unifilar del sistema eléctrico del sitio .....	34
3.2.2	Transformadores .....	35
3.2.3	Especificaciones técnicas del motor sumergible .....	35
3.2.4	Elementos eléctricos de protección del circuito.....	36
3.2.4.1	Disyuntor Principal del circuito .....	37
3.2.4.2	Disyuntor del circuito de control y fuerza .....	37
3.2.4.3	Contactador y relé térmico.....	38
3.2.5	Elementos de control del circuito.....	39
3.2.5.1	Relé de nivel.....	39
3.2.5.2	Relé temporizador.....	40
3.3	Diagnóstico final de la situación actual .....	40
4	<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>41</b>
	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>41</b>
4.1	Cálculos del sistema fotovoltaico .....	41
4.1.1	Cálculo de potencia de consumo del motor: .....	41
4.1.2	Cálculo del consumo máximo: .....	42
4.1.3	Cálculo del número de paneles: .....	43
4.1.4	Cálculo de la capacidad de la batería:.....	44
4.1.5	Cálculo de inclinación óptima para el sistema.....	44
4.1.6	Cálculo potencia de inversor .....	45
4.2	Diseño de diagrama unifilar del sistema fotovoltaico .....	46
4.3	Análisis del diseño en el simulador PVsyst 7.2. ....	47
4.3.1	Diseño y simulación del proyecto.....	48
4.3.2	Análisis de los resultados del simulador.....	53
4.3.3	Ingreso de componentes empleados en nuestra simulación.....	54
4.3.4	Parámetros opcionales del sistema fotovoltaico.....	57
4.3.5	Resultados a partir de la simulación en nuestro sistema fotovoltaico. ....	59
4.4	Análisis de los costos referenciales.....	65
4.4.1	Equipos requeridos para el sistema.....	65
4.4.1.1	Panel Solar .....	66
4.4.1.2	Batería.....	66
4.4.1.3	Inversor.....	66
4.4.2	Total de valores de los equipos del sistema fotovoltaico. ....	66
5	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
5.1	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
5.2	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>69</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Componentes de una instalación de sistema fotovoltaico.....	9
<b>Figura 2</b> Constitución de un panel solar.....	11
<b>Figura 3</b> Panel solar monocristalino.....	13
<b>Figura 4</b> Panel de célula monocristalino.....	13
<b>Figura 5</b> Panel de célula monocristalino.....	14
<b>Figura 6</b> Panel de célula policristalina.....	15
<b>Figura 7</b> Panel de silicio amorfo.....	16
<b>Figura 8</b> Tipos de Paneles según el número de células solares.....	18
<b>Figura 9</b> Conexión de paneles en serie.....	19
<b>Figura 10</b> Conexión de paneles en paralelo.....	20
<b>Figura 11</b> Conexión de paneles mixto.....	21
<b>Figura 12</b> Ángulo de inclinación y orientación de panel.....	23
<b>Figura 13</b> Esquema de conexión del regulador en la instalación.....	24
<b>Figura 14</b> Esquema general de una instalación autónoma con inversor.....	29
<b>Figura 15</b> Esquema general de una instalación Reguladora de carga.....	29
<b>Figura 16</b> Sitio donde se encuentra el sistema de la bomba de distribución de agua..	32
<b>Figura 17</b> Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la bomba de agua.....	34
<b>Figura 18</b> Transformadores monofásicos convencionales de capacidad de 37.5kVA y 15 kVA.....	35
<b>Figura 19</b> Tablero de control y fuerza del circuito.....	36
<b>Figura 20</b> Disyuntor principal de 100A.....	37
<b>Figura 21</b> Disyuntor principal de 63A.....	37
<b>Figura 22</b> Contactor del circuito de control.....	38
<b>Figura 23</b> Relé térmico del circuito de control.....	38
<b>Figura 24</b> Tablero de control del circuito.....	39
<b>Figura 25</b> Relé de nivel.....	39
<b>Figura 26</b> Relé temporizador.....	40
<b>Figura 27</b> Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico conectado a la red.....	46
<b>Figura 28</b> Ventana principal del programa PVsyst.....	48
<b>Figura 29</b> Asignación de nombre al proyecto Fotovoltaico.....	49
<b>Figura 30</b> Asignación de coordenadas del proyecto fotovoltaico.....	49
<b>Figura 31</b> Coordenadas geográficas para el simulador.....	51

<b>Figura 32</b> Importación de datos meteorológicos .....	51
<b>Figura 33</b> Características de la importación de datos en NASA-SSE.....	52
<b>Figura 34</b> Almacenamiento de datos geográficos .....	52
<b>Figura 35</b> Variantes de dimensionamiento en el simulador. ....	53
<b>Figura 36</b> Variante de orientación, “nueva variante de simulación” .....	54
<b>Figura 37</b> Variante sistema, "nueva variante de simulación" .....	55
<b>Figura 38</b> Ingreso de Potencia pico del sistema para el pre-dimensionamiento .....	56
<b>Figura 39</b> Culminación del conjunto fotovoltaico.....	57
<b>Figura 40</b> Parámetros opcionales de horizonte del sistema fotovoltaico. ....	58
<b>Figura 41</b> Línea de horizonte en el sistema.....	58
<b>Figura 42</b> Definición de sombreados cercanos .....	59
<b>Figura 43</b> Resultados y estadísticas de la simulación.....	60
<b>Figura 44</b> Tablas mensuales de resultados de la simulación del sistema fotovoltaico.	61
<b>Figura 45</b> Gráficos predefinidos de la simulación del sistema fotovoltaico. ....	63
<b>Figura 46</b> Energía incidente de referencia del sistema fotovoltaico. ....	63
<b>Figura 47</b> Diagrama de flujo de pérdidas del sistema fotovoltaico.....	64
<b>Figura 48</b> Informe final del sistema fotovoltaico generado en PDF .....	65

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Tipos de Célula.....	14
<b>Tabla 2</b> Especificaciones técnicas del motor sumergible .....	36
<b>Tabla 3</b> Resultados principales .....	62
<b>Tabla 4</b> Sumas mensuales por hora para E_Grid [kwh]. .....	62
<b>Tabla 5</b> Total de valores de los equipos para implementación sistema fotovoltaico...	67

## RESUMEN

En la actualidad se presenta un cambio climático abrupto debido a la contaminación ambiental, el cual es un factor que busca mitigarse. El presente trabajo busca analizar la viabilidad de la implementación de una fuente de energía renovable como alimentación para un sistema de bombeo de agua de pozo para una comunidad.

Entre las alternativas disponibles de acuerdo con las condiciones climáticas, tenemos la energía fotovoltaica, el cual es un recurso inagotable, que no genera contaminación, su aporte y eficiencia dependerá de las condiciones climáticas en las diferentes épocas del año.

El trabajo a continuación empieza bajo la premisa de que el Recinto El Cerrito de 1500 habitantes aproximadamente se abastece de agua a una tasa de  $15.8 \text{ m}^3/\text{h}$ , durante 4 horas al día, por lo que la demanda de potencia eléctrica que requiere la instalación del sistema es de 30 kWh. Como propuesta se decide analizar y desarrollar un proyecto con un incremento del 50 % el tiempo de abastecimiento del suministro de agua para el recinto, es decir, proporcionar el doble de la energía actual necesaria para el sistema de bombeo, con el fin de analizar viabilidad de una mejora del buen vivir para la población.

Para el presente proyecto se desarrolló una metodología investigativa y analítica para cumplir con los requerimientos planteados; se incluyeron teorías aplicables y ecuaciones para el cálculo de potencia del sistema para el correcto dimensionamiento del arreglo fotovoltaico, bajo las condiciones climáticas del lugar. Se inició calculando la demanda necesaria de potencia que requiere el sistema propuesto que trabaje durante 8 horas, con un factor de seguridad del 10 %, el cual fue de 66 kWh, base para el correcto dimensionamiento del arreglo fotovoltaico.

Para el desarrollo se utilizó los softwares de simulación PVSYST y diseño AutoCAD, los cuales son herramientas que permitieron dimensionar el sistema fotovoltaico, basado en condiciones climáticas del lugar y diseñar diagramas de conexiones de elemento de un sistema respectivamente.

A partir de los resultados obtenidos se determinó que, para satisfacer la demanda de potencia de un sistema de bombeo durante 8 horas al día, se requiere 3 paneles solares de 200W, 1 batería de W y un inversor de W. Realizando un análisis de costo de equipos

se determina que para implementar el sistema sólo en equipos, paneles, batería e inversor se necesita invertir alrededor de USD \$2,851.96.

**Palabras Clave:** Energía fotovoltaica, Potencia eléctrica, PVSYST.

## Introducción

La principal fuente de generación de energía proviene de combustibles fósiles, los cuales contribuyen en la generación de emisión de gases de Efecto invernadero, lo cual es un aporte negativo al medio ambiente. Actualmente se busca nuevas fuentes de energía renovables que contribuyan con producción de energía limpia, mitigando en su mayor parte el impacto ambiental que se genera por la emisión de gases de efecto invernadero.

El objetivo actual es que la fuente de energía provenga de energías renovables. No obstante, la principal fuente de electricidad sigue proviniendo del modelo convencional de generación, por medio de la quema de combustibles fósiles. Esto ha provocado que sigan existiendo muchos sectores de Ecuador que aún no cuenta con este recurso vital como lo es la luz o el agua potable, y en muchos casos ambos, como es el caso del cantón Balzar.

Este es un cantón perteneciente a la provincia del Guayas ubicado al norte de la provincia, ocupa un territorio de  $1186,17 \text{ km}^2$ , cuenta con una población alrededor de 54000 habitantes., 53 % corresponden al sector urbano y 47 % al sector rural. Este cantón es poseedor de fuentes acuíferas abundantes, sin embargo, este sector carece de sistemas de riego debido al bajo nivel adquisitivo de su población. Parte de la población del cantón Balzar obtiene agua para consumo proveniente de pozos o de ríos. Cuenta con una red de 24 pozos, 6 de ellos cuentan con tanques elevados de recepción de agua y 18 son de distribución directa.

Estos sistemas de suministro de agua del cantón cuentan con bombas que permiten succionar el fluido para distribuirlo, la problemática en este sistema es que las bombas demandan de suministro eléctrico el cual también es una problemática del sector ya que éste no es distribuido de forma continua por problemas de red. El desarrollo del presente proyecto se enfoca en el recinto “El Cerrito” del cantón Balzar provincia del Guayas-Ecuador, este cuenta con una población pequeña de alrededor de 1 500 habitantes. Debido al bajo poder adquisitivo de la población ellos no pueden acceder a cubrir una tarifa de electricidad durante un día entero por lo que racionan su consumo. Este recinto tiene un pozo que cuenta con una bomba de 10 Hp, la cual suministra agua a una tasa de  $15.8 \text{ m}^3/\text{h}$  durante 4 horas.

El trabajo a continuación busca analizar la viabilidad de implementar una nueva fuente de energía alterna a la convencional que permita alimentar el sistema de distribución de agua potable hacia la comunidad. El desarrollo en tecnología renovable va en aumento, pero estos tipos de energía como su nombre lo dice proviene de recursos naturales lo que la vuelve un tipo de energía volátil, que depende de las condiciones climáticas por lo que se vuelven un sistema de generación inestables o fluctuantes, lo que dificulta en algunos casos su implementación dentro de los modelos de producción de energía.



# 1 CAPÍTULO I

## GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

### 1.1 Definición del Problema

Hoy en día se busca alternativas para la generación de electricidad para diferentes áreas de aplicación. El desarrollo del ser humano está ligado con la energía eléctrica ya que ésta permite gozar de todos los servicios básicos tales como lo que es, el agua potable, la distribución de la red eléctrica. El agua ha sido percibida como un don de la naturaleza, ya que tiene una relación con el hombre en las diferentes sociedades con varios procesos de desarrollo socioeconómico. La ausencia de este elemento vital malestar en la sociedad.

Sin embargo, en Ecuador existen sectores y comunidades que carecen de servicios básicos importantes, agua y luz, como el recinto El Cerrito cantón Balzar de la provincia del Guayas, que tiene como déficit la distribución continua de agua las 24 horas, siendo esto un conflicto ya que es un sector que se dedica a la agricultura y presenta como déficit parte de materia prima para su productividad. En este sector existe el desabastecimiento de agua cuando existen los cortes de energía eléctrica de la red local, porque no tiene alimentación de las tres líneas de voltaje, lo que genera que no encienda la bomba, por lo que es necesario la implementación de un recurso que permita cubrir este problema.

Es por ello este proyecto de análisis y diseño del sistema de energía fotovoltaica para alimentar la bomba con el objetivo de poder resolver este inconveniente y así el recinto no quede desabastecido de agua, cuando exista la ausencia de energía eléctrica la bomba pueda trabajar con la energía solar fotovoltaica en este caso los paneles solares.

### 1.2 Justificación

Por el desabastecimiento del recurso principal como lo es el agua en el sector el recinto El Cerrito cantón Balzar de la provincia del Guayas por la falta de energía constante en el sector y por el alto costo del kWh, se busca generar una alternativa de generación de electricidad por medio de un recurso inagotable como lo es la energía que proviene del Sol. El presente proyecto está basado en uno de los objetivos de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil el de estructurar la investigación multidisciplinaria alrededor de sus

dominios y áreas estratégicas para el desarrollo sustentable y así atender eficientemente las demandas y requerimientos de la sociedad.

Con el desarrollo de este proyecto se espera la contribución de los siguientes aspectos:

- Aspectos ambientales: Desarrollo de sistemas de energías renovables, disminuyendo emisiones de gases de efecto invernadero, que son causa del calentamiento global.
- Aspectos económicos: Generación de electricidad por medio de recurso natural como lo es el Sol. Contribuyendo al desarrollo productivo del sector.
- Aspecto Social: Producción de energía limpia contribuye de manera directa a mitigar el daño ambiental producido por la quema de combustible fósil para la generación de electricidad.

Con este proyecto se contribuye también con los Objetivos de desarrollo sostenible. (Organización de las Naciones Unidas, 2017)

- Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante
- Objetivo 9: Desarrollo de industria Innovación e infraestructura
- Objetivo 13: Trabajo decente y crecimiento Económico

### **1.3 Antecedentes**

La implementación de paneles solares se viene realizando con normativa de acuerdo a la regulación ARCERNNR 001-2021 que entró en vigencia en abril de 2021 en el Ecuador, para que cualquier persona puede instalar paneles solares en su casa o empresa para generar energía eléctrica para autoconsumo. La legalización del sistema fotovoltaico se debe realizar a través de la distribuidora energética de la región (empresa eléctrica), quien revisará parámetros técnicos previo a la aprobación (*RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR -001/2021, 2021*).

Basado en el art. 26 de la resolución nro. ARCONEL-042/18: “Energías renovables no convencionales. - El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, de conformidad con lo dispuesto en la Constitución, que propone el desarrollo de un sistema eléctrico sustentable basado en el uso de recursos renovables, promoverá el uso de tecnologías limpias y alternativas energía” (*Resolución Nro. ARCONEL-042/18, 2018*).

La introducción de este sistema fotovoltaico en el país aporta con el medio ambiente ya que la energía solar no contamina, no contribuye al calentamiento global ni al Efecto invernadero. Mediante los estudios técnicos necesarios que se emplean para cada proyecto y el uso adecuado de las normativas vigentes que garantizan el desarrollo correcto, de tal manera que su excelente funcionamiento se encuentra garantizado.

#### **1.4 Planteamiento del problema**

Actualmente el recinto el Cerrito tiene como problema la ausencia de abastecimiento de agua cuando existen los cortes de energía eléctrica de la red local, cuando no llegan las tres líneas de voltaje, y por último no se enciende la bomba las 24 horas por el pliego tarifario ya que es muy elevado; ya que la encargada de distribuir el agua a los hogares es una bomba de 10HP que esta alimentada a la red eléctrica; por lo que es necesario la implementación de un recurso que permita cubrir este problema.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo general**

Analizar y diseñar un sistema que permita la utilización de energía solar fotovoltaica para así poder suplir la ausencia de energía eléctrica de la alimentación de la bomba de agua del recinto el Cerrito cantón Balzar de la provincia del Guayas.

##### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Levantamiento de información y diagnóstico de la situación actual del recinto.
- Analizar la problemática de la alimentación de energía eléctrica de la bomba de agua y de la población que vive en los alrededores asesorando a las personas encargadas y habitantes del recinto para el uso adecuado de los paneles solares y para el mantenimiento correcto del mismo.
- Dimensionar la cantidad de células fotovoltaicas que definirán los módulos necesarios para la configuración dependiendo de la demanda de potencia o corriente.
- Desarrollar el diseño del conjunto fotovoltaico en el área efectiva.
- Analizar y establecer costos referenciales para el proyecto.

## **1.6 Metodología**

En el presente proyecto de titulación se utiliza la metodología descriptiva, ya que está basada en la información de energía renovable en este caso de un sistema fotovoltaico, partiendo por la teoría de la energía fotovoltaica. Además, se utiliza el método analítico ya que se debe calcular las capacidades y cantidades de todos los dispositivos y materiales eléctricos del sistema fotovoltaico a utilizar en baja tensión, para la utilización respectiva para la alimentación de la bomba de agua del recinto El Cerrito.

## 2CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

La electricidad es una de las formas de energía más versátiles, adaptándose de forma óptima a cada necesidad. Su uso está tan extendido que una sociedad tecnológicamente avanzada no puede prescindir de él. Hoy en día hay miles de dispositivos que utilizan la electricidad como fuente de alimentación de CC o CA y su uso ha aumentado drásticamente la necesidad de consumo de energía. Este hecho ha llevado a la búsqueda de nuevas fuentes de energía y nuevos sistemas de producción de energía, que se basan básicamente en el uso de fuentes de energía renovables (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

Los sistemas tradicionales de generación de energía tienen un problema asociado que los obliga a intentar desarrollar otro tipo de fuentes de energía (Corcobado y Carmona Rubio, 2014):

- Centrales hidroeléctricas: Debido al efecto invernadero y al cambio climático, las sequías son cada vez más largas, por lo que no se puede garantizar una producción eléctrica estable de estas centrales.
- Centrales térmicas: El problema es que los combustibles fósiles son un recurso finito. Además, provocan una gran liberación de gases nocivos que son perjudiciales para el efecto invernadero.
- Centrales nucleares: Además del riesgo potencial de accidente nuclear, se enfrentan al problema de la disposición final de los residuos generados (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

Hay varias formas de utilizar el sol para generar electricidad; se distingue:

- Métodos indirectos: Se utiliza el sol para calentar un líquido (agua, sodio, sales fundidas...) y convertirlo en vapor para generar electricidad accionando un alternador. La generación de electricidad tiene lugar en un ciclo termodinámico convencional, como en una central térmica de combustible fósil (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

- Procesos directos: utilizan células solares para convertir la luz solar directamente en electricidad. Se hace una distinción entre sistemas en red y sistemas aislados.

“La energía solar fotovoltaica (ESFV) es una fuente de energía renovable que se puede utilizar para generar electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos (PSFV) que convierten la radiación solar en electricidad, lo que la hace aplicable a muchos aspectos de la vida”(Arencibia Carballo, 2016).

## 2.1 Radiación solar

La radiación solar es un parámetro fundamental para determinar las dimensiones de los sistemas fotovoltaicos. Esta radiación varía geográficamente dependiendo de las condiciones climáticas. Por esta razón, es importante tener un sistema que pueda monitorear la cantidad de radiación solar en su sitio para poder diseñar su sistema fotovoltaico de manera óptima (Sepúlveda, 2014).

Esta es la energía liberada por el sol a través de una serie de reacciones de difusión nuclear que resultan en la pérdida de masa solar que se convierte en energía. Este fenómeno se debe, entre otras cosas, a una cierta pérdida de contacto con los paneles solares, debido al polvo o al ángulo de deflexión del panel. Hay 3 tipos de radiación (Romero, 2015):

- **Radiación directa:** Proporciona más energía porque no cambia cuando entra a la superficie terrestre.
- **Radiación dispersa:** crea obstáculos debido a la cobertura de nubes, la contaminación o las partículas contenidas en la atmósfera, lo que hace que se distraigan.
- **Radiación reflejada:** esta es la energía del sol que rebota o se refleja cuando golpea la superficie de la tierra. También es necesario considerar los siguientes conceptos, que están estrechamente relacionados con la radiación solar:
- **Irradiación:** Esta es la densidad de energía solar recibida durante un período de tiempo, en Wh/m<sup>2</sup> (Romero, 2015).

- **Irradiancia:** La densidad de potencia instantánea recibida, medida en  $Wh/m^2$  (Suarez, 2020).
- **Constante del Sol:** Denominada  $B_0$ , representa la irradiancia recibida por una superficie fuera de la atmósfera perpendicular al Sol. Su valor ronda los  $1367 W/m^2$ .

