



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el suministro  
de energía a las compuertas de captación de agua del repartidor  
La Puntilla**

**Autor:**

**Bach. Jesús Alberto Balvin Mio**

**Asesor:**

**Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez**

**LAMBAYEQUE - PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el suministro  
de energía a las compuertas de captación de agua del repartidor  
La Puntilla**

**Autor:**

**Bach. Jesús Alberto Balvin Mio**

**Aprobado por el Jurado Examinador**

<b>PRESIDENTE</b>	<b>:</b>	<b>M.Sc. Ing. Carlos Yupanqui Rodríguez</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>:</b>	<b>M.Sc. Lic. Egberto Serafín Guitierrez Atoche</b>
<b>VOCAL</b>	<b>:</b>	<b>Ing. Robinson Tapia Asenjo</b>
<b>ASESOR</b>	<b>:</b>	<b>Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez</b>

**LAMBAYEQUE - PERÚ**

**2024**



# UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

## TITULO

**Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía a las compuertas de captación de agua del repartidor La Puntilla**

### CONTENIDO:

CAPITULO I	: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.
CAPITULO II	: MARCO TEÓRICO.
CAPITULO III	: MARCO METODOLÓGICO
CAPITULO IV	: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN
CAPITULO V	: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS
CAPITULO VI	: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS
CAPITULO VII	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**Autor:** Bach. Jesús Alberto Balvin Mio

  
M.Sc. Ing. Carlos Yupanqui Rodríguez  
PRESIDENTE

  
M.Sc. Lic. Egberto S. Gutiérrez Atoche  
SECRETARIO

  
Ing. Robinson Tapia Asenjo  
MIEMBRO

  
Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez  
ASESOR

**LAMBAYEQUE - PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A nuestro padre celestial Dios, a mi amada esposa, a mi pequeño hijo, a mis queridos padres, hermanos y a todas las personas que de una u otra manera me incentivaron a terminar mi tesis, este logro solo será el primer paso de muchas metas trazadas que hoy comienzan a dar frutos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios, por darme la vida y darme las fuerzas necesarias para poder terminar esta tesis, también agradezco a mi asesor el Ing. Héctor Oliden Núñez, por su apoyo incondicional en todo el proceso de desarrollo de mi tesis.

## RESUMEN

Las fuentes de energía primarias, están disponibles en la naturaleza para ser transformadas en energía eléctrica, tales como la energía hidráulica, de la biomasa, mareomotriz, solar (fotovoltaica) y eólica. La energía solar es aprovechada a través del uso de un sistema fotovoltaico, estos sistemas están compuestos principalmente por paneles solares, controlador de carga e inversor, los mismos que captan la energía solar para almacenar energía eléctrica en una batería. En el repartidor la puntilla ubicada en el río Chancay, a una altura de 119.00 msnm, del distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, el problema que aqueja es el consumo excesivo de petróleo (aproximadamente 300 galones mensuales), el mismo que conlleva a emitir grandes cantidades de CO<sub>2</sub>; en consecuencia se planteó el objetivo de determinar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, que pueda suministrar energía eléctrica necesaria, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla; para lograr ello, se realizó un estudio de tipo básica, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, a su vez se tomó como muestra a las 7 compuertas de captación de agua o llamadas también, compuertas deslizantes. Mediante el desarrollo del estudio, se concluye que, se determinó el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, para cubrir un día de autonomía, se requiere, 64 módulos de paneles solares de 550W – 48V, conectados 8 paralelos de 8 módulos en serie, con ángulo de elevación de 16°, 1 banco de batería de 2600Ah, 6 unidades de inversores para obtener 380V de salida y 4 controladores de carga para soportar corriente de 763.89 A. Cabe mencionar que, mediante la propuesta, se reduce totalmente el costo por adquisición diaria de petróleo y se reduce totalmente la emisión de CO<sub>2</sub>. Además, se obtuvo un valor de TIR de 10.6% (evaluado con una tasa de 10%) y un VAN de S/447,711.17, por tanto, la propuesta es viable, puesto que, el 15vo año, después de la implementación del sistema fotovoltaico, se recupera la inversión.

**Palabras claves:** Sistema fotovoltaico, panel solar, energía renovable, Repartidor la Puntilla.

## ABSTRACT

Primary energy sources are available in the nature to be transformed into electrical energy, such as hydraulic energy, biomass, tidal, solar (photovoltaic) and wind. Solar energy takes advantage through the use of a photovoltaic system, these systems are mainly composed of solar panels, a charge controller and an inverter, which capture solar energy to store electrical energy in a battery. In the Repartidor (distributing) la Puntilla. La Puntilla located on the Chancay River, at an altitude of 119.00 meters above sea level, of the Pucará district, Chiclayo province, Lambayeque department, the problem is the excessive consumption of oil (approximately 300 gallons per month), the same which leads to emitting large amounts of CO<sub>2</sub>; consequently, the objective is set out to determine the dimension of a photovoltaic system, which can supply the necessary electrical energy, to operate the water collection sluice gates of the Repartidor la Puntilla; to achieve it, a study basic type was carried out, with a quantitative approach and non-experimental design, in turn, the 7 water collection sluice gates or also called, sliding gates. By the development of the study, it is concluded that, it was determined the dimension of the photovoltaic system, to cover one day of autonomy, 64 modules of 550W – 48V solar panels are required, connected 8 parallel of 8 modules in series, with an angle of 16° elevation, 1 2600Ah battery bank, 6 inverter units to obtain 380V output and 4 charge controllers to support a current of 763.89 A. It is worth mentioning that, by the proposal, the cost per daily acquisition of oil and the CO<sub>2</sub> emission is totally reduced. In addition, an IRR value of 10.6% was obtained (evaluated with a rate of 10%) and a NPV of S/447,711.17, therefore, the proposal is viable, given that, in the 15th year, after the implementation of the photovoltaic system, the investment is recovered.

**Keywords:** Photovoltaic system, solar panel, renewable energy, la Puntilla Distributing.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación, pretende generar conocimiento adicional, respecto a los sistemas fotovoltaicos y sus beneficios frente a problemáticas reales de la sociedad. Para ello, al estudio se divide en 7 principales secciones, de la siguiente manera:

En el primer apartado, se aborda la realidad problemática donde se describe la problemática identificada, seguidamente se plantea las justificaciones del estudio y finalmente se plantea los objetivos alcanzables.

En el segundo apartado, se aborda los antecedentes de estudio donde se extrae los contenidos más relevantes de los estudios previos respecto a las variables de estudio en cuestión; en cuanto a la base teórica, es la extracción de conocimientos al tema general de estudio y finalmente en el marco conceptual se aborda temas relacionadas que no pueden ser pasadas por desapercibidos.

En el tercer apartado, se aborda el método científico a seguir para lograr alcanzar los objetivos planteadas en la presente investigación.

En el cuarto apartado, se presenta la propuesta de solución a grandes rasgos, de manera general la propuesta a dimensionar.

En el quinto apartado, se analiza y se interpreta los resultados obtenidos, con la finalidad de discutir, haciendo una comparativa con los resultados de antecedentes de estudio.

En el sexto apartado, se hace una breve discusión a los resultados encontrados mediante el dimensionamiento de la propuesta y los resultados encontrados por parte de los antecedentes de estudios de referencias.

En el Séptimo apartado mediante previo análisis se describe las conclusiones que se da a partir de los resultados obtenidos y se hacen las recomendaciones a tomar en cuenta por parte de los próximos investigadores, con la finalidad de seguir descubriendo más conocimientos sobre las variables de estudio.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	11
INDICE DE FIGURAS.....	12
CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	13
1.1. Realidad Problemática.....	13
1.2. Formulación del Problema .....	14
1.3. Delimitación de la Investigación .....	14
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación.....	14
1.5. Limitación de la Tesis .....	15
1.6. Objetivos.....	15
1.6.1. Objetivo General .....	15
1.6.2. Objetivos Específicos .....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO .....	17
2.1. Antecedentes de Estudios .....	17
2.2. Base teórica.....	18
2.2.1. Fuentes de energía eléctrica.....	18
2.2.2. Sistema fotovoltaico .....	19
2.2.3. Clasificación de Módulos Fotovoltáicos .....	22
2.2.4. Suministro de energía eléctrica.....	30
2.3. Marco conceptual .....	31
2.3.1. Radiación Solar.....	31
2.3.2. Equipos para medición de la radiación solar.....	33
2.3.3. Hora solar pico (HSP) .....	35
2.3.4. Efecto Fotovoltáico.....	36
2.3.5. Efecto Sombras.....	37
2.3.6. Conductores.....	38
2.3.7. Elementos de Protección .....	38
2.3.8. Estructuras de soporte fijo.....	38
2.3.9. Fórmulas para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico. ..	39
2.3.10. Marco Legal .....	49
2.3.11. Diccionario de terminologías de un sistema fotovoltaico.....	49
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	52
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	52
3.2. Enfoque de la investigación .....	52

3.3. Población y Muestra .....	52
3.4. Muestreo.....	53
3.5. Hipótesis.....	53
3.6. Variables de la investigación.....	53
3.7. Operacionalización de variables .....	54
3.8. Métodos y Técnicas de Investigación .....	55
3.8.1. Técnicas de investigación .....	55
3.8.2. Descripción de los Instrumentos Utilizado.....	55
3.8.3. Análisis Estadístico e Interpretación de los Datos.....	55
CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....	56
4.1. Elementos que conforman el sistema fotovoltaico autónomo.....	57
4.2. Ubicación del proyecto.....	58
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	59
5.1. Sistema de compuertas y sus componentes.....	59
5.1.1. Compuertas deslizantes.....	59
5.2. Irradiación solar en el Distrito de Pucalá.....	62
5.2.1. Evaluación de irradiación solar – Global Solar Atlas.....	63
5.2.2. Evaluación de irradiación solar – Software Solarius PV.....	63
5.2.3. Evaluación de irradiación solar – Solar power meter .....	64
5.3. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico.....	65
5.3.1. Especificaciones para el dimensionamiento del SFV .....	65
5.3.2. Sistema Aislado .....	66
5.4. Flujo de Corriente .....	70
5.4.1. Corriente Continua .....	70
5.4.2. Corriente Alterna .....	70
5.5. Evaluación de costo – beneficio.....	71
5.6. Validación del dimensionamiento del sistema fotovoltaico .....	73
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	74
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	75
7.1. Conclusiones .....	75
7.2. Recomendaciones .....	76
ANEXOS.....	80

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de Variables .....	54
<b>Tabla 2</b> Elementos principales de un sistema fotovoltaico. ....	57
<b>Tabla 3</b> Características de las compuertas deslizantes .....	60
<b>Tabla 4</b> Demanda máxima diaria de potencia eléctrica.....	61
<b>Tabla 5</b> Evaluación de irradiación mediante Recopilación de datos .....	64
<b>Tabla 6</b> Especificaciones para el dimensionamiento del SFV .....	65
<b>Tabla 7</b> Panel solar seleccionado .....	66
<b>Tabla 8</b> Dimensionamiento de módulos fotovoltaicos necesario .....	67
<b>Tabla 9</b> Dimensionamiento de batería para el SF .....	67
<b>Tabla 10</b> Dimensionamiento de controlador de carga para el SF .....	68
<b>Tabla 11</b> Dimensionamiento de inversor para el SF .....	69
<b>Tabla 12</b> Ficha de evaluación de corriente continua .....	70
<b>Tabla 13</b> Ficha de evaluación de corriente alterna.....	70

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Funcionamiento de Célula Fotovoltaica .....	20
<b>Figura 2:</b> Conexión en Serie .....	21
<b>Figura 3:</b> Conexionado de módulo fotovoltaico en paralelo y parámetros eléctricos .....	21
<b>Figura 4:</b> Conexionado de Modulo fotovoltaico en serie/paralelo .....	22
<b>Figura 5:</b> Módulo compuesto por células de Silicio Monocristalinos .....	23
<b>Figura 6:</b> Módulo compuesto por células de Silicio Policristalinos .....	23
<b>Figura 7:</b> Sistema Fotovoltaico Conectado a la red .....	24
<b>Figura 8:</b> Sistema Fotovoltaico Aislado.....	25
<b>Figura 9:</b> Sistema Híbrido (ejemplo: Solar – Eólica) .....	26
<b>Figura 10:</b> Banco de Baterías.....	27
<b>Figura 11:</b> Curva de Comportamiento - capacidad de la batería según temperatura .....	28
<b>Figura 12:</b> Controlador Solar .....	29
<b>Figura 13:</b> Irradiancia Espectral.....	31
<b>Figura 14:</b> Tipos de radiación solar sobre una superficie.....	32
<b>Figura 15:</b> Solar Power Meter.....	33
<b>Figura 16:</b> Luxómetro digital .....	34
<b>Figura 17:</b> Piranómetro.....	34
<b>Figura 18:</b> Heliógrafo .....	35
<b>Figura 19:</b> Pirheliómetro .....	35
<b>Figura 20:</b> Hora Solar Pico .....	36
<b>Figura 21:</b> Efecto Fotovoltaico en una celda por efecto de la radiación solar.....	37
<b>Figura 22:</b> Distancia entre Filas Fotovoltaicas .....	37
<b>Figura 23:</b> Estructuras de Soporte fijo para Paneles Solares.....	39
<b>Figura 24</b> Propuesta de investigación.....	56
<b>Figura 25</b> Instalaciones de las compuertas de captación o deslizantes del repartidor la puntilla.....	59
<b>Figura 26</b> Medición de intensidad de corriente y voltaje.....	62
<b>Figura 27</b> Evaluación de irradiación mediante Global Solar Atlas .....	63
<b>Figura 28</b> Software Solarius PV .....	63

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

En el escenario internacional; de acuerdo a los estudios realizados en el año 2018, se causó aproximadamente 8,7 millones de fallecidos, dicha cifra, representa el 20% de muertes en el mundo causadas por la contaminación generada por el uso de carbón y petróleo (Martins, 2021). Por otro lado, de acuerdo a los indicadores de una comparativa del consumo de energía primaria, se sabe que, en el año 2020 se disminuyó en un 6,3% de emisión de CO<sub>2</sub>, respecto al año 2019, esto debido a que se redujo el consumo de petróleo y carbón en un 9,3% y 4,2%, los mismos que son los principales causantes de CO<sub>2</sub>; y cabe mencionar que por el mismo estudio se supo que, el uso de las energías renovables e hidráulica se incrementaron en un 9,7% y 1% respectivamente. sin embargo, el uso del petróleo en España representa el 44.4%, siendo la energía primaria más utilizada (Universitat Jaume I, 2021).

En el escenario nacional, en el año 2021, más de 70% de energía consumida en el Perú, fue mediante el uso de hidrocarburos y sus derivados, siendo la gasolina el más utilizado, en un 43,33% (Statista, 2023). Asimismo, el banco mundial afirma que, en el Perú se consume el 76,6% de energía generada mediante el uso de combustibles fósiles, siendo la ciudad de Lima con la peor calidad de aire, el mismo que afecta drásticamente a la vida de los habitantes de dicha ciudad (PUCP, 2023).

En el ámbito local, en el distrito de Pucalá, de la provincia de Chiclayo y del departamento de Lambayeque, se encuentra el Repartidor la Puntilla, perteneciente a la infraestructura mayor de riego del Sistema Hidráulico Tinajones, tiene una capacidad máxima de captación de agua instalada de 76 m<sup>3</sup>/seg, sin embargo, en la época de estiaje el caudal del río llega hasta 30 m<sup>3</sup>/seg. Asimismo, la estructura de distribución de agua, consta de 4 compuertas de río con barraje mixto (fijo, móvil) y 7 compuertas de captación de agua. El accionamiento (apertura y cierre) de estas 7 últimas compuertas, se realizan mediante un generador de energía de marca Caterpillar, dicho generador en los meses de enero, febrero y marzo del 2022, utilizó 363, 328 y 363 galones de petróleo, respectivamente y de abril a diciembre igual o mayor de 324 galones de petróleo, según el número de días del mes, para realizar los accionamientos de

las 7 compuertas en cuestión. En consecuencia, toda esa cantidad de manera mensual contamina al medio ambiente mediante la emisión de CO<sub>2</sub>, los mismos que afectan a los pobladores del distrito Pucalá y pobladores aledaños. En base a todo lo antes mencionado, se propone elaborar un diseño con dimensionamiento óptimo de un sistema fotovoltaico, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cuál es el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico que pueda suministrar energía eléctrica necesaria, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla?

## **1.3. Delimitación de la Investigación**

La presente investigación se centra en determinar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico que pueda suministrar energía eléctrica necesario para los accionamientos de las 7 compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.

## **1.4. Justificación e Importancia de la Investigación**

La importancia de la presente investigación, está basada en la generación de conocimiento respecto a un sistema fotovoltaico de acuerdo a la ubicación geográfica con sus propias características en cuanto a las radiaciones solares, todo ello, para su posterior implementación de dicho sistema, en ubicaciones geográficas con características similares. Es preciso mencionar que, la implementación de un sistema fotovoltaico, reduce el uso de combustibles fósiles (contamina el medio ambiente, mediante la generación de CO<sub>2</sub>).

Por otro lado, la presente investigación tiene las siguientes justificaciones:

Justificación teórica, puesto que se genera nuevos conocimientos que tendrá un impacto positivo en espacios geográficos similares con necesidades del uso de un sistema fotovoltaico.

Justificación práctica, porque resuelve una problemática que implica sustituir el uso constante y excesivo de petróleo, por una energía renovable como la radiación solar.

Justificación social, puesto que, mediante el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, los usuarios de la empresa tendrán mayor interés, para implementar dicho sistema, sabiendo que les brindará una mejor calidad, debido a la reducción de CO<sub>2</sub>.

Justificación económica, costo cero para la empresa, respecto al diseño y determinación de los dimensionamientos de un sistema fotovoltaico, y mediante su implementación, la empresa dejaría de gastar excesivos montos en la adquisición de petróleo.

Justificación ambiental, puesto que, se pretende descartar el uso de petróleo para la generación de energía, para reducir el CO<sub>2</sub>.

### **1.5. Limitación de la Tesis**

La principal limitación que se tuvo para un mejor desarrollo de la investigación fue, falta de disposición de recursos para la toma de datos de irradiación solar, durante un año o dos años; además, el costo y tiempo que implicó para viajar y tomar datos de la irradiación solar.

### **1.6. Objetivos**

#### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, que pueda suministrar energía eléctrica necesaria, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.

#### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Identificar el sistema de compuertas y los componentes complementarios del Repartidor la Puntilla.
- ✓ Medir los valores de los indicadores de la radiación solar en el Distrito de Pucalá.
- ✓ Dimensionar un sistema fotovoltaico, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.

- ✓ Validar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.



## **CAPÍTULO II. MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes de Estudios**

En el ámbito internacional, con el objetivo de determinar la viabilidad del sistema fotovoltaico en cuanto a la rentabilidad y la disminución de emisión de CO<sub>2</sub> en la ciudad de Arica, se hizo un estudio basado en la caracterización mediante la demanda de consumo eléctrico por domicilio y un plan tarifario de consumo eléctrico y el dimensionamiento implicó realizar un análisis técnico haciendo uso el software PV\*SOL® Premium; es así que, se concluyó que se debe aprovechar las horas en la que hay una mayor radiación solar para almacenar la mayor cantidad de energía, de tal modo que con 5 paneles de 265 Wp, se puede generar energía eléctrica sin mucha variación durante 12 meses, por tanto se disminuye considerablemente la emisión de CO<sub>2</sub>. En cuanto a la rentabilidad, se hizo el análisis de flujo de caja con un periodo de 25 años, obteniendo un resultado positivo (Valdés González, Rodríguez Ponce, Miranda Visa, & Lillo Sotomayo, 2020).

Asimismo, con el objetivo de evaluar aspectos técnicos para la implementación de un sistema fotovoltaico en un municipio de Colombia, se tomó en cuenta el comportamiento meteorológico, cantidad de energía consumida por dispositivo, balance económico y el costo de kWh, con la finalidad de disminuir la emisión de CO<sub>2</sub>; en conclusión, con el sistema fotovoltaico planteado en los próximos 25 años se podrá gastar solo el 52% respecto al gasto actual de dicho municipio y se eliminará la emisión de 1.470.311 toneladas de CO<sub>2</sub> (Caicedo Vargas & Torres Ortega, 2020).

Por otro lado, con el propósito de disminuir el costo por servicio de energía eléctrica en la Universidad Técnica de Cotopax, se propuso diseñar y dimensionar un sistema fotovoltaico; la metodología que se aplicó fue, recopilar información respecto a radiación solar durante todo un año, seguidamente, se evaluó la demanda de consumo semanal de energía eléctrica para un bloque específico de dicha universidad; finalmente se procedió a determinar el costo respecto a beneficio; concluyendo que, el sistema fotovoltaico diseñado genera un 2.28 de la relación costo/beneficio, siendo un indicador favorable para dicha universidad (Potes & Proaño, 2020).

En el ámbito nacional, desde una visión de que, un país en vías de desarrollo, debe aprovechar las obras públicas como hospitales para incluir la implementación de un sistema fotovoltaico con el propósito de reducir la emisión de CO<sub>2</sub>; por tal motivo, se diseñó un sistema fotovoltaico, aprovechando las características geográficas y meteorológicas de la región Moquegua; por ende, se siguió la metodología de realizar un análisis energético, costos que implica la implementación de dicho sistema y el impacto ambiental. En efecto se concluyó que, en el aspecto económico y ambiental, el diseño del proyecto es viable, puesto que los costos son reducidos y la emisión de CO<sub>2</sub> disminuye, siendo un proyecto sostenible porque la región Moquegua, cuenta con un potencial de recurso solar utilizable a gran escala (Poclin Alvis, 2021).

Asimismo, con el objetivo de evaluar la viabilidad de emplear energía renovable en el sector pesca, se evaluó tres propuestas basadas en cargas eléctricas, mediante el uso del programa PV\* SOL que permite la simulación, con una proyección de un periodo de 20 años. En consecuencia, se concluyó que, es viable la implementación de un sistema fotovoltaico que implica utilizar energía para descarga de anchoveta, iluminación en las áreas de trabajo y el empleo de 2 electrobombas, los cuales requiere de 12,641 kWh por cada año (Guerra Guevara, 2021).