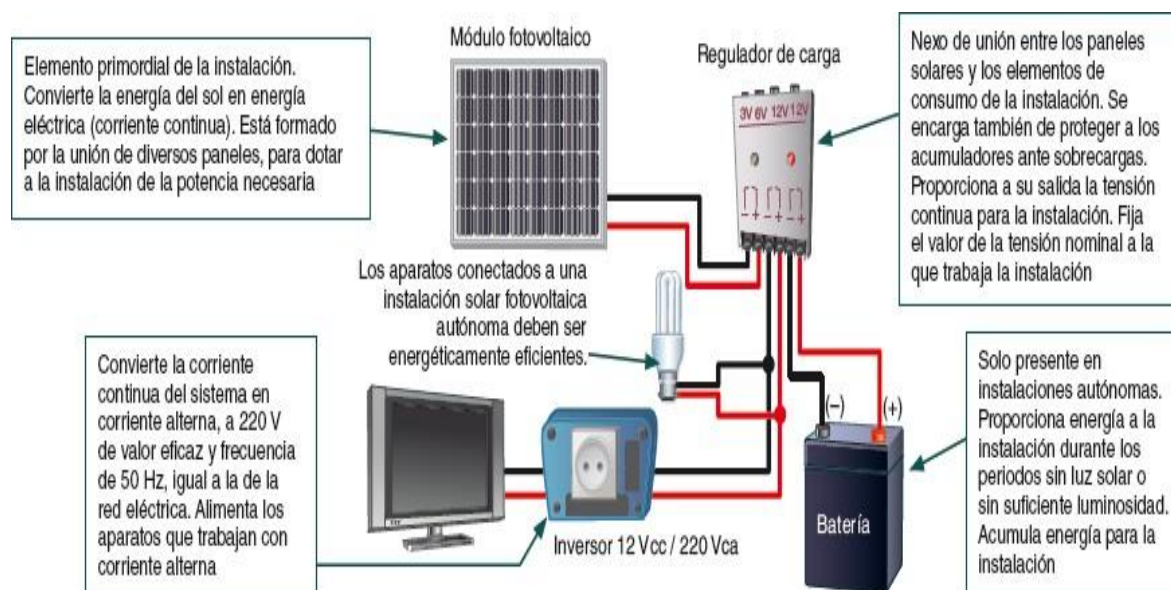
## 2.2 Horas pico de sol

Este es el número de horas que tenemos una constante hipotética de  $1000 W/m^2$  de luz solar en los módulos fotovoltaicos solares. En otras palabras, una hora solar pico “HPS” equivale a  $1 kWh/m^2$  o equivalente a  $3,6 MJ/m^2$ . En otras palabras, es una forma de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, con cada "paquete" de 1 hora recibiendo  $1000 W/m^2$ .

## 2.3 Elementos de un ISF

En general, un sistema solar fotovoltaico (ISF) sigue el esquema que se muestra a continuación (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

**Figura 1** Componentes de una instalación de sistema fotovoltaico.



Nota: Componentes de una instalación de sistema fotovoltaico. Adaptado de Componentes de una instalación solar fotovoltaica (p.12), por Corcobado y Ramona Rubio, 2014.

### **2.3.1 La célula solar: características básicas**

El componente principal de cualquier sistema de energía solar es un generador conocido como celda solar. Se caracteriza por el hecho de que los fotones de la luz solar se convierten directamente en electricidad. Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico (Corcobado y Carmona Rubio, 2014)

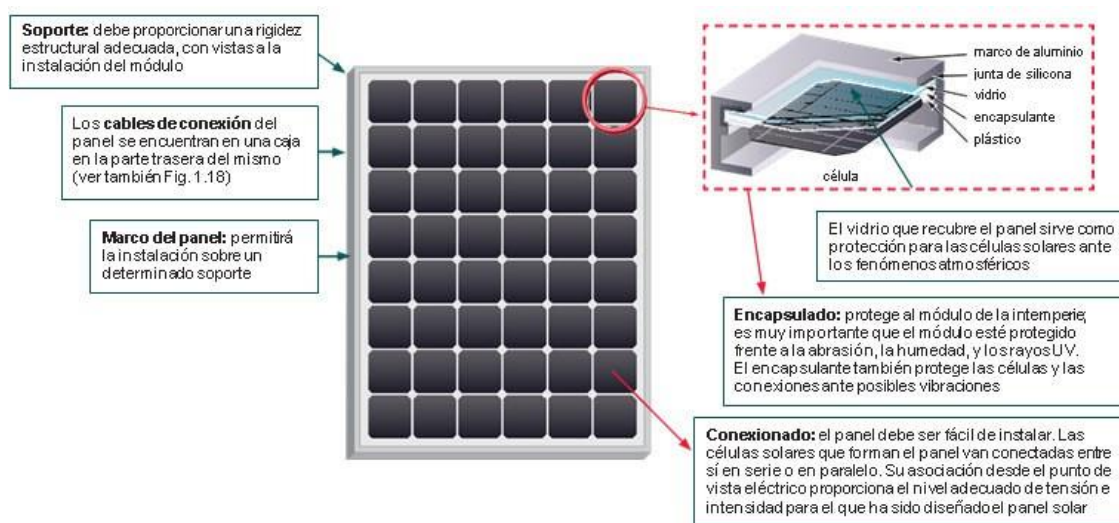
Una celda solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es N y la parte en la región oscura es P. Los terminales de la celda se encuentran en cada una de estas partes del diodo: la zona P es una zona totalmente metalizada (no necesita recibir luz), y en la zona N, la metalización tiene forma de peine, donde la radiación solar llega al semiconductor (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

### **2.3.2 El panel solar**

Un panel solar o módulo fotovoltaico consiste en una serie de celdas que están conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura o marco de soporte. Da una tensión constante a la salida conectada y para determinados valores de tensión (6 V, 12 V, 24 V...), lo que determina la tensión a la que trabajará el sistema fotovoltaico. Este es el elemento más importante del sistema y requiere menos mantenimiento, lo único que se debe hacer es limpiar su superficie, ya que la intemperie del puede llenarlo de polvo, la frecuencia de esta limpieza depende del lugar donde se instale el sistema (Romero, 2015).



**Figura 2** Constitución de un panel solar



Nota: Constitución de un panel solar donde se destacan sus principales características. Adaptado de Componentes de una instalación solar fotovoltaica (p.14) (Corcobado y Rubio, 2014).

Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de producción de células y son principalmente:

- Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- Silicio amorfo (Corcobado & Carmona Rubio, 2014).

### 2.3.3 Tipos de paneles solares

Los tipos de paneles solares disponibles son: monocristalinos, policristalinos, amorfos y "flexibles".

Dependiendo del silicio del que estén hechas las células solares:

- PERC monocristalino: Con eficiencias entre 19 % - 20 % de las que más venden en su relación calidad-precio (Cordero, 2022).
- Monocristalinos Tipo N: Son los módulos que tienen un mayor porcentaje de conversión que los módulos convencionales. B. Módulos solares sunpower maxeon fabricados con materiales de alta calidad.

- IBC monocristalino: También llamada celda de contacto posterior. Por lo general, son celdas de tipo n y también tienen contactos en la parte posterior de la celda. Por lo tanto, su eficiencia, estabilidad... es mucho más alto que otros.
- Policristalino: Con tasas de conversión entre 17-18 % tienen una mejor relación calidad-precio, pero su rendimiento es menor y se están eliminando.
- Amorfa (o capa delgada): No aplicable, de baja resistencia y no apta para instalación residencial (Cordero, 2022).

**Tabla 1** Tipos de Célula

<b>Tipo de Célula</b>	<b>Eficiencia</b>
Policristalina	De 15 a 17 %
Monocristalina	De 16 a 19 %
Policristalina PERC	De 17 a 19 %
Monocristalina PERC	De 19 a 20,7 %
Monocristalina Tipo-N	De 19 a 21 %
Monocristalina Tipo-N HJT	De 19 a 21.9 %
Monocristalina Tipo-N (IBC-Contactos traseros)	De 20 a 22,7 %

Nota: Tipo de células con su eficiencia. Adaptado de Componentes de una instalación solar fotovoltaica (p.14), por Corcobado y Ramona Rubio, 2014.

### **2.3.3.1 Paneles Fotovoltaicos monocristalinos:**

Como sugiere su nombre, un módulo fotovoltaico monocristalino consta de células monocristalinas. Son un tipo de celdas que podemos distinguir a simple vista por su color negro y sus bordes decorados con madera (Alvarado de Guevara, 2018)

**Figura 3** Panel solar monocristalino.



Nota: Panel solar monocristalino. Adaptado de Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada (p.41), por Alvarado de Guevara, 2018.

#### **2.3.3.1.1 Ventajas:**

Son los módulos fotovoltaicos más eficientes que podemos encontrar, siempre superan a los policristalinos en cuanto a eficiencia y rendimiento (Alvarado de Guevara, 2018).

#### **2.3.3.1.2 Desventajas:**

Son algo más caras a corto plazo que las policristalinas, pero más rentables a medio plazo porque funcionan mejor. El método más habitual de fabricación de células es en silicio monocristalino. consiste en separar un cristal de silicio obtenido por el método de Chorralski o zona flotante de una pieza y cortarlo en una oblea que forma el sustrato sobre el que tienen lugar todos los procesos restantes (Alvarado de Guevara, 2018).

**Figura 4** Panel de célula monocristalino.



Nota: Panel de célula monocristalino. Adaptado de Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada (p.42), por Alvarado de Guevara, 2018.

La imagen anterior es un ejemplo de este tipo de celda que comentamos. También tenga en cuenta que los paneles solares monocristalinos son los más eficientes de la industria (Alvarado de Guevara, 2018).

### 2.3.3.2 Paneles Fotovoltaicos Policristalinos:

Como discutimos con los modelos monocristalinos, los paneles solares policristalinos en este caso consisten en células policristalinas (Alvarado de Guevara, 2018)

Podemos distinguirlos por su color azul, y no tienen biseles en los bordes como los bordes monocristalinos.

**Figura 5** Panel de célula monocristalino.



Nota: Panel de célula monocristalino. Adaptado de Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada (p.42), por Alvarado de Guevara, 2018.

Las células de silicio policristalino (mc-Si) también usan una oblea de silicio como sustrato, pero a diferencia de las células monocristalinas, se fabrican cortando un bloque de silicio que se solidifica lentamente en un crisol y consiste en muchos cristales de silicio pequeños (Alvarado de Guevara, 2018).

Este tipo de procesamiento es más económico que el anterior, pero reduce significativamente la eficiencia de las células y su actividad. Pueden ser atractivos cuando el factor precio es importante para el proyecto, pero a largo plazo los monocristales son más rentables (Alvarado de Guevara, 2018).

**Figura 6** Panel de célula policristalina.



Nota: Panel de célula policristalina. Adaptado de Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada (p.43), por Alvarado de Guevara, 2018.

Podemos ver en la imagen la diferencia visual entre la celda policristalina y la celda monocristalina anterior del punto anterior (Alvarado de Guevara, 2018).

Actualmente, especialmente a partir del año 2020, los módulos policristalinos ya no están en el mercado debido a su bajo rendimiento en comparación con las tecnologías monocristalinas (Alvarado de Guevara, 2018).

### **2.3.3.3 Paneles silicio amorfo (capa fina):**

Aunque los tipos de módulos más habituales son los monocristalinos y los policristalinos, no debemos olvidarnos de los módulos solares de silicio amorfo, también conocidos como “thin film”.

El rendimiento de una célula solar de película fina de silicio amorfo es similar al de una célula solar cristalina, pero su fabricación es muy diferente. Las características de esta tecnología son:

- Fabricación sencilla y fácil automatización.
- Requiere menos material activo y reduce el uso y los costos de energía.
- Fabricación de módulos flexibles con eficiencia cuántica óptima en un amplio espectro.

Las celdas de silicio amorfo fueron las primeras celdas de película delgada en ingresar al mercado, pero debido a la caída del precio de los módulos solares cristalinos, perdieron su posición en el mercado y su aplicación actualmente es muy baja.

La tecnología de silicio amorfo a-Si tiene una eficiencia muy inferior a la tecnología de silicio cristalino, debido principalmente a la mala calidad del silicio utilizado, cuya estructura interna dificulta la recogida de las cargas fotogeneradas. Sin embargo, son especialmente adecuados para su uso en interiores, en espacios polvorientos, entre otros.

**Figura 7** Panel de silicio amorfo



Nota: Panel de silicio amorfo. Adaptado de Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada (p.43), por Alvarado de Guevara, 2018.

Como se puede observar en la figura anterior, los paneles solares de silicio amorfo no están compuestos por celdas individuales como los paneles solares cristalinos, sino por una lámina recortada donde se aprecian finas tiras que separan las celdas que se forman y se conectan entre sí. mientras se desarrolla el módulo en sí, cuyo marco lo hace fácil de usar y ensamblar.

El rango de voltaje también es más amplio que el del silicio cristalino, desde unos pocos voltios hasta varias decenas de voltios, lo que también los hace atractivos para los sistemas de bombas solares (Alvarado de Guevara, 2018).

#### **2.3.3.4 Paneles solares flexibles:**

Aunque no sería un tipo, sino quizás una categoría, también vale la pena mencionarlos. Son un tipo de panel que tiene una característica flexible y tiene la mitad del tamaño de los paneles tradicionales. Esto se debe a que no utilizan marco ni vidrio, sino que están revestidos de polímeros para permitir esta flexibilidad.

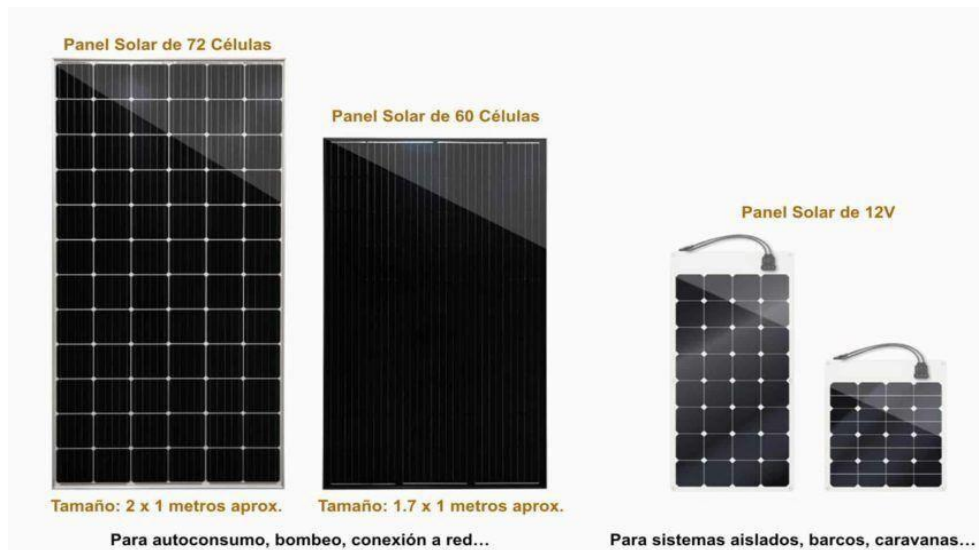
Sí, un panel solar flexible debe tener celdas solares flexibles y el 99 % de las existentes no las tienen. Por lo tanto, para este tipo de paneles, siempre debe elegir paneles solares Maxeon para asegurarse de que el panel solar sea realmente flexible y no haya pequeñas grietas en los paneles cuando se pliega el panel.

#### **2.3.4 Tipos según el número de células solares:**

Las placas solares fotovoltaicas tienen un número de células solares conectadas en serie, y en función de ese número se pueden agrupar en:

- 36 células solares: tienen una potencia de 150W aproximadamente y sirven para baterías de 12V.
- 60 células y 120 medias célula: tienen una potencia de entre 320W y 340W para autoconsumo. También se les suele denominar paneles solares de 24V.
- 72 células y 144 medias células: tienen una potencia de entre 385W y 415W, para autoconsumo y también permiten cargar baterías de 24V.
- Shingle Cells: Son un tipo de panel con tecnología muy avanzada donde se unen las células fotovoltaicas cortadas "en teja" para que tenga un comportamiento como una "super célula". El número de células solares puede ser diferente.
- Medias celdas (o celdas cortadas): Son celdas fotovoltaicas que se dividen en dos y se conectan en serie. Tiene la ventaja de mejorar el comportamiento a la sombra, pero la principal desventaja es que se repiten las soldaduras y los contactos metálicos, haciéndolos propensos a fallar.

**Figura 8** Tipos de Paneles según el número de células solares.



Nota Tipos de Paneles según el número de Células Solares. Adaptado de Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada (p.44), por Alvarado de Guevara, 2018.

## 2.4 Potencia de la célula solar

La potencia que proporciona una celda de tamaño estándar (por ejemplo, 10 x 10 cm) es muy pequeña (alrededor de 1 o 2 W), por lo que es común conectar varias de ellas entre sí para obtener la potencia requerida para un sistema fotovoltaico. De este hecho surge el concepto de panel solar o módulo fotovoltaico, cuyos elementos y características hemos visto hasta ahora.

Según la conexión eléctrica de las celdas, encontramos diferentes posibilidades:

- Conectando las celdas se puede aumentar la tensión final en los extremos de las celdas correspondientes.
- La conexión en paralelo aumenta la tensión total del conjunto.

## 2.5 Agrupamiento y conexión de paneles

Dependiendo de la instalación que estemos desarrollando, y de la aplicación para la que se ha diseñado, existe la posibilidad de utilizar un solo panel o un conjunto de paneles que se montarán agrupados sobre un determinado soporte y conectados entre sí eléctricamente.

En aplicaciones de poca potencia, es posible hasta la utilización de paneles solares flexibles, que permitirán aplicaciones como alimentar un equipo de comunicaciones, recargar la batería de un teléfono, entre otros.



Cuando necesitamos una potencia elevada que no se puede obtener con un único módulo fotovoltaico, se recurre a la conexión en grupo de varios paneles solares. Los paneles fotovoltaicos, como generadores que son de corriente continua, disponen de dos bornes en la caja de conexiones situada en la partera trasera, que se corresponden con los polos positivo (+) y negativo (-), respectivamente. Estos bornes se utilizan para el conexionado y cableado del panel, ya sea a otros paneles o al resto de la instalación.

Para cumplir con los requisitos de consumo esperados de la instalación, a menudo es necesario agrupar un número determinado de paneles para obtener el valor de tensión y corriente requerido. Un conjunto de paneles que se conectan entre sí para conseguir este objetivo y permitir el correcto funcionamiento de la instalación se denomina generador fotovoltaico. Existen tres tipos de conexión entre los paneles de un sistema solar fotovoltaico: conexión en serie, conexión en paralelo y conexión híbrida (Guerrero, 2019).

### 2.5.1 Conexionado en serie

Cierto número de paneles solares están conectados en serie, si la conexión se muestra en la ilustración 9, es decir. H. el terminal + de uno con el terminal - del otro dejando el terminal - en un extremo y el + en el otro extremo como si fuera un solo panel (Guerrero, 2019).

En estas condiciones, la tensión total del grupo es la suma de las tensiones de cada panel y la corriente total que puede producir cada uno de ellos (en el caso de paneles idénticos).

Por lo tanto, cuando se conectan paneles idénticos en serie, los voltajes se suman y la corriente con cada uno tiene el mismo valor. Si los paneles son diferentes, la intensidad configurada será la más baja disponible (Guerrero, 2019)

**Figura 9** Conexión de paneles en serie.



Nota: Conexión de paneles en serie. Adaptado Instalaciones solares fotovoltaicas (p.44), por Guerrero, 2019.

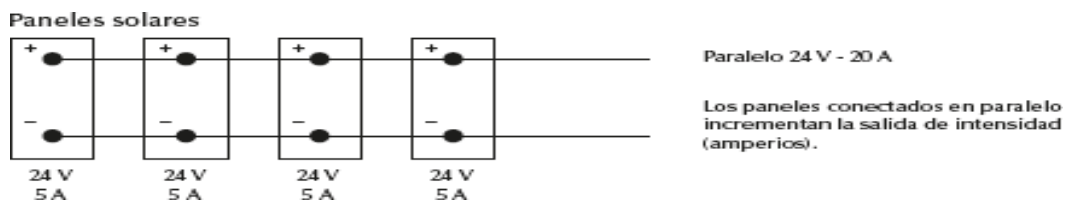
## 2.5.2 Conexión en paralelo

Cuando los paneles se conectan conectando los terminales + de todos ellos en un lado y los terminales -- en el otro lado, se dice que están conectados entre sí. Un ejemplo de este tipo de conexión se muestra en la Figura 10.

En este caso, la tensión total del grupo es igual a la tensión de cada panel, y la corriente total es la suma de las corrientes de salida de cada uno de ellos.

Es muy importante tener en cuenta que, con este tipo de conexión, el voltaje de todos los paneles debe ser el mismo, de lo contrario, el que tenga el voltaje más bajo actuará como carga y parte del voltaje residual, lo que provocará muchas fallas. problema. Por lo tanto, en un circuito en paralelo, las corrientes se suman y el voltaje resultante es igual a su voltaje (Guerrero, 2019).

**Figura 10** Conexión de paneles en paralelo.



Nota: Conexión de paneles en paralelo. Adaptado Instalaciones solares fotovoltaicas (p.45), por Guerrero, 2019.

## 2.5.3 Conexión mixto (serie-paralelo)

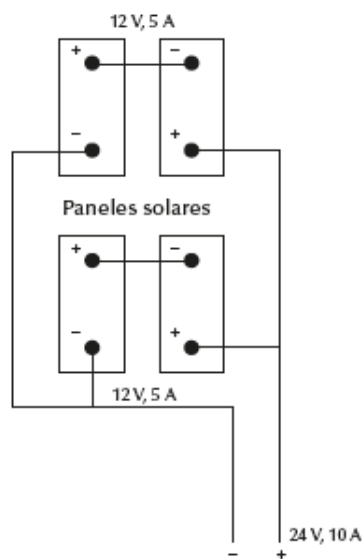
En este último caso, se trata de una configuración donde pueden encontrarse ramas con paneles conectados en serie y, a su vez, estas ramas conectadas en paralelo entre sí. Se usa el conexionado mixto cuando necesitan conseguirse unas corrientes y tensiones de salida muy determinadas y, entonces, se juega con las opciones que dan los conexionados serie y paralelo.

Para determinar las tensiones e intensidades del conjunto, deben aplicarse los principios indicados en los apartados anteriores en función del tipo de conexión del que se trate (Guerrero, 2019).

La conexión mixta serie-paralelo suele utilizarse habitualmente en instalaciones donde se conecten 5 o más paneles solares de 60 células y potencia superior a 200Wp, ya que permite obtener un voltaje no demasiado elevado y, a su vez, multiplicar el amperaje total disponible de la instalación.

De esta forma, gracias a esta configuración, pueden obtenerse incrementos tanto de tensión como de intensidad. Por lo tanto, con una conexión mixta, la potencia de salida, el voltaje y la corriente dependen de la configuración elegida.

**Figura 11** Conexión de paneles mixto.



Nota: Conexión de paneles mixto. Adaptado Instalaciones solares fotovoltaicas (p.45), por Guerrero , 2019.

## 2.6 Ubicación de los paneles fotovoltaicos

Para instalar los paneles fotovoltaicos se debe elegir un lugar libre donde haya árboles o lugares que no den sombra al panel, y deben estar lo más cerca posible de las baterías y reguladores, preferiblemente en el techo o en postes altos (González Peñafiel et al., 2014)

### 2.6.1 Orientación

Para que un panel fotovoltaico opere al máximo, se debe orientar hacia el sol para captar en su plenitud los rayos, aunque también en días nublados el panel generará electricidad, la

orientación de los paneles solares es muy importante. Entre más radiación solar reciban durante todo el día más eficientes serán.

La orientación de los paneles solares depende del hemisferio en que te encuentres, es decir: si te encuentras en el hemisferio Norte, los paneles solares tendrán que ser orientados hacia el sur, o viceversa si te encuentras en el hemisferio Sur, estos tendrán que ser orientados hacia el hemisferio Norte.

Los paneles solares siempre se instalarán con una pequeña inclinación casi horizontal, para que el agua lluvia haga el trabajo de limpieza. El valor de irradiación que incide sobre un módulo fotovoltaico depende de la inclinación que adopte el panel y por lo tanto del ángulo de incidencia  $\theta$  entre la normal a la superficie del módulo y el haz de radiación solar.

Si la radiación solar es perpendicular a la superficie del módulo fotovoltaico, la captación de energía será máxima. Para recolectar la mayor cantidad posible de energía se puede recurrir a sistemas de seguimiento del sol para hacer que la superficie de los paneles siempre esté perpendicular a la radiación solar, pero es un sistema costoso que requiere de mantenimiento continuo.

Así la orientación del panel puede ser norte o sur, en los países del hemisferio sur se orienta hacia el norte, y su inclinación óptima va a depender de la latitud en la que se encuentre el proyecto. La posición de los paneles solares se puede especificar mediante dos coordenadas angulares:

Orientación o ángulo acimutal ( $\alpha$ ): Es el ángulo formado por la proyección sobre el plano horizontal de la perpendicular a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. La orientación sur del módulo fotovoltaico se corresponde con el origen y toma el valor  $0^\circ$ , la orientación oeste vale  $90^\circ$ , la orientación norte vale  $180^\circ$  y la orientación este vale  $270^\circ$ .

Inclinación o ángulo de elevación ( $\beta$ ): Es el ángulo formado por la superficie del módulo fotovoltaico y el plano horizontal. Su valor es  $0^\circ$  para módulos en posición horizontal, y  $90^\circ$  para módulos en posición vertical. En instalaciones fijas este ángulo se fija en función de la latitud del lugar.

La mayor cantidad de energía que pueden absorber los paneles solares se dan cuando estos se encuentran ubicados de forma perpendicular a los rayos del sol, en algunas aplicaciones los paneles solares no se encuentran fijos, Para el caso de aplicaciones donde se tengan paneles ubicados en posiciones fijas o estáticas como es el caso de la metodología a usar, es necesario encontrar cual es la posición óptima de los paneles.

Para el hemisferio norte, se recomienda instalar los paneles fotovoltaicos orientados hacia el sur considerando un ángulo de acimut óptimo de 0°, mientras que, para el hemisferio sur, se recomienda instalarlos orientados hacia el norte con un ángulo de acimut óptimo de 180°.

Para determinar la etiqueta óptima se utiliza la siguiente ecuación, la cual se obtuvo como resultado del análisis de los cálculos de radiación horizontal global para diferentes etiquetas de panel (Pérez Álvarez, 2019).

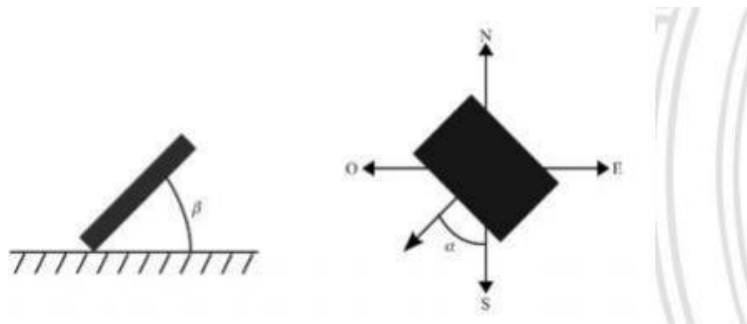
Donde:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 |\varphi|$$

$\beta_{opt}$ = Inclinación óptima para maximizar la captación de energía anual en grados sexagesimales.

$\varphi$ = Latitud del lugar en grados sexagesimales.

**Figura 12** Ángulo de inclinación y orientación de panel.



Nota: Angulo de inclinación y orientación de panel.  
Adaptado de Guía para el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos (p.06), por Pérez, 2019.

## 2.6.2 Inclinación de los paneles

La eficacia de los paneles fotovoltaicos se obtiene cuando están orientados cerca del sol, las estructuras de montaje melodía fijos y en su gran totalidad se los instalan sobre los techos ora en terrazas de las viviendas, es opinar en absoluto es pueden obedecer la actividad del sol.

Algunos instaladores de paneles solares fotovoltaicos lo hacen en las fachadas de las viviendas, como peculiaridad arquitectónica, el esquinazo de querencia de los paneles, está dado entre el ángulo del plano horizontal y del panel solar, de la correcta instalación depende de la vida útil del sistema (González Peñafiel et al., 2014).

Debido a las estaciones de la reunión entre verano e invierno los paneles deben individuo instalados en esquinazo medio, para que estos tengan su eficacia en esta segunda vez estaciones de la reunión, a continuación, en la sucesiva comparación podemos respetar los posesiones ángulos que se pueden beneficiarse para el asentamiento de los paneles.

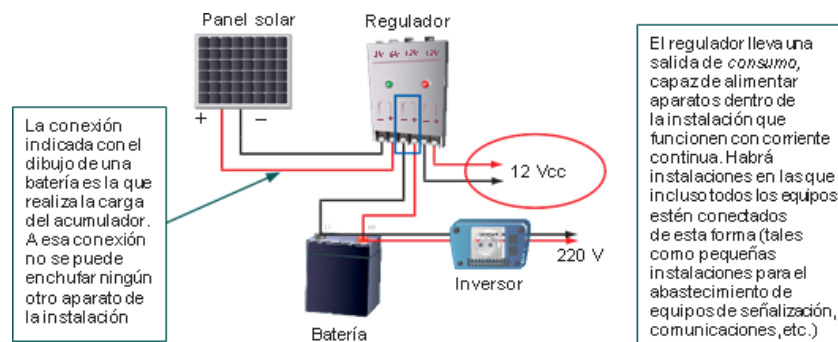
Un panel solar debe tener como mínimo un ángulo de inclinación de 15° para evitar la acumulación de polvo y de agua, “la gente tiende a aplicar una regla simple, utilizando el ángulo de inclinación igual a la latitud del lugar donde se encuentra la instalación. Esta regla permite obtener un promedio simple del ángulo de inclinación de los paneles, que podrían beneficiarse de un rendimiento promedio aceptable durante todo el período del año (Peñañiel et al., 2014).

## 2.7 El regulador

Para el correcto funcionamiento del sistema, se debe instalar un sistema de gestión de carga en el punto de conexión entre los paneles solares y las baterías. Este elemento se denomina regulador y su función es evitar que la batería se cargue y se descargue en exceso para prolongar su vida útil.

Entonces el controlador funciona en ambas regiones. En la parte de carga, su función es asegurar una carga suficiente de la batería y evitar situaciones de sobrecarga, y en la parte de descarga, asegura el suministro de energía diario suficiente y evita la contaminación excesiva de la batería (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

**Figura 13** Esquema de conexión del regulador en la instalación.



Nota: Esquema de conexión del regulador en la instalación. Adaptado de Componentes de una instalación solar fotovoltaica (p.19), por Corcobado y Ramona Rubio, 2014

## 2.8 Acumuladores, tipos de baterías

La batería es un elemento importante en sistemas que requieren almacenamiento de energía. En los sistemas fotovoltaicos autónomos, las baterías son un elemento importante para su funcionamiento. Ellos son recargados por celdas fotovoltaicas a través de controladores de carga y su energía de salida es entregada a la ubicación deseada ( Pavón Narváez, 2018).

La llegada de la energía solar en los paneles fotovoltaicos no es uniforme, sino que varía por diversas razones. Algunas de estas variaciones son predecibles, como la duración de la noche o las estaciones, pero existen muchas otras razones que pueden provocar cambios aleatorios en la energía recibida, como el aumento de la nubosidad en un momento dado (Pavón Narváez, 2018).

Este hecho obliga a utilizar un sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en los que la radiación recibida por el generador fotovoltaico no puede hacer funcionar el sistema con los valores esperados. Para este fin se utilizan pilas o acumuladores (Pavón Narváez, 2018).

Las baterías son dispositivos que pueden convertir energía química en energía eléctrica. El trabajo en el sistema fotovoltaico será (Corcobado y Carmona Rubio, 2014):

1. Energía eléctrica (generación)
2. Energía química (almacenamiento)
3. Energía eléctrica (consumo)

Las baterías se cargan a partir de la electricidad generada por los módulos solares a través de un controlador de carga y pueden entregar su energía a la toma del sistema donde se consume (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

Las baterías en los sistemas fotovoltaicos cumplen tres funciones:

- Reserva de energía para un número determinado de días.
- Proporciona un alto rendimiento instantáneo.

- Configure el voltaje de funcionamiento del sistema.

Además de la capacidad, debemos considerar otros parámetros de las baterías que utilizaremos en los sistemas fotovoltaicos:

- Eficiencia de carga: relación entre la energía utilizada para cargar la batería y la energía realmente almacenada. Es interesante que sea lo más alto posible (cerca del 100 %, lo que indicaría que toda la energía utilizada para la carga se puede utilizar a la salida de la planta). Si la eficiencia es baja, se debe aumentar la cantidad de paneles solares para lograr los resultados deseados.
- Auto descarga: Un proceso por el cual una batería tiende a descargarse cuando no está en uso.
- Profundidad de descarga: El porcentaje de energía recibida por la batería durante una descarga dada, asumiendo una batería completamente cargada. Esto está relacionado con la duración o vida útil de la batería. Con ciclos de descarga cortos (p. ej., aprox. 20 %), la vida útil de la batería es mayor que con una descarga profunda (p. ej., 80 %) (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

Además de los parámetros eléctricos, las propiedades deseables para su uso en sistemas solares son:

- Buena resistencia al ciclado (proceso de carga descarga).
- Bajo mantenimiento.
- Buen funcionamiento con corrientes pequeñas.
- Amplia reserva de electrolito.
- Depósito para materiales desprendidos.
- Vasos transparentes.

Existen varias tecnologías de baterías, algunas más adecuadas para aplicaciones solares que otras.



## **2.9 Tipos de baterías**

Una batería consta de una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química en electricidad. Si las reacciones químicas que tienen lugar son irreversibles, la batería solo se puede utilizar una vez y se denomina batería primaria. Cuando las reacciones químicas son reversibles y la pila puede recargarse convirtiendo la energía eléctrica en energía química, se dice que la batería es secundaria.

Las baterías primarias, comúnmente conocidas como celdas, reciben este nombre porque no requieren un proceso inicial de carga o activación una vez que se fabrican y pueden proporcionar energía eléctrica directamente. Las baterías secundarias no pueden proporcionar energía directamente y deben precargarse. Este grupo incluye todas las baterías recargables, también llamadas acumuladores, como las baterías de plomo-ácido y níquel-cadmio (Chunga Ramirez y Margareth, 2020).

### **2.9.1 Baterías de Ion litio**

Las baterías constan de un electrodo negativo o electrodo positivo hecho de óxido metálico de litio y un electrodo positivo o negativo de carbono, con un electrolito hecho de material de litio que ayuda a conducir los electrones. Las baterías de litio tienen una gran demanda para el almacenamiento de energía a gran escala cuando se utilizan en electrónica y vehículos eléctricos y actualmente se están regenerando con características operativas muy favorables para este tipo de sistema fotovoltaico, listo para competir en el mundo de las energías renovables (Pérez, 2019).

### **2.9.2 Batería estacionaria OPzS.**

Esta es una batería abierta de plomo-ácido de 2 voltios hecha de placas tubulares de plomo que cubren toda la batería. Más plomo es más caro y más duradero en el proceso de descarga. Larga vida útil con apariencia transparente y excelente rendimiento de carga y descarga, que puede controlar la acidez agregando agua destilada según sea necesario con un mantenimiento regular (Chunga Ramirez y Margareth, 2020)

### **2.9.3 Batería estacionaria OPzV.**

La batería consta de placas de electrodos tubulares cubiertas con electrolito de gel y no requiere mantenimiento. Tiene características operativas similares a OPzS, pero la tecnología tipo gel lo hace más costoso (Chunga Ramirez y Margareth, 2020).

### **2.9.4 Baterías Estacionarias**

Son conocidas como celdas solares, baterías de ciclo profundo y/o baterías de plomo-ácido. La particularidad de este tipo de batería es que su sistema consta de una celda o botella de 2 voltios para cada batería. Cuando se requiere el voltaje nominal de 12V o más, se conectan en serie para agregar un voltaje individual de a cada uno de ellos, y por lo tanto para 12V se necesitan 6 baterías estáticas tipo, que tiene mayor autonomía y da potencia. Estas baterías tienen una vida más larga y el funcionamiento de descarga es mejor que otras. si se compara con otros. Ampliamente utilizado para sistemas de grano, plantas de muy alto consumo y para sistemas de bombeo (Alvarado de Guevara, 2018).

### **2.9.5 Baterías tipo AGM o VRLA**

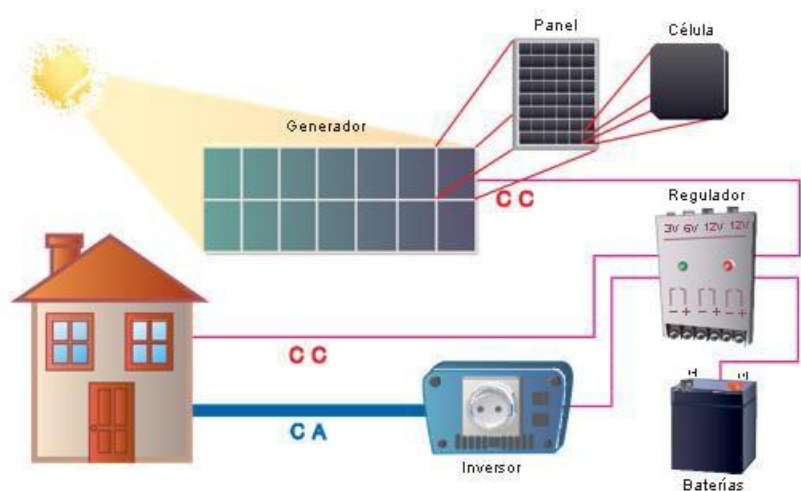
En estas baterías el electrolito es absorbido en separadores de fibra de vidrio, no requieren ventilación y mantenimiento, trabajan con altas corrientes de descarga. Son baterías ventiladas, sin líquido, que se pueden instalar en horizontal o en vertical y tienen un volumen de trabajo mucho mayor, lo que las hace ideales para este tipo de sistemas fotovoltaicos. También denominadas baterías secas, existen dos modelos, Gel y AGM, que tienen como objetivo minimizar la pérdida de electrolitos, aspecto que afecta el rendimiento de la batería (Ramón Soliz y Pineda Erreyes, 2015).

## **2.10 El inversor**

El inversor se encarga de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna que se utiliza en la red eléctrica: 220 V de valor eficaz y una frecuencia de 50 Hz.

Es un elemento importante en los dispositivos que se conectan a la red y está presente en la mayoría de los dispositivos autónomos, especialmente utilizado en dispositivos diseñados para electrificar el hogar (Corcobado & Carmona Rubio, 2014).

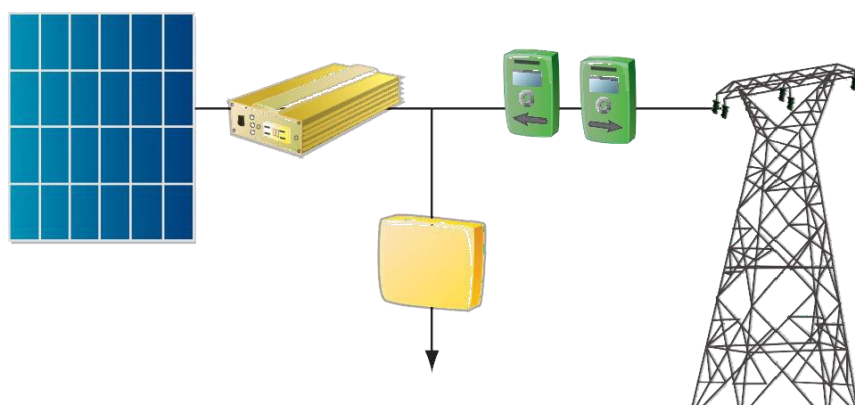
**Figura 14** Esquema general de una instalación autónoma con inversor.



Nota: Esquema general de una instalación autónoma con inversor. Adaptado de Componentes de una instalación solar fotovoltaica (p.24), por Corcobado y Ramona Rubio, 2014

En caso de conectar la planta a la red, se sigue el esquema indicado:

**Figura 15** Esquema general de una instalación Reguladora de carga.



Nota: Esquema general de una instalación Reguladora de carga. Adaptado de Componentes de una instalación solar fotovoltaica (p.24), por Corcobado y Ramona Rubio, 2014

Se observa, la principal diferencia entre ambas plantas es que las baterías son autónomas para almacenar energía y tienen sus controladores de carga, mientras que en las plantas conectadas a la red no se almacena energía, sino al revés. entregado a los usuarios a través de la red eléctrica mientras se produce. Este tipo de plantas disponen de contadores, tanto de la energía vendida a la red como del consumo de la propia planta de producción (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

Las características deseables de un inversor DC se pueden resumir en las siguientes:

- Alta eficiencia: debería funcionar bien en un amplio rango de potencia.
- Bajo consumo en reposo, es decir, sin consumidores conectados.
- Alta fiabilidad: resistente a los picos de arranque.
- Protección contra cortocircuitos.
- Seguridad.
- Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida, que como ya se ha comentado debe ser compatible con la red (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

## **2.11 Inversores en instalaciones conectadas a red**

Este equipo electrónico es el elemento central del sistema fotovoltaico en la red. Además de la conversión de corriente continua a corriente alterna, el inversor debe sincronizar la corriente eléctrica generada con la corriente eléctrica de la red para completar su compatibilidad. El inversor dispone de funciones protectoras que aseguran tanto la calidad de la electricidad suministrada a la red como la seguridad de la propia instalación y de las personas (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

Los siguientes parámetros determinan las propiedades y ventajas del inversor:

- Potencia: define la potencia máxima que se puede inyectar a la red en condiciones óptimas. La gama de servicios en el mercado es enorme; sin embargo, para sistemas privados desde 50 W (mini inversores en cada panel) o

400 W (para pequeños campos fotovoltaicos) hasta potencias de varios kilovatios. Muchos modelos están diseñados para aumentar el rendimiento general de la instalación junto con la conexión.