## **2.2. Base teórica**

### **2.2.1. Fuentes de energía eléctrica**

Las fuentes de energía primarias, están disponibles en la naturaleza, para ser transformadas en energía secundaria. Pues, una energía primaria al no ser utilizada directamente, es transformada en energía secundaria, previo al consumo como energía final. Las fuentes de energía primaria, se clasifican en dos grupos:

#### **2.2.1.1. Fuentes de energía no renovables**

Estos tipos de energía se encuentra en el mundo, de manera limitada, a su vez el ciclo de regeneración de este tipo de energía es larga, comparada con la velocidad consumida de los mismos. Los combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural, son las energías no renovables más comunes en todo el mundo (Mascarós Mateo, 2016, pág. 3).

#### **2.2.1.2. Fuentes de energía renovables**

Son tipos de energías en el mundo que tienen un ciclo de regeneración a corto plazo, o también se podría considerar como energías inagotables, tales como la energía hidráulica, energía de la biomasa, energía mareomotriz, energía solar (fotovoltaica) y energía eólica. (Mascarós Mateo, 2016, pág. 3).

En cuanto a la energía solar fotovoltaica, es una energía procedente del uso de la luz solar, y estos se obtiene mediante el uso de equipos tecnológicos que captan la radiación solar para convertirlo en electricidad, dichos equipos o módulos fotovoltaicos son conectados entre sí, para generar electricidad. Los módulos fotovoltaicos, tienen una característica plana, por tanto, deberá tener una inclinación o un ángulo de elevación para captar la mayor cantidad de radiación para convertirlo en energía eléctrica (Castejón Oliva & Santamaría Herranz, 2010, pág. 9).

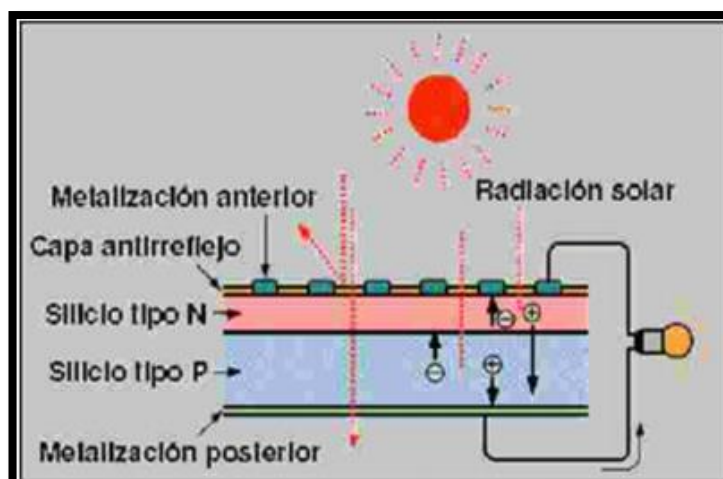
#### **2.2.2. Sistema fotovoltaico**

Este tipo de sistema está conformado por elementos mecánicos electrónicos y eléctricos, que, interactuados entre sí, tienden a captar energía solar con la finalidad de transformar en una energía útil, en estado de energía eléctrica. Este, a su vez, se clasifican en: Híbridos (combinación con otro generador de energía), conectados a red y aislados (con o sin batería) (Méndez Muniz & Cuervo García, 2007).

##### **2.2.2.1. Célula Fotovoltaica**

Es un aparato electrónico que produce electricidad mediante el efecto fotovoltaico, pues al exponer semiconductores (ejemplo: Silicio) a la radiación solar, se obtiene energía electrónica; por tanto, dichas células, es el elemento principal en proceso de transformación de energía solar en energía eléctrica. El proceso de transformación consiste en hacer que suficiente energía golpee a la célula fotovoltaica, con la finalidad de que los materiales semiconductores puedan absorber energía solar y liberar un electrón, lo cual puede fluir electrones positivos (tipo P) y negativos (tipo N), esto genera un voltaje interno, el cual ante la presencia de una resistencia se produce una corriente (Energy, 2005).

**Figura 1:** *Funcionamiento de Célula Fotovoltaica*



*Nota.* tomada de (Valdiviezo Salas, 2014).

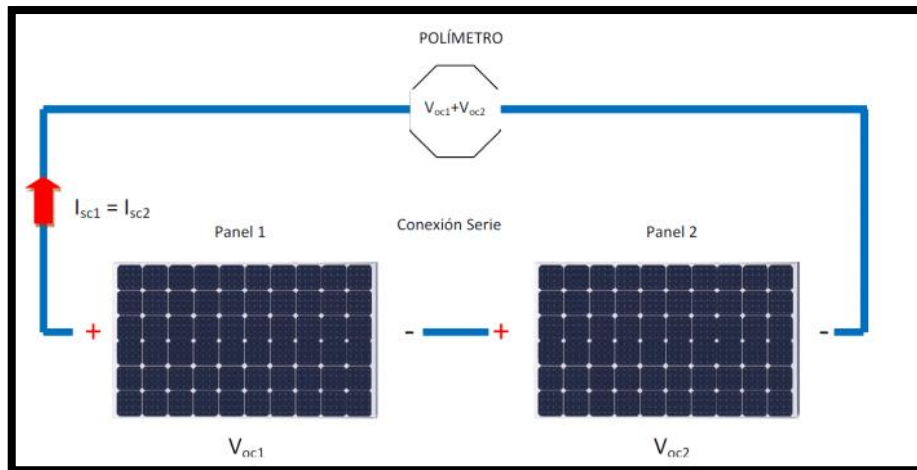
#### **2.2.2.2. Conexión de Módulos Fotovoltaicos**

Estas conexiones se realizan cuando, la intensidad y la tensión de un módulo fotovoltaico, no genera tensión e intensidad necesario de un sistema. Por tanto, se opta por agrupar varios módulos, con la finalidad de conseguir recursos adecuados; ya que, mediante una conexión en serie se puede incrementar la tensión del sistema y mediante la conexión en paralelo se puede incrementar la intensidad del sistema (Castejón Oliva & Santamaría Herranz, 2010).

##### **2.2.2.2.1. Conexión en Serie**

Consiste en conectar en serie a los módulos solares, con la finalidad de obtener una suma de voltajes, sin modificar el valor de la corriente. Por tal motivo, se debe hacer la conexión del polo positivo de un módulo hacia el polo negativo del siguiente módulo, esta acción se repite dentro de la cadena de los módulos fotovoltaicos.

**Figura 2: Conexión en Serie**

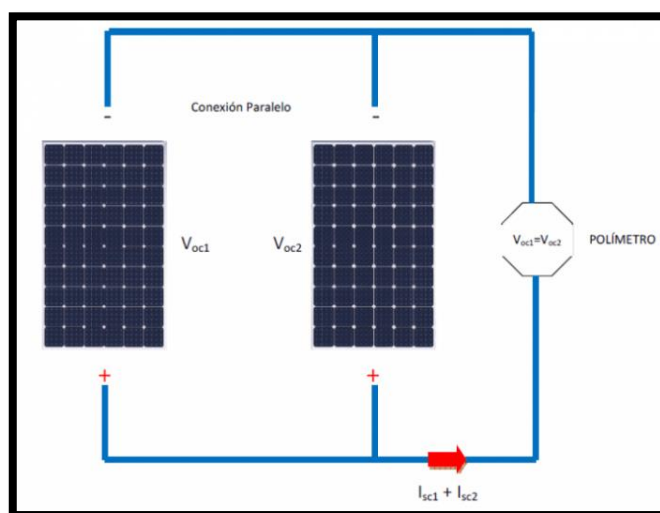


*Nota.* tomada de (Rivas, 2013).

#### **2.2.2.2. Conexión en Paralelo**

Este tipo de conexión, consiste en conectar los paneles en paralelo, significa que se conectará en dos grupos, en un grupo, todos los polos positivos y en otro grupo todos los polos negativos. Mediante este mecanismo se logra conservar el valor del voltaje y se incrementa (se suma la intensidad eléctrica de los paneles conectados en paralelo) la corriente generada.

**Figura 3: Conexión de módulo fotovoltaico en paralelo y parámetros eléctricos**

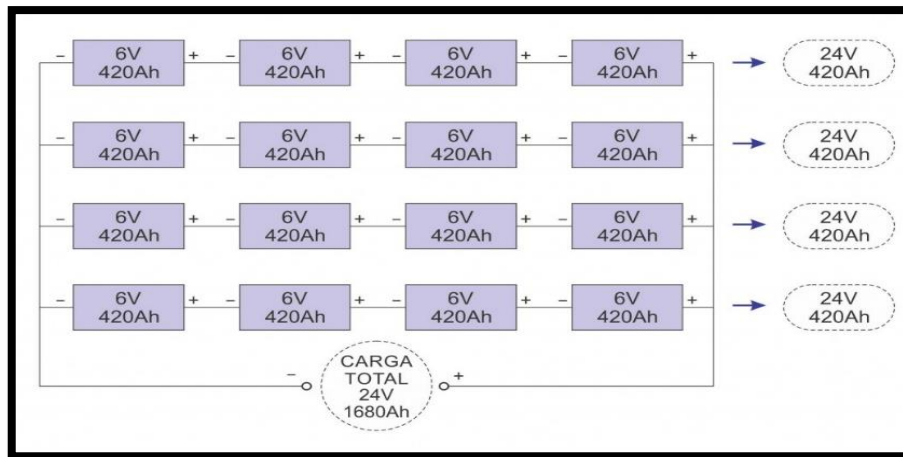


*Nota.* tomada de (Rivas, 2013)

### 2.2.2.2.3. Conexión en Serie/Paralelo

Se realiza cuando se requiere aumentar el voltaje y la intensidad de la corriente del arreglo fotovoltaico, esto se forma mediante la conexión en paralelo a grupos de módulos conectados en serie (Santamaría Herranz y & Castejón Oliva 2010)

**Figura 4:** *Conexión de Modulo fotovoltaico en serie/paralelo*



*Nota.* tomada de (Rivas, 2013)

### 2.2.3. Clasificación de Módulos Fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos, se clasifican de acuerdo materiales empleados, los métodos que se emplea para su fabricación y la forma final que se obtiene. En los 15 años, no hubo cambios significativos, puesto que sigue existiendo 03 tecnologías más destacados (90% del mercado) sobre el resto. Estas 03 tecnologías son los siguientes:

#### 2.2.3.1. Silicio Puro Monocristalino

Esta tecnología, son la composición de células monocristalinas, que a simple vista se diferencia de los demás, porque es de color negro y con las esquinas recortadas; esta tecnología son las más eficientes y adecuados para lugares de poca radiación solar o nubosidad; puesto en las pruebas de laboratorio se logró alcanzar el rendimiento máximo del 24,7% y los módulos de comercialización, tienen el 16% (Debora, 2012).

**Figura 5:** Módulo compuesto por células de Silicio Monocristalinos



*Nota.* Tomada de (Debora, 2012)

#### **2.2.3.2. Silicio Puro Policristalino**

Esta tecnología es similar a Silicio Puro Monocristalino, con la diferencia en el proceso de cristalización del silicio, puesto que basa en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado de manera desordenadas con forma de pequeños cristales, este proceso permite que visualmente sea reconocibles debido a que esto presenta una superficie de aspecto granulado. Estas tecnologías tienen un rendimiento de 19,8% (prueba en laboratorio) y en los módulos comerciales del 14%, en cuanto a su precio, es inferior comparado con el Silicio Puro Monocristalino, y son adecuados para espacios con alta radiación solar. (Debora, 2012).

**Figura 6:** Módulo compuesto por células de Silicio Policristalinos



*Nota.* Tomada de (Debora, 2012).

### 2.2.3.3. Silicio Amorfo

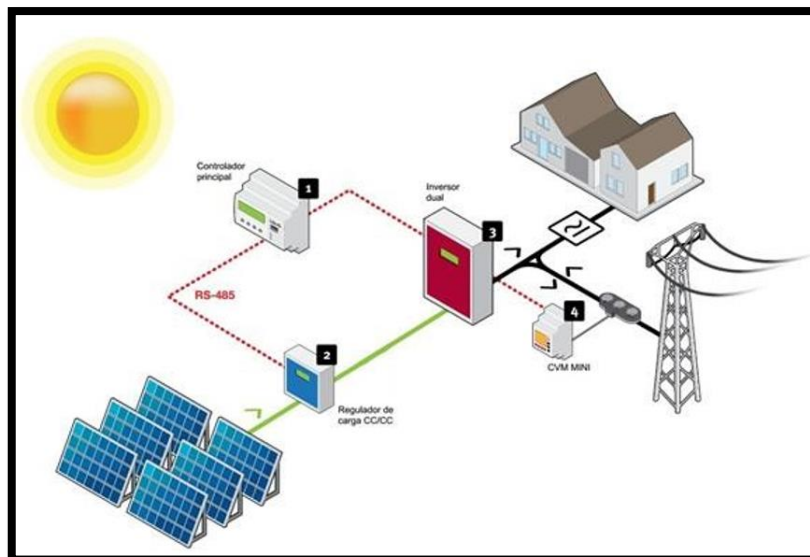
Esta tecnología, también se basa en el silicio, con la diferencia de que no se sigue una estructura cristalina alguna; este tipo de módulos solares, son empleadas para equipos electrónicos que requieren baja tensión como las Calculadoras, relojes, y en pequeños paneles portátiles. En cuanto a su rendimiento, tiene el 13% (prueba en laboratorio) y los módulos comerciales del 8% de rendimiento.

### 2.2.3.4. Clasificación de sistema fotovoltaico

#### 2.2.3.4.1. Sistema Fotovoltáico Conectado a la Red

Son los que trabajan de manera conjunta el sistema fotovoltaico con la red eléctrica de uso público, o también se puede interpretar como la inyección de energía generada por un sistema fotovoltaico a la red eléctrica; de modo que, no hace uso de equipos de almacenamiento de energía, como la batería. Según su magnitud, pueden ser desde instalaciones que genera de 1 a 5 KW de uso personal en casa, o instalaciones que generan 100 kW de uso industriales o incluso plantas de energía que generan varios megavatios.

**Figura 7:** Sistema Fotovoltáico Conectado a la red



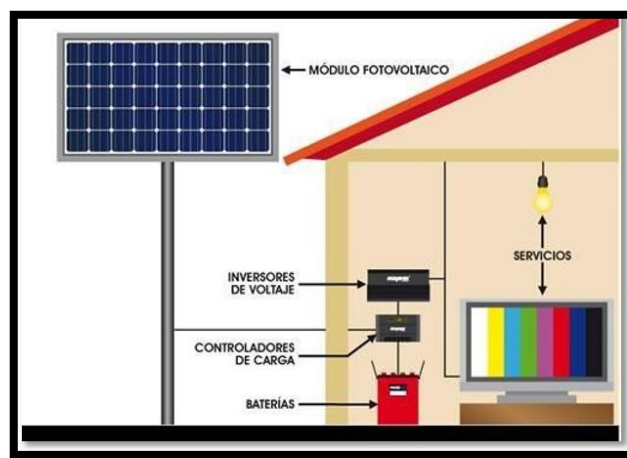
*Nota.* Tomada de, (Clean energy solar, 2012)



#### **2.2.3.4.2. Sistema Fotovoltaico Aislado**

Este tipo de sistema, tienen el propósito de captar la energía solar mediante el uso de los paneles solares fotovoltaicos, para almacenar la energía eléctrica en batería(as), previo al uso final de la energía transformada; tiene el objetivo de proporcionar energía eléctrica para los lugares sin acceso a red eléctrica. A su vez, puede proporcionar energía eléctrica total o parcialmente, según su equipamiento de almacenaje o acumulación de energía mediante el uso de batería (Méndez Muniz & Cuervo García, 2007).

**Figura 8:** Sistema Fotovoltaico Aislado

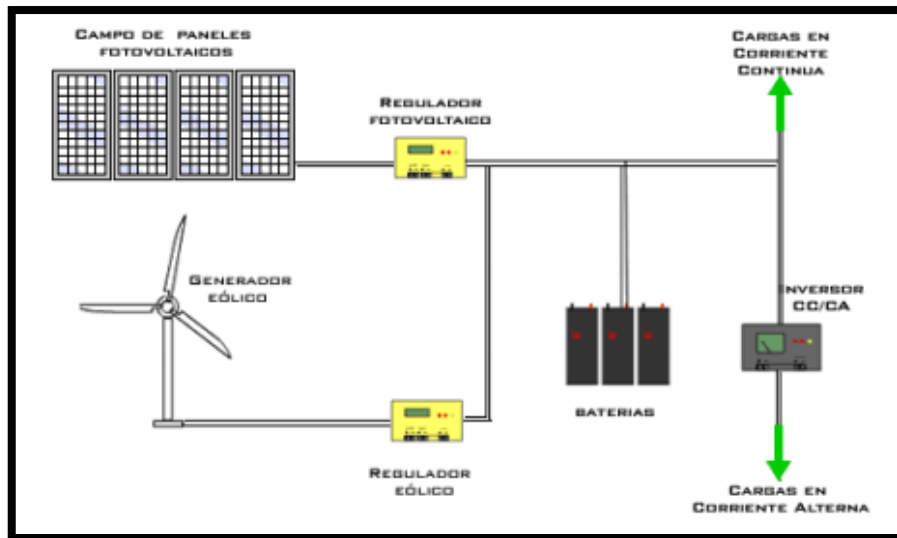


*Nota.* tomada de, (FUNCOSA , 2013).

#### **2.2.3.4.3. Sistema Híbridos**

Es una combinación de un sistema fotovoltaico con una o más fuentes de energías proveniente de energías renovables o no renovables, tales como sistemas eólicos, mareomotriz, biomasa, entre otros; los sistemas híbridos, tienen la finalidad de incrementar la confiabilidad de generar energía para el consumo, evitando la dependencia total de un solo medio de generación eléctrica (Chile, 2016).

**Figura 9: Sistema Híbrido (ejemplo: Solar – Eólica)**



*Nota.* tomada de (Chile, 2016)

#### **2.2.3.5. Panel solar o Módulo Fotovoltaico**

Un Panel o módulo fotovoltaico, dispositivo con capacidad para captar energía solar mediante células conectadas, ya sea en paralelo para incrementar la corriente y/o en serie para incrementar la tensión. Estos módulos pueden ser instalados en la azotea de una casa o en un espacio adecuado, según el tamaño requerido *Nota.* tomada de (Clean energy solar, 2012).

#### **2.2.3.6. Batería**

Es el equipo o dispositivo de almacenamiento de energía captada mediante los módulos fotovoltaicos, cabe mencionar que, la energía captada, no es uniforme, puesto que se varía por diferentes motivos. Las variaciones, en algunos casos como en la noche, la estación del año, pueden ser predecibles; sin embargo, en los casos como nubosidad en un determinado instante, son casos en las que la captación de energía es de manera aleatoria. Dichas variaciones de captación de energía, conllevan a emplear un sistema de almacenamiento para luego ser utilizada. Estas baterías, son proveedores de energía eléctrica estable y necesaria con un voltaje relativamente constante que garantizan el correcto funcionamiento de los dispositivos eléctricos, tales como el televisor o durante el arranque de una bomba o motor eléctrico. (Banda Toma, 2017)

**Figura 10: Banco de Baterías**



*Nota.* tomada de (DSPSOLAR, 2017).

#### **2.2.3.6.1. Capacidad de las baterías**

Es la cantidad de corriente que almacenan en el proceso de carga de energía, para luego entregar energía en su proceso de descarga; en cuanto a unidades de medida, la capacidad de la batería se mide en Amperios-hora (Ah), por tanto, es la cantidad de corriente que se entrega por cada hora, por ejemplo, una batería de 150Ah, puede entregar 150 Amperios, en un plazo de una hora, o también, se puede interpretar como, la misma batería de 150Ah puede entregar 50A en un plazo de tres horas (DSPSOLAR, 2017).

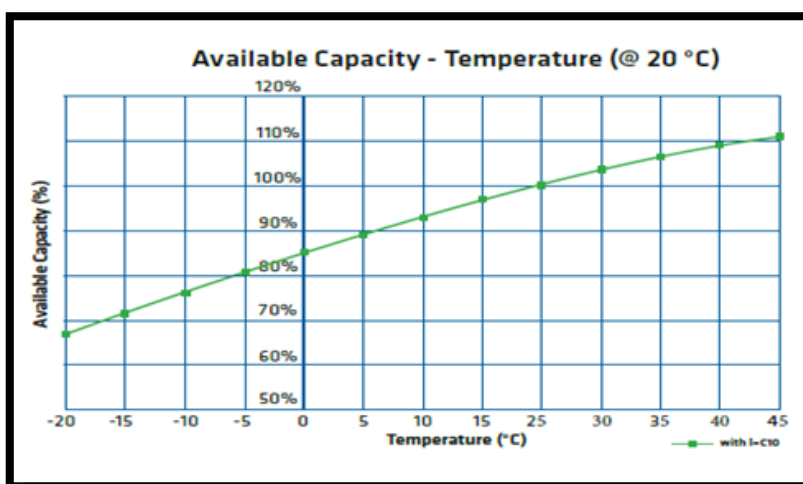
#### **2.2.3.6.2. Factores que afectan la capacidad y vida útil de la batería o acumulador**

**Carga y descarga:** Son procesos que afectan a la capacidad de la batería, puesto que, mientras la batería se descarga más rápida, su capacidad de la batería será menor, por lo contrario, si la descarga es lenta, la capacidad de la batería será mayor.

**Profundidad de descarga:** La profundidad de descarga, está asociada directamente con el ciclo de la batería, por tanto, significa que, si a una batería se somete a una mayor profundidad de descarga, el ciclo de vida de la batería será menor, o viceversa; en conclusión, cuando se requiere extender la vida útil de las baterías, se debe evitar la completa descarga para favorecer a su capacidad de recarga.