- Fases: Los inversores de menos de 5 kW suelen ser monofásicos. Los de más de 15 kW suelen ser trifásicos. Muchos modelos monofásicos se pueden conectar entre sí para proporcionar energía trifásica.
- Protecciones: El inversor debe tener al menos varias protecciones generales:
  - Interruptor automático: interruptor automático en el que los relés de mínima y máxima tensión controlan las fases de la red. El distribuidor al que está conectado el inversor. El sistema de comunicación y, por lo tanto, la conexión a la red de baja tensión del sistema fotovoltaico se restablece automáticamente tan pronto como se restablece el funcionamiento normal de la red.
  - Funcionamiento autónomo: el inversor debe disponer de un dispositivo que impida el funcionamiento del inversor en caso de fallo de alimentación o caída de tensión por debajo de un determinado umbral.
  - Limitadores de sobretensión y subtensión.
  - Limitador de frecuencia máxima y mínima. El margen indicado es del 2%.
  - Protegido contra el contacto directo.
  - Protección contra sobrecarga.
  - Protección contra cortocircuitos.
  - Baja emisión e inmunidad a armónicos.

El estado de funcionamiento del inversor se visualiza mejor en los indicadores luminosos o en la pantalla (funcionamiento anómalo o error, parada de producción por fallo de red y demás). También sería práctico si el inversor pudiera ser controlado por una computadora. Si en la instalación se incluyen sensores, estos pueden proporcionar información sobre radiación, irradiancia solar, potencia convertida a AC, eficiencia, entre otros (Corcobado y Carmona Rubio, 2014).

### 3 CAPÍTULO III

#### LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN, DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

##### 3.1 Antecedentes

Antes de describir el análisis y diseño del sistema solar fotovoltaico de la comuna en referencia, es importante relatar la situación en la que se encuentra el lugar. El recinto El Cerrito, cantón Balzar-Guayas, es una comunidad que tiene como principal actividad la agricultura y la ganadería.

Donde viven alrededor de 230 familias, en el sitio existen dos escuelas fiscales las cuales abre sus puertas a todos los niños del sector y recintos aledaños que no tienen accesibilidad a la educación.

En la actualidad esta comunidad tiene como problema la ausencia de abastecimiento de agua al momento de los cortes de energía eléctrica de la red local; en ella también existe un problema constante que es la ausencia de las tres fases, esto hace que la bomba no pueda encender ya que es trifásica.

Otro de los problemas que no permite que la bomba trabaje las 24 horas es el alto costo del pliego tarifario, ya que al momento de trabajar por más horas al mes arroja una cifra de 300 kWh, esto en dólares sería un valor de USD \$360.00.

El agua que se extrae desde el pozo es repartida aproximadamente durante 4 horas al día, en donde los habitantes deben de aprovechar para almacenar el agua en tachos para poder cubrir con todas las necesidades durante el día.

**Figura 16** Sitio donde se encuentra el sistema de la bomba de distribución de agua.



Nota: Sitio donde se encuentra el sistema de la bomba de distribución de agua. Foto tomada por el Autor, 2022

### **3.2 Informe de visita técnica para la adquisición de datos para el proyecto.**

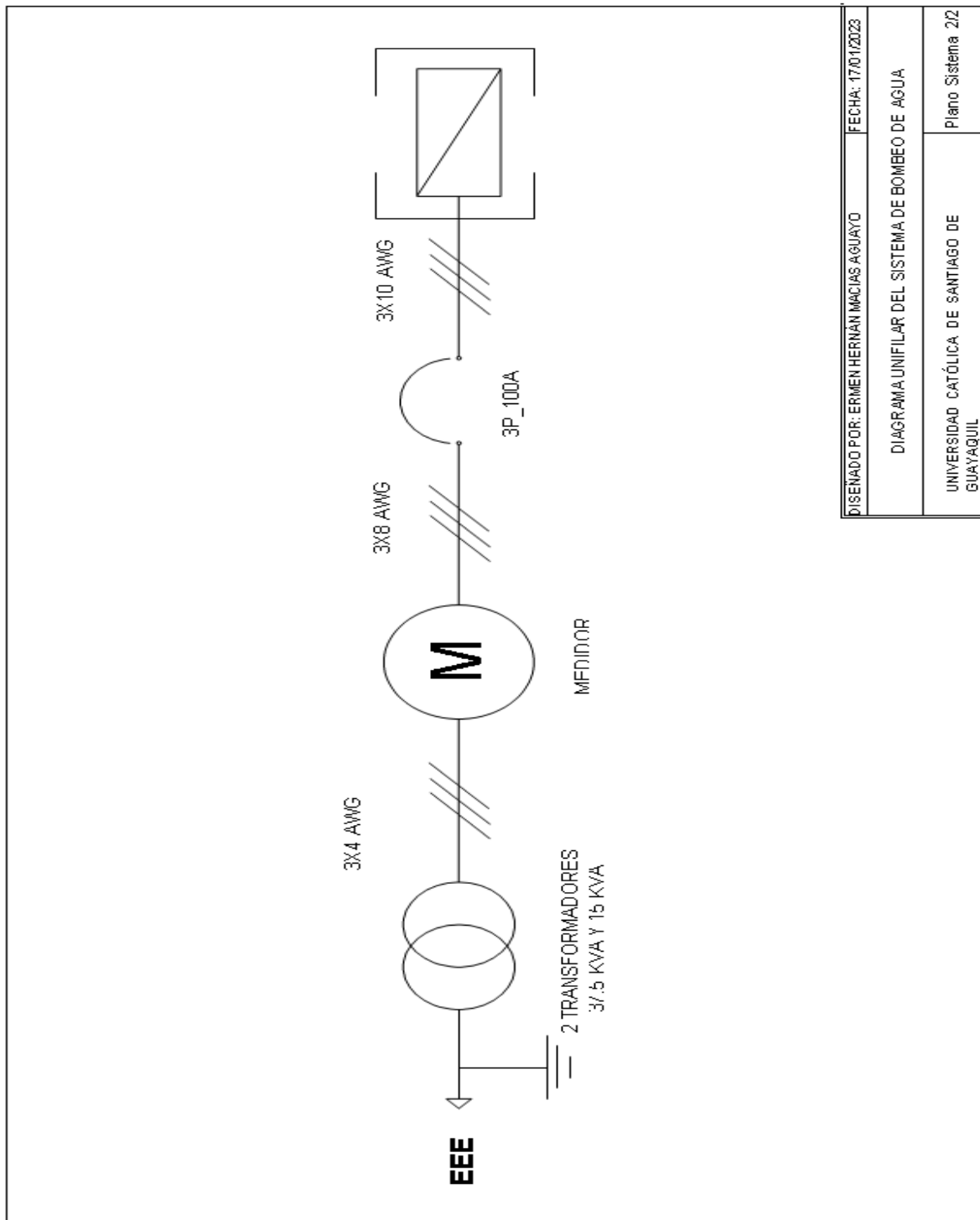
El objetivo de la visita técnica fue para obtener datos más específicos sobre la bomba que va a ser alimentada por los paneles solares, determinar la capacidad de los mismos, y todo lo que conlleva al análisis para el adecuado diseño del sistema fotovoltaico. Para poder realizar el diseño del sistema fotovoltaico se debió recopilar información necesaria para saber desde donde se partirá.

Al momento de la visita técnica se observó dos transformadores monofásicos convencionales de 37.5 kVA y 15 kVA respectivamente, un medidor de luz, sistema de protección y de control para la bomba de agua.

A continuación, se adjunta el diagrama unifilar de cómo está conformado el sistema eléctrico a la hora de hacer la visita técnica, además se detalló los elementos que conforman el sistema eléctrico de la bomba de agua.

### 3.2.1 Diagrama unifilar del sistema eléctrico del sitio

Figura 17 Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la bomba de agua.



Nota: Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la bomba de agua. Elaborado por Autor, 2022.



### 3.2.2 Transformadores

En el lugar se encuentran dos transformadores monofásicos convencionales de capacidad de 37.5 kVA y 15 kVA, los cuales están conectados en estrella y delta abierto con una línea de fuerza la que nos da un total de 52.5kVA de capacidad.

**Figura 18** Transformadores monofásicos convencionales de capacidad de 37.5kVA y 15 kVA



Nota: Transformadores monofásicos convencionales de capacidad de 37.5kVA y 15 kVA. Foto tomada por el Autor, 2022

### 3.2.3 Especificaciones técnicas del motor sumergible

Al momento de realizar el diseño de cualquier instalación eléctrica fue necesario adquirir la información que nos permitirá realizar los cálculos respectivos para el dimensionamiento de todos los elementos a implementar.

A continuación, se detalla datos del motor sumergible:

Motor sumergible:

**Tabla 2** Especificaciones técnicas del motor sumergible

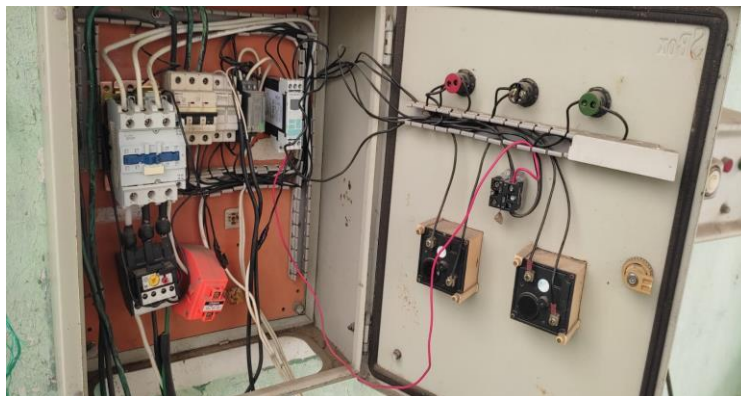
Potencia del Motor	10.00 HP
RPM del Motor	3450 RPM
Encendido	Eléctrico
Voltaje	230 / 460 V
Fases del motor	Trifásico
Corriente	28.4 / 14.2 A

Nota: Especificaciones técnicas del motor sumergible. Elaborado por el Autor, 2022.

### 3.2.4 Elementos eléctricos de protección del circuito.

El sistema eléctrico tuvo elementos de protección y de control, tales como es el disyuntor principal, contador, relé térmico; a continuación, se detalla cada elemento con sus especificaciones técnicas.

**Figura 19** Tablero de control y fuerza del circuito



Nota: Tablero de control y fuerza del circuito. Foto tomada por el Autor, 2022

### 3.2.4.1 Disyuntor Principal del circuito

El sistema eléctrico posee como principal protección un disyuntor trifásico de 100A, que tiene como función principal interrumpir el flujo de electricidad del circuito cuando existe una diferencia entre la corriente de entrada y de salida.

**Figura 20** Disyuntor principal de 100A.



Nota: Disyuntor principal de 100A. Foto tomada por el Autor, 2022

### 3.2.4.2 Disyuntor del circuito de control y fuerza

El circuito de control y fuerza está protegido por un disyuntor trifásico de 63A, el cual se encarga de proteger de alguna variación de corriente que afecte al circuito.

**Figura 21** Disyuntor principal de 63A.



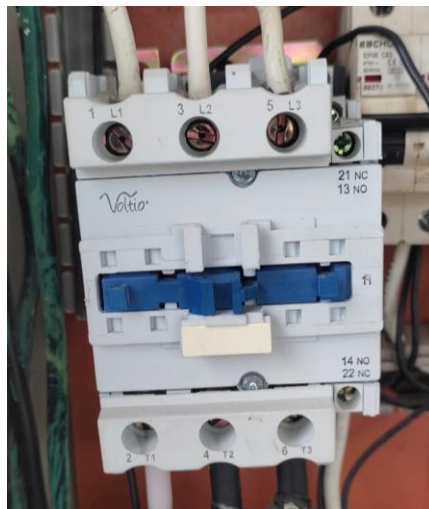
Nota: Disyuntor principal de 63A. Foto tomada por el Autor, 2022

### 3.2.4.3 Contactor y relé térmico

Un contactor es un dispositivo electromagnético que se puede controlar de forma remota para cerrar o abrir un circuito. Uno de los principales usos de los contactores es el control de circuitos de potencia para todo tipo de motores eléctricos. (Martín y García, 2009)

En el tablero se encontró un contactor tal como lo demuestra la imagen 6.

**Figura 22** Contactor del circuito de control.



Nota: Contactor del circuito de control. Foto tomada por el Autor, 2022

El relé térmico del circuito tiene como mecanismo proteger al receptor en este caso al motor sumergible de alguna sobrecarga o calentamiento.

**Figura 23** Relé térmico del circuito de control.

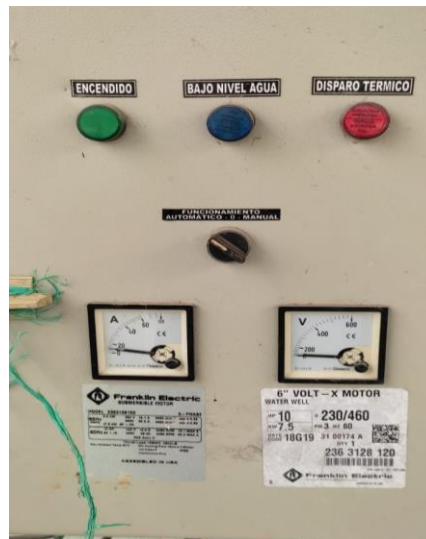


Nota: Relé térmico del circuito de control. Foto tomada por el Autor, 2022

### 3.2.5 Elementos de control del circuito.

El circuito está conformado por los elementos tales como son relé de nivel, timer, selector para trabajo manual o automático, voltímetro y amperímetro analógico; a continuación, se detalla cada uno.

**Figura 24** Tablero de control del circuito.



Nota: Tablero de control del circuito. Foto tomada por el Autor, 2022

#### 3.2.5.1 Relé de nivel

El relé de nivel es un elemento electrónico que nos va a permitir monitorear y regular automáticamente el nivel del agua del pozo a través de los electrodos sumergidos en el mismo.

**Figura 25** Relé de nivel.



Nota: Relé de nivel. Foto tomada por el Autor, 2022

### 3.2.5.2 Relé temporizador.

En el circuito el relé cumple la función como la de un interruptor activado eléctricamente, esto quiere decir que cuando llega corriente a la bobina del relé los contactos abiertos se cierran y viceversa en el tiempo que este programado.

**Figura 26** Relé temporizador



Nota: Relé temporizador. Foto tomada por el Autor, 2022

### 3.3 Diagnóstico final de la situación actual

El abastecimiento de agua del recinto El Cerrito cantón Balzar-Guayas es ineficiente el cual no cubre las necesidades de los habitantes de dicha comunidad ya que se da mediante una bomba de agua la cual trabaja cuatro horas al día, esto se verifica si no hay cortes de energía eléctrica; tampoco opera las 24 horas del día por motivos de que el pliego tarifario saldría muy elevado.

## 4 CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Una vez realizada la visita técnica y teniendo los datos respectivos, se procedió a realizar los cálculos que ayudaron a dimensionar el sistema fotovoltaico para poder alimentar la bomba de agua. En este capítulo se analizará los detalles técnicos que ya se tiene conocimiento, ya que con ellos se va a realizar los cálculos respectivos y así poder elaborar el diseño del sistema fotovoltaico.

#### 4.1 Cálculos del sistema fotovoltaico

A continuación, se detalla con su respectiva fórmula lo siguiente:

- Cálculo de potencia de consumo del motor
- Cálculo de número de paneles
- Cálculo de capacidad de la batería
- Cálculo de inclinación óptima para el sistema.
- Cálculo potencia de inversor

##### 4.1.1 Cálculo de potencia de consumo del motor:

Para calcular la potencia máxima del motor, se la calcula con la siguiente ecuación (1):

$$P_{md} = P_m \times t \quad (1)$$

$$P_{md} = 6248 \times 4$$

$$P_{md} = 24.992W$$

Donde:

$P_{md}$ : Potencia consumo motor durante día [kWh]

$P_m$ : Potencia consumo motor [kW]

T: tiempo de trabajo [h]

#### 4.1.2 Cálculo del consumo máximo:

Para realizar el cálculo del consumo máximo se aplica la ecuación (2).

$$I_{ins\_max} = \frac{P_{md}}{V_{bateria}} \left[ \frac{Ah}{d} \right]$$
$$I_{ins\_max} = \frac{24.992Wh/d}{12V} \left[ \frac{Ah}{d} \right]$$
$$I_{ins\_max} = \frac{24.992Wh/d}{12V} \left[ \frac{Ah}{d} \right]$$

Se establece un margen de seguridad de 10 %.

$$I_{max} = I_{ins\_max} + I_{ins\_max} * 10 \%$$

$$I_{max} = 2.290,92 \left[ \frac{Ah}{d} \right]$$

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] * \left[ 1 - \frac{K_A * D_{aut}}{P_d} \right]$$

Siendo:

$K_T$ : pérdidas totales.

$K_A$ : pérdidas debido a la auto descarga (0,5 %).

$K_B$ : pérdidas debidas al rendimiento de la batería (5-10 %).

$K_C$ : pérdidas debido al rendimiento del convertidor (5-20 %).

$K_R$ : pérdidas debidas al rendimiento del regulador (5-10 %).

$K_X$ : otras pérdidas no contempladas (5-20 %).



$D_{aut}$ : días de autonomía.

$P_d$ : profundidad de descarga de la batería.

$$K_T = [1 - (0,05 + 0 + 0,1 + 0,15)] * [1 - \frac{0,005 * 1}{0,6}]$$

$$K_T = 0,69$$

$$C_{max} = \frac{I_{max} [Ah]}{K_T d} \quad (2)$$

$$C_{max} = \frac{2.290,92 Ah}{0,69} [\frac{Ah}{d}]$$

$$C_{max} = 3.320,18 [\frac{Ah}{d}]$$

Entonces según los cálculos realizados vamos a tener un consumo máximo de 3 320.18 Ah/d.

#### 4.1.3 Cálculo del número de paneles:

Para realizar el cálculo de números de paneles se aplica la siguiente ecuación (3):

$$E_{panel} = I_{panel} * HSP * \eta_{panel} [\frac{Ah}{d}] \quad (3)$$

Siendo:

$E_{panel}$ : energía generada por un panel solar

$I_{panel}$ : corriente máxima del panel (dato de catálogo)

HSP: horas de suficiente radiación (se obtiene por estimaciones en estaciones meteorológicas)

$\eta_{panel}$ : rendimiento del panel (85-95 %)

Para un panel solar de 400 Wp se tiene una corriente máxima por catálogo de 11A.

$$E_{panel} = 11 * 4 * 90 \% [\frac{Ah}{d}]$$

$$E_{panel} = 39,6 \left[ \frac{Ah}{d} \right]$$

Con estos valores de energía generada por los paneles, se puede calcular el número de paneles en paralelo que puedan abastecer el consumo proyectado del sistema.

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{3.320,18}{39,6} \left[ \frac{Ah}{d} \right]$$

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} = 83,84 \rightarrow 8 \text{ paneles de } 200W$$

Se necesita 8 paneles de 200W para que la bomba trabaje 4 horas diarias.

#### 4.1.4 Cálculo de la capacidad de la batería:

Para realizar el cálculo de la capacidad de batería de nuestro sistema se usa la siguiente ecuación (4):

$$\frac{C_{max} * D_{aut}}{P_d} [Ah] = \frac{3.320,18 * 4}{0,6} [Ah] \quad (4)$$

$$\frac{C_{max} * D_{aut}}{P_d} = 22.134,53 \text{ Ah}$$

$$\frac{C_{bateria}}{C_{nominal-UCG}} = \frac{22.134,53}{300}$$

$$\frac{C_{bateria}}{C_{nominal-UCG}} = 73,78 \rightarrow 74 \text{ baterias de } 300Ah$$

#### 4.1.5 Cálculo de inclinación óptima para el sistema.

Al realizar cálculos de pendiente, se puede optimizar la eficiencia y la detección de radiación de nuestro sistema. Para esto se necesita determinar las coordenadas del lugar donde se implementará el proyecto.