**Temperatura:** Está asociada a la capacidad y la vida útil de la batería, pues una alta temperatura, reduce la resistencia interna y disminuye las reacciones químicas, cabe mencionar que el tiempo prolongado provoca que el electrolito causara deterioro a los elementos; y en cuanto a temperaturas bajas conllevan que se alcance el punto de congelación del electrolito. Por tanto, la temperatura debe mantenerse según especificaciones técnicas del fabricante de la batería, para mantener una buena capacidad y extender la vida útil de la batería.

**Figura 11:** *Curva de Comportamiento - capacidad de la batería según temperatura*



*Nota.* tomada de (REBACAS R.L).

#### **2.2.3.7. Regulador de Carga**

El regulador de carga, es uno de los componentes más importantes de un sistema fotovoltaico, puesto que su función principal es proteger y extender el tiempo de la vida útil de la batería; para cumplir dicha función, el regulador de carga deberá colocar el circuito en estado abierto, de esa manera no permite que siga pasando la corriente a la batería, en cuanto detectara una sobrecarga y en cuanto a la sobre descarga, el regulador de carga, deberá cortar el suministro. Por otro lado, los reguladores de carga modernos, también tienen la función que permite monitorear, visualizar, contar con alarma, mostrar el nivel de tensión, así como proteger los fusibles, diodos Zener, etc. (Gutierrez, 2002).

Cabe mencionar que, los fabricantes proporcionan las especificaciones técnicas a considerar respecto al regulador de carga, con el peso, las dimensiones, material de composición del equipo, la temperatura de ambiente en la que debe trabajar dicho regulador, la regulación que lo caracteriza (puede ser en serie o en paralelo), las medidas de seguridad que se debe considerar al momento de instalar o en su etapa de funcionamiento del dispositivo, la medida de longitud de cableado que lo separa al regulador y batería (Gutierrez, 2002).

**Figura 12:** *Controlador Solar*



Nota. Tomada de (SATPCS, 2021)

#### **2.2.3.8. Inversor de corriente**

Son dispositivos electrónicos que tienen la función principal de convertir una corriente continua de baja tensión (12V a 48V) a una corriente alterna de mayor tensión; para ello, primero se captan energía de baja tensión mediante los módulos fotovoltaicos, es almacenada en una batería, y finalmente se proporciona una corriente alterna de mayor tensión (220V/380V) y 60 Hz de frecuencia, con la finalidad de poner en funcionamiento a equipos electrónicos que requieren una corriente alterna. Por otro lado, un inversor de corriente, está formada por tres etapas:

##### **2.2.3.8.1. Etapa Osciladora:**

En esta etapa se genera los pulsos a una frecuencia equivalente a la frecuencia de la red eléctrica donde deberá ser conectada, por ejemplo, de 60 Hz, o es lo mismo que decir ciclos por cada segundo.

#### **2.2.3.8.2. Etapa Amplificadora:**

En esta etapa, se amplía la señal pulsante proveniente de la etapa osciladora, esto debido a que están formadas por transistores que permiten elevar el voltaje.

#### **2.2.3.8.3. Etapa elevadora de Voltaje:**

En esta etapa, el transformador de voltaje empieza a elevar la tensión, ya sea hasta 220 voltios o 380 voltios, con la finalidad de alimentar de energía de mayor tensión a dispositivos o artefactos que requieran un voltaje elevado y a una frecuencia de 60 Hz; por tanto, como salida de corriente, se contará con una señal senoidal, equivalente a la red de eléctrica de uso público.

Los mecanismos para proteger adecuadamente a los inversores de corrientes, son los siguientes:

- a) Disponer de Tensión de entrada fuera del rango de operación.
- b) Desconexión no planificada de las baterías.
- c) Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- d) Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

### **2.2.4. Suministro de energía eléctrica**

Es la que se encarga del proceso de sistema eléctrico, así como de gestionar la red que transporta la energía eléctrica, el suministro de energía eléctrica inicia mediante diferentes fuentes de energía, conllevando a distribuir en las zonas de consumo de energía eléctrica confiable y estable (Yusta Loyo, 2013).

#### **2.2.4.1. Flujo de electrones**

Es el fluido de partículas cargadas de electrones o iones con carga negativa, que se desplazan mediante algún tipo de conductor eléctrico, a este último se le conoce como corriente eléctrica y tienen diferencia de potencial (Bockris & Reddy, 1979)

##### **2.2.4.1.1. Corriente continua (CC)**

Es el flujo de corriente eléctrica de manera constante en una misma dirección. Son utilizadas donde se requiere un bajo voltaje, estos pueden ser producidas por una pila o un sistema fotovoltaico, puesto que, la tensión,

generalmente es de 12, 24, y 48 voltios; dichas corrientes pueden ser medidos por amperímetro (Letamendi, 1991).

#### **2.2.4.1.2. Corriente alterna (CA)**

Es la corriente eléctrica donde los electrones se desplazan en direcciones opuestas (bidireccionales) mediante ciclos o intervalos regulares, y oscila entre dos polos (positivos y negativos); comúnmente este tipo de corriente, son utilizadas para dar funcionamiento a los electrodomésticos, y otros equipos que requieren de mayor voltaje (Letamendi, 1991).

### **2.3. Marco conceptual**

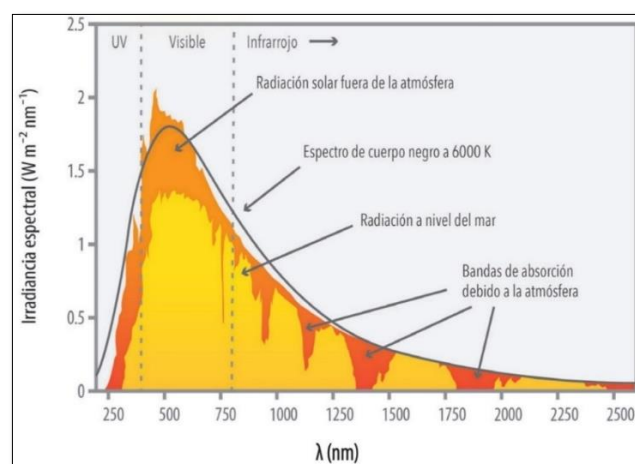
#### **2.3.1. Radiación Solar**

Es la energía emitida por el sol, el mismo tiene a propagarse hacia todas las direcciones respecto a un espacio en el planeta, se transporta en forma de ondas electromagnéticas, dichas ondas pueden ser de 0,15  $\mu\text{m}$  hasta 4  $\mu\text{m}$  aproximadamente. (Castejón Oliva & Santamaría Herranz, 2010, pág. 14).

La radiación solar, al momento de llegar a la tierra, tiene las siguientes características aproximados:

- a) 7% Ultravioleta (UV)
- b) 47% Luz Visible
- c) 46% Radiación Infrarroja

**Figura 13: Irradiancia Espectral**

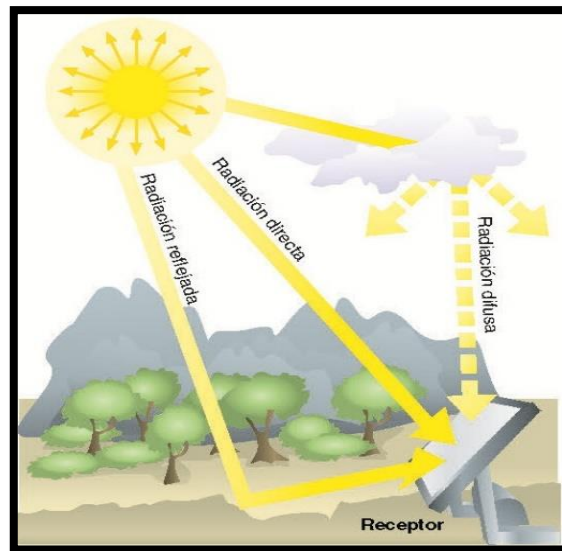


Nota. tomada de, (edu.phineal, 2021).

### 2.3.1.1. Tipos de radiación solar sobre una superficie

Las radiaciones, varían según el tiempo por causas como la nubosidad, que se dan de forma aleatoria, y otras previsibles, ya sea por cambios en las estaciones o cuando es de día y de noche, provocadas por la propia naturaleza del planeta (Castejón Oliva & Santamaría Herranz, 2010)..

**Figura 14:** *Tipos de radiación solar sobre una superficie*



*Nota.* tomada de (Castejón Oliva & Santamaría Herranz, 2010).

Por tanto, la radiación solar, se clasifica en:

#### 2.3.1.1.1. Radiación directa

Son las radiaciones que llegan directamente a la superficie del planeta sin sufrir difusión, ni reflexión de algún tipo (Castejón Oliva & Santamaría Herranz, 2010)..

#### 2.3.1.1.2. Radiación difusa

Este tipo de radiación, es generada por la existencia de la nube entre el sol y la superficie del planeta, en caso que no haya nube, surge el proceso de difusión mediante las partículas atmosféricas. Cabe mencionar que, la radiación difusa se puede encontrar generalmente desde las 6:00 am hasta las 6:00 pm, con valores que oscilan de 300 Wh/m<sup>2</sup> a 5500 Wh/m<sup>2</sup> (Castejón Oliva & Santamaría Herranz, 2010).



#### **2.3.1.1.3. Radiación reflejada o de albedo**

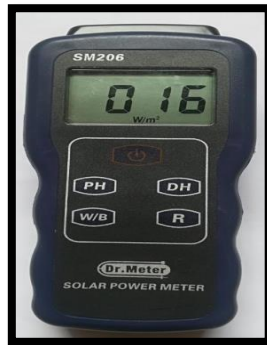
Es la radiación, generada a través del reflejo que provoca al momento que la radiación impacta en la superficie de la tierra, esto depende de la naturaleza del espacio como montañas, lagos u otros que rodean al receptor de energía solar (Castejón Oliva & Santamaría Herranz, 2010).

#### **2.3.2. Equipos para medición de la radiación solar**

##### **2.3.2.1. Solar Power Meter**

Es un equipo electrónico con precisión rápida que facilita conocer la intensidad de iluminación solar conocida como Irradiancia; la unidad de medida se da en watt por cada metro cuadrado de la superficie de la tierra ( $W/m^2$ ).

**Figura 15:** *Solar Power Meter*



*Nota.* tomada de (Nieto Rodriguez, Redondo Sánchez, & Valderrama Morales, 2017).

##### **2.3.2.1.1. Luxómetro**

Es un equipo electrónico que tiene como compuesto principal, célula fotoeléctrica, que le permite captar la luz para convertirlo en pulsos eléctricos, que finalmente, serán interpretadas y mostradas mediante display o aguja, en cuanto a la unidad de medida que emplea es lux(lx).

**Figura 16:** *Luxómetro digital*



*Nota.* tomada de (Nieto Rodriguez, Redondo Sánchez, & Valderrama Morales, 2017)

#### **2.3.2.1.2. Piranómetro**

Es un dispositivo empleado en la meteorología, debido a que permite medir la radiación solar mediante los sensores instaladas en la parte superior del dispositivo, el cual se encarga de medir la densidad de la radiación solar que es reflejada por el suelo del planeta tierra, en unidades de kilowatt por cada metro cuadrado del espacio terrestre ( $\text{kW/m}^2$ ).

**Figura 17:** *Piranómetro*



*Nota.* tomada de (Nieto Rodriguez, Redondo Sánchez, & Valderrama Morales, 2017).

#### **2.3.2.1.3. Heliógrafo**

Es un instrumento construido para medir la duración e intensidad de los rayos solares a insolación por lo que consiste en medir la cantidad de horas que el sol permanece en un lugar durante el día; por tanto, mide cómo avanza el sol mientras gira el planeta, también es registrado cuándo es tapado por las nubes.

**Figura 18:** *Heliógrafo*



Fuente: (Nieto Rodriguez, Redondo Sánchez, & Valderrama Morales, 2017).

#### **2.3.2.1.4. Pirheliómetro**

Es un dispositivo empleado para la medición de la irradiación de un haz de luz solar, dicha luz ingresa por la cámara para dirigirse hacia la termopila, que se encarga de convertir en señales eléctricas, estos últimos son medidos por watt en cada metro cuadrado ( $W/m^2$ ).

**Figura 19:** *Pirheliómetro*



Fuente: (Nieto Rodriguez, Redondo Sánchez, & Valderrama Morales, 2017).

#### **2.3.3. Hora solar pico (HSP)**

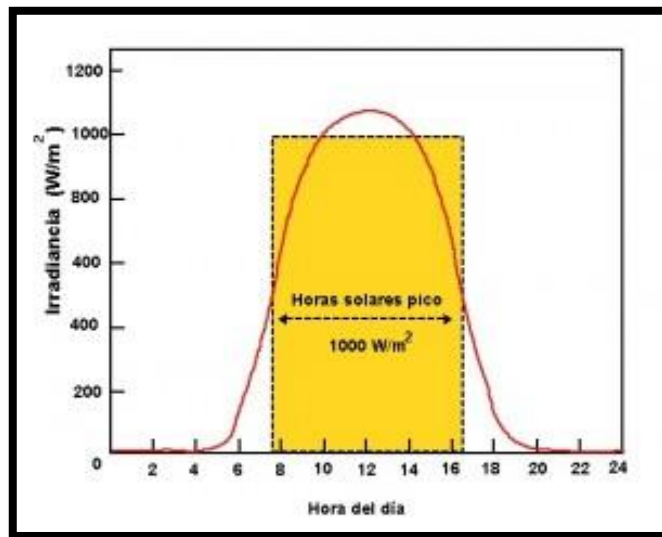
Para simplificar el cálculo de las prestaciones energéticas de las instalaciones fotovoltaicas, para ello se utiliza un concepto asociado a la radiación solar, llamada “horas picos” (HSP). (Scheer, 2018). Asimismo, la hora solar pico (HSP), es definida como tiempo (horas) de una irradiación solar constante (de

manera hipotética) de 1000 W/m<sup>2</sup>. Por otro lado, la hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m<sup>2</sup>, o dicho de otra manera 1 kWh/m<sup>2</sup>, como se muestra en la siguiente conversión:

$$1\text{HSP} = \frac{1000\text{W}\cdot 1\text{h}}{\text{m}^2} \cdot \frac{3600\text{ s}}{1\text{h}} \cdot \frac{1\text{J/s}}{1\text{W}} \dots\dots[1]$$

$$1\text{HSP} = 3,6 \text{ MJ/m}^2$$

**Figura 20:** *Hora Solar Pico*

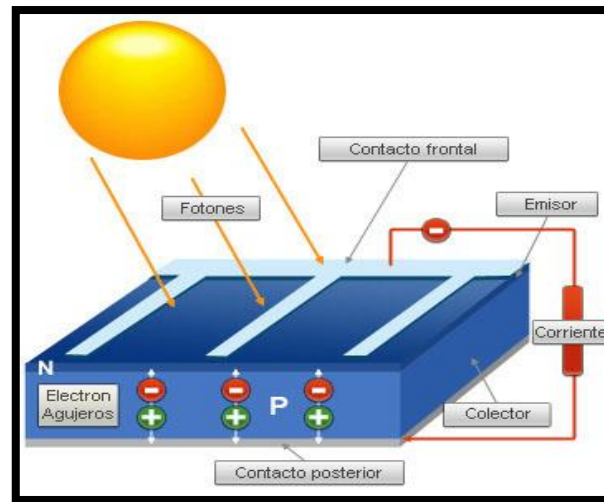


Fuente: (Scheer, 2018).

#### **2.3.4. Efecto Fotovoltaico**

El efecto se produce cuando el material de la celda solar (material semiconductor) atrae una parte de los fotones del sol, se produce el efecto fotovoltaico. Un electrón dentro de la celda es liberado por un fotón absorbido. Se produce una corriente eléctrica porque un cable eléctrico conecta ambas partes de la celda (Orbegozo & Arivilca, 2010).

**Figura 21:** Efecto Fotovoltaico en una celda por efecto de la radiación solar

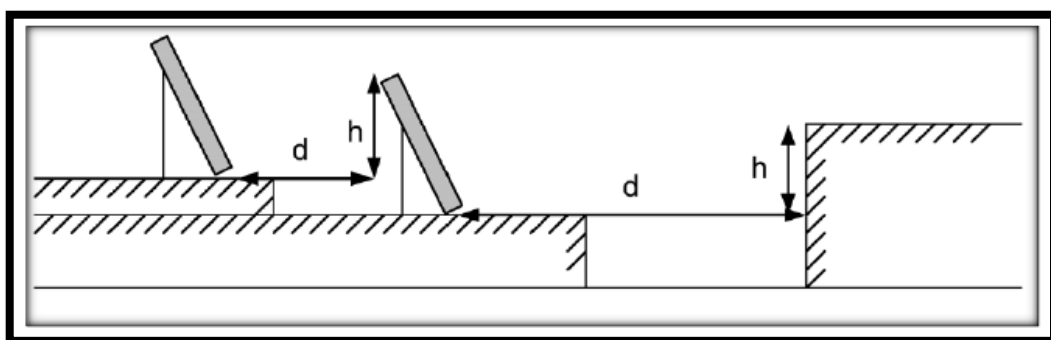


Fuente: (Crambade & Philippe, 2016).

### 2.3.5. Efecto Sombras

Estos pueden ser excesivamente dañinas para la vida útil y la creación de energía de los paneles fotovoltaicos; por ello se recomienda evitar las sombras en los paneles. Asimismo, la distancia recomendada entre un muro, árbol o panel y un panel solar, debe ser como se muestra en la figura 22 (Orbegozo & Arivilca, 2010).

**Figura 22:** Distancia entre Filas Fotovoltaicas



Fuente: (Valdiviezo Salas, 2014).

Donde:

d: Distancia entre el panel fotovoltaico y cualquier objeto causante de sombra.

h: Altura del objeto que causa sombra sobre el panel fotovoltaico, esto garantiza que los paneles permanezcan sin sombra durante al menos 8 horas diarias, centradas al mediodía, y durante todo el año.

### **2.3.6. Conductores**

La selección del aislamiento adecuado para los conductores a instalar, depende de la utilidad y de qué tipo de canalización se utiliza. Para efectuar los cálculos de los conductores, se sigue los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Peruana (NTP) y en el Código Nacional de Electricidad (CNE). En cuanto a las partes del conductor, son diseñadas para que las caídas de voltaje entre el regulador de carga y el generador fotovoltaico sean menores al 3%, entre el regulador de carga y la batería deberá ser menores al 1%, y entre el regulador de carga y las cargas, deberá ser menores al 5%; dichos valores, representa la condición de corriente máxima. Se espera que los cables expuestos a la intemperie cumplan con la norma internacional IEC 60811: "Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos". (Valdiviezo Salas, 2014)

### **2.3.7. Elementos de Protección**

En cuanto a la protección, se pueden utilizar sistemas de protección internos de la unidad de control, así como los sistemas de protección externos, estos últimos pueden ser desconectadores térmicos (ya sea fusibles o los relés), los mismo que se encargan de proteger contra altas tensiones para la corriente alterna y continua, y diodos.

Los fusibles son los elementos de protección, para la selección de estas, se debe tener en cuenta que, la corriente máxima de operación debe estar entre el 50 y el 80 % de la capacidad nominal del fusible.

### **2.3.8. Estructuras de soporte fijo**

Para la instalación de los módulos fotovoltaicos planos, estas estructuras son ampliamente utilizadas. Proporcionan ángulos fijos a los paneles, según la latitud del espacio, permitiendo que la instalación de los módulos fotovoltaicos logre maximizar su eficiencia.

Para cada tipo de espacios asignado para la instalación requiere de modelos específicos, como el tejado, la pared, el suelo, el poste, así como la integración arquitectónica; y brinda las ventajas como:

- a) Un reducido coste.
- b) Costo bajo de mantenimiento.
- c) Elementos de mucha fiabilidad.
- d) No requiere o consume energía.