- Latitud: -1.468285
- Longitud: -79.922657

Luego de identificar las coordenadas geográficas se aplica la ecuación (5):

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.6 * Lat. \quad (5)$$

Donde:

$$\beta_{opt} = \text{Inclinación ótima}$$

$$Lat. = \text{Latitud}$$

$$\beta_{opt} = 3.37 + 0.6 * 1^\circ$$

$$\beta_{opt} = 4.3^\circ$$

#### 4.1.6 Cálculo potencia de inversor

Conocer la potencia del inversor es muy importante porque permite establecer la potencia de salida del dispositivo para suministrar corriente alterna al sistema de iluminación propuesto en este proyecto, para lo cual se utilizará la ecuación (6) (López Fernández y López Fernández, 2022).

$$P_{\max\_arreglofv} = P_{\text{modulo}} * N_{\text{modulos}} \quad (6)$$

Donde:

$$P_{\max\_arreglofv} = \text{Potencia maxima del arreglo fotovoltaico}$$

$$N_{\text{modulos}} = \text{Número de módulos}$$

$$P_{\text{modulo}} = \text{Potencia de módulo}$$

$$P_{\max\_arreglofv} = \text{Potencia de módulo}$$

$$P_{\max\_arreglofv} = 200Wp$$

$$P_{\max\_arreglofv} = 200Wp * 8$$

$$P_{\max\_arreglofv} = 1600 W$$

$$P_{\text{inv}} = P_{\max\_arreglofv} * 1.2$$

Donde:

$$P_{\text{inv}} = \text{potencia del inversor}$$

$$P_{\text{inv}} = P_{\max\_arreglofv} * 1.2$$

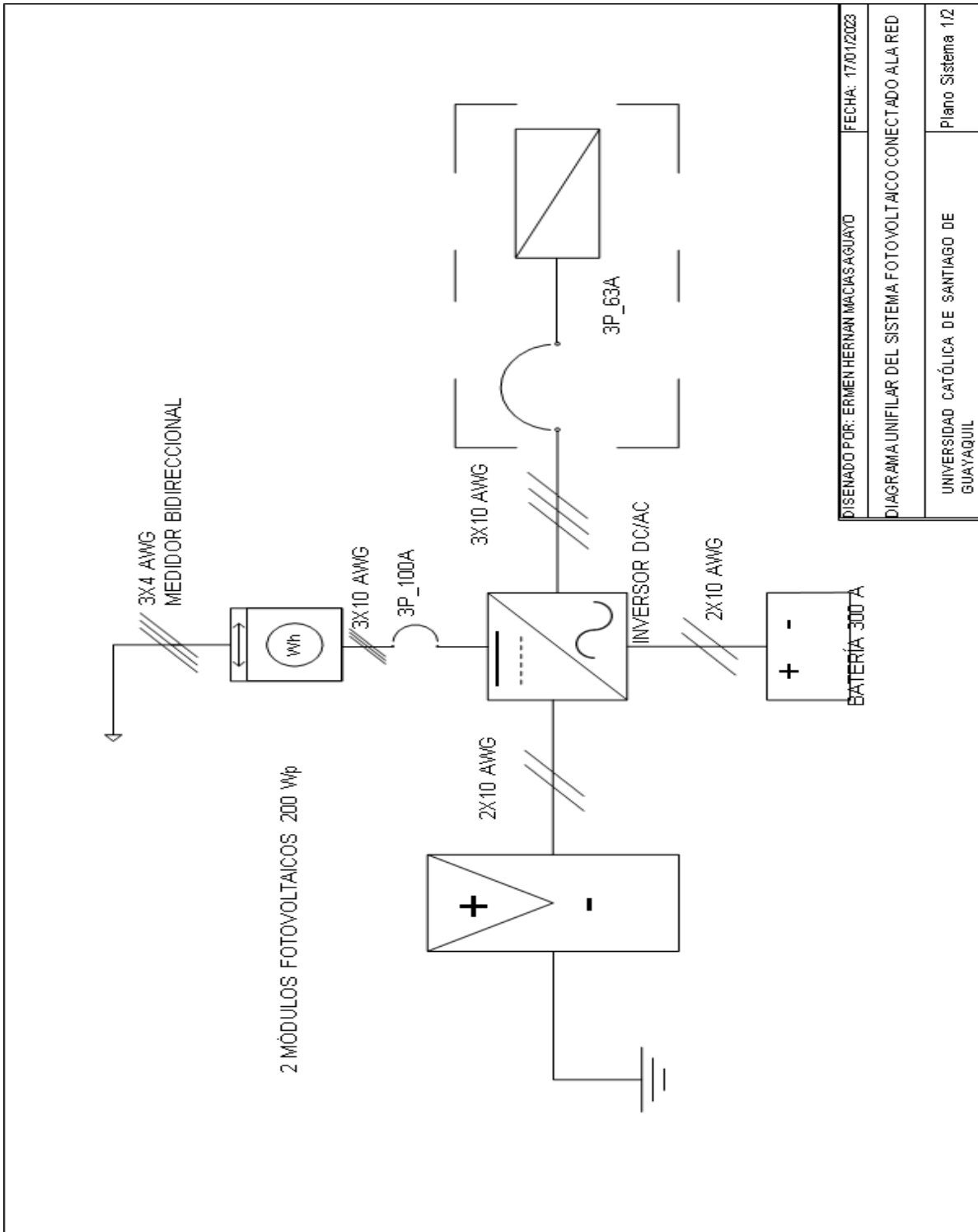
$$P_{\text{inv}} = 1600 * 1.2$$

$$P_{\text{inv}} = 1920 W$$

\* Se sobredimensiona multiplicando 1.20 la potencia (un 20 % más de la potencia prevista)

#### 4.2 Diseño de diagrama unifilar del sistema fotovoltaico

Figura 27 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico conectado a la red.



Nota: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico conectado a la red. Elaborado por el Autor, 2022

### **4.3 Análisis del diseño en el simulador PVsyst 7.2.**

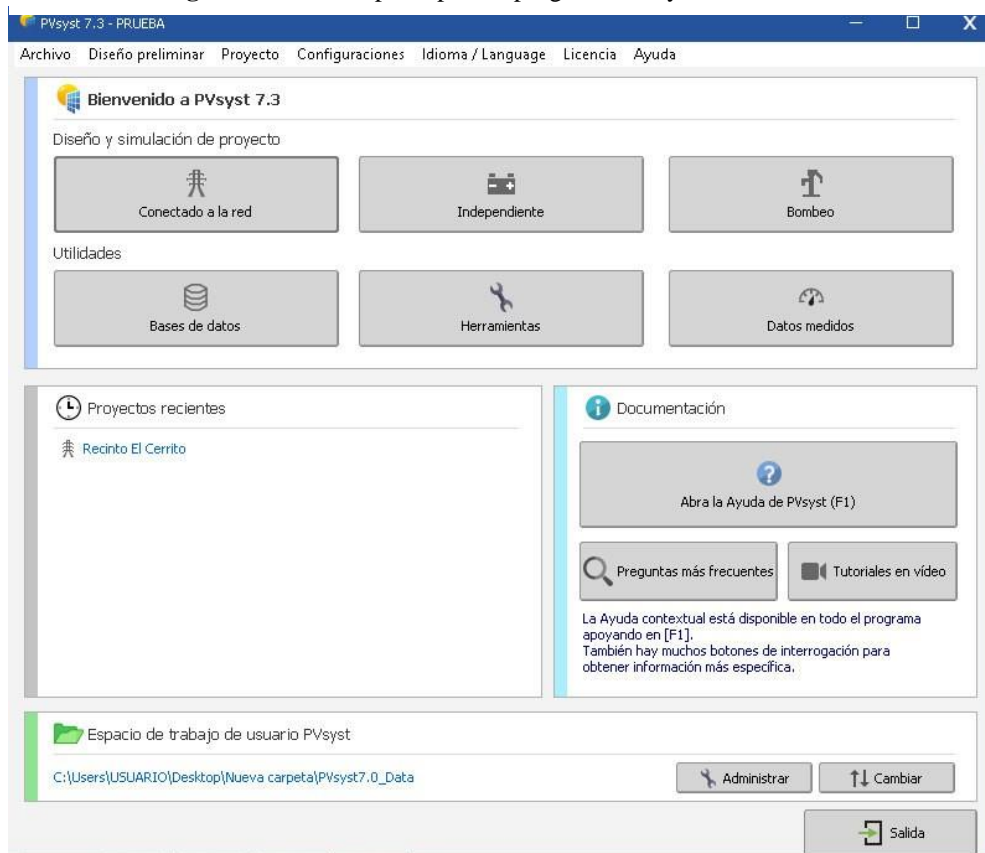
PVsyst es una herramienta de diseño preliminar para evaluar la eficacia y viabilidad de los sistemas fotovoltaicos para convertir la luz solar en energía utilizable. Este programa ayuda en gran medida a realizar el dimensionamiento óptimo de los sistemas fotovoltaicos de manera óptima y eficiente. PVsyst fue construido desde cero para ser una herramienta valiosa para ingenieros, investigadores, educadores y arquitectos para modelar de manera rápida y confiable los posibles tipos de implementación de sistemas fotovoltaicos, completo con informes completos, gráficos visuales y más, proporciona una tabla de datos detallada generada y listo para ser exportado y ser utilizado por otro software.

Gracias a la base de datos meteorológica, el software puede determinar el tamaño de la instalación en función de la radiación solar recibida en su ubicación, permitiendo diseñarla en 3D y la sombra de los movimientos del sol durante el día a partir de proyecciones simuladas.

En el caso particular del proyecto, este procedimiento se utiliza para comparar los resultados obtenidos. Para la selección de paneles fotovoltaicos, el simulador ofrece un amplio catálogo de componentes de todo tipo y propiedades, además de seleccionar las características de tensión y corriente deseadas. Nos indica que, si se puede conectar en serie o en paralelo, además de mostrar el voltaje y la corriente en cada cadena.

El programa también genera alertas en función del tamaño exacto del proyecto, generando recomendaciones que facilitan la comprensión del proyecto, evitando así problemas de diseño. Este programa es muy ventajoso ya que nos brinda resultados precisos y confiables similares a los cálculos escritos, lo que nos dice que el análisis del sistema fotovoltaico es seguro (*Tutorial PVsyst SA, s. f.*)

**Figura 28** Ventana principal del programa PVsyst

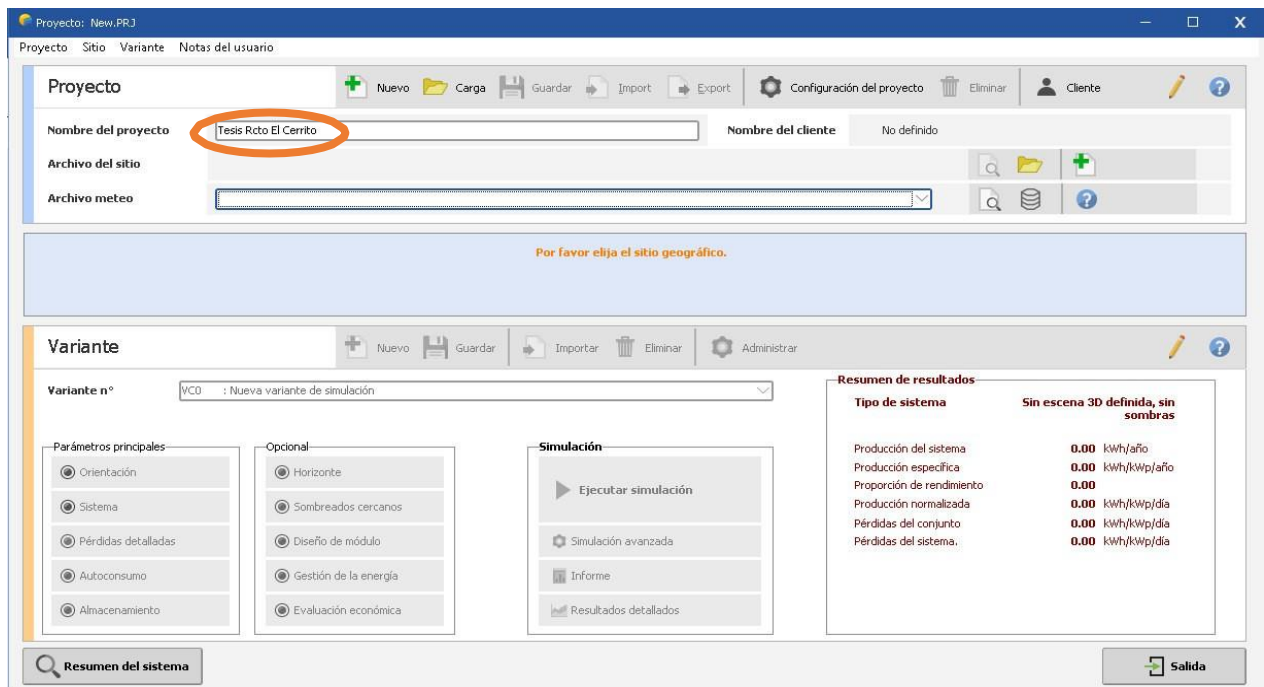


Nota: Ventana principal del programa PVsyst. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

### 4.3.1 Diseño y simulación del proyecto.

Desde el programa tal como se muestra en la figura 29, se genera un nuevo proyecto desde la opción "conectado a la red" el cual se denomina "Tesis Rcto El Cerrito", en el que se da el primer paso asignando un nuevo sitio con las coordenadas geográficas del lugar latitud: -1.468285 y longitud: -79.922657, donde se llevará a cabo el proyecto, figura 30.

**Figura 29** Asignación de nombre al proyecto Fotovoltaico.



Nota: Asignación de nombre al proyecto Fotovoltaico. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

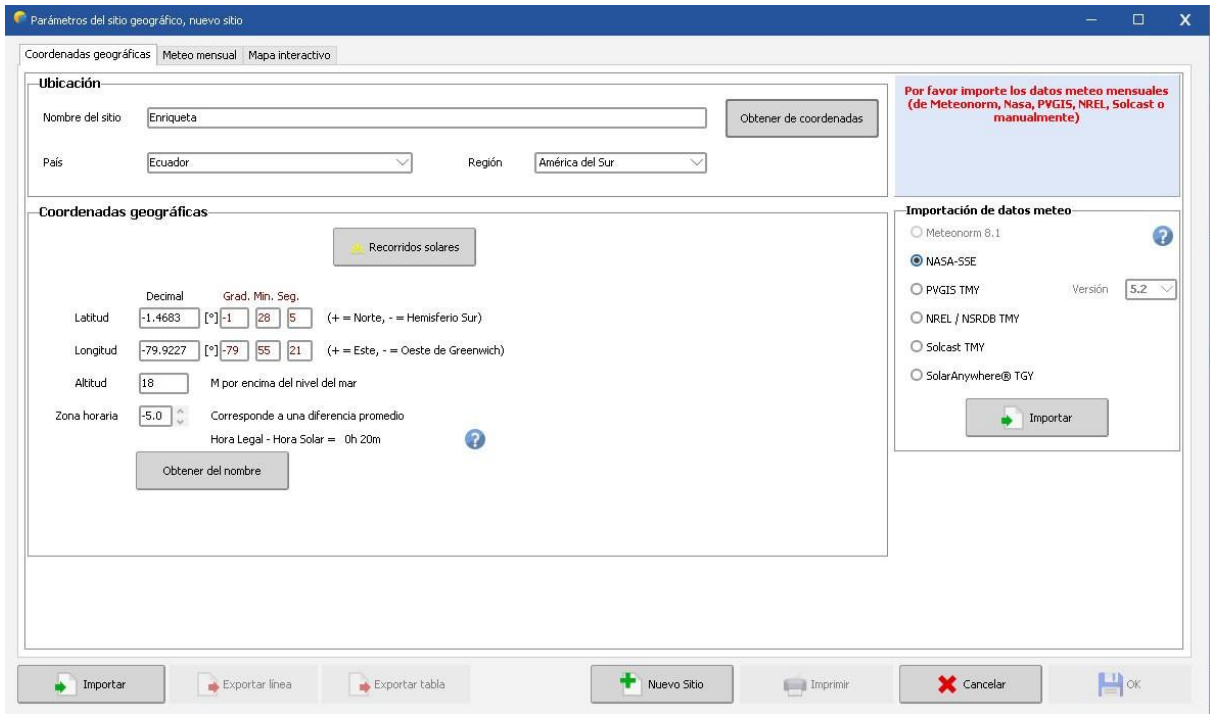
**Figura 30** Asignación de coordenadas del proyecto fotovoltaico.



Nota: Asignación de coordenadas del proyecto fotovoltaico.. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

Una vez asignado el área, ilustración 18 se procede a abrir la siguiente ventana en donde se tiene la opción de colocar las coordenadas geográficas latitud: -1.468285 y longitud: -79.922657.

**Figura 31** Coordenadas geográficas para el simulador.

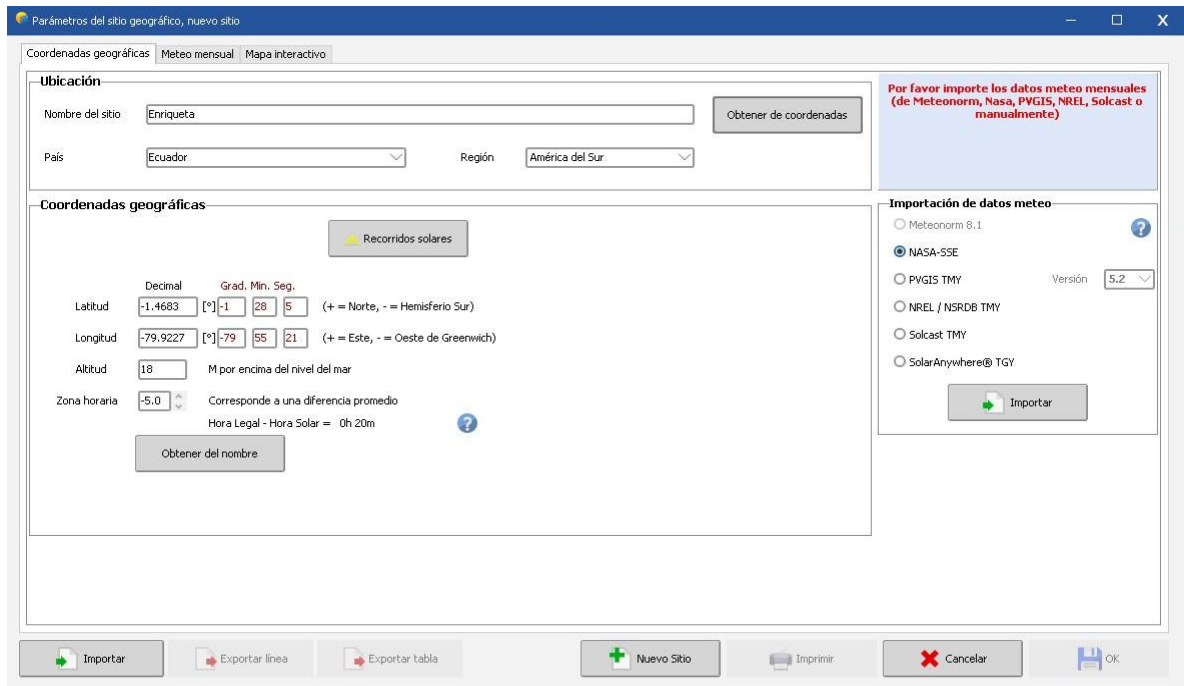


Nota: Coordenadas geográficas para el simulador. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

Una vez encontrado el punto geográfico se mostrará su nombre y en la parte derecha de nuestro simulador hay un apartado de importación de datos meteorológicos, donde se puede elegir cualquier plataforma digital que mejor se adapte al usuario y procede a importar, figura 32.



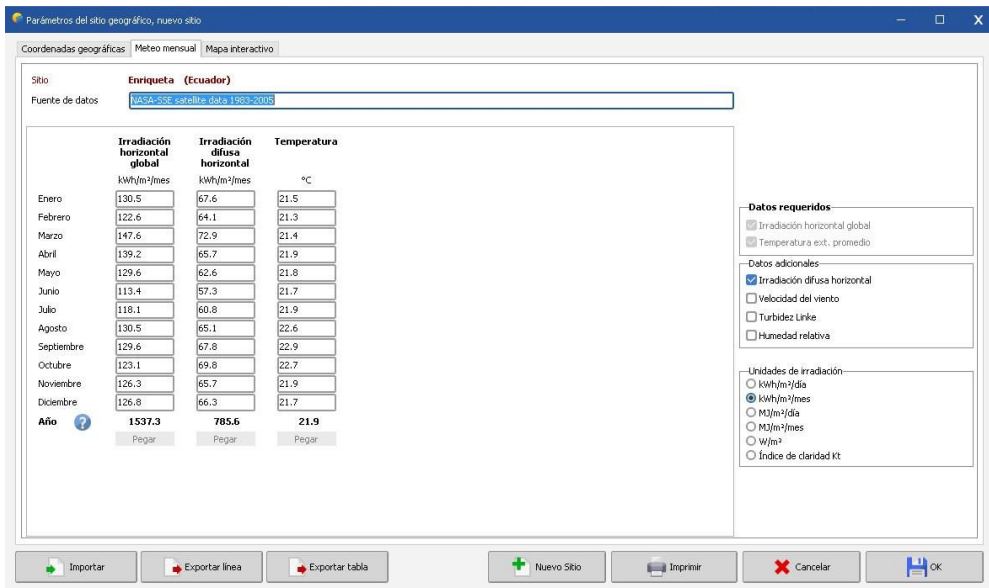
**Figura 32** Importación de datos meteorológicos.



Nota: Importación de datos meteorológicos. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

Inmediatamente, se elige el tipo de base de datos que se va a proporcionar el programa, en este caso elegimos datos de NASA-SSE ya que es la herramienta que brinda información meteorológica y permite la interpolación de datos alrededor del mundo. En esta ventana figura 33 se puede observar la irradiación horizontal global, la irradiación difusa, la temperatura, la velocidad del viento, la turbidez y la humedad.

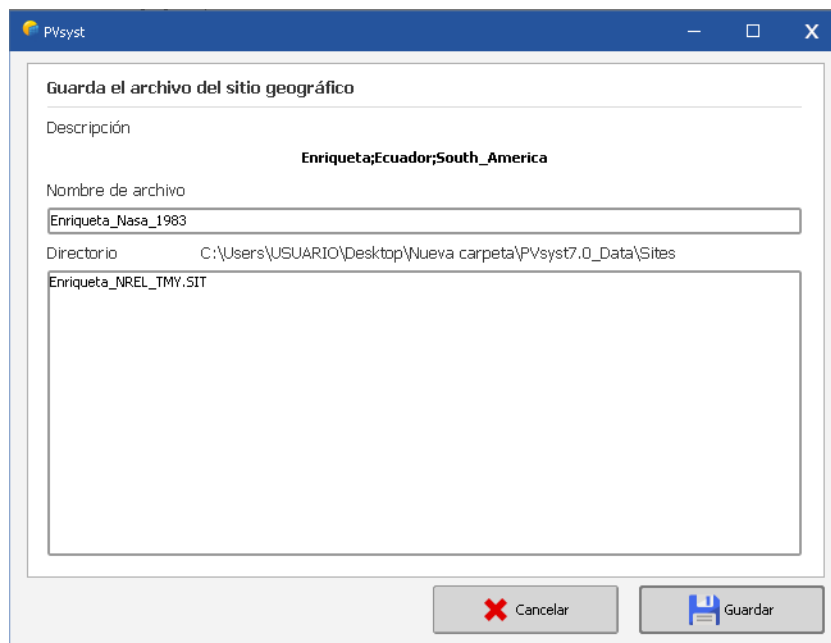
**Figura 33** Características de la importación de datos en NASA-SSE



Nota: Características de la importación de datos en NASA-SSE. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

Después de ingresar los datos, se pasa a la siguiente ventana del simulador, donde se pide que se haga clic en "Guardar" para registrar los datos ingresados y continuar.

**Figura 34** Almacenamiento de datos geográficos.

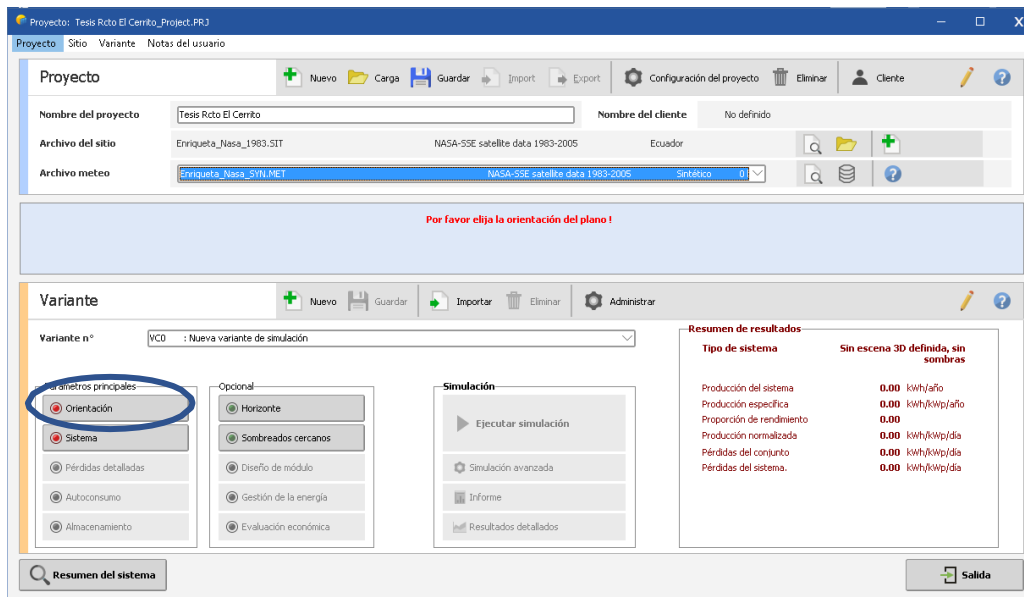


Nota: Almacenamiento de datos geográficos.. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

### 4.3.2 Análisis de los resultados del simulador.

Después de crear el archivo, se ingresa opciones para las dimensiones del proyecto fotovoltaico. Puede comenzar con la configuración básica utilizando la opción Orientación, donde puede elegir el tipo de ubicación, ya sea una pendiente fija, galpón infinito, rastreador, etc. Es posible cambiar la pendiente y el acimut con un ajuste rápido para calibrar para la temporada de invierno o para el verano o según el indicador de irradiación anual.

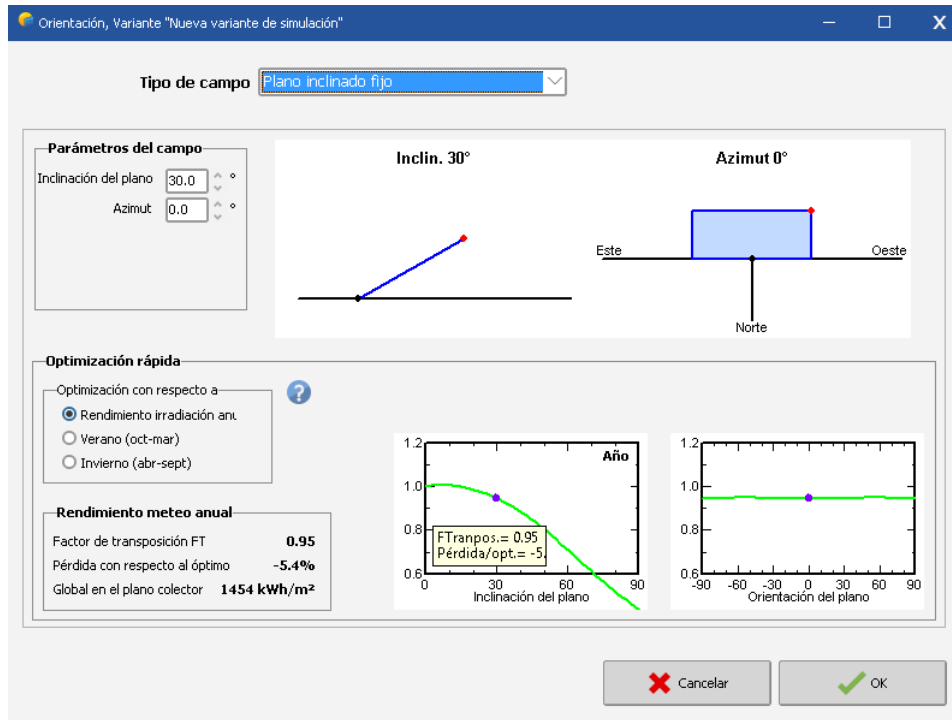
Figura 35 Variantes de dimensionamiento en el simulador.



Nota: Variantes de dimensionamiento en el simulador. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

Se procede a ingresar los datos de la variante para la orientación, los datos requeridos para modelar adecuadamente el proyecto., ilustración 36.

Figura 36 Variante de orientación, "nueva variante de simulación"

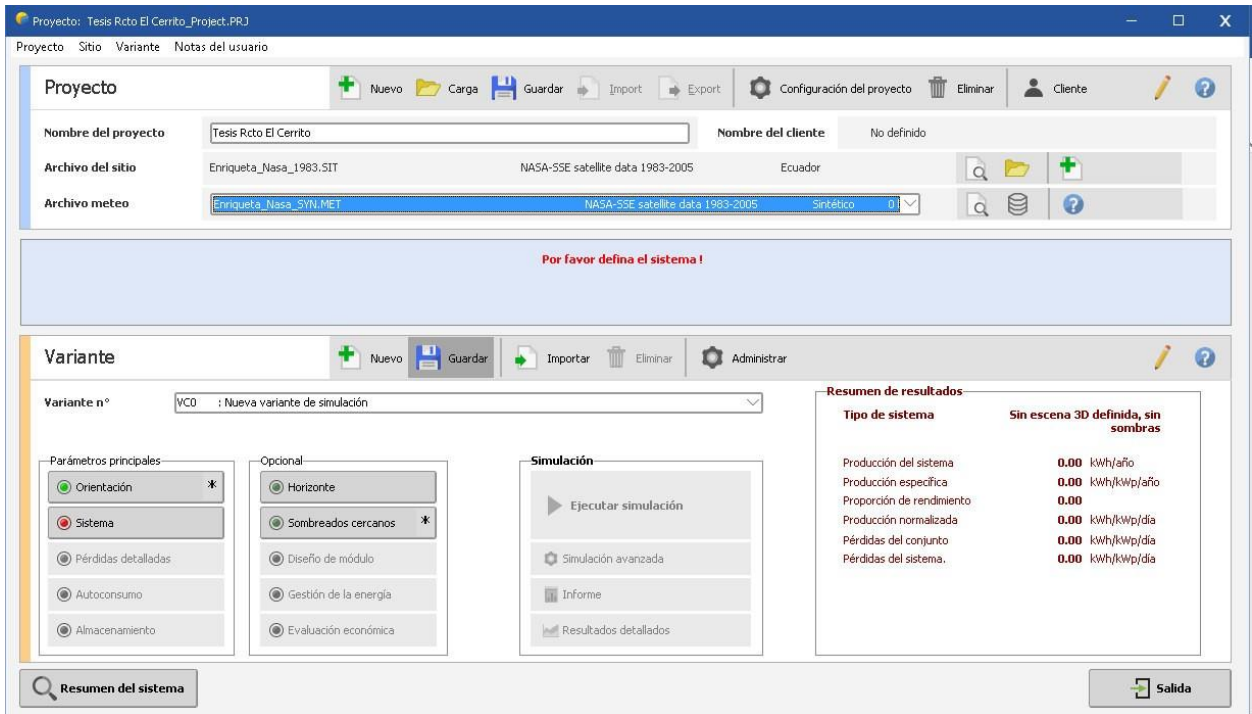


Nota: Variante de orientación, "nueva variante de simulación".Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

### 4.3.3 Ingreso de componentes empleados en nuestra simulación.

Como es un proyecto conectado a la red, figura 37, el programa guía al usuario directamente para ingresar datos en la versión del sistema.

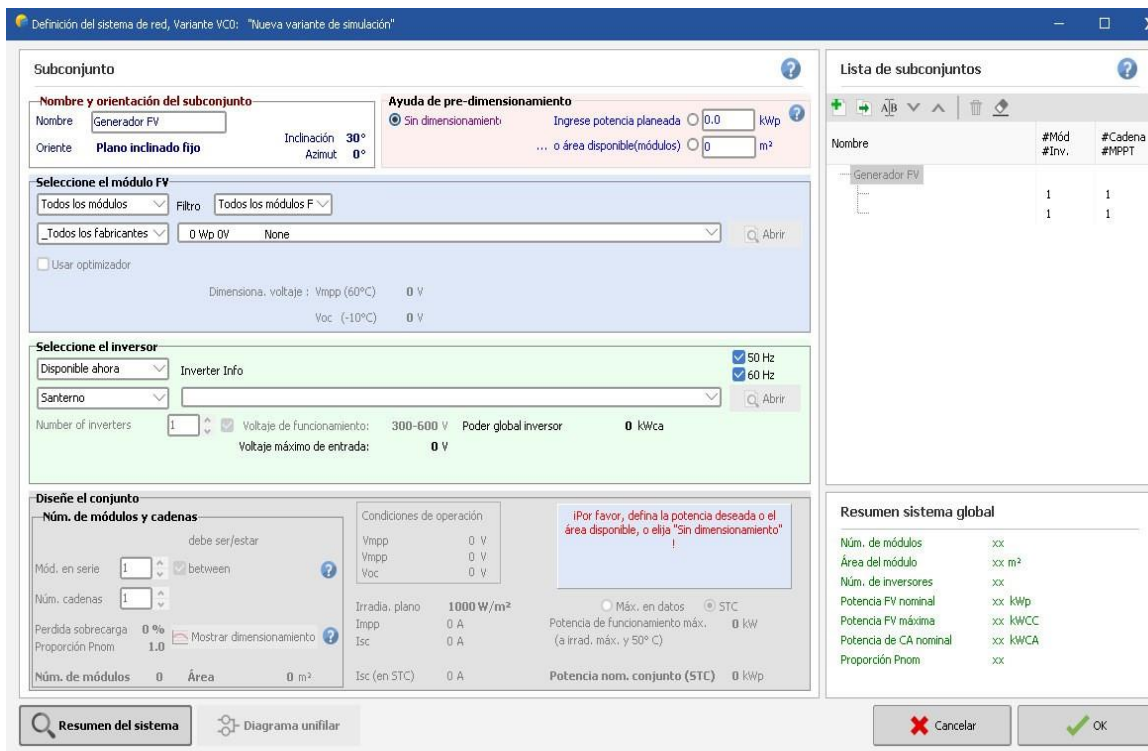
Figura 37 Variante sistema, "nueva variante de simulación".



Nota: Variante sistema, "nueva variante de simulación".Elaborado por el Autor en programa PVsystem, 2022

Luego de ingresar a la opción de simulación, figura 38, la ventana se mostrará algunas opciones como la selección de panel fotovoltaico, selección de inversión, incluso le permite cambiar el número de paneles y circuitos establecidos.

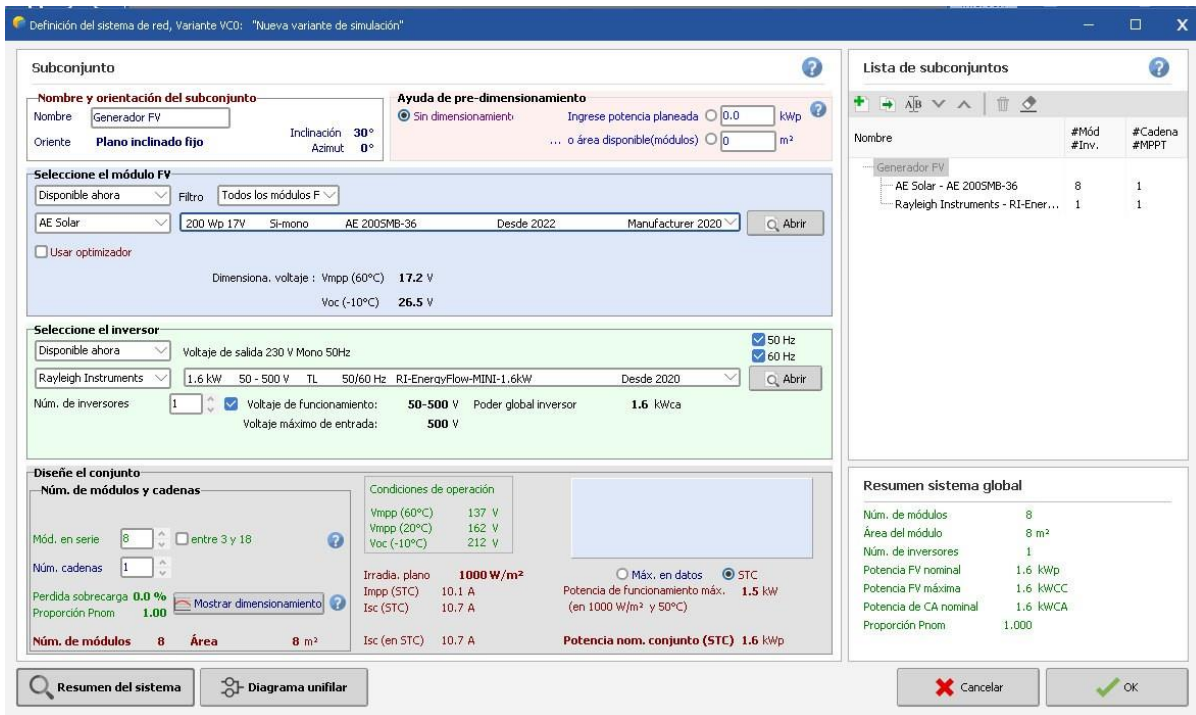
**Figura 38** Ingreso de Potencia pico del sistema para el pre-dimensionamiento



Nota Ingreso de Potencia pico del sistema para el pre-dimensionamiento  
 .Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

Para sus dimensiones en la figura 38, se ingresa la potencia pico que requiere el sistema, luego se selecciona la marca y modelo de módulo fotovoltaico a utilizar, de acuerdo al criterio y las especificaciones del módulo adecuado para el proyecto, de igual forma seleccionar el inversor, se selecciona la marca y modelo del inversor en relación a su rendimiento y características técnicas, lo que junto con el simulador va a permitir obtener resultados precisos y fiables.

**Figura 39** Culminación del conjunto fotovoltaico.

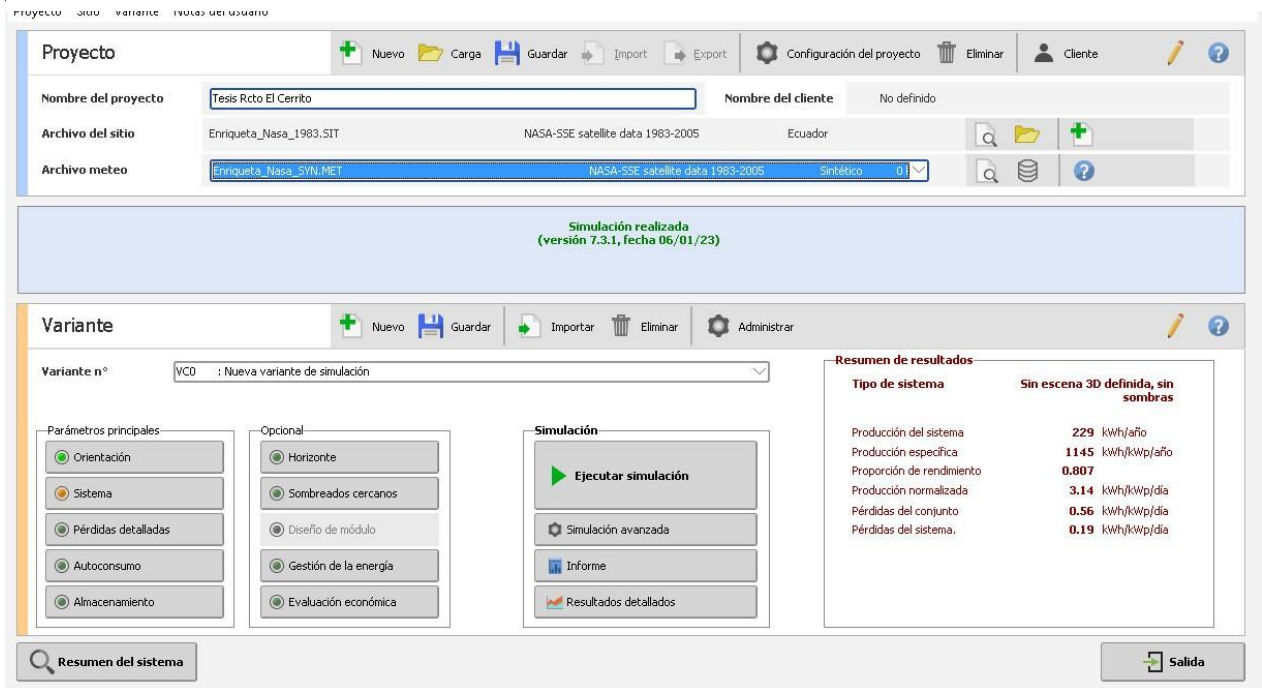


Nota: Culminación del conjunto fotovoltaico. .Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

#### 4.3.4 Parámetros opcionales del sistema fotovoltaico.

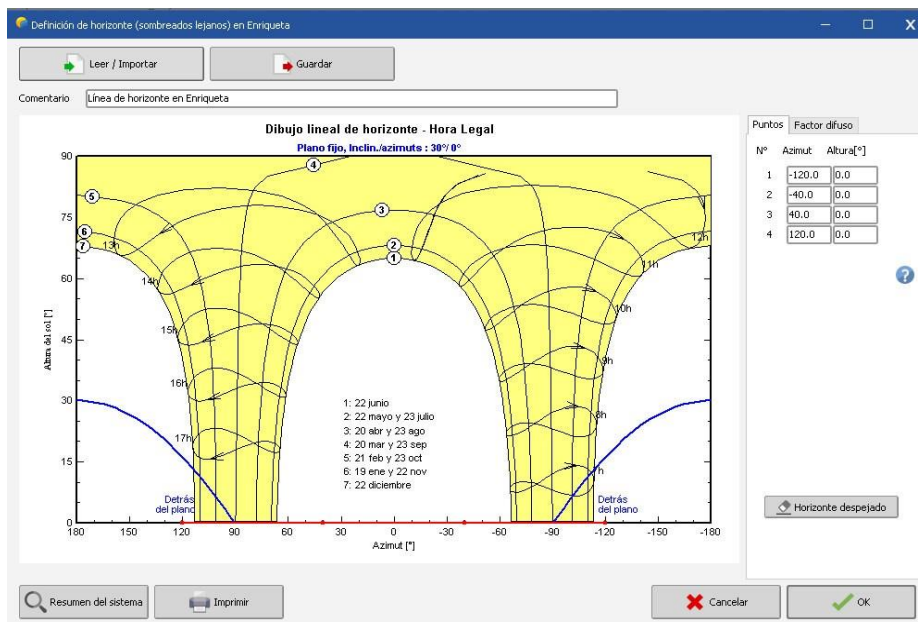
Una vez introducidos los parámetros básicos de los componentes utilizados en la simulación del sistema fotovoltaico, aparece un campo adicional, figura 40, donde se tendrá la opción de Horizonte, esté se basa en los gradosde orientación en el caso de que se pueda tener sombreado (figura 41), y esto repercute en el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos de una forma u otra. De la misma forma que en la figura 42, se lo puede hacer a través de otra ventana llamada “sombreados cercanos”, donde de la misma forma se puede crear una perspectiva o escenario donde intervienen obstáculos para evitar la irradiación directa del panel fotovoltaico.