**Figura 23:** *Estructuras de Soporte fijo para Paneles Solares*



Fuente: (Chile, 2016)

### **2.3.9. Fórmulas para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.**

#### **2.3.9.1. Potencia Eléctrica de Diseño:**

El promedio de valores de los datos del campo, se utilizan para calcular la potencia eléctrica de diseño; para lo cual, se utiliza la siguiente ecuación:

$$PG_{FV} = \frac{E_{PROM}}{HSP \times FG} \dots (1)$$

Donde:

$PG_{FV}$	=	Potencia del Generador Fotovoltaico Necesaria
$E_{PROM}$	=	Energía Promedio Diaria
$HSP$	=	Hora Solar Pico
$FG$	=	Factor Global de Rendimiento

### 2.3.9.2. Dimensionamiento de los Paneles Fotovoltaicos:

Con la finalidad de dimensionar los paneles solares requerido, inicialmente se debe elegir el panel solar adecuado, tomando en cuenta a la potencia pico y el voltaje de diseño, para determinar cuántos paneles se deben usar para nuestra potencia de diseño:

$$N_{mf} = \frac{PG_{FV}}{PP_{ins}} \dots (2)$$

Donde:

$N_{mf}$	=	N° de Módulos Fotovoltaicos Necesarios
$PG_{FV}$	=	Potencia del Generador Fotovoltaico Necesaria
$PP_{ins}$	=	Potencia Pico del Módulo Seleccionado

Después de haber calculado el dimensionamiento de módulos fotovoltaicos necesarios, se procede a la evaluación de cantidades de módulos fotovoltaicos que serán instaladas en serie y en paralelo:

#### En Serie:

$$N_{mf.s} = \frac{V_{DC}}{V_{mf}} \dots (3)$$

Donde:

$N_{mf.s}$	=	N° de Módulos Fotovoltaicos en serie
$V_{DC}$	=	Voltaje de diseño del controlador de carga.
$V_{mf}$	=	Voltaje del Módulo Fotovoltaico seleccionado

#### En Paralelo:

$$N_{mf.P} = \frac{N_{mf}}{N_{mf.s}} \dots (4)$$

Donde:

$N_{mf.P}$	=	N° de Módulos Fotovoltaicos en paralelo
$N_{mf}$	=	N° de Módulos Fotovoltaicos Necesarios



$$N_{mf.s} = \text{N}^\circ \text{ de Módulos Fotovoltaicos en serie}$$

### 2.3.9.3. Ángulo óptimo de Inclinación:

Para aprovechar al máximo la eficiencia de los paneles solares, es necesario determinar el ángulo de inclinación óptimo, para la instalación de la misma; para ello se toma en cuenta a Norma Técnica de Edificación (NTE EM080 Instalaciones con Energía Solar):

$$\beta_{opt} = 10 + |\phi| \dots (5)$$

Donde:

$$\begin{aligned} \beta_{opt} &= \text{Ángulo de Inclinación Óptimo} \\ \phi &= \text{Latitud del lugar de Instalación} \end{aligned}$$

### 2.3.9.4. Distancia de los Módulos:

La distancia de separación entre módulos fotovoltaicos, es de vital importancia para incrementar la eficiencia de las mismas, dicha distancia se determina empleando la siguiente fórmula:

**Altura Proyectada sobre la Vertical del módulo:**

$$h = L \times \sin \beta \dots (6)$$

Donde:

$$\begin{aligned} h &= \text{Altura Proyectada sobre la vertical del módulo} \\ L &= \text{Longitud del Módulo} \\ \beta &= \text{Ángulo de Inclinación óptimo} \end{aligned}$$

**Distancia entre la parte superior de una fila e inferior de la siguiente:**

$$d_{sup-inf} = \frac{h}{\tan(61 - \phi)} \dots (7)$$

Donde:

$d_{sup-inf}$	=	Distancia entre la parte superior de una fila e inferior de la siguiente
$h$	=	Altura Proyectada sobre la vertical del módulo
$\varphi$	=	Latitud del lugar de Instalación

**Distancia mínima entre la parte inferior de las filas:**

$$d_{min-inf} = d_{sup-inf} + L \cos \beta \quad \dots (8)$$

Donde:

$d_{min-inf}$	=	Distancia mínima entre la parte inferior de las filas
$d_{sup-inf}$	=	Distancia entre la parte superior de una fila e inferior de la siguiente
$L$	=	Longitud del Módulo
$\beta$	=	Ángulo de Inclinación óptimo

#### **2.3.9.5. Dimensionamiento del Controlador de Carga:**

Para seleccionar el controlador de carga, previamente se debe dimensionar los valores necesarios empleando las siguientes formulas:

**Máxima Corriente de Entrada:**

$$I_{REG.max.in} = 1,25 \times I_{CC.mf} \times N_{mf.P} \quad \dots (9)$$

Donde:

$I_{REG.max.in}$	=	Corriente máxima de ingreso al Controlador
$I_{CC.mf}$	=	Corriente de Cortocircuito del Módulo
$N_{mf.P}$	=	Nº de Módulos Fotovoltaicos en Paralelo

### Máxima Corriente de Salida:

$$I_{REG.max.out} = \frac{1,25(P_{cc} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_D} \dots (10)$$

Donde:

$I_{REG.max.out}$	=	Corriente máxima de salida del Controlador
$P_{cc}$	=	Potencia en Corriente Continua
$P_{AC}$	=	Potencia en Corriente Alterna
$\eta_{inv}$	=	Eficiencia del Inversor
$V_D$	=	Voltaje de Diseño del Sistema

### Voltaje Máximo que debe soportar:

$$V_{REG.max} = 1,25xV_{OC.mf}xN_{mf.S} \dots (11)$$

Donde:

$V_{REG.max}$	=	Voltaje Máximo que debe soportar el Controlador
$V_{OC.mf}$	=	Voltaje de Circuito Abierto del Módulo Fotovoltaico
$N_{mf.S}$	=	Nº de Módulos Fotovoltaico en serie

### Número de controlador de Carga:

$$N_{REG} = \frac{I_{REG.max}}{I_{REG.selec}} \dots (12)$$

Donde:

$N_{REG}$	=	Nº de Controlador de Carga a Utilizar
$I_{REG.max}$	=	Corriente Máxima del Controlador
$I_{REG.selec}$	=	Corriente del Controlador de Carga Seleccionado

**Número de ramas de módulos fotovoltaicos que deben conectarse a cada controlador de carga:**

$$N_{Rmf.REG} = \frac{N_{mf.P}}{N_{REG}} \dots (13)$$

Donde:

$$\begin{aligned} N_{Rmf.REG} &= \text{Nº de Módulos Fotovoltaicos por Controlador} \\ N_{mf.P} &= \text{Nº de módulos Fotovoltaicos en Paralelo} \\ N_{REG} &= \text{Nº de Controlador de Carga a utilizar} \end{aligned}$$

#### **2.3.9.6. Dimensionamiento del Inversor:**

Para dimensionar el inversor, para el sistema fotovoltaico; se requiere hallar los siguientes datos:

**Potencia de entrada del Inversor:**

$$P_{IN.inv} = \frac{1.2 \times P_{sim.AC}}{\eta_{inv}} \dots (14)$$

Donde:

$$\begin{aligned} P_{IN.inv} &= \text{Potencia de entrada del inversor} \\ P_{sim.AC} &= \text{Potencia Simultanea Alterna} \\ \eta_{inv} &= \text{Eficiencia del Inversor} \end{aligned}$$

**Número de Inversores:**

$$N_{inv} = \frac{P_{IN.inv}}{P_{inv.select}} \dots (15)$$

Donde:

$$\begin{aligned} N_{inv} &= \text{Nº de Inversores a usar} \\ P_{IN.inv} &= \text{Potencia de Entrada del Inversor} \\ P_{inv.select} &= \text{Potencia de Entrada del Inversor Seleccionado} \end{aligned}$$

### 2.3.9.7. Dimensionamiento del Sistema de Almacenamiento

Para dimensionar el sistema de Almacenamiento del sistema fotovoltaico; se requiere hallar los siguientes datos:

#### Capacidad Mínima del Banco de baterías:

$$C_{BAT.min} = \frac{N_D \times E_{PROM}}{P_{D.max} \times V_D \times \eta_{inv} \times \eta_{rb}} \quad \dots (16)$$

Donde:

$C_{BAT.min}$	=	Capacidad Mínima del Banco de Baterías
$N_D$	=	N° de Días de Autonomía
$E_{PROM}$	=	Energía Promedio Día
$P_{D.max}$	=	Profundidad de Descarga Máxima
$V_D$	=	Voltaje de Diseño del Sistema
$\eta_{inv}$	=	Eficiencia del Inversor
$\eta_{reg-bat}$	=	Eficiencia entre el Controlador de Carga y Batería

#### Número de Baterías en Serie:

$$N_{BAT.S} = \frac{V_D}{V_{BAT}} \quad \dots (17)$$

Donde:

$N_{BAT.S}$	=	N° de Baterías en Serie
$V_D$	=	Voltaje de Diseño del sistema
$V_{BAT}$	=	Voltaje de la Batería Seleccionada

#### Número de Baterías en Paralelo:

$$N_{BAT.P} = \frac{C_{BAT.min}}{C_{BAT.selec}} \dots (18)$$

Donde:

$N_{BAT.P}$	=	Nº de Baterías en Paralelo
$C_{BAT.min}$	=	Capacidad Mínima del Banco de Baterías
$C_{BAT.selec}$	=	Capacidad de la Batería Seleccionada

#### 2.3.9.8. Selección de los Conductores Eléctricos:

Para el cálculo de los Conductores Eléctricos; se necesita hallar los siguientes datos:

##### Cálculo de la Máxima Intensidad:

##### a) Para el Tramo de: Módulo Fotovoltaico – Controlar de Carga

$$I_{MAX.mf-reg} = 1,25 \times I_{CC.mf} \times N_{Rmf.REG} \dots (19)$$

Donde:

$I_{MAX.mf-REG}$	=	Máxima Intensidad Modulo Fotovoltaico – Controlador de carga
$I_{CC.mf}$	=	Corriente de Cortocircuito del Módulo Fotovoltaico
$N_{Rmf.REG}$	=	Nº de Módulos Fotovoltaicos por Controlador de carga

##### b) Para el Tramo de: Controlador de Carga - Batería:

$$I_{MAX.REG-BAT} = I_{MAX.mf-REG} \dots (20)$$

Donde:

$I_{MAX.REG-BAT}$	=	Máx. Intensidad entre Controlador de Carga - Batería
$I_{MAX.mf-REG}$	=	Max. Intensidad Módulo FV – Controlador de Carga

**c) Para el Tramo de: Controlador de Carga – Inversor:**

$$I_{MAX.REG-inv} = \frac{1,25xP_{sim.AC}}{V_Dx\eta_{inv}} \dots (21)$$

Donde:

$I_{MAX.REG-inv}$	=	Máxima Intensidad entre Controlador de Carga – Inversor
$P_{sim.AC}$	=	Potencia Simultanea Alterna
$V_D$	=	Voltaje de Diseño del sistema
$\eta_{inv}$	=	Eficiencia del Inversor

**d) Para el Tramo de: Inversor – Tablero General:**

$$I_{MAX.inv-TG} = \frac{1,25xP_{sim.AC}x\cos\phi}{V_{out.inv}} \dots (22)$$

Donde:

$I_{MAX.INV-TG}$	=	Máxima Intensidad entre Inversor – Tablero General
$P_{sim.AC}$	=	Potencia Simultanea Alterna
$V_{out.INV}$	=	Voltaje de Salida del Inversor

**2.3.9.9. Caída de Tensión:**

Con la finalidad de determinar la caída de tensión; se debe emplear la siguiente fórmula planteada:

$$\Delta V_{TRAMO} = \frac{V_DxV_{TRAMO}}{100} \dots (23)$$

Donde:

$\Delta V_{TRAMO}$	=	Variación de Voltaje en el Tramo
$V_D$	=	Voltaje de Diseño del sistema
$V_{TRAMO}$	=	Voltaje de Caída de Tensión entre el Tramo

#### 2.3.9.10. Selección Mínima del Conductor:

Con la finalidad de determinar selección Mínima del Conductor; se debe emplear la siguiente fórmula planteada:

$$S_{CABLE} = \frac{2xLxI_{MAX}}{56x\Delta V} \dots (24)$$

Donde:

$S_{CABLE}$	=	Sección Mínima del Cable a proponer
$L$	=	Distancia del Tramo entre los elementos
$I_{MAX}$	=	Intensidad Máxima del Tramo a evaluar
$\Delta V$	=	Variación de Voltaje del tramo a evaluar

#### 2.3.9.11. Dimensionamiento del Sistema de Protección contra Sobreintensidades:

Para el dimensionamiento del Sistema de Protección contra Sobreintensidades; se necesita hallar los siguientes datos:

##### a) Selección de Fusibles:

$$I_b \leq I_n \leq 0,9 \cdot I_{adm} \dots (25)$$

Donde:

$I_b$	=	Intensidad de corriente que recorre la Línea
$I_n$	=	Intensidad Nominal del Fusible Seleccionado
$I_{adm}$	=	Intensidad Máxima Admisible

##### b) Selección de Fusibles:

$$I_{MAX.carga} = \frac{1,20xP_{sim.AC}}{V_{out.inv}} \dots (26)$$

Donde:



$I_{MAX.carga}$	=	Intensidad Máxima de la Carga a Instalar
$P_{sim.AC}$	=	Potencia Simultanea Alterna
$V_{out.inv}$	=	Voltaje de Salida del Inversor

### **2.3.10. Marco Legal**

Un marco legal está compuesto por todas las leyes que instaure la participación de las distintas entidades de un estado, para proveer la electrificación en zonas rurales y haciendo uso las energías renovables.

De igual modo, se indica los lineamientos establecidos para los proyectos de dicho rubro.

#### **2.3.10.1. Ley de concesiones eléctricas.**

Según el D.L. N° 25844, en su artículo N° 3, hace mención lo siguiente:

Que, Se requiere un permiso para desarrollar las siguientes actividades como:

- a) Producir energía eléctrica mediante la explotación de los recursos hidráulicos y geotérmicos, si la potencia instalada supera a 20 MW;
- b) Cuando la emisión de energía eléctrica, afecta a los bienes del Estado y/o se requiera de servidumbre por parte del estado;
- c) Cuando el reparto de energía eléctrica, como un servicio público de Electricidad, sobrepase los 500 KW (Congreso de la República, 2007).

En ninguno de estos casos, se contempla la generación de electricidad mediante el uso de energías renovables, que pueden ser de uso domiciliario, puesto que se trata de potencias relativamente bajas, lo que significa que, de acuerdo a la ley, no se requiere de ningún tipo de permiso para dicha actividad y no se pagan ningún tipo de impuesto por ella.

### **2.3.11. Diccionario de terminologías de un sistema fotovoltaico**

#### **2.3.11.1. Celda solar o celda fotovoltaica**

Elemento encargado de convertir la luz solar (fotones) en electricidad. Es un elemento de total importancia para los módulos solares fotovoltaicos.

#### **2.3.11.2. Irradiancia**

Magnitud que hace la descripción de la intensidad o la radiación de la iluminación solar que llega hasta la superficie terrestre, de modo que es la potencia instantánea por cada unidad de superficie,  $W/m^2$  o unidades equivalentes.

#### **2.3.11.3. Irradiación**

Cantidad de potencia recibida por unidad de superficie y tiempo, es decir, la irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado. La mayoría de las veces, se mide en watts por metro cuadrado o, en el caso de un día, en watts por metro cuadrado día o unidades equivalentes.

#### **2.3.11.4. Capacidad instalada**

Potencia máxima generada a través de una unidad generadora.

#### **2.3.11.5. Corriente alterna ((CA o AC)**

Los electrones oscilan de un lado al otro de la parte central del cable, dentro de un mismo espacio o amplitud, a una frecuencia establecida.

#### **2.3.11.6. Corriente continúa (CC o CD)**

Se produce a partir de un flujo continuo de electrones, también conocido como cargas negativas; dicho flujo siempre va desde el polo negativo de la fuente al polo positivo.

#### **2.3.11.7. Corriente de corto circuito**

Corriente medido en condiciones de corto circuito en cada terminal de un módulo.

#### **2.3.11.8. Corriente de máxima potencia**

Corriente correspondiente al punto de máxima potencia.

#### **2.3.11.9. Horas de sol pico**

La cantidad de horas de radiación solar equivalente a  $1 \text{ kW.h/m}^2$ , que genera la misma cantidad de energía solar en condiciones de insolación reales.

#### **2.3.11.10. Potencia eléctrica**

La capacidad de los dispositivos eléctricos para minimizar el trabajo (la cantidad de trabajo que se realiza en una unidad de tiempo) y son medidas en Watt (W), kilowatt (kW) y megawatt (MW).

#### **2.3.11.11. Punto de máxima potencia**

Punto de la curva I-V en donde el producto  $I * V$  (potencia) tiene su valor máximo.

#### **2.3.11.12. Voltaje de circuito abierto**

Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.

#### **2.3.11.13. Voltaje de máxima potencia**

Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.

#### **2.3.11.14. Días de autonomía(N)**

En la actualidad, el sistema puede realizar sus tareas (consumir energía) sin necesidad de generar energía desde la fuente primaria; Esto se logra acumulando la energía necesaria en las baterías.

#### **2.3.11.15. Watt pico**

Es la unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que indica la cantidad de potencia máxima que puede producir bajo condiciones de funcionamiento estándar (1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C y 1.5 de masa de aire).

#### **2.3.11.16. Carga**

Cualquier dispositivo o aparato que demanda potencia.

#### **2.3.11.17. Consumo eléctrico**

Cantidad de Watts hora (Wh) o Kilowatts hora (kW.h), que se emplea para que funcione un dispositivo eléctrico, en un periodo de tiempo.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

La investigación Básica o fundamental, consiste en incrementar el conocimiento ya existente, sin embargo, estos conocimientos no son verificados o contrastados (Hernández Sampieri, 2016); esta investigación, propone una solución de la problemática identificada, mediante un diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, por tanto, es de tipo básica.

Por otro lado, el diseño no experimental, consiste en estudiar al fenómeno o muestra, sin ningún tipo de manipulación, o aplicación de tratamiento (Hernández Sampieri, 2016). Para el accionamiento de las compuertas no se implementará un sistema fotovoltaico, sino, solo implica determinar el dimensionamiento tomando en cuenta a las características del estado situacional de las compuertas y la radiación solar; por tanto, la presente investigación tiene un diseño no experimental.

### **3.2. Enfoque de la investigación**

El enfoque cuantitativo, se basa en responder la hipótesis planteada del estudio, mediante la recolección de datos que puedan medir numéricamente y a su vez permita efectuar operaciones matemáticas y/o análisis estadísticos (Hernández Sampieri, 2016). La presente investigación, es de enfoque cuantitativo porque el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, implica realizar cálculos matemáticos, con la finalidad de elaborar una propuesta de solución, para realizar el accionamiento de las compuertas, mediante energía generada por un sistema fotovoltaico.

### **3.3. Población y Muestra**

La población, es un grupo de elementos tangibles (objetos o personas o animales) o no tangibles (registro de información), con características idénticas (Hernández Sampieri, 2016). La población del presente estudio, está conformada por las compuertas con accionamiento de apertura y cierre, mediante energía eléctrica, en el repartidor la puntilla. Por otro lado, la muestra es una parte del total de la población identificada o el total del mismo (Hernández Sampieri, 2016);

la muestra de la presente investigación, son las 7 compuertas del repartidor la puntilla.

### **3.4. Muestreo**

La técnica de muestreo no probabilístico, consiste en la selección de la muestra de estudio en base a un criterio de inclusión y/o exclusión, en vez de elegir los elementos que formarán parte de la muestra (Ñaupas Paitán, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela, & Romero Delgado, 2018). Por tanto, el presente estudio, emplea la técnica de muestreo no probabilístico, puesto que, a la muestra de estudio, no se eligió al azar.

- ✓ Criterio de inclusión: Compuertas de captación de agua que acciona la apertura y cierre, del Repartidor la Puntilla.
- ✓ Criterio de exclusión: Compuertas de ríos que sean fijos o mixto, del Repartidor la Puntilla.

### **3.5. Hipótesis**

Mediante el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, se tendrá una alternativa de solución que permita suministrar energía eléctrica necesaria, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.

### **3.6. Variables de la investigación**

**Variable independiente:** Sistema fotovoltaico.

**Variable dependiente:** Suministro de energía.

### 3.7. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de Variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento	Escala de medición
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>  Sistema Fotovoltaico	Está conformado por elementos mecánicos, electrónicos y eléctricos, que, interactuados entre sí, tienden a captar energía solar con la finalidad de transformar en una energía útil, en estado de energía eléctrica. (Méndez Muniz & Cuervo García, 2007).	Se pretende diseñar y dimensionar un sistema fotovoltaico, capaz de generar suficiente corriente continua y corriente alterna para accionar las 7 compuertas del Repartidor la Puntilla.	Sistema aislado	Cantidad de Panel solar	Fichaje	Ficha de dimensionamiento de Panel solar	Razón
				Cantidad de banco de Baterías	Fichaje	Ficha de dimensionamiento de Capacidad de Batería	
				Cantidad de Regulador	Fichaje	Ficha de dimensionamiento de capacidad de Regulador	
				Cantidad de Inversor	Fichaje	Ficha de dimensionamiento de capacidad de Inversor	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>  Suministro de energía	El suministro de energía eléctrica inicia mediante diferentes fuentes de energía, conllevando a distribuir en las zonas de consumo de energía eléctrica confiable y estable (Yusta Loyo, 2013).	Se pretende obtener dimensionamiento suficiente de corriente continua y la corriente alterna, mediante el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.	Flujo de Corriente	Corriente continua (A)	Fichaje	Ficha de evaluación de corriente continua	Razón
				Corriente alterna (A)	Fichaje	Ficha de evaluación de corriente alterna	

### **3.8. Métodos y Técnicas de Investigación**

En cuanto al método, se empleó el método deductivo, en base a las visitas técnicas que se realizó a las instalaciones de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.

#### **3.8.1. Técnicas de investigación**

La técnica de entrevista se empleó para conocer la situación actual de las instalaciones y conexiones eléctricas utilizadas para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.

La técnica de fichaje, se empleó para la recopilación de datos de la irradiación solar y para los cálculos del dimensionamiento mínimas de los principales componentes del sistema fotovoltaico requerido, como los inversores, controladores, baterías y paneles solares.

#### **3.8.2. Descripción de los Instrumentos Utilizado**

Los instrumentos de la presente investigación, son:

- ✓ Mediante preguntas estructuradas, este instrumento se empleó para recopilar toda la información necesaria para conocer la situación actual de las de las instalaciones eléctricas para las compuertas deslizantes.
- ✓ Ficha de recolección de datos de radiación solar, esta ficha, es una tabla de registro de medición de irradiación, que contiene la fecha, hora y W/m<sup>2</sup>.
- ✓ Ficha de dimensionamiento de componentes del sistema, estas fichas, son unas tablas que contiene los valores estimados de las especificaciones mínimas del panel solar, batería, inversor y control.