**Figura 40** Parámetros opcionales de horizonte del sistema fotovoltaico.



Nota: Parámetros opcionales de horizonte del sistema fotovoltaico. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

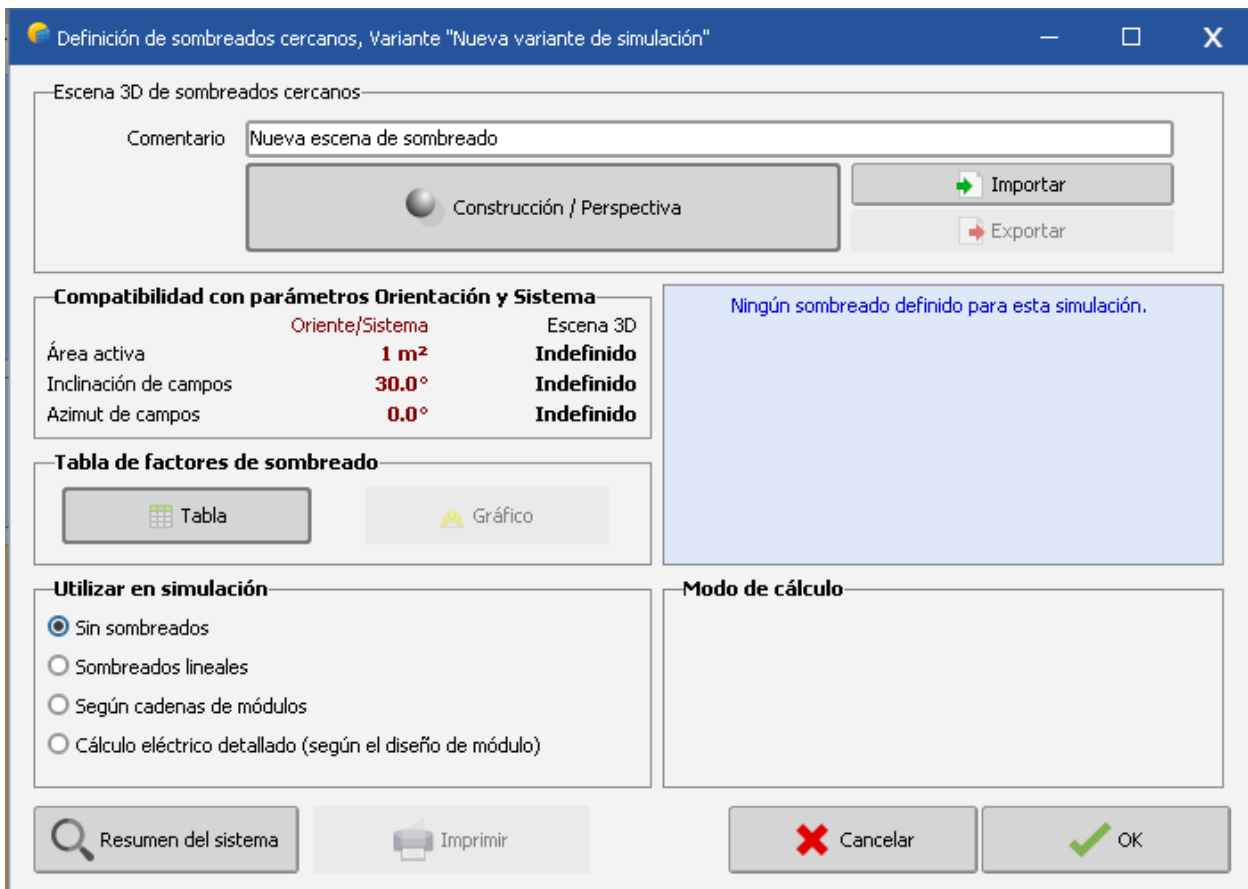
**Figura 41** Línea de horizonte en el sistema.



Nota: Línea de horizonte en el sistema. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022



Figura 42 Definición de sombreados cercanos.

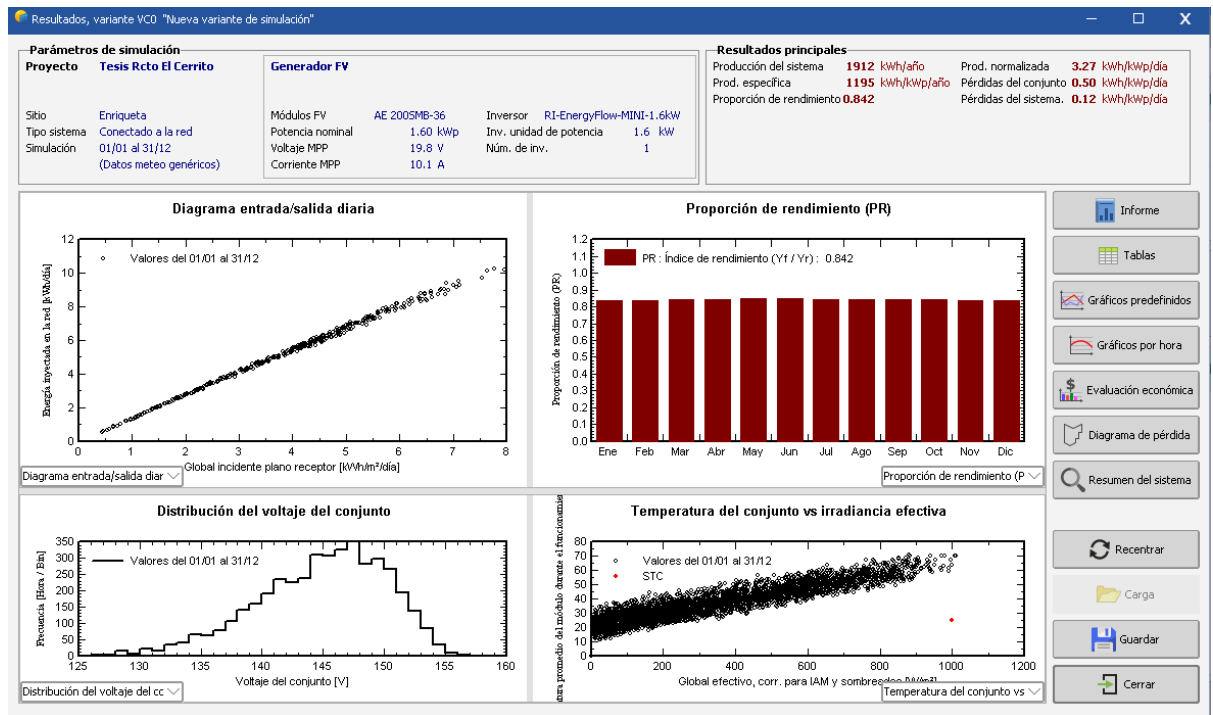


Nota Definición de sombreados cercanos. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

#### 4.3.5 Resultados a partir de la simulación en nuestro sistema fotovoltaico.

Luego de ingresar los parámetros principales y luego de confirmar los cálculos ingresados, se pasa a la simulación (figura 43), donde muestran las estadísticas del diagrama calculado y la potencia diaria, el coeficiente de potencia, la distribución de la potencia de salida, el ajuste de la temperatura del sistema en función de la irradiación efectiva, etc. Con este programa se puede visualizar los resultados en conjunto o individualmente.

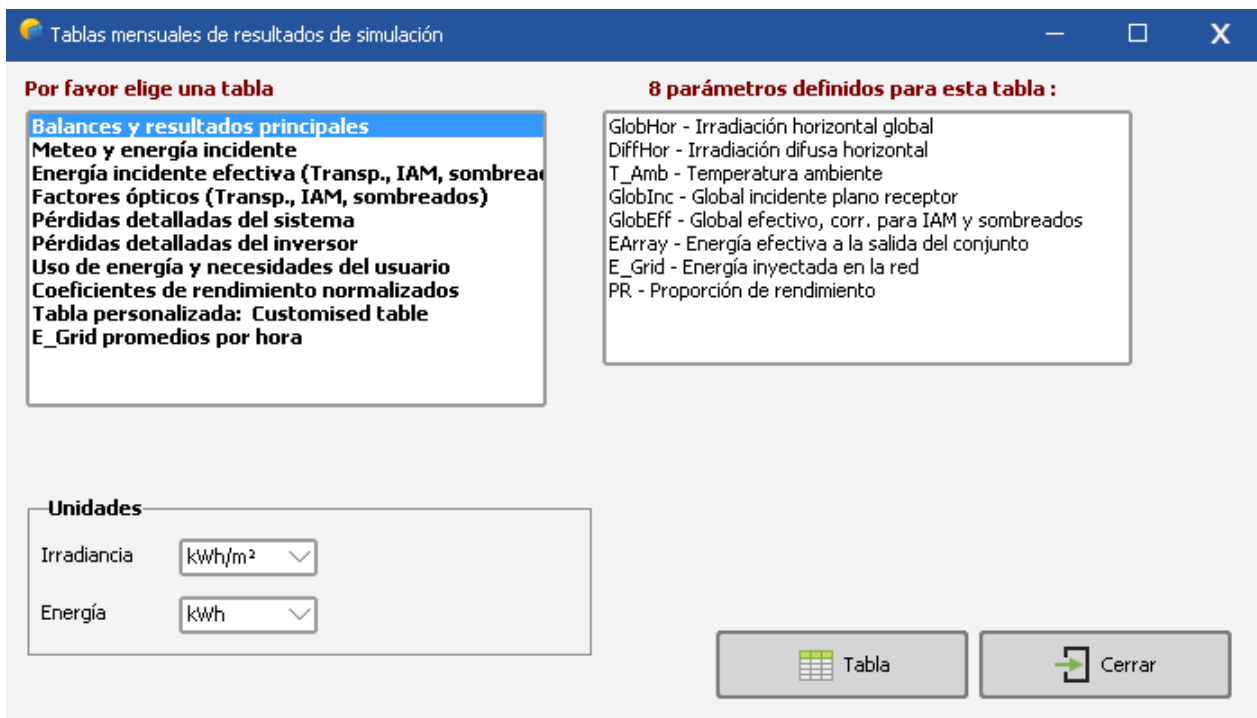
**Figura 43** Resultados y estadísticas de la simulación.



Nota: Resultados y estadísticas de la simulación. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

En la ventana de resultados de simulación y estadísticas se puede obtener información más detallada del perfil derecho entrando en la sección de tablas (figura 43) donde se visualizarán los balances y principales resultados, meteorología y energía, energía incidente, factores ópticos perdidos, entre otros.

Figura 44 Tablas mensuales de resultados de la simulación del sistema fotovoltaico.



Nota: Tablas mensuales de resultados de la simulación del sistema fotovoltaico.  
Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

En esta ventana se puede ver las estadísticas de las horas de producción de energía por horas del día durante el año (Tabla 3).

**Tabla 3** Resultados principales.

**Nueva variante de simulación  
Balances y resultados principales**

	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>DiffHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>T_Amb</b> °C	<b>GlobInc</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>EArray</b> kWh	<b>E_Grid</b> kWh	<b>PR</b> proporción
<b>Enero</b>	130.5	77.12	21.50	101.0	95.8	17.37	16.33	0.809
<b>Febrero</b>	122.6	67.46	21.32	101.1	96.4	17.31	16.28	0.806
<b>Marzo</b>	147.6	78.27	21.44	133.7	129.4	22.82	21.53	0.805
<b>Abril</b>	139.2	79.39	21.86	138.9	135.0	23.74	22.39	0.806
<b>Mayo</b>	129.6	71.00	21.77	138.3	135.2	23.76	22.40	0.810
<b>Junio</b>	113.4	63.88	21.65	124.3	121.5	21.39	20.15	0.810
<b>Julio</b>	118.1	63.06	21.88	128.5	125.7	21.93	20.69	0.805
<b>Agosto</b>	130.5	75.01	22.61	133.0	129.8	22.73	21.44	0.806
<b>Septiembre</b>	129.6	80.09	22.92	121.9	118.1	20.90	19.68	0.807
<b>Octubre</b>	123.1	77.84	22.68	105.5	101.4	18.15	17.04	0.807
<b>Noviembre</b>	126.3	69.39	21.93	97.7	92.7	16.70	15.66	0.801
<b>Diciembre</b>	126.8	73.31	21.72	95.5	90.1	16.40	15.38	0.805
<b>Año</b>	1537.3	875.82	21.94	1419.3	1371.1	243.20	228.97	0.807

Nota: Resultados principales. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

**Tabla 4** Sumas mensuales por hora para E\_Grid [kwh].

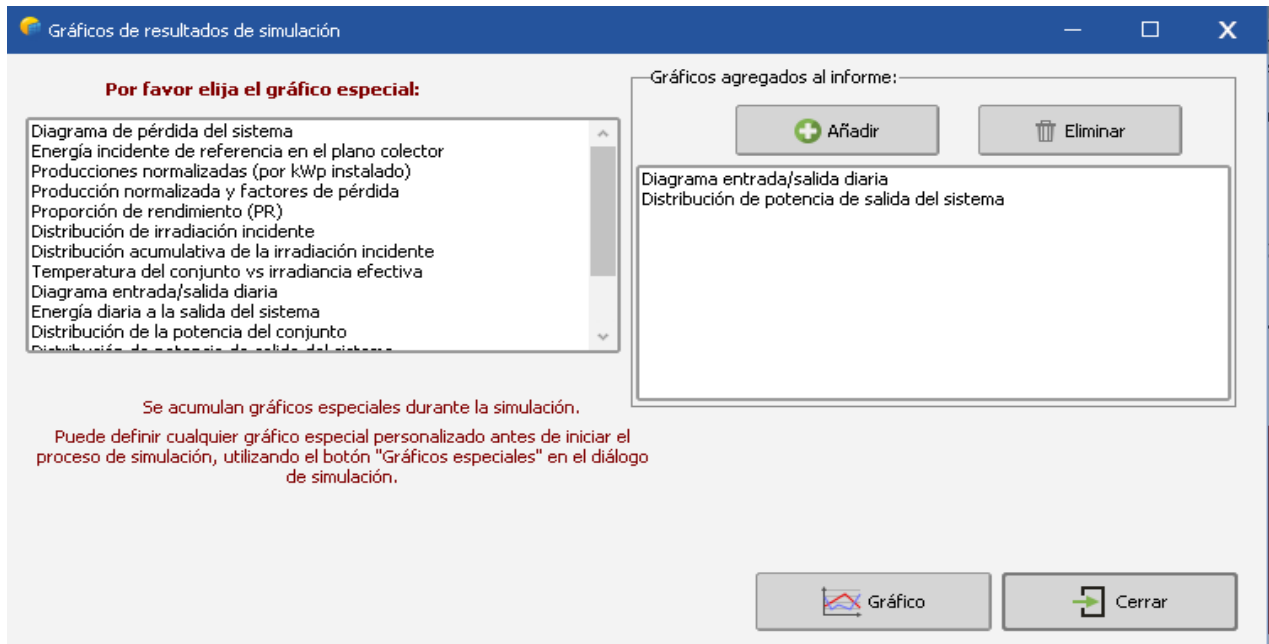
**Nueva variante de simulación  
Sumas mensuales por hora para E\_Grid [kWh]**

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
<b>Enero</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.90	1.53	2.05	2.38	2.39	2.12	1.91	1.46	0.86	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Febrero</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.99	1.54	1.96	2.21	2.21	2.14	1.94	1.56	1.01	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Marzo</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	1.36	2.14	2.50	2.77	2.99	2.88	2.53	2.08	1.26	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Abril</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.87	1.60	2.24	2.80	3.04	3.03	2.67	2.42	1.92	1.30	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mayo</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.81	1.56	2.34	2.90	3.00	2.95	2.95	2.34	1.94	1.12	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Junio</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.70	1.56	1.94	2.45	2.76	2.57	2.46	2.31	1.72	1.16	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Julio</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	1.37	1.95	2.51	2.70	2.72	2.77	2.36	1.85	1.27	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Agosto</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	1.47	2.03	2.63	3.01	2.97	2.78	2.38	1.90	1.10	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Septiembre</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.68	1.44	1.97	2.43	2.60	2.79	2.48	2.17	1.78	0.98	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Octubre</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.67	1.27	1.80	2.19	2.32	2.48	2.23	1.83	1.29	0.71	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Noviembre</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.54	1.17	1.62	2.13	2.23	2.22	1.97	1.75	1.18	0.59	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Diciembre</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.45	1.00	1.49	1.92	2.20	2.16	2.05	1.73	1.34	0.75	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Año</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	7.34	15.70	22.60	28.47	31.22	31.47	29.50	25.68	20.01	12.14	4.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: Tabla de las sumas mensuales por hora para E\_Grid [kwh]. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

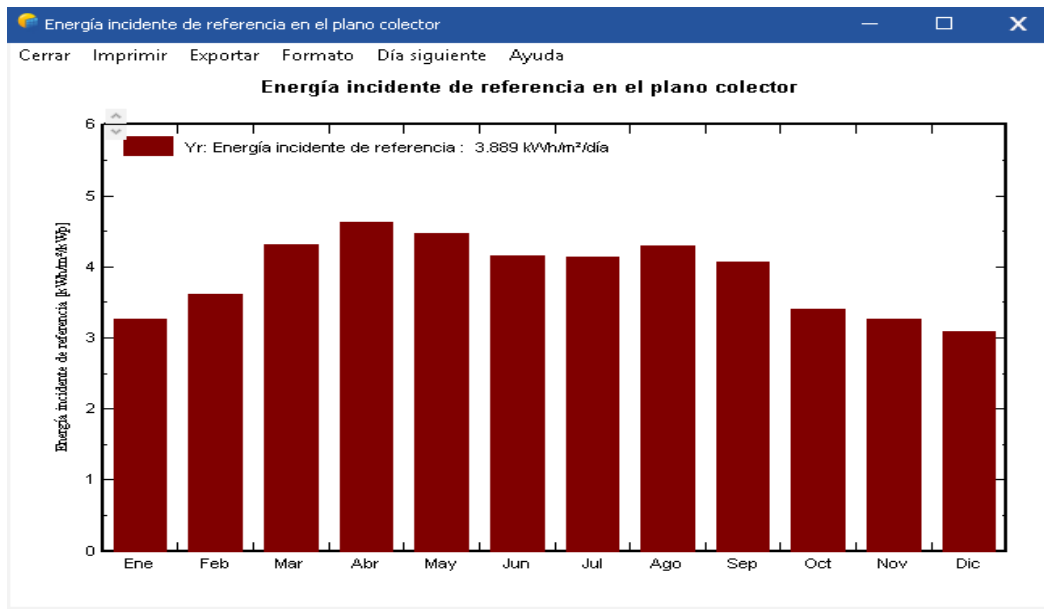
Además, los resultados de la Tabla 4, permite visualizar varios gráficos predefinidos como el gráfico de pérdidas del sistema, energía incidente, producción normalizada, proporción de rendimiento entre otros.