#### **3.8.3. Análisis Estadístico e Interpretación de los Datos**

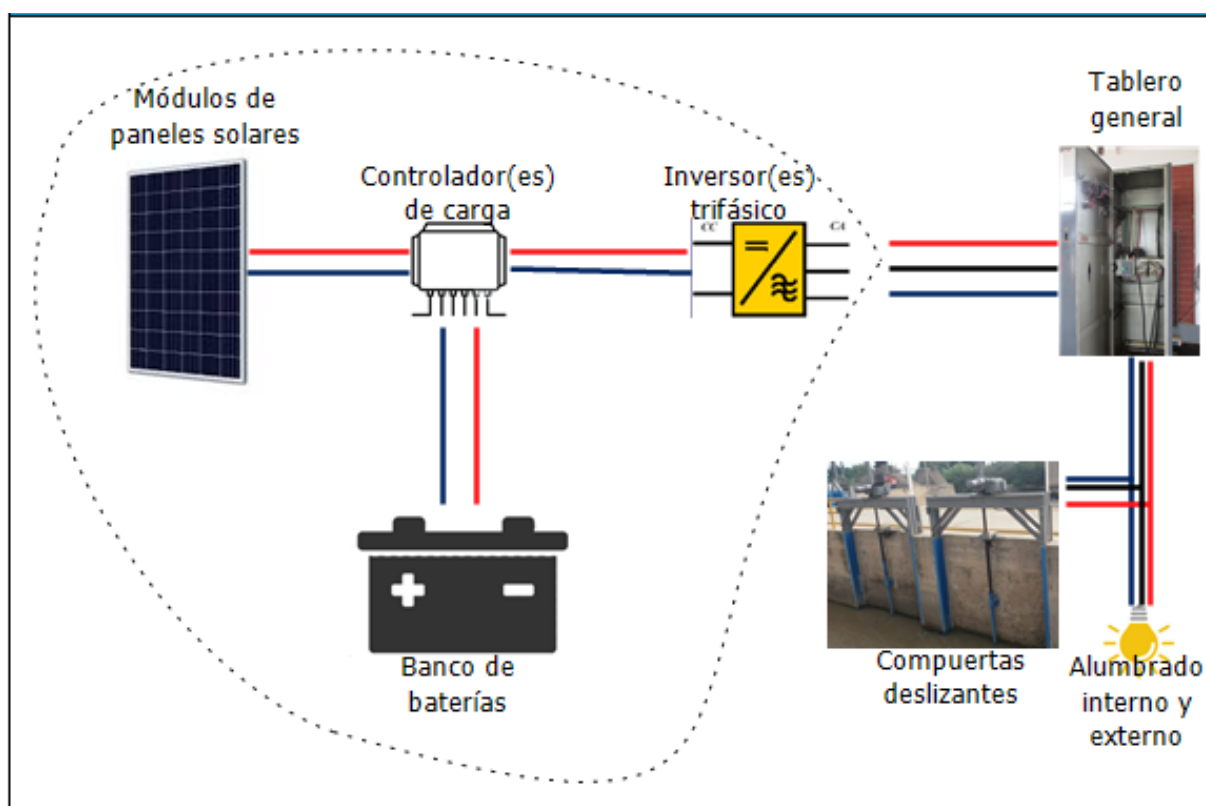
Se empleó promedio simple o media, para evaluar los promedios de los valores de irradiación solar, recopilada durante todos los días del mes de julio del 2022, desde las 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. una medición en cada hora.

Cabe mencionar que, el promedio simple, consistió en sumar todos los valores de irradiación solar recopiladas por cada día, y a dicha suma, se dividió por la cantidad de valores recopiladas.

## CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

La propuesta de la presente investigación, consiste en dimensionar un sistema fotovoltaico a través del dimensionamiento de cada uno de sus componentes, con el propósito de determinar los valores más aproximados que tenga la posibilidad de abastecer energía eléctrica suficiente para el accionamiento de las 7 compuertas de captación y todos los aparatos eléctricos y electrónicos complementarios de las instalaciones del Repartidor la Puntilla.

**Figura 24** *Propuesta de investigación*



*Nota.* la propuesta consiste en generar energía eléctrica, y no se considera las conexiones para las compuertas y/o alumbrado interno y externo.



#### 4.1. Elementos que conforman el sistema fotovoltaico autónomo.

En cuanto al dimensionamiento del sistema fotovoltaico, requiere los principales elementos para convertir energía solar en energía eléctrica necesaria para el accionamiento de las 7 compuertas y los aparatos electrónicos complementarios de las instalaciones del Repartidor la Puntilla.

**Tabla 2** *Elementos principales de un sistema fotovoltaico.*

Ítem	Elemento	Descripción
01	Panel solar	Número de módulos solares (con características adecuadas) para captar energía requerida.
02	Batería	Número banco de baterías para almacenar energía necesaria para un día de autonomía.
03	Inversor	Número de inversores para proporcionar corriente y voltaje necesario.
04	Controlador de carga	Número de controlador para proteger a la batería mediante un llenado óptimo de batería.
05	Espacio para paneles solares.	Es necesario contar con un espacio con medidas necesarias para la instalación de paneles solares.

*Nota.* cabe mencionar que, el ramal de cableados, generalmente los fabricantes venden conjuntamente con los 4 primeros elementos mencionados.

## 4.2. Ubicación del proyecto

El Repartidor la Puntilla, se encuentra en el distrito de Pucalá, de la provincia de Chiclayo y del departamento de Lambayeque, de la república del Perú.

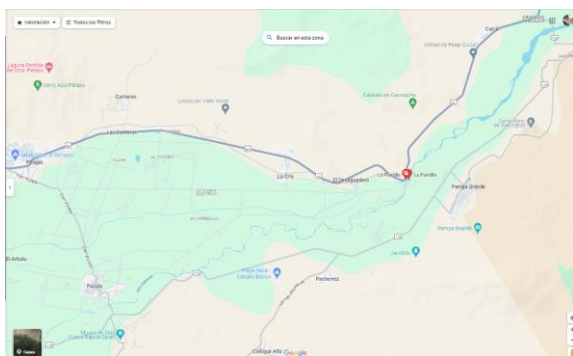
Lambayeque



Chiclayo



Repartidor la puntilla



Ubicación para panel solar



**Nota.** El espacio disponible para paneles solares tiene 124 m2

## CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Sistema de compuertas y sus componentes

#### 5.1.1. Compuertas deslizantes

El sistema de compuertas deslizantes del repartidor la puntilla, tiene las siguientes características:

**Figura 25** *Instalaciones de las compuertas de captación o deslizantes del repartidor la puntilla*

Vista Frontal



Vista Posterior



*Nota.* Elaboración propia (Imágenes captadas por el investigador).

**Tabla 3** Características de las compuertas deslizantes

ITEM	Denominación de compuerta	CÓDIGO NUEVO	Q (l/s)	Prof. (m)	N.D. (m)	Altura de impulsión (m)	Longitud de impulsión (m)	Diám. tubería impuls. Calc. (m)	Diámetro Interior de tubería impuls. (m)	Diámetro tubería impuls. Comercial (m)	Gradiente Hidráulico	Pérdida Carga Fricción (m)	Altura Dinámica Total (m)	Velocidad (m/s)	Potencia al Eje de la Bomba (KW)	Potencia del Motor Eléctrico (KW)	Transf. KVA
1	85-P	LV-7	13.00	35.30	26.70	0.00	330	0.105	0.138	0.140	0.0060	2.20	28.90	0.87	5.27	6.06	7.57
2	87-P	LV-9	27.00	30.30	28.10	0.00	115	0.151	0.190	0.200	0.0049	0.62	28.72	0.95	10.88	12.51	15.63
3	90-P	LV-10	14.00	34.50	28.70	0.00	225	0.109	0.152	0.160	0.0043	1.07	29.77	0.77	5.84	6.72	8.40
4	46-P	CH-2	26.00	17.80	13.50	0.00	240	0.148	0.152	0.160	0.0136	3.60	17.10	1.43	6.23	7.17	8.96
5	Ig2	CH-4	15.00	34.00	28.12	0.00	155	0.113	0.138	0.140	0.0079	1.34	29.46	1.00	6.20	7.13	8.91
6	POZO 1	ARV 12	18.00	75.00	37.00	0.00	150	0.123	0.138	0.140	0.0110	1.82	38.82	1.20	9.80	11.27	14.09
7	POZO 2	ARV 11	17.60	80.00	50.00	0.00	155	0.122	0.152	0.160	0.0066	1.13	51.13	0.97	12.62	14.51	18.14

Nota. con información recopilada a partir de la entrevista con el responsable del Repartidor la Puntilla. Consumo energético. Por otro lado, para determinar el consumo diario de potencia eléctrica, se consideró la demanda de todos los equipos electrónicos en funcionamiento en el Repartidor la Puntilla.

#### 5.1.1.1. Demanda máxima diaria de potencia eléctrica

Mediante un analizador de redes eléctricas se determinó los valores que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4** *Demanda máxima diaria de potencia eléctrica*

Equipos Electrónicos	CANT	Potencia Unitaria (kW)	Factor de Simultaneidad	Sub Total (kW)
Motor de Izaje de Compuerta	7	4.78	0.85	28.45
Iluminación exterior	18	0.30	0.90	4.86
Iluminación Cuarto de control	1	0.80	0.85	0.68
Iluminación Almacén	1	1.50	0.85	1.28
Reserva	1	2.04	0.85	1.73
Demanda total de potencia eléctrica para el accionamiento de las 07 compuertas deslizantes.				<b>37.00</b>

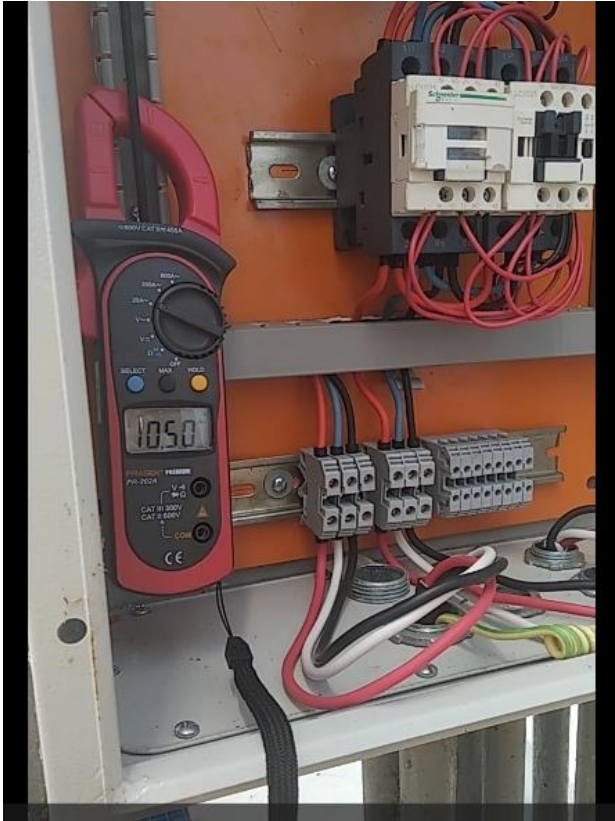
Nota. Elaboración a través de entrevista al encargado del repartidor de la puntilla y observación de los registros.

#### 5.1.1.2. Medición de intensidad de corriente y voltaje

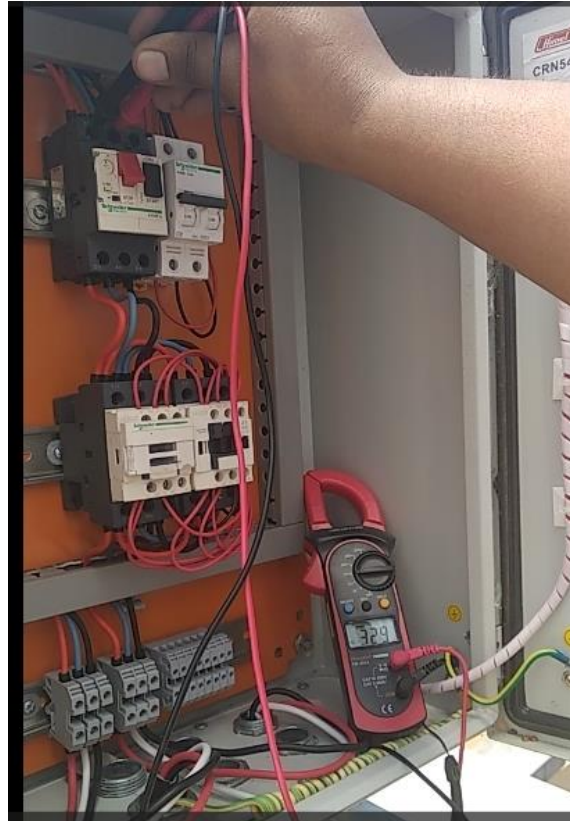
Mediante el uso del equipo pinza amperimétrica, se identificó el valor de la intensidad de corriente y el voltaje, los mismos que son necesarios para el accionamiento de las compuertas deslizantes y el funcionamiento de los equipos de iluminación.

**Figura 26** *Medición de intensidad de corriente y voltaje.*

Medición de corriente



Medición de voltaje



*Nota.* Corriente = 10.50A; Voltaje: 329V, estas mediciones corresponden al tablero de control de una compuerta.

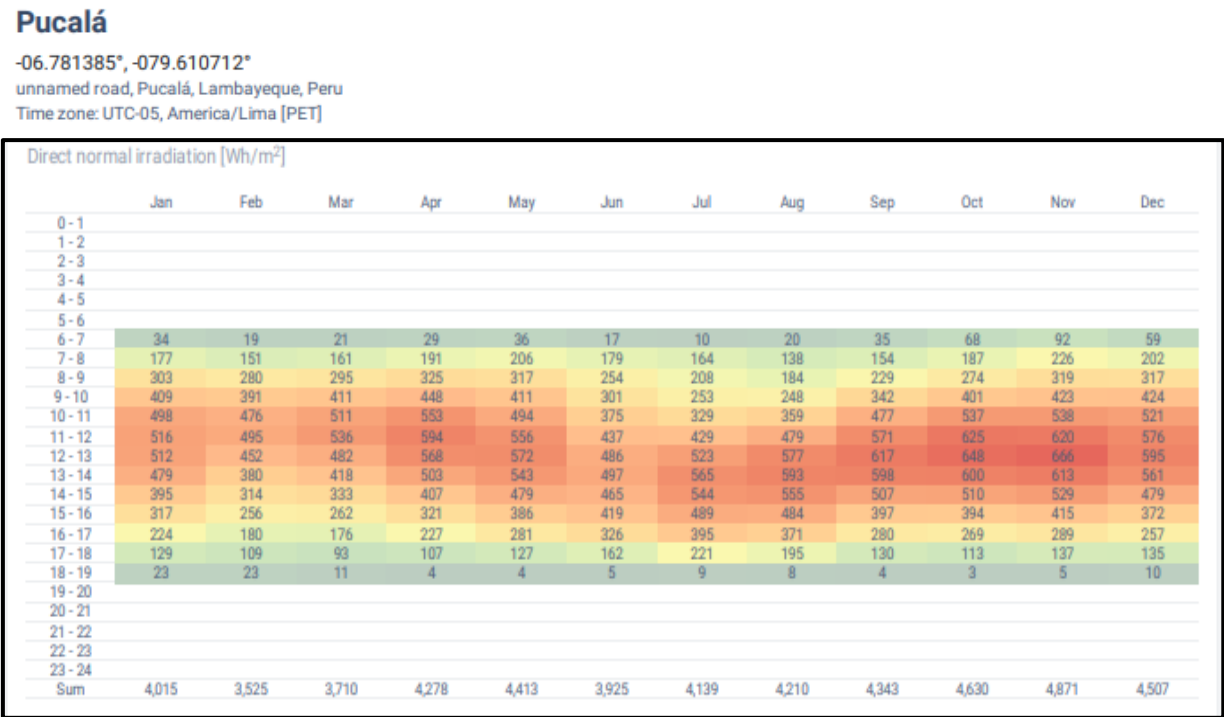
## 5.2. Irradiación solar en el Distrito de Pucalá

La irradiación se evaluó mediante tres formas; usando el Software Global Solar Atlas, el software Solarius PV y mediante la recopilación de datos durante un mes (julio del 2022), utilizando el dispositivo Solar power meter.



5.2.1. Evaluación de irradiación solar – Global Solar Atlas

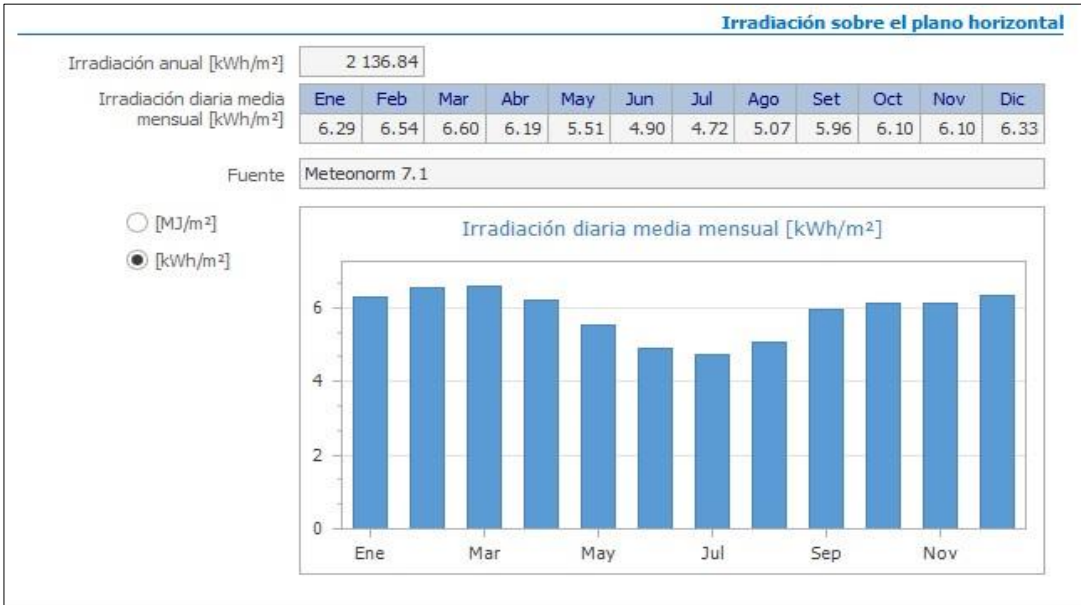
Figura 27 Evaluación de irradiación mediante Global Solar Atlas



Nota. Generado desde la web (GLOBAL SOLAR ATLAS, 2022).

5.2.2. Evaluación de irradiación solar – Software Solarius PV

Figura 28  
Software Solarius PV



Nota. Generado desde el software Software Solarius PV

### 5.2.3. Evaluación de irradiación solar – Solar power meter

Se recopiló datos de irradiación solar durante todo el mes de julio del 2022, empleando el instrumento “Solar power meter”, dichos datos se recopilaron durante cada hora, desde las 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. (ver anexo 5).

**Tabla 5** Evaluación de irradiación mediante Recopilación de datos

Fecha	Cantidad de radiación por día (W/m2)	Radiación por kW/m2	Promedio de Radiación del mes de julio del 2022
1/07/2022	4784	4.784	
2/07/2022	4700	4.700	
3/07/2022	4718	4.718	
4/07/2022	4809	4.809	
5/07/2022	4712	4.712	
6/07/2022	4708	4.708	
7/07/2022	4746	4.746	
8/07/2022	4743	4.743	
9/07/2022	4721	4.721	
10/07/2022	4704	4.704	
11/07/2022	4715	4.715	
12/07/2022	4706	4.706	
13/07/2022	4712	4.712	
14/07/2022	4702	4.702	
15/07/2022	4681	4.681	
16/07/2022	4746	4.746	4.718
17/07/2022	4722	4.722	
18/07/2022	4732	4.732	
19/07/2022	4672	4.672	
20/07/2022	4711	4.711	
21/07/2022	4721	4.721	
22/07/2022	4714	4.714	
23/07/2022	4729	4.729	
24/07/2022	4729	4.729	
25/07/2022	4719	4.719	
26/07/2022	4713	4.713	
27/07/2022	4704	4.704	
28/07/2022	4701	4.701	
29/07/2022	4679	4.679	
30/07/2022	4682	4.682	
31/07/2022	4714	4.714	

*Nota.* el promedio de irradiación solar en el mes de julio del 2022, fue de 4.718 kW/m2.



Se puede observar que, mediante la herramienta “Software Solarius PV”, el promedio mínimo de radiación fue de 4.720kW/m2, en cuanto a la recopilación de datos mediante el uso de dispositivo “Solar power meter” realizado en el mes de julio del 2022, se obtuvo 4.718kW/m2. Por tanto, para el dimensionamiento de módulos de panel solar, se consideró el valor más aproximado, 4.72kW/m2

### 5.3. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se tomó en cuenta las siguientes especificaciones:

#### 5.3.1. Especificaciones para el dimensionamiento del SFV

**Tabla 6** Especificaciones para el dimensionamiento del SFV

Ítem	Concepto	Abreviatura	Valor mínimo
01	Potencia eléctrica requerida	<i>Per</i>	37kW
02	Hora diaria de consumo de energía	<i>Edce</i>	2.5 horas
03	Energía consumida promedio total diario (incluye el 13% adicional)	<i>Ecptd</i>	$(1.13) * (Per * Edce) = 104.53$ kW.h/d
04	Irradiación solar	<i>HSP</i>	4.72 kWh/m2
05	Voltaje de salida (trifásico)	<i>Vs</i>	380V
07	Día(s) de autonomía del sistema fotovoltaico	<i>Da</i>	1 día
08	Coef. de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador	<i>kb</i>	0.05
09	Coef. de pérdidas debidas al inversor	<i>kc</i>	0.2
10	Coef. de pérdidas varias (transmisión, efecto joule etc.)	<i>kV</i>	0.1
11	Coef. de autodescarga diaria de las baterías	<i>ka</i>	$0.25/180 = 0.0013889$
12	Profundidad de descarga de la batería	<i>Pd</i>	85%
13	Factor global de rendimiento	<i>FG</i>	$(1 - kb - kc - kV) * ((1 - ((ka * da) / Pd))$ $= 0.6489379$
14	Potencia del generador fotovoltaico necesaria	<i>PG</i>	$Ecptd / FG = 161.07088$ kWh

*Nota.* A la energía consumida diaria, se adiciona un 13%, por recomendación de especialista.

### 5.3.2. Sistema Aislado

#### 5.3.2.1. Dimensionamiento de módulos de panel Solar para el SF.

**Tabla 7** *Panel solar seleccionado*

Especificaciones técnicas principales de panel solar RA 550W – 48V			
Ítem	Característica	cantidad	unidad
01	Voltaje del módulo fotovoltaicos seleccionado (Vmfs)	48	V
02	Potencia pico del módulo seleccionado (Ppms)	550	W
03	Max. Power Voltage (Vmpp) at STC	42	V
04	Max. Power Current (Impp) at STC	13.1	A
05	Open Circuit Voltage (Voc) at STC	49.82	V
06	Short Circuit Current (Isc) al STC	13.97	A
07	Module Efficiency	21	%
08	Longitud del módulo	2279	mm
09	Ancho del módulo	1134	mm
10	Altura del módulo	30	mm

*Nota.* se seleccionó solar RA 550W – 48V, Según los datos recopilados con “Solar power meter” que sólo entre las 11:00 a.m. y 2:00 p.m., superan los 550W, con una hora pico solar máximo de 768Wh/m<sup>2</sup>. Especificaciones técnicas de módulos fotovoltaicos seleccionado (ver anexo 9)

Por otro lado, para el dimensionamiento de panel solar, se deberá tener en cuenta los siguientes valores:

- ✓ Voltaje de diseño del controlador (Vdc): 400 V
- ✓ Voltaje del diseño del sistema (Vds.): 48 V
- ✓ Latitud del lugar de instalación (Lli): -6

**Tabla 8** Dimensionamiento de módulos fotovoltaicos necesario

Ítem	Concepto	Fórmula empleada	Valores	Valor hallado	Valor final
01	Número de módulos fotovoltaicos necesarios (Nmfn)	$(PG * 1000) / (PPims * HPS)$	(161.07088 kWh*1000) / (550W*4.72kWh)	62.045794 <i>Nº entero = 63</i>	64 unid.
02	Número de módulos fotovoltaicos en serie (Nmfs)	Vdc/Vmfs	400V/48V	8.3333333	8 unid.
03	Número de módulos fotovoltaicos en paralelo (Nmfp)	Nmfn/Nmfs	62.045794/ 8.3333333	7.4454952	8 unid.
04	Ángulo de inclinación óptimo	10+valor absoluto (Lli)	10+6	16.00°	16°

*Nota.* para el ángulo de elevación, se considera en uno de estructura metálica y cubos de concreto, según las medidas del módulo seleccionado, el mismo que el proveedor recomienda.

### 5.3.2.2. Dimensionamiento de Batería para el SF.

**Tabla 9** Dimensionamiento de batería para el SF

Ítem	Concepto	Fórmula empleada	Valores	Valor hallado	Valor final
01	Capacidad mínima de banco de baterías (Cmbb)	$(1 * Ecptd * 1000) / (Pd * Vds.)$	(1*104.53 kWh/d*1000) / (85%*48)	2561.8873 A.h	2600 A.h
02	Número de baterías en serie (Nbs)	Vds. / Vbs	48V/48V	1	1
03	Número de baterías en paralelo (Nbp)	Cmbb / Bs	2561.8873A.h/2600 A.h	0.9853413	1

*Nota.* La batería (24 baterías de 2 voltios, conectadas en serie) seleccionada es de 2600 A.h y de 48V; Voltaje de batería seleccionada (Vbs). Especificaciones técnicas de banco de batería seleccionada (*ver anexo 10*)

### 5.3.2.3. Dimensionamiento de controlador de carga para el SF

Tener en cuenta que: la máxima corriente que debe soportar (Mc<sub>ds</sub>), es de 200 A.

**Tabla 10** *Dimensionamiento de controlador de carga para el SF*

Ítem	Concepto	Fórmula empleada	Valores	Valor hallado	Valor final
01	Máxima corriente de entrada	$1.25 * \text{Short Circuit Current (Isc) al STC} * \text{Nmfp}$	$1.25 * 13.97 \text{ A} * 8$	139.7 A	139.7 A
02	Máxima corriente de salida (M <sub>cs</sub> )	$((0 + (\text{Ppms} * \text{Nmfn}) / \text{Ei}) / \text{Vds.})$	$((0 + (550\text{W} * 64) / 0.96) / 48\text{V})$	763.88889 A	763.88889 A
03	Voltaje máximo que debe soportar (V <sub>m<sub>ds</sub></sub> )	$1.1 * \text{Open Circuit Voltage (Voc) at STC} * \text{Nmfs}$	$1.1 * 49.82\text{V} * 8$	438.416 V	438.416 V
04	Número de controlador de carga a utilizar (N <sub>ccuu</sub> )	$\text{Mcs} / \text{Mc}_{\text{ds}}$	$763.88889 \text{ A} / 200 \text{ A}$	3.8194444	4 unidades

*Nota.* La máxima corriente que debe soportar el controlador de carga, es de acuerdo a la recomendación del especialista; Eficiencia del inversor (Ei). Especificaciones técnicas de controlador de carga seleccionada (*ver anexo 11*).

#### 5.3.2.4. Dimensionamiento de inversor para el SF

Para el dimensionamiento, se consideró 0.96 de eficiencia del inversor (Ei) y potencia (pot) de 7kW.

**Tabla 11** *Dimensionamiento de inversor para el SF*

Ítem	Concepto	Fórmula empleada	Valores	Valor hallado	Valor final
01	Potencia de entrada del inversor (Pei)	$1.15 * (PG/Hsp) / Ei$	$1.15 * (161.07088 \text{ kWh} / 4.72 \text{ kWh/m}^2) / 0.96$	40.87913 kW	40.87913 kW
02	Número de inversores necesarios (Nin)	$Pei / pot$	$40.87913 \text{ kW} / 7 \text{ kW}$	5.8398757	6 unidades
03	Número de ramas de módulos fotovoltaicos que se deben conectar a cada inversor.	$Nmfp / Ning$	8 unid / 6 unid.	1.3333333	1.3333333

Nota. El voltaje de entrada y voltaje de salida es de 48V y 380V respectivamente. Especificaciones técnicas de inversor seleccionado (*ver anexo 12*).

#### 5.3.2.5. Dimensionamiento de fusible para proteger a los equipos.

Ítem	Concepto	Fórmula empleada	Valores	Valor hallado	Valor final
01	Fusible para controlador (Módulo solar→Controlador de carga)	$1.25 * \text{corriente máxima que debe llegar al controlador}$	$1.25 * (13.97 \text{ A} + 13.97 \text{ A})$	34.93A	35A
02	Fusible para batería (controlador de carga → Batería)	$1.25 * \text{Corriente máxima que debe llegar a la Batería}$	$1.25 * 111.76 \text{ A}$	139.7A	140A
03	Fusible para inversor (batería → inversor)	$1.25 * \text{Corriente máxima que debe llegar al inversor.}$	$1.25 * 875 \text{ A}$	1093.75A	1100A

## 5.4. Flujo de Corriente

### 5.4.1. Corriente Continua

**Tabla 12**

*Ficha de evaluación de corriente continua*

Ítem	Concepto	Fórmula empleada	Valores	Valor hallado	Valor final
01	Máxima corriente de entrada	1.25* Short Circuit Current (Isc) al STC * Nmfp	1.25 * 13.97 A * 8	139.7 A	139.7 A

*Nota.* La máxima corriente continua del sistema propuesto es de 139.7 A.

### 5.4.2. Corriente Alterna

**Tabla 13**

*Ficha de evaluación de corriente alterna*

Ítem	Concepto	Fórmula empleada	Valores	Valor hallado	Valor final
01	Máxima corriente de salida (Mcs)	$((0 + (P_{pms} * Nmfn) / E_i) / V_{ds})$	$((0 + (550W * 64) / 0.96) / 48 V)$	763.88889 A	763.88889 A

*Nota.* La máxima corriente alterna que puede soportar la propuesta es de 763.88889A.

5.5. Evaluación de costo–beneficio

Concepto		AÑO							
		Año0	1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	5to Año	6to Año	7mo Año
Ingresos	Ahorro en combustible (Ver anexo 2)	S/0.00	S/70,527.55	S/70,527.55	S/70,527.55	S/70,527.55	S/70,527.55	S/70,527.55	S/70,527.55
	Ahorro de mantenimiento de generador (Ver anexo 2)	S/0.00	S/8,689.00	S/8,689.00	S/8,689.00	S/8,689.00	S/8,689.00	S/8,689.00	S/8,689.00
	Acumulado de ingreso anual	S/0.00	S/79,216.55	S/79,216.55	S/79,216.55	S/79,216.55	S/79,216.55	S/79,216.55	S/79,216.55
Egresos	Inversión para compra de equipos para SFA (Ver anexo 3)	S/394,514.32	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
	Canalización para protección de cableado (Ver anexo 4)	S/320.00							
	Elaboración de dados de concreto 20x20x30cm (Ver anexo 4)	S/640.00							
	Servicio de mantenimiento del SF (s/250.00 mensual).	S/0.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00
	Acumulado de egreso anual	S/395,474.32	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00	S/3,000.00
Flujo del año		-S/395,474.32	S/76,216.55	S/76,216.55	S/76,216.55	S/76,216.55	S/76,216.55	S/76,216.55	S/76,216.55
Flujo de caja acumulado		-S/395,474.32	-S/395,474.32	-S/319,257.77	-S/243,041.22	-S/166,824.67	-S/90,608.12	-S/14,391.57	S/61,824.98

Nota. El costo de la inversión en el año cero es \$106,759.20 (costo de principales componentes, incluye costo de instalación y capacitación de funcionamiento del sistema, de acuerdo a la cotización de la empresa Q-Energy), equivalente a S/394,514.32.

Concepto		AÑO							
		8vo Año	9no Año	10mo Año	11mo Año	12mo Año	13ro Año	14to Año	15to Año
Ingresos	Ahorro en combustible (Ver anexo 2)	S/.70,527.55	S/.70,527.55	S/.70,527.55	S/.70,527.55	S/.70,527.55	S/.70,527.55	S/.70,527.55	S/.70,527.55
	Ahorro de mantenimiento de generador (Ver anexo 2)	S/.8,689.00	S/.8,689.00	S/.8,689.00	S/.8,689.00	S/.8,689.00	S/.8,689.00	S/.8,689.00	S/.8,689.00
	Acumulado de ingreso anual	S/.79,216.55	S/.79,216.55	S/.79,216.55	S/.79,216.55	S/.79,216.55	S/.79,216.55	S/.79,216.55	S/.79,216.55
Egresos	Inversión para compra de equipos para SFA (Ver anexo 3)	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
	Canalización para protección de cableado (Ver anexo 4)								
	Elaboración de dados de concreto 20x20x30cm (Ver anexo 4)								
	Servicio de mantenimiento del SF (s/250.00 mensual).	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00
	Acumulado de egreso anual	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00
Flujo del año		S/.76,216.55	S/.76,216.55	S/.76,216.55	S/.76,216.55	S/.76,216.55	S/.76,216.55	S/.76,216.55	S/.76,216.55
Flujo de caja acumulado		S/.138,041.53	S/.214,258.08	S/.290,474.63	S/.366,691.18	S/.442,907.73	S/.519,124.28	S/.595,340.83	S/.671,557.38

*Nota.* Para la evaluación de costo - beneficio de la propuesta de solución, se emplea el desarrollo de un flujo de caja, considerando una tasa de 10% y se obtuvo un Valor actual neto (VAN) de S/ 447,711.17 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 10.6%, en el 15vo mes después de haber ejecutado la propuesta.



## **5.6. Validación del dimensionamiento del sistema fotovoltaico**

Para la validación del dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se basó en fórmulas mencionadas en el apartado de la base teórica; adicionalmente, se hizo una validación mediante revisión / evaluación, de 3 ingenieros mecánico y electricista, expertos en la implementación de sistemas fotovoltaicos. Los cuales, unánimemente manifiestan que el dimensionamiento del sistema fotovoltaico realizado, está correcto.

## **CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

En el ámbito internacional, Valdés, et al. (2020), determinó la viabilidad respecto a la rentabilidad y eliminación de CO<sub>2</sub> en la ciudad de Arica - Chile, mediante un análisis técnico haciendo uso el software PV\*SOL® Premium, propuso utilizar 5 paneles de 265Wp, para eliminar CO<sub>2</sub> de manera considerable, asimismo, Caicedo y Torres (2020), manifiesta que en un municipio de Colombia, mediante un sistema fotovoltaico en los próximos 25 años se podrá gastar solo el 52% respecto al gasto actual de dicho municipio y se eliminará la emisión de 1.470.311 toneladas de CO<sub>2</sub>. A diferencia de los estudios mencionados, la presente investigación propone utilizar 64 paneles solares con sus respectivos componentes complementarios, donde se obtiene una TIR positivo en un periodo de 15 años, y disminuye la emisión de CO<sub>2</sub>, puesto que, mediante la propuesta, se dejará de utilizar aproximadamente más de 300 galones de petróleo de manera mensual.

En el ámbito nacional, Poclin (2021), en su estudio pretende reducir costos y disminuir la cantidad de emisión de CO<sub>2</sub> para un hospital de Moquegua, propone la implementación de un sistema fotovoltaico, para aprovechar las características geográficas y meteorológicas de la región Moquegua; La propuesta es viable y sostenible, pues reduce el costo y disminuye la emisión de CO<sub>2</sub>. Asimismo, Guevara (2021), evalúa la viabilidad de la implementación de energía renovable, para descarga de anchovetas, en consecuencia, hace uso del programa PV\* SOL, con la finalidad de determinar el dimensionamiento para un sistema fotovoltaico que genere 12,641kWh por año, el estudio es viable con una proyección de 20 años. A diferencia de los estudios mencionados, la presente investigación, pretende minimizar el costo excesivo del consumo de petróleo, en efecto reducir la emisión de CO<sub>2</sub>, mediante la sustitución por un sistema fotovoltaico autónomo se genera 104.53 kWh/diaria; además, la propuesta es viable después de ser evaluado el costo – beneficio, mediante flujo de caja se obtuvo una TIR de 10.6% (evaluada con una tasa de 10%), por tanto, es positivo en un periodo de 15 años, y disminuye la emisión de CO<sub>2</sub>, puesto que, se dejará de utilizar aproximadamente 300 galones de petróleo de manera mensual.

## **CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1. Conclusiones**

Como conclusión general de la presente investigación, se logró determinar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el accionamiento de dichas compuertas; de acuerdo a los cálculos realizados, es necesario generar 37kW de potencia diario, para 2 horas con 30 minutos de consumo de energía, con un voltaje de 380V; Para ello, se requiere 64 módulos de paneles solares de 550W – 48V, en cuanto a las baterías, 1 banco de baterías; en cuanto a los inversores, el sistema requiere de 6 unidades de inversores para proporcionar 380V de voltaje de salida; en cuanto a controladores, se requiere 4 unidades de controladores para soportar una corriente máxima de 763.89 A; cabe mencionar que, mediante la propuesta se reduce la emisión de CO<sub>2</sub>, puesto que se dejará de utilizar más de 300 galones de petróleo de manera mensual.

Mediante el análisis de la situación actual de las compuertas y el suministro de energía, se evidenció que, se cuenta con 7 compuertas deslizantes que requiere de 28.45kW de potencia durante 2 horas y 30 min diario aproximadamente para el accionamiento de las mismas, 380V; además, en el establecimiento se cuenta con iluminación en los exteriores, en el cuarto de control, en el almacén, por tanto, la demanda de potencia total, incluido reserva, fue de 37kW, y un consumo total de energía de 92.50 kWh/diaria, cabe mencionar que el sistema tiene la capacidad de 104.53 kWh/diaria.

Con la finalidad de conocer la irradiación en el distrito de Pucallá donde se encuentra ubicada el Repartidor la Puntilla, se acudió a 2 fuentes (software Global Solar Atlas y Solarius PV) de información relacionada a la irradiación; además, se utilizó el dispositivo “solar power meter”, para medir la irradiación durante 31 días, en el mes de julio del año 2022. Mediante los cuales, el promedio mensual de irradiación es de 4.72kW.h/m<sup>2</sup>, por tanto, se tomó en cuenta el valor de 4.72kW/m<sup>2</sup>, para determinar los valores necesarios de los demás componentes.

Se logró dimensionar el sistema fotovoltaico autónomo, la captación de energía (panel solar), controlador e inversor de energía y almacenamiento de la energía (batería); en cuanto a los módulos de panel solar, se estima 64 paneles solares que deberán ser instalados 8 paralelos de 8 módulos en serie, con una inclinación de 16 grados, para los cuales es necesario contar con estructura

metálica; en cuanto a la batería, se deberá instalar 1 banco de batería (instalada en serie de 24 baterías de 2 voltios), con capacidad de almacenaje de 2600A; en cuanto a inversor, se deberá contar con 6 inversores para generar 380V (trifásica) de salida de voltaje; y en cuanto a controlador de carga, se requiere 4 controladores para soportar hasta 763.89 A de corriente.

Se hizo una evaluación de viabilidad de la propuesta de solución, basada en costo – beneficio, mediante la elaboración de flujo de caja evaluada con una TIR de 10%, el mismo que, en el 15vo año, después de haber implementado el sistema fotovoltaico, proporciona un resultado positivo en cuanto a TIR (10.6%) y VAN (S/. 447,711.17), por tanto, se recupera el monto invertido, e incluso se obtiene un pequeño porcentaje de ganancia. Por otro lado, además de desarrollar los cálculos de dimensionamiento mediante el uso de base teórica (fórmulas), se apoyó, en la opinión de juicio de 3 expertos.

## **7.2. Recomendaciones**

A los próximos investigadores, se recomienda contar con un registro de diario de potencia y energía empleada, para tener mayor precisión al momento de identificar las cantidades de potencia y energía consumida en el funcionamiento de dispositivo y equipos electrónicos.

A los próximos investigadores, se recomienda recopilar información de irradiación solar durante no menor de 6 meses, sobre todo en épocas de lluvia, donde existe menor irradiación solar, haciendo uso de “solar power meter”, u otro equipo para medir la irradiación solar, con la finalidad de contar con una información más precisa respecto a la irradiación solar en el espacio de estudio.

A los próximos investigadores, se recomienda indagar las ventajas y desventajas que puede tener cada uno de los componentes como la batería, controladores, inversores, módulos de panel solar, y accesorios, con la finalidad de elegir la mejor opción basado en costo beneficio.

Se recomienda incluir los costos de operarios (personal que se encarga de ejecutar el accionamiento de las compuertas), puesto que en la presente investigación no se ha incluido dicho costo porque, se ha considerado que el costo de operarios será la misma o igual comparado con el costo actual. Asimismo, se recomienda que los expertos, evalúen cada detalle o características del dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AICHE PERU. (2019). Recuperado el 2022, de <https://www.aiche.org.pe/2019/11/15/como-vamos-con-la-masificación-del-gas-natural/>
- Argentina, S. d. (2008). *Energías Renovables 2008 - Energía Solar*. Buenos aires: Secretaria de Energía.
- Banda Toma, A. (2017). *Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema autónomo en las instalaciones UCSP*. Arequipa: Universidad Católica San Pablo.
- Bockris, J. O., & Reddy, A. K. (1979). *Electroquímica moderna*. (Reverté, Ed.) Barcelona.
- Caicedo Vargas, J. S., & Torres Ortega, J. A. (07 de 2020). Evaluación técnico ambiental para la implementación de un sistema fotovoltaico. *UNAD - Revista Especializada en Ciencia, Tecnología e Ingeniería* , 14(1), 16. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2192&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2192&context=ing_ambiental_sanitaria)
- Castejón Oliva, A., & Santamaría Herranz, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: Editex.
- Chile, S. (23 de Enero de 2016). *Sistemas Fotovoltáicos* . Recuperado el 05 de Junio de 2018, de [https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto\\_Simec\\_Chile.pdf?1287789602](https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.pdf?1287789602)
- Crambade, O., & Philippe, & E. (2016). DHAMMA. *L´energie verte en plein essor*, 50-51.
- Debora, P. (2012). *Caracterización de Módulos Fotovoltáicos*. Tesis, Brasil.
- DSPSOLAR. (Febrero de 2017). *Baterías acumuladores*. Recuperado el 05 de Junio de 2018, de [https://www.distribucionessolares.es/bateriab-solar-topzsb/bateria-solar-5-topzs-442c10-575ah-c100-6ud-12v\\_845](https://www.distribucionessolares.es/bateriab-solar-topzsb/bateria-solar-5-topzs-442c10-575ah-c100-6ud-12v_845)
- Duarte, T., Jiménez, R., & Ruiz, M. (2007). *Scientia et Technica: Analisis Económico de Proyectos de Inversión*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- edu.phineal. (16 de 03 de 2021). *edu.phineal.com*. Recuperado el 13 de 05 de 2022, de <https://edu.phineal.com/lessons/la-radiacion-solar/>
- Energy, A. (2005). *Energía Solar Fotovoltaica*. ITER, 2-4.
- GLOBAL SOLAR ATLAS. (31 de 12 de 2022). <https://globalsolaratlas.info/map>. Recuperado el 14 de 02 de 2023, de <https://globalsolaratlas.info/map?c=11.609193,8.4375,3&s=-6.781385,-79.610712&m=site>

- Guerra Guevara, R. F. (2021). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para la embarcación de descarga de anchoveta Chata DC-3*. Piura: UDEP - FACULTAD DE INGENIERÍA. Recuperado el 15 de 10 de 2022, de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5362>
- Gutierrez, M. (2002). *Manual de Instalación y Mantenimiento de Sistemas Solares Fotovoltaicos*. Lima: Tesis.
- Hernández Sampieri, R. F. (2016). *Metodología de la investigación: las rutas: cuantitativa ,cualitativa y mixta* (6ta ed.). México: Mc Graw Hill Education.
- Led, G. T. (2018). Paneles Solares. *Soluciones Solares*, 2-4.
- Letamendi, M. Á. (1991). *Sistema de Conversion de Corriente Continua en Corriente Alterna*. (M. U. Mondragon Goi Eskola Politeknikoa, Ed.)
- Martins, A. (10 de 02 de 2021). *BBC News Mundo*. Recuperado el 10 de 09 de 2022, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-56001440>
- Mascarós Mateo, V. (2016). *Gestión del montaje de instalaciones fotovoltaicas*. Madrid: Paraninfo.
- Méndez Muniz , J. M., & Cuervo García, R. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica* (2da Edición ed.). Madrid, España: ECA Instituto de tecnología y formación, S.A.,.
- Nieto Rodriguez, C., Redondo Sánchez, D., & Valderrama Morales, F. (2017). *Diagnostico de la incidencia de la radiación solar presente en las instalaciones de la sede principal de la universidad cooperativa de Colombia sede villavicencio*. Villavicencio.
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis* (5to ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la u.
- Orbegozo, C., & Arivilca, R. (2010). Energía Solar Fotovoltaica. En C. Orbegozo, & R. & Arivilca, *Energía Solar Fotovoltaica. Manual técnico para instalaciones domiciliarias* (pág. 215). Green Energy.
- Poclin Alvis, E. (2021). *Diseño y análisis de un sistema de paneles fotovoltaicos para la alimentación eléctrica de extractores helicocentrífugos en una de las instalaciones del Nuevo Hospital de Moquegua*. Lima: UNMSM - Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica. Recuperado el 13 de 09 de 2022, de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/16737>
- Potes, P., & Proaño, X. (20 de 1 de 2020). Diseño de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi. *Revista Técnica "energía"*, 16(2), 10. doi:<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v16.n2.2020.362>
- PUCP. (11 de 08 de 2023). <https://inte.pucp.edu.pe>. Recuperado el 15 de 08 de 2023, de Ahogándose en contaminación: <https://acortar.link/W8dN25>

- Rivas, P. (Junio de 2013). *Paneles Solares fotovoltaicos*. Recuperado el 31 de Mayo de 2018, de <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/paneles-solares-fotovoltaicos/>
- samienergy - Reporte Anual de Operaciones del SEIN 2019, C. 2. (s.f.). Reporte Anual de Operaciones del SEIN 2019, COES 2020.
- SATPCS. (01 de 06 de 2021). <https://satpcs.com/>. Recuperado el 05 de 02 de 2023, de ¿Cuál es la función de un controlador solar?: <https://satpcs.com/sp/blog/funcion-de-un-controlador-solar>
- Scheer, H. (18 de Mayo de 2018). *Calculation Solar Blog*. Recuperado el 18 de Mayo de 2018, de <http://calculationsolar.com/blog/?cat=3>
- Statista. (13 de 03 de 2023). <https://es.statista.com>. Recuperado el 26 de 07 de 2023, de Distribución porcentual del consumo de energía primaria en Perú en 2021: <https://acortar.link/gupp7z>
- Universitat Jaume I. (21 de 07 de 2021). [www.catedrabpmmedioambiente.es](http://www.catedrabpmmedioambiente.es). Recuperado el 18 de 05 de 2022, de 2020, EL AÑO DEL COVID, AFECTÓ DRAMÁTICAMENTE A LOS MERCADOS ENERGÉTICOS: <https://acortar.link/Sc0dcr>
- Valdés González, G. D., Rodríguez Ponce, E. R., Miranda Visa, C., & Lillo Sotomayo, J. (06 de 2020). Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile. *Centro de Información Tecnológica*, Vol. 31(3), 8. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000300249>
- Valdiviezo Salas, P. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. LIMA: PUCP.
- W, D. J. (2013). *Solar engineering of thermal processes*. Estados Unidos: Cuarta Edición Solar Engineering .
- Willians Fonseca, R. (2012). *Análisis de Comportamiento de Módulos Fotovoltaicos*. Tesis, Brasil.
- Yusta Loyo, J. M. (2013). *Contratación del suministro eléctrico*. (S. Ediciones Paraninfo, Ed.)