**Figura 45** Gráficos predefinidos de la simulación del sistema fotovoltaico.



Nota: Gráficos predefinidos de la simulación del sistema fotovoltaico. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

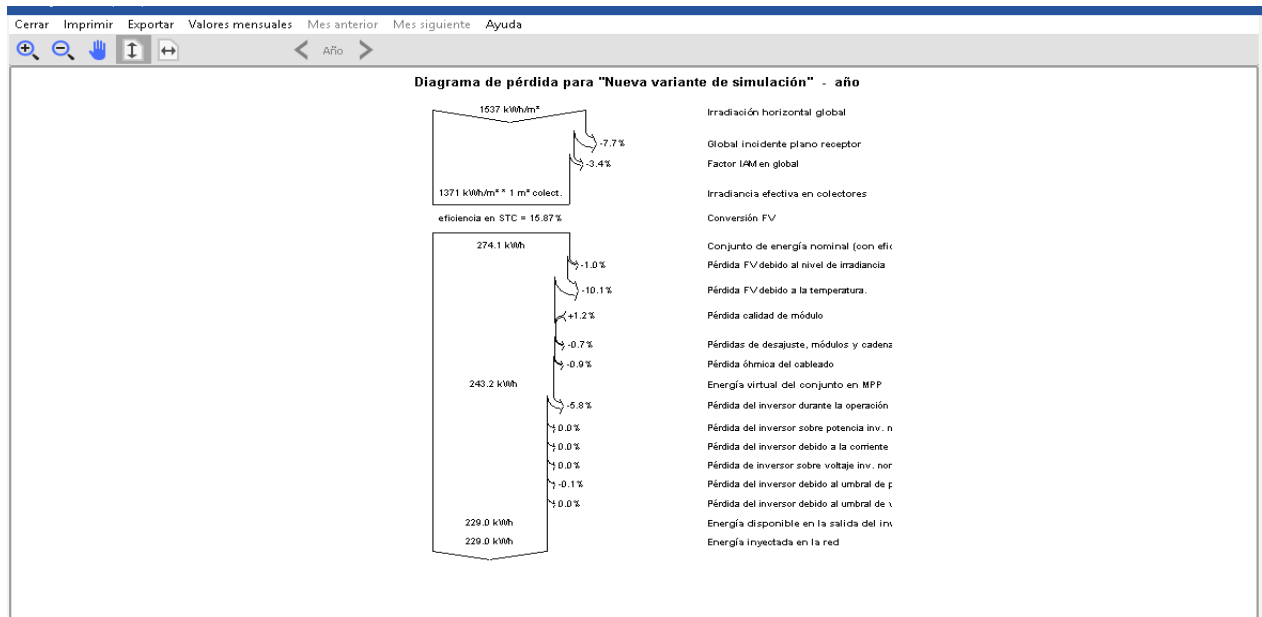
**Figura 46** Energía incidente de referencia del sistema fotovoltaico.



Nota: Energía incidente de referencia del sistema fotovoltaico. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

Esta ventana (figura 47) también da la posibilidad de desplegar un diagrama de bloques donde se puede ver el porcentaje de pérdidas del sistema, por cada módulo, por nivel de irradiancia, pérdidas por calor, por calidad del módulo, por inversor durante el tiempo de ejecución, lo que ayuda a establecer límites y solucionar problemas antes de la instalación.

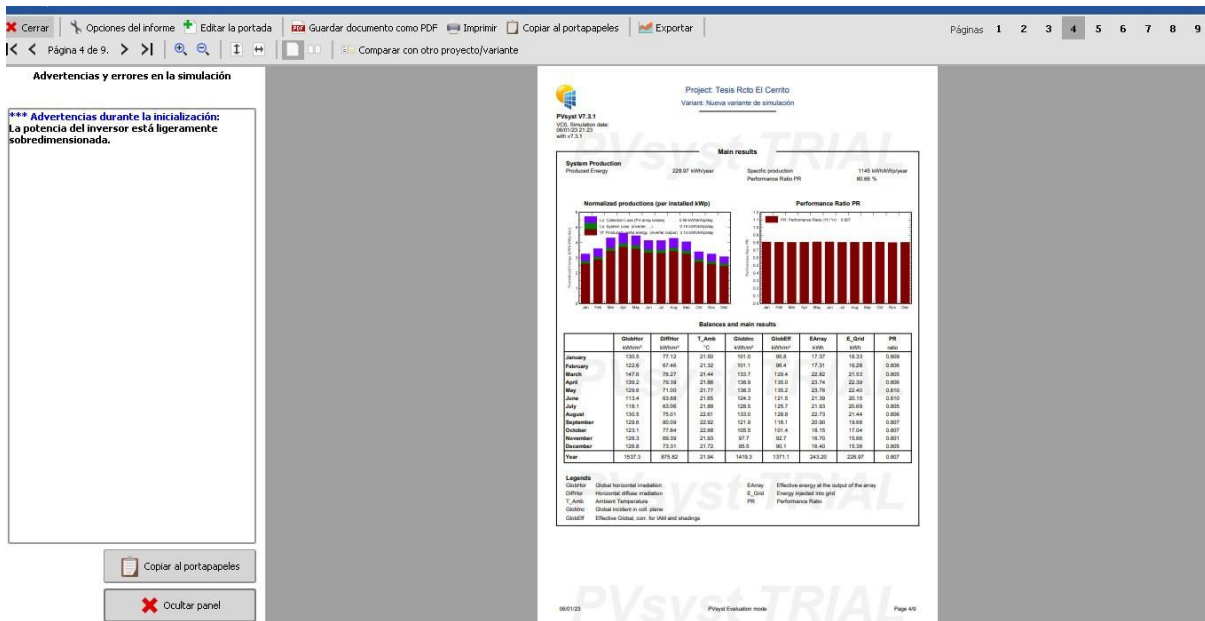
**Figura 47** Diagrama de flujo de pérdidas del sistema fotovoltaico.



Nota: Diagrama de flujo de pérdidas del sistema fotovoltaico. Elaborado por el Autor en programa PVsystem, 2022

Finalmente, el simulador PVsyst 7.2 genera un informe en PDF. (figura 48) con todos los detalles del sistema fotovoltaico con el fin de obtener memoria técnica y analizar en detalle según los requerimientos del usuario.

**Figura 48** Informe final del sistema fotovoltaico generado en PDF.



Nota: Informe final del sistema fotovoltaico generado en PDF. Elaborado por el Autor en programa PVsyst, 2022

#### 4.4 Análisis de los costos referenciales

A continuación, se detalla el valor de los equipos necesarios para nuestro sistema fotovoltaico:

##### 4.4.1 Equipos requeridos para el sistema

Para el sistema fotovoltaico analizado y diseñado se necesita equipos con la capacidad requerida según los cálculos ya elaborados, se necesita los siguientes elementos:

- Panel solar
- Batería
- Inversor

#### **4.4.1.1 Panel Solar**

Los cálculos realizados dieron como resultado que se necesitan 8 paneles solares de 200W 12V Policristalino, el cual tiene un valor aproximado de USD \$139.10 (CIENTO TREINTA Y NUEVE DOLARES CON DIEZ CENTAVOS) cada uno, en el Anexo 1 se detalla las especificaciones técnicas.

#### **4.4.1.2 Batería**

Para nuestro sistema fotovoltaico se necesita 74 batería de 300Ah, el valor de cada una es de aproximadamente de USD \$422.66 (CUATROCIENTOS VEINTE Y DOS DOLARES CON SESENTA Y SEIS CENTAVOS), en el Anexo 2 se detalla las especificaciones técnicas.

#### **4.4.1.3 Inversor**

Los cálculos nos arrojaron que se debe usar un inversor de 2kW, el valor está aproximadamente en USD \$845.00 (OCHOCIENTOS CUARENTA Y CINCO DOLARES), en el Anexo 3 se detalla las especificaciones técnicas.

#### **4.4.2 Total de valores de los equipos del sistema fotovoltaico.**

Una vez realizado el análisis de los valores que conforman los equipos de nuestro sistema fotovoltaico se realiza la sumatoria de los precios para saber cuánto aproximadamente se necesita para realizar el montaje de la instalación.



**Tabla 5** Total de valores de los equipos para implementación sistema fotovoltaico.

Equipo	Cantidad	P. Unitario	Total
Paneles Solares	8	\$139,10	\$1.112,80
Batería	74	\$422,66	\$31.276,84
Inversor	1	\$845,00	\$845,00
Total			\$33.234,64

Nota: Total de valores de los equipos para implementación sistema fotovoltaico.  
Elaborado por el Autor, 2022

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se analizó el tipo de energía renovable a utilizar, si ésta era factible de acuerdo a las condiciones climáticas de la región, donde se obtuvo datos de irradiación solar y potencia generada en los diferentes meses del año.
- Se calculó la demanda de potencia del sistema de bombeo del sector El Cerrito era de 7.5kW.
- Se realizó ingreso de información de radiación solar al software PVsyst obteniendo el ángulo de inclinación de los módulos de los paneles para la obtención de potencia requerida.
- De acuerdo al valor de potencia requerido se obtuvo que era necesario el uso de # paneles solares para satisfacer la demanda del sistema de bombeo cuando éste no cuente con energía convencional como suministro de operación.

### 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda recolectar a mayor detalle información de radiación solar, para determinar la eficacia del sistema en diferentes meses del año.
- Determinar un área efectiva eficaz donde la colocación de los paneles no genere sombras que afecten la captación de la radiación solar disminuyendo la eficiencia del sistema.
- Implementar los paneles con el fin de determinar cuan efectivo y si es posible que quede como sistema principal de suministro y no alterno.

## REFERENCIAS

- Alvarado de Guevara, J. A. (2018). *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada*. Universidad Politecnica de Madrid.
- Arencibia Carballo, G. (2016, septiembre 9). *La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica*. 17.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63647456002>
- Chunga Ramirez & Ivonne Estefany Margareth. (2020). *Diseño de un sistema de alimentación eléctrico fotovoltaico para el radar de lluvias de UDEP*. Universidad de Piura.
- Corcobado, T. D., & Carmona Rubio, G. (2014). *Componentes de una instalación solar fotovoltaica*.
- Esther Pérez Sapena. (2019). *Análisis económico de almacenamiento de energía en la red eléctrica mediante baterías de litio*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.
- Germán Cordero, R. (2022). Tipos de Paneles Solares. *Módulos Fotovoltaicos*.  
<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-placas-solares/>
- Giovanny Alejandro Pavón Narváez. (2018). *Cálculo del rendimiento de baterías en sistemas fotovoltaicos usando criterios de eficiencia energética*. Universidad Politecnica Salesiana de Quito.
- González Peñafiel, G. G., Zambrano Manosalvas, J. C., & Estrada Pulgar, E. F. (2014). *Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragon del Golfo de Guayaquil, Provincia del Guayas*. Universidad Politecnica Salesiana de Guayaquil.
- Guerrero Garcia, J. J. (2019). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Sintesis.
- Jacobo Romero C. (2015). *Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Caso de estudio: Biblioteca Pompeu*

*Fabra de Mataró. Universidad Politecnica de Cataluña.*

Juan Carlos Martín & María Pilar García. (2009). *Enigmaelectronica Automatismos industriales*. Editex S. A.

Lindao Suarez, W. E. (2020). *Propuesta de Diseño de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica. Caso de Aplicación en Casa Comunal de Cooperativa Los Paracaidistas en la Ciudad de Guayaquil*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

López Fernández, L. D., & López Fernández, B. C. (2022). *Diseño eléctrico de un sistema fotovoltaico on grid para el complejo de Concientización y Cuidado del Mar, Yubarta*. Universidad Politecnica Salesiana de Guayaquil.

Organización de las Naciones Unidas. (2017). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.

Pérez Álvarez, J. C. (2019). *Guía para el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos conectados y aplicación de la resolución CREG 030 de 2018 para inyectar excedentes de energía a la red*. Universidad de Antioquia.

Ramón Soliz Adrián José & Pineda Erreyes René Edelberto. (2015). *Análisis del rendimiento de los acumuladores de energía del sistema fotovoltaico existente en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca*. Universidad Politecnica Salesiana de Cuenca.

*Resolución Nro. ARCONEL-042/18, (2018) (testimony of ARCONEL).*

*RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR -001/2021, (2021) (testimony of ARCERNNR).*

[https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-](https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Resolucion-ARCERNNR-001-2021.pdf)

[content/uploads/downloads/2021/03/Resolucion-ARCERNNR-001-2021.pdf](https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Resolucion-ARCERNNR-001-2021.pdf)

Sergio Sepúlveda. (2014). *Radiación Solar: Factor clave para el diseño de sistemas fotovoltaicos*. 8. <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-RadiacionSolar-5109240.pdf>

*Tutoriel PVsyst SA. (s. f.). www.pvsyst.com*

## ANEXOS

### Anexo 1. Especificaciones técnicas de panel solar



# Panel Solar 200W 12V



## Especificaciones

Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Tipo de célula	Policristalina 104 x 156 mm
Número de células	72 (6x12)
Potencia máxima (Wp)	200W
Tolerancia de potencia (%)	+3%
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Fusible máximo Serie	15A
Número de diodos	3
Longitud y tipo cable	90cm, 4mm <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 – Voc	-0.29506%/°C
Coeficiente temperatura – Pmp	-0.38001%/°C
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	14.2Kg







Parte delantera



Parte trasera

## Anexo 2. Especificaciones técnicas de batería.

### TECHNICAL SPECIFICATIONS

### TECHNICAL SPECIFICATIONS

<b>BATTERY MODEL</b>	<b>Nominal voltage</b>		12V	
	<b>Rated capacity (100 hour rate)</b>		300Ah	
<b>DIMENSION</b>	<b>Cells Per battery</b>			
	<b>Length</b>	<b>Width</b>	<b>Height</b>	<b>Total Height</b>
<b>APPROX. WEIGHT</b>	520 mm	268 mm	220 mm	225 mm
<b>CAPACITY @ 25°C</b>	67.0 kg ± 3%			
<b>MAX. DISCHARGE CURRENT</b>	<b>10 hour rate (25.0A)</b>	<b>5 hour rate (43.7A)</b>	<b>3 hour rate (66.2A)</b>	<b>1 hour rate (161.5A)</b>
<b>INTERNAL RESISTANCE</b>	250.0 Ah	218.7 Ah	198.7 Ah	161.5 Ah
<b>CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)</b>	2000 A (5 sec.)			
<b>CHARGE METHOD @25°C</b>	Full charged Vat 25°C: Approx. 2.0mΩ			
	<b>40°C</b>	<b>25°C</b>	<b>0°C</b>	
	103%	100%	86%	
	<b>Cycle Use</b>		<b>Standby Use</b>	
	14.4-15.0V (Initial charging current less than 27A)		13.50-13.80V	

### BATTERY DISCHARGE TABLE

**CONSTANT CURRENT (AMP) AND CONSTANT POWER (WATT) DISCHARGE TABLE AT 25 °C**

<b>F.V / TIME</b>	<b>5 min</b>	<b>10 min</b>	<b>15 min</b>	<b>30 min</b>	<b>45 min</b>	<b>60 min</b>	<b>2 h</b>	<b>3 h</b>	<b>5 h</b>	<b>8 h</b>	<b>10 h</b>	<b>20 h</b>	
<b>1.80</b>	A	656.8	437.5	351.8	234.5	168.3	165.0	93.0	68.0	45.0	28.0	25.00	13.00
	W	1224.8	815.9	656.0	437.3	313.8	307.7	173.4	126.8	83.9	52.2	46.6	25.7
<b>1.75</b>	A	696.2	463.8	369.3	241.5	173.3	170.0	95.3	69.7	45.7	28.3	25.25	13.13
	W	1298.3	864.9	688.8	450.5	323.2	317.0	177.8	130.0	85.2	52.7	47.1	25.9
<b>1.70</b>	A	788.1	525.0	386.9	248.6	178.3	174.9	97.7	71.4	46.4	28.6	25.50	13.38
	W	1469.8	979.1	721.6	463.6	332.6	326.2	182.1	133.2	86.4	53.3	47.6	26.4
<b>1.65</b>	A	775.0	516.3	404.5	255.6	183.4	179.9	99.5	72.8	47.0	28.8	25.75	13.55
	W	1445.3	962.8	754.4	476.7	342.0	335.4	185.6	135.7	87.7	53.8	48.0	26.7
<b>1.60</b>	A	840.6	560.0	422.1	262.6	188.4	184.8	101.4	74.1	47.7	29.1	26.00	13.63
	W	1567.8	1044.4	787.2	489.8	351.4	344.7	189.1	138.2	89.0	54.3	48.5	26.8

### Anexo 3. Especificaciones técnicas de Inversor.

#### Axpert VM III Off-Grid Inverter Selection Guide

MODEL	Axpert VM III-1500-24	Axpert VM III-3000-24	Axpert VM III 5000-48
Rated Power	1500VA/1500W	3000VA/3000W	5000VA/5000W
<b>INPUT</b>			
Voltage	230 VAC		
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)		
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)		
<b>OUTPUT</b>			
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC ± 5%		
Surge Power	3000VA	6000VA	10000VA
Efficiency (Peak)	90% ~ 93%		
Transfer Time	10 ms (For Personal Computers) 20 ms (For Home Appliances)		
Waveform	Pure sine wave		
<b>BATTERY</b>			
Battery Voltage	24 VDC		48 VDC
Floating Charge Voltage	27 VDC		54 VDC
Overcharge Protection	33 VDC		63 VDC
<b>SOLAR CHARGER &amp; AC CHARGER</b>			
Solar Charger type	MPPT		
Maximum PV Array Power	2000W	4000W	5000W
MPP Range @ Operating Voltage	120 ~ 380 VDC	120 ~ 450 VDC	
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	400 VDC	500 VDC	
Maximum Solar Charge Current	60A	80A	
Maximum AC Charge Current	40A	60A	
Maximum Charge Current	60A	80A	
<b>PHYSICAL</b>			
Dimension, D x W x H (mm)	100 x 280 x 390	115 x 300 x 400	
Net Weight (kgs)	8.5	9	10
Communication Interface	USB/RS232/RS485/Bluetooth/Dry-contact		
<b>OPERATING ENVIRONMENT</b>			
Humidity	5% to 95% Relative Humidity (Non-condensing)		
Operating Temperature	-10°C to 50°C		
Storage Temperature	-15°C to 60°C		

Product specifications are subject to change without further notice.

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Macías Aguayo Ermen Hernán**, con C.C: # **0923876767** autor del trabajo de titulación: **“Análisis y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico como fuente de energía para el sistema de suministro de agua del rcto. El Cerrito cantón Balzar provincia del Guayas – Ecuador”** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de febrero de 2023.

f. 

**Macías Aguayo, Ermen Hernán**

C.C: **0923876767**



**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	“Análisis y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico como fuente de energía para el sistema de suministro de agua del rcto. El Cerrito cantón Balzar provincia del Guayas – Ecuador”		
<b>AUTOR(ES)</b>	Macías Aguayo Ermen Hernán		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Gallardo Posligua Jacinto Esteban, M.Sc		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Electricidad		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniería en Electricidad		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de febrero de 2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	72
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Energía Renovable		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Energía fotovoltaica, potencia eléctrica, energía renovable.		
<b>RESUMEN:</b>	<p>En la actualidad se presenta un cambio climático abrupto debido a la contaminación ambiental el cual es un factor que busca mitigarse. El presente trabajo busca analizar la viabilidad de la implementación de una fuente de energía renovable como alimentación para un sistema de bombeo de agua de pozo para una comunidad. Entre las alternativas disponibles de acuerdo con las condiciones climáticas, tenemos la energía fotovoltaica, el cual es un recurso inagotable, que no genera contaminación, su aporte y eficiencia dependerá de las condiciones climáticas en las diferentes épocas de laño. El trabajo a continuación empieza bajo la premisa de que el Recinto El Cerrito de 1500 habitantes aproximadamente se abastece de agua a una tasa de 15.8 metros cúbicos/h, durante 4 horas al día, por lo que la demanda de potencia eléctrica que requiere la instalación del sistema es de 30 kWh. Como propuesta se decide analizar y desarrollar un proyecto con un incremento del 50% el tiempo de abastecimiento del suministro de agua para el recinto, es decir, proporcionar el doble de la energía actual necesaria para el sistema de bombeo, con el fin de analizar la viabilidad de una mejora del buen vivir para la población. Para el presente proyecto se desarrolló una metodología investigativa y analítica para cumplir con los requerimientos planteados; se incluyeron teorías aplicables y ecuaciones para el cálculo de potencia del sistema para el correcto dimensionamiento del arreglo fotovoltaico, bajo las condiciones climáticas del lugar.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	SI	NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0963160237	<b>E-mail:</b> ermen.macias@cu.ucsg.edu.ec	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, MSc.		
	<b>Teléfono:</b> 0995147293		
	<b>E-mail:</b> celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			