## ANEXOS

### ANEXO 1: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Diseño Metodológico	
<b>Formulación del Problema</b>  ¿Cuál es el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico que pueda suministrar energía eléctrica necesaria, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla?	<b>Objetivo General:</b> Determinar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, que pueda suministrar energía eléctrica necesaria, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.	Mediante el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, se tendrá una alternativa de solución que permita suministrar energía eléctrica necesaria, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.	Sistema Fotovoltaico	Sistema aislado	Cantidad de Panel solar	<b>Tipo de investigación:</b> Básica  <b>Enfoque de investigación</b> Cuantitativa.  <b>Diseño de investigación:</b> No experimental	
	OE 01: Identificar el sistema de compuertas y los componentes complementarios del Repartidor la Puntilla.				Cantidad de banco de Baterías		
					Cantidad de Regulador		
					Cantidad de Inversor		
			OE 02: Medir los valores de los indicadores de la radiación solar en el Distrito de Pucalá.	Corriente continua (A)	<b>Población:</b> 7 compuertas deslizantes  <b>Muestra:</b> 7 compuertas deslizantes  <b>Muestreo:</b> No se aplica ninguna técnica  <b>Técnica:</b> Fichaje  <b>Instrumento:</b> Ficha para cada uno de los indicadores		
	OE 03: Dimensionar un sistema fotovoltaico, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.					Flujo de corriente	
							OE 04: Validar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, para el accionamiento de las compuertas de captación de agua del Repartidor la Puntilla.




**ANEXO 2: Registro de consumo de petróleo y mantenimiento del generador actual.**

ITEM	MES	NÚMERO DE GALONES	DIAS POR MES	PRECIO DE DIESEL (GAL)	COSTO SUB TOTAL
1	ENERO	11.7	31	17.52	6,354.50
2	FEBRERO	11.7	28	17.24	5,647.82
3	MARZO	11.7	31	17.44	6,325.49
4	ABRIL	10.8	30	17.65	5,718.60
5	MAYO	10.8	31	17.99	6,023.05
6	JUNIO	10.8	30	18.40	5,961.60
7	JULIO	10.8	31	18.20	6,093.36
8	AGOSTO	10.8	31	17.89	5,989.57
9	SETIEMBRE	10.8	30	17.24	5,585.76
10	OCTUBRE	10.8	31	17.05	5,708.34
11	NOVIEMBRE	10.8	30	16.98	5,501.52
12	DICIEMBRE	10.8	31	16.78	5,617.94
<b>Total, de gasto en combustible (\$/)</b>					<b>70,527.55</b>

<b>SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE GENERADOR - 2022</b>							
ITEM	MES	CAMBIO DE ACEITE + FILTRO DE ACEITE	CAMBIO DE FILTROS DE COMBUST.	CAMBIO DE FILTRO DE AIRE	COSTO DEL MANT. (\$/)	OTROS IMPREVISTO (\$/)	TOTAL (\$/)
1	ENERO	220.00			250.00	47.00	517.00
2	FEBRERO	220.00			250.00	22.00	492.00
3	MARZO	220.00	250.00	150.00	500.00	62.00	1,182.00
4	ABRIL	220.00			250.00	22.00	492.00
5	MAYO	220.00			250.00	22.00	492.00
6	JUNIO	220.00	250.00	150.00	500.00	62.00	1,182.00
7	JULIO	220.00			250.00	22.00	492.00
8	AGOSTO	220.00			250.00	22.00	492.00
9	SETIEMBRE	220.00	250.00	150.00	500.00	62.00	1,182.00
10	OCTUBRE	220.00			250.00	22.00	492.00
11	NOVIEMBRE	220.00			250.00	22.00	492.00
12	DICIEMBRE	220.00	250.00	150.00	500.00	62.00	1,182.00
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>							<b>8,689.00</b>

ANEXO 3: Cotización de componentes principales del sistema fotovoltaico

			<div>COTIZACION QE-B01764-PE Este número debe ser mencionado en toda correspondencia</div>		
<b>CLIENTE:</b> JESUS ALBERTO BALVIN MIO DNI: 47449920			<b>FORMA DE PAGO:</b> 20% Adelanto / Saldo previo a la entrega Banco de Crédito, Cuenta en Dólares Nº 191-1751860-1-64 Banco de Crédito, Cuenta en Soles Nº 191-1730587-0-75 En caso de aceptar nuestra cotización, emitir Orden de Compra a favor de: Q-Energy Peru SAC RUC: 20492221571 Tel: (51-1) 985 589 916 Correo: bhuerta@qenergyperu.com		
<b>Atención</b> JESUS ALBERTO BALVIN MIO Teléfono: Email: albert7891@hotmail.com			<b>SOLICITADO POR:</b> JESUS ALBERTO BALVIN MIO		
			<b>FECHA</b> 8/03/2024		
ITEM	CANT.	Und	DESCRIPCION	VALOR VENTA UNIT	VALOR VENTA SUB TOTAL
1	1	GLB	SISTEMA FOTOVOLTAICO para una carga de 37 kW x 2.5 horas, Trifásico 380/220 3L + N + T, 1 día de autonomía, compuesto por: ARREGLO SOLAR de 35.2 kWp	\$ 90,473.90	\$ 90,473.90
	64	Und	Módulo Solar Yingli 550Wp, Monoperc, TIER 1	\$ 125.50	
	1	GLB	Estructura para 64 Módulos Solares para terreno a 0.8 m. de altura minima, fabricado en Fierro Galvanizado o Aluminio anonizado	\$ 7,555.30	
	8	Und	Caja de Protección por cada Arreglo Solar hacia el Gabinete, a instalar en el lado del arreglo solar.	\$ 238.50	
	1	GLB	Kit de Cables y accesorios (30 m. aprox.)	\$ 519.00	
			BANCO DE BATERÍAS de 2600 Ah C120 48 Vdc		
	1	Und	Banco de Batería FIAMM SMG/S 2600, 48 Vdc 2600 Ah C120, GEL OPzV, incluye conexiones en serie, terminales y barras de cobre	\$ 31,071.20	
	2	Und	Rack de Baterías Horizontal 2 x 12, fabricado en fierro y pintado con pintura electrostatica	\$ 1,900.50	
	1	GLB	Kit de Cables y accesorios (4 m. aprox.) del Banco de Baterías al Gabinete, cable del tipo WS 1/0, son 3 lineas por cada polo x 1 banco	\$ 729.80	
			CONTROL Y POTENCIA		
	4	Und	Controlador Victron Energy Smart Solar MPPT RS 450/200, 450 Vdc 200 A 48 Vdc	\$ 2,195.00	
	6	Und	Inversor Cargador Multiplus II 48/10000/140-100, 48 Vdc 220 Vac 10 kVA, para uso trifásico	\$ 3,412.60	
	3	Und	Gabinete Indoor para equipos electrónicos y dispositivos de protección, incluye servicio de integración	\$ 1,520.40	
	1	GLB	Dispositivos de Proteccion en todas las lineas (Fusible, ITM, SPD, barras de cobre etc.)	\$ 2,027.20	
	1	GLB	Sistema de Monitoreo Cerbo S GX + Touch + Cables de Comunicación	\$ 1,013.60	
TOTAL VALOR VENTA					\$ 90,473.90
IGV (18%)					\$ 16,285.30
PRECIO DE VENTA					\$ 106,759.20
<b>CONDICIONES</b> Validez de la Oferta 15 días 45 días a la recepción de la Orden de Compra y recibido el adelanto. Entrega en nuestros almacenes de San Luis Q-Energy se encarga de cargar los equipos en las unidades del Cliente El cliente debe indicar el nombre del responsable que retirará los equipos y los datos de las movilidades.					
<b>OBSERVACIONES:</b> No se considera el material para el canalizado desde el Arreglo Solar hacia el Gabinete Para la instalación de la estructura se requiere construcción de dados de concreto de 20x20x30cm aprox. (material que no esta incluida en la oferta)					
<b>EMBALAJE</b> Módulo Solares en paletts de madera y forrado de carton y/o strecht film Gabinetes en pallets con listones de madera verticales y forrado de carton Estructuras embalado en carton los extremos Cables y cajas embalado en cajas de carton					
Autorización comercial: Diana Chumbile			Autorización Técnica: Boris Huerta P.		

#### ANEXO 4: Otros gastos para la implementación del sistema fotovoltaico

Materiales complementarios para implementación de un sistema fotovoltaico autónomo						
Ítem	Equipo / componente	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio subtotal
1	Dados de concreto	Soporte para la estructura metálica 20x20x30cm	Und	32	S/.20.00	S/.640.00
2	Canalización para cubrir cableado del sistema fotovoltaico	Tubos, tubo corrugado, canaleta de pared y cajas de paso.	Glb	1	S/.320.00	S/.320.00
<b>Costo total de materiales complementarios</b>						<b>S/. 960.00</b>

**ANEXO 5: Registro Medición de Radiación solar (W/m2) en la ubicación del Repartidor la Puntilla, durante todos los días del mes de julio del 2022.**

<b>HORA</b>	<b>FECHA</b>						
	<b>1/07/2022</b>	<b>2/07/2022</b>	<b>3/07/2022</b>	<b>4/07/2022</b>	<b>5/07/2022</b>	<b>6/07/2022</b>	<b>7/07/2022</b>
7:00	89	72	78	69	81		83
8:00	154	164	161	171	159	160	189
9:00	227	197	223	230	231	236	224
10:00	354	285	291	345	362	349	362
11:00	645	645	632	671	587	619	653
12:00	745	768	756	738	754	734	754
13:00	723	742	733	723	719	764	727
14:00	678	678	680	721	677	665	669
15:00	615	627	609	599	597	508	549
16:00	356	354	361	356	357	373	349
17:00	198	168	194	186	188	207	187
<b>Total, W/m2</b>	<b>4784</b>	<b>4700</b>	<b>4718</b>	<b>4809</b>	<b>4712</b>	<b>4708</b>	<b>4746</b>

<b>HORA</b>	<b>FECHA</b>						
	<b>8/07/2022</b>	<b>9/07/2022</b>	<b>10/07/2022</b>	<b>11/07/2022</b>	<b>12/07/2022</b>	<b>13/07/2022</b>	<b>14/07/2022</b>
7:00	84	78	75	69	89	64	77
8:00	179	159	181	178	190	189	186
9:00	228	221	219	221	230	236	227
10:00	359	360	359	365	360	425	362
11:00	666	654	671	651	650	599	653
12:00	759	750	741	749	749	715	751
13:00	738	718	732	726	721	727	732
14:00	642	659	668	668	601	668	652
15:00	536	549	546	545	549	551	539
16:00	349	416	322	345	359	348	348
17:00	189	179	207	187	217	184	185
<b>Total, W/m2</b>	<b>4729</b>	<b>4743</b>	<b>4721</b>	<b>4704</b>	<b>4715</b>	<b>4706</b>	<b>4712</b>

HORA	FECHA						
	15/07/2022	16/07/2022	17/07/2022	18/07/2022	19/07/2022	20/07/2022	21/07/2022
7:00	66	59	83	91	83	91	56
8:00	172	201	189	202	178	164	201
9:00	235	249	224	235	235	203	219
10:00	359	362	362	365	346	314	370
11:00	666	598	653	671	624	640	499
12:00	741	754	754	723	768	735	760
13:00	729	725	727	699	752	722	728
14:00	657	652	669	623	670	670	680
15:00	549	549	549	570	549	540	549
16:00	351	349	349	351	353	375	445
17:00	177	183	187	192	174	218	204
<b>Total, W/m2</b>	<b>4702</b>	<b>4681</b>	<b>4746</b>	<b>4722</b>	<b>4732</b>	<b>4672</b>	<b>4711</b>

HORA	FECHA						
	22/07/2022	23/07/2022	24/07/2022	25/07/2022	26/07/2022	27/07/2022	28/07/2022
7:00	79	59	98	95	101	97	94
8:00	186	191	169	179	192	174	190
9:00	230	232	240	231	241	231	224
10:00	370	372	401	351	345	359	374
11:00	664	569	564	655	625	649	645
12:00	755	764	761	762	745	725	765
13:00	719	736	727	719	728	719	728
14:00	659	669	668	652	659	669	657
15:00	536	559	547	549	542	549	532
16:00	335	356	346	328	349	345	323
17:00	188	207	208	198	186	187	169
<b>Total, W/m2</b>	<b>4721</b>	<b>4714</b>	<b>4729</b>	<b>4719</b>	<b>4713</b>	<b>4704</b>	<b>4701</b>

HORA	FECHA		
	29/07/2022	30/07/2022	31/07/2022
7:00	86	97	92
8:00	185	192	191
9:00	241	224	219
10:00	352	362	349
11:00	645	653	653
12:00	762	754	742
13:00	702	698	715
14:00	634	669	668
15:00	549	565	541
16:00	322	299	349
17:00	201	169	195
<b>Total, W/m2</b>	<b>4679</b>	<b>4682</b>	<b>4714</b>

**ANEXO 6: Evaluación de dimensionamiento del sistema fotovoltaico de  
propuesto, mediante juicio de experto.**

**EVALUACIÓN DE DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO  
AUTÓNOMO**

Apellidos y nombres del experto: Erica Pérez Carlos Miguel

Título y/o Grado de: INGº Mecánico Electricista

Cip: 52 998

**TÍTULO DE TESIS:**  
**"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA PARA EL  
 SUMINISTRO DE ENERGÍA A LAS COMPUERTAS DE CAPTACION DE AGUA  
 DEL REPARTIDOR LA PUNTILLA"**

Mediante la tabla de evaluación del experto, usted tiene la facultad de calificar a la  
 propuesta de dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo, según su  
 conocimiento y experiencia laboral. Asimismo, se solicita alguna recomendación o  
 sugerencia a tomar en cuenta.

**TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

Maque con una "X", según corresponda.

ÍTEM	PREGUNTAS	Valoración				
		1	2	3	4	5
1	Dimensionamiento para la captación de energía solar requerida, de acuerdo a la necesidad de consumo.					X
2	Dimensionamiento para el almacenamiento de energía de respaldo adecuado.				X	
3	Dimensionamiento de control y potencia para el accionamiento correcto de las compuertas deslizantes.					X
4	Análisis de flujo de caja (Costo - beneficio)				X	

1: Totalmente en desacuerdo    2: En desacuerdo    3: Ni de acuerdo, ni en desacuerdo    4: De acuerdo  
 5: Totalmente de acuerdo.


En conclusión, el dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo propuesto es:

Correcto                      (X)    Requiere ajustes                      ( )    Incorrecto                      ( )

Recomendaciones:

Continuar con el proyecto a sus siguientes  
etapas.

Chiclayo, 09 de marzo del 2024

  
 Carlos Ticona Pérez  
 INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
 Sello y Firma del Experto  
 Registro CIP. N° 52998



## EVALUACIÓN DE DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

Apellidos y nombres del experto: Pérez Ventura Roymer

Título y/o Grado de: Ing. Mecánico Electricista

Cip: 226559

TÍTULO DE TESIS:

***“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA A LAS COMPUERTAS DE CAPTACION DE AGUA DEL REPARTIDOR LA PUNTILLA”***

Mediante la tabla de evaluación del experto, usted tiene la facultad de calificar a la propuesta de dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo, según su conocimiento y experiencia laboral. Asimismo, se solicita alguna recomendación o sugerencia a tomar en cuenta.

### TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Maque con una “X”, según corresponda.

ÍTEM	PREGUNTAS	Valoración				
		1	2	3	4	5
1	Dimensionamiento para la captación de energía solar requerida, de acuerdo a la necesidad de consumo.					X
2	Dimensionamiento para el almacenamiento de energía de respaldo adecuado.				X	
3	Dimensionamiento de control y potencia para el accionamiento correcto de las compuertas deslizantes.				X	
4	Análisis de flujo de caja (Costo - beneficio)					X

1: Totalmente en desacuerdo    2: En desacuerdo    3: Ni de acuerdo, ni en desacuerdo    4: De acuerdo  
5: Totalmente de acuerdo.


En conclusión, el dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo propuesto es:

Correcto                      ( X )    Requiere ajustes                      (   )    Incorrecto                      (   )

Recomendaciones:

Se recomienda elaborar un plan de mantenimiento preventivo  
a fin de asegurar la disponibilidad de la instalación propuesta.

Chiclayo, 09 de marzo del 2024

  
ROYMER PEREZ VENTURA  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
REG. CIP. 226559

Sello y Firma del experto

## EVALUACIÓN DE DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

Apellidos y nombres del experto: BENAVIDES ARRASCO OSCAR RAUL

Título y/o Grado de: ING.MECANICO ELECTRICISTA

Cip: 60874

TÍTULO DE TESIS:

***"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA A LAS COMPUERTAS DE CAPTACION DE AGUA DEL REPARTIDOR LA PUNTILLA"***

Mediante la tabla de evaluación del experto, usted tiene la facultad de calificar a la propuesta de dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo, según su conocimiento y experiencia laboral. Asimismo, se solicita alguna recomendación o sugerencia a tomar en cuenta.

### TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Maque con una "X", según corresponda.

ÍTEM	PREGUNTAS	Valoración				
		1	2	3	4	5
1	Dimensionamiento para la captación de energía solar requerida, de acuerdo a la necesidad de consumo.					X
2	Dimensionamiento para el almacenamiento de energía de respaldo adecuado.			X		
3	Dimensionamiento de control y potencia para el accionamiento correcto de las compuertas deslizantes.				X	
4	Análisis de flujo de caja (Costo - beneficio)					X

1: Totalmente en desacuerdo    2: En desacuerdo    3: Ni de acuerdo, ni en desacuerdo    4: De acuerdo  
5: Totalmente de acuerdo.

En conclusión, el dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo propuesto es:

Correcto                      ( x )    Requiere ajustes                      (   )    Incorrecto                      (   )

Recomendaciones: \_Especificar que tipo de batería va a utilizar, de plomo acido ó de litio y con que modelo de batería va a llegar a los 2600ah en 48v. Seria recomendable utilizar 01 solo inversor en lugar de 6 .

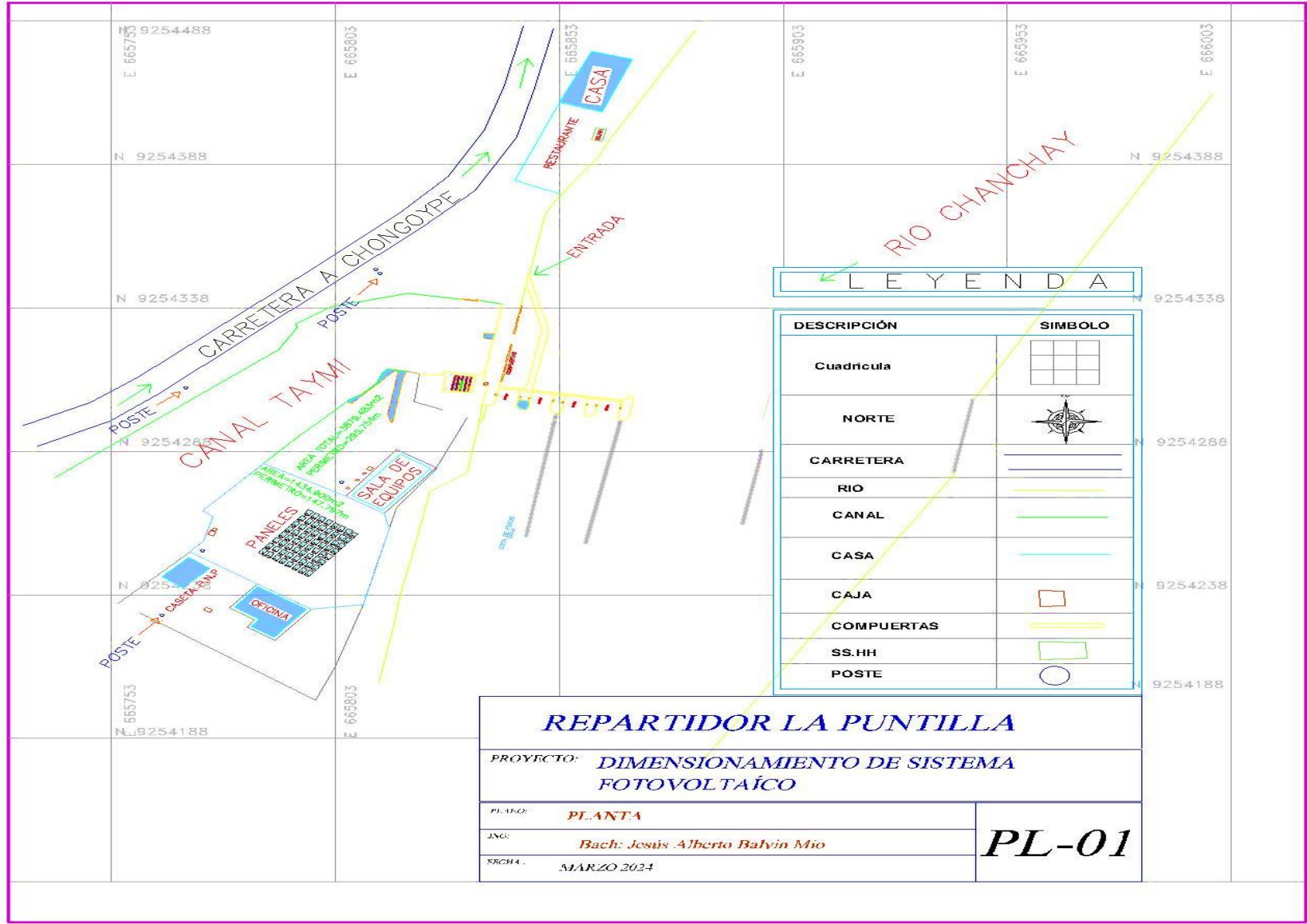
Chiclayo, 09 de marzo del 2024

  
Oscar R. Benavides Arrasco  
ING. MECANICO ELÉCTRICO  
REG. CIP. 60874

Sello y Firma del experto

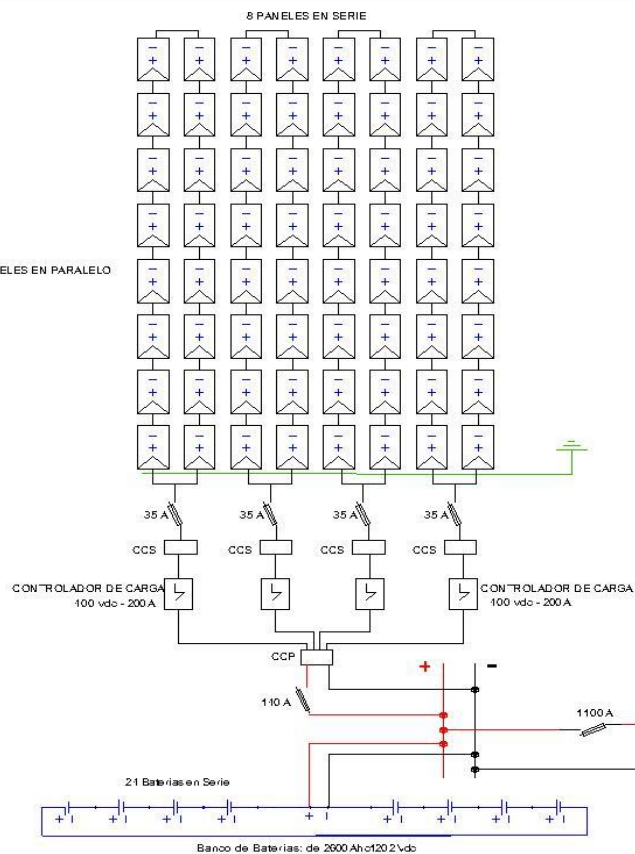


ANEXO 7: Planos de ubicación y de ingeniería para la propuesta de solución.

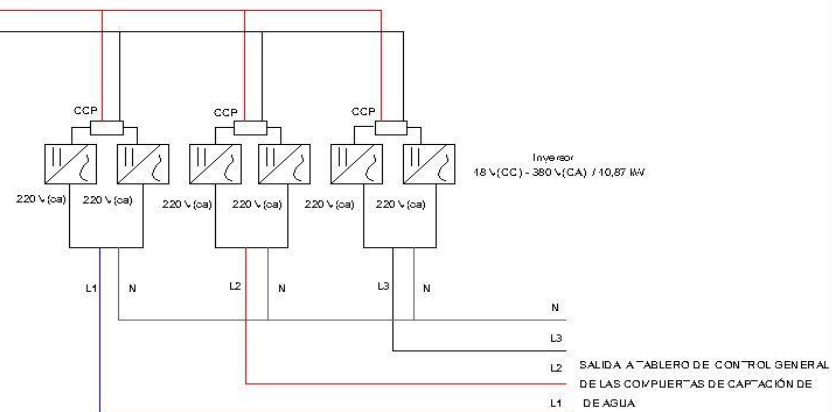




Nota. Entre la oficina y el cuarto de equipos, hay un espacio disponible para la instalación de los módulos solar

8 PANELES EN PARALELO



ITEM	DESCRIPCIÓN
	Modulo fotovoltaico
	Corriente D.C. ca
	Corriente A.c. ca
	Inversor
	Batería
	Fusible
	Sistema de puesta a tierra
	Caja de conexión primaria
	Caja de conexión secundaria



		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> <b>Y ELÉCTRICA</b>		
<b>TÍTULO:</b> " DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA A LAS COMPUERTAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DEL REPARTIDOR LAPUNTILLA "				
<b>PLANO:</b> DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA COMPUERTAS DESLIZANTES				<b>LÁMINA:</b>
<b>PLANO:</b> J.A.B.M.	<b>ESCALA:</b> S/E	<b>FECHA:</b> MARZO 2024	<b>DUFSF-</b>	

**ANEXO 8: Medición de irradiación solar en el repartidor la puntilla mediante el uso de solar power meter**







*Nota.* Visita técnica a las instalaciones del Repartidor la Puntilla, acompañado por el asesor del presente trabajo de investigación.

## ANEXO 9: Ficha técnica de módulos de panel solar.

**YINGLI SOLAR**

**YLM-J 3.0 PRO**  
**530-555 W**



144 CELL  
CELL QUANTITY

0-5 W  
POWER TOLERANCE

12 YEAR  
PRODUCT WARRANTY

25 YEAR  
POWER WARRANTY



98.00%  
91.95%  
84.80%  
0%

1 12 25  
Years

Yingli's Linear Performance Warranty  
Industry Standard Warranty

**YINGLISOLAR.COM**



## IMPROVED POWER NEVER SETTLE FOR LESS

YLM 3.0 modules use high efficiency p-type monocrystalline PERC cell technology. With high quality encapsulation materials and classic glass-backsheet structure, YLM 3.0 modules are perfectly suited to the harsh environment and provide you with high reliability and quality assurance.



### Classic Structure

The glass-backsheet structure and layout design have been proven in the market for a long time.



### Superior Yield

The large size cell enhances the module's power output, while the excellent temperature coefficient and comprehensive LID/LeTID degradation suppression technology allow the module to generate more energy yield once in use.



### Excellent Durability

The modules meet IEC standard testing requirements and are resistant to salt mist, ammonia, dust and sand, snail trail and PID risks.



### Wide Applications

The glass-backsheet structure, special material selection and extra-strong frames effectively enhance the mechanical performance of the modules, their compatibility with mainstream trackers and inverters, and their adaptability to harsh environments.



### Lower Losses

The multi-busbar design effectively reduces the impact of micro-cracks and broken busbars, and the half-cell structure effectively reduces the impact of shadow shading.

### QUALIFICATIONS & CERTIFICATES

IEC 61215, IEC 61730, CE, UL 61730



### Yingli Solar

Headquartered in Baoding, China, Yingli Energy Development Company Limited, known as Yingli Solar, is a leading solar solution provider. Yingli Solar is committed to providing clean, renewable energy through PV power generation technology for factories, homes and utilities around the world. Yingli Solar provides reliable products and services through continuous technological advancement and management innovation.

# YLM-J 3.0 PRO



## Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC<sup>\*</sup>)

Module type			YLM-J 3.0 PRO 1/2 (xxx=Pmax) YLM-J 3.0 PRO 1500V 1/2 (xxx=Pmax)					
Power output	P <sub>max</sub>	W	530	535	540	545	550	555
Power output tolerances	ΔP <sub>max</sub>	W	0 / +5					
Module efficiency	η <sub>m</sub>	%	20.51	20.70	20.89	21.09	21.28	21.48
Voltage at P <sub>max</sub>	V <sub>mpp</sub>	V	41.40	41.55	41.70	41.85	42.00	42.15
Current at P <sub>max</sub>	I <sub>mp</sub>	A	12.81	12.88	12.95	13.03	13.10	13.17
Open-circuit voltage	V <sub>oc</sub>	V	49.22	49.37	49.52	49.67	49.82	49.97
Short-circuit current	I <sub>sc</sub>	A	13.69	13.76	13.83	13.90	13.97	14.04

<sup>\*</sup>STC: 1000 W/m<sup>2</sup> irradiance, 25°C cell temperature, AM 1.5 spectrum according to EN 60904-3.

## Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT<sup>†</sup>)

Power output	P <sub>max</sub>	W	394.32	398.04	401.76	405.48	409.20	412.92
Voltage at P <sub>max</sub>	V <sub>mpp</sub>	V	38.48	38.63	38.78	38.90	39.05	39.19
Current at P <sub>max</sub>	I <sub>mp</sub>	A	10.25	10.30	10.36	10.42	10.48	10.54
Open-circuit voltage	V <sub>oc</sub>	V	46.10	46.24	46.38	46.52	46.66	46.80
Short-circuit current	I <sub>sc</sub>	A	11.06	11.12	11.17	11.23	11.29	11.34

<sup>†</sup>NOCT: open-circuit module operation temperature at 800 W/m<sup>2</sup> irradiance, 20°C ambient temperature, 1 m/s wind speed.

## THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	45 ± 2
Temperature coefficient of P <sub>max</sub>	γ	%/°C	- 0.35
Temperature coefficient of V <sub>oc</sub>	β	%/°C	- 0.27
Temperature coefficient of I <sub>sc</sub>	α	%/°C	0.05

## OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	1000 V <sub>DC</sub> / 1500 V <sub>DC</sub>
Max. series fuse rating <sup>*</sup>	25 A
Operating temperature range	- 40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow)	5400 Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400 Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25 mm / 23 m/s <sup>1</sup>

<sup>\*</sup>DO NOT CONNECT FUSE IN COMBINER BOX WITH TWO OR MORE STRINGS IN PARALLEL CONNECTION.

## CONSTRUCTION MATERIALS

Cell (material / quantity)	p-type monocrystalline silicon / 6 x 24
Glass (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2 mm
Frame (material)	anodized aluminum alloy
Junction box (type / protection degree)	3 bypass diodes / ≥ IP67
Cable (length / cross-sectional area)	± 300 mm or customized length / 4 mm <sup>2</sup>

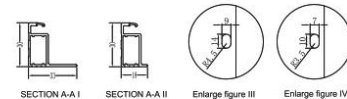
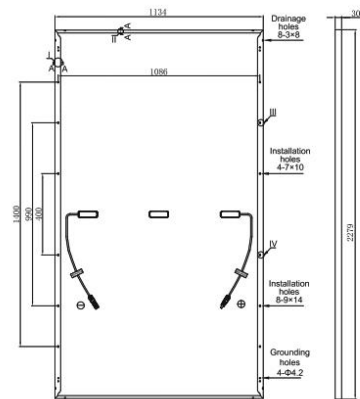
## GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions (L / W / H)	2279 mm / 1134 mm / 30 mm
Weight	28.2 kg

## PACKAGING SPECIFICATIONS

Number of modules per pallet	36
Number of pallets per 40' container	20
Packaging box dimensions (L / W / H)	2300 mm / 1110 mm / 1245 mm
Box weight	1070 kg

Unit: mm



**Warning:** Read the Installation and User Manual in its entirety before handling, installing and operating Yingli Solar modules.

- Due to continuous innovation, research and product improvement, the specifications in this product information sheet are subject to change without prior notice. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed.
- The data do not refer to a single module and they are not part of the offer, they only serve for comparison to different module types.

**Yingli Energy Development Co., Ltd.**

service@yingli.com

Tel: +86-312-8922216



## ANEXO 10: Ficha técnica de banco de batería.



### Applications and Key Benefits

- + Solar 2V cells
  - up to 3.900 Ah real capacity at C120 1.85 VPC
- + Designed for regular and long deep discharge
  - Ideal for:
    - Renewable energy islands (Solar / Wind)
    - Off-grid applications: BTS, mobile phone stations, signaling, lighting
    - High capacity applications in areas with unstable grid and unreliable power supply
- + Excellent cycling also in state of partial discharge
- + > 1.500 cycles at 20°C / 60% DoD
- + > 5.000 cycles at 20°C / 20% DoD
- + OPzV technology, with tubular positive plates and electrolyte immobilized in gel
- + Dimensions according to DIN 40742 OPzV cells
- + Suitable for use at elevated temperature
- + Optimized for deep discharge recovery DIN 43539T5
- + 18 years design life under float condition
- + Minimal gassing and maintenance free (no topping-up)
- + Completely Recyclable



### Applicable Standards

- IEC 61427 - photovoltaic energy systems
- DIN 40742 - specification OPzV cells
- DIN 43539T5 - deep discharge
- IEC 60896 Part 21 - VRLA methods of testing
- IEC 60896 Part 22 - VRLA requirements
- Eurobat "Long Life" - 12 years and longer

### FIAMM Manufacturing

- ISO 9001 Quality Management System
- ISO 14001 Environmental Management System

### Technical Features

- Tubular positive plates, pressure cast from high tin / low calcium alloy
- Electrolyte immobilized in gel structure
- Highly porous gauntlets retain the active material
- Pasted negative plates designed to have service lives consistent with the positive plates
- Separators with extremely high porosity and low internal resistance
- Standard ABS plastics  
(Optional flame retardant plastics ABS IEC 707 FV0 and UL 94 V0 with LOI greater than 28%)
- Container and lid designed for unsurpassed mechanical strength made of thick walled plastics
- Threaded female M10 terminal posts guarantee highest conductivity, maximum torque retention and easy installation
- High integrity post seal design to prevent electrolyte leakage and terminal corrosion
- Flame arrestors prevent sparks or flames from entering the cell
- Cells equipped with one-way safety valves to allow excess gas to escape when overcharging
- < 2% self-discharge per month at 20°C allows 6 months shelf life
- Installation in vertical or horizontal position
- Flexible, fully insulated cable connectors with insulated screw with probe hole on the top for voltage measurement





#### FIAMM SMG Solar OPzV range

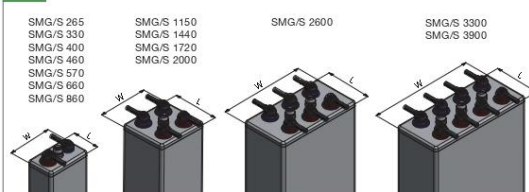
Model	Capacity (Ah) at 20°C	Short Circuit Current (A)	Internal Resistance (mΩ)	Weight (kg)	Dimensions (mm)			Terminals
	120 hrs to 1.85 VPC	IEC 60896 21-22	IEC 60896 21-22		Length	Width	Height*	+/-
SMG/S 265	265	2800	0.714	20.4	103	206	406	1 / 1
SMG/S 330	330	3650	0.571	23.5	124	206	406	1 / 1
SMG/S 400	400	4250	0.476	27.5	145	206	406	1 / 1
SMG/S 460	460	3560	0.572	29.6	124	206	523	1 / 1
SMG/S 570	570	4200	0.476	35.7	145	206	523	1 / 1
SMG/S 660	660	4950	0.409	40	166	206	523	1 / 1
SMG/S 860	860	6200	0.322	51	145	206	698	1 / 1
SMG/S 1150	1150	7100	0.285	68	210	191	698	2 / 2
SMG/S 1440	1440	8800	0.228	84	210	233	698	2 / 2
SMG/S 1720	1720	10500	0.190	98	210	275	698	2 / 2
SMG/S 2000	2000	11700	0.170	118	210	275	848	2 / 2
SMG/S 2600	2600	15700	0.128	157	212	397	824	3 / 3
SMG/S 3300	3300	20000	0.102	201	212	487	824	4 / 4
SMG/S 3900	3900	23500	0.086	235	212	576	824	4 / 4

\* Total height including standard connection screw

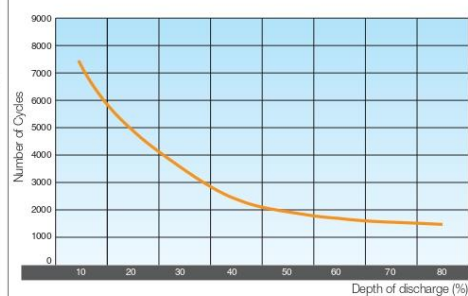
#### Electrical Characteristics

- ✚ NOMINAL VOLTAGE: 2 V
- ✚ FLOAT VOLTAGE AT 20°C: 2.25 V/cell
- ✚ BOOST RECHARGE: 2.4 V/cell

#### Technical Drawings - Top View



#### Lifetime in cyclic use at 20°C



FIAMM reserves the right to change or revise without notice any information or detail given in this publication  
SMG Solar OPzV\_EMEA\_2014\_02\_19

FIAMM S.p.A.  
Industrial Batteries  
www.fiamm.com  
email:info.standby@fiamm.com

**FIAMM**

Industrial Batteries



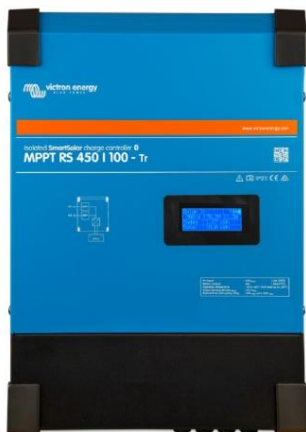
## ANEXO 11: Ficha técnica de controlador de carga.



### SmartSolar MPPT RS 450|100 & 450|200 - Isolated

5.76 kW & 11.52 kW Solar Charge Controller with 450 V PV input

[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



SmartSolar MPPT RS 450|100



Inside the SmartSolar MPPT RS 450|100

#### Ultra-fast Maximum Power Point Tracking (MPPT) Solar Charge Controller

The MPPT RS SmartSolar is a 48 V Solar charge controller with up to 450 VDC PV input and either 100 A, or 200 A output. It is used in on-grid and off-grid solar applications where maximum battery charging power is required.

#### Multiple independent MPPT tracking inputs

With multiple MPPT trackers, you can optimize your solar panel design for maximum performance for your specific location.

#### Isolated PV connections for additional safety

Full galvanic isolation between PV and battery connections provide additional overall system safety.

#### Wide MPPT voltage range

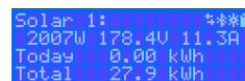
80 – 450 VDC PV operating range, with a 120 VDC PV startup voltage.

#### Light weight, efficient and quiet

Thanks to high frequency technology and a new design this powerful charger weighs only 7.9 kg for the 100 A model. In addition to this it has an excellent efficiency, low standby power, and a very quiet operation.

#### Display and Bluetooth

The display reads battery, and controller parameters. The parameters can be accessed with a smartphone or other Bluetooth enabled device. In addition, Bluetooth can be used to set up the system and to change settings with VictronConnect.



#### PV Isolation resistance monitoring for peace of mind at higher voltages

The MPPT RS continuously monitors the PV array and can detect if there are faults that reduce the isolation of the panels to unsafe levels.

#### VE.Can and VE.Direct port

For connection to a GX device for system monitoring, data logging, and remote firmware updates. VE.Can allows for up to 25 units to be connected together in parallel and synchronize their charging.

#### I/O Connections

Programmable Relay, temperature sensor, auxiliary, digital input and voltage sensor connections. The remote input can accept the Victron smallBMS, and other BMS with allow-to-charge signal.

#### Configure and monitor with VictronConnect →

The built-in Bluetooth Smart connection allows for quick monitoring and settings adjustment.

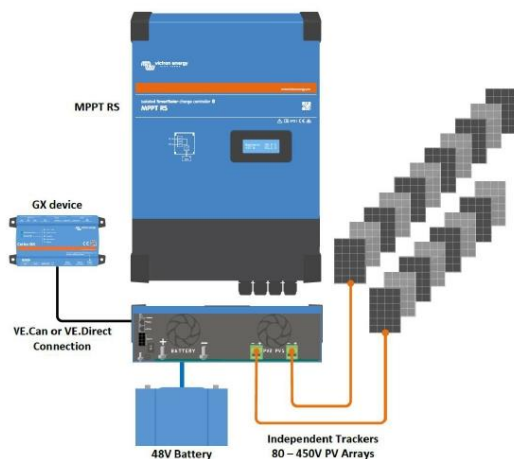
The built-in 30-day history shows individual performance of the separate MPPT trackers.

Try the VictronConnect demo to see the full range of configuration and display options with sample data.



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands  
E-mail: [sales@victronenergy.com](mailto:sales@victronenergy.com)  
[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)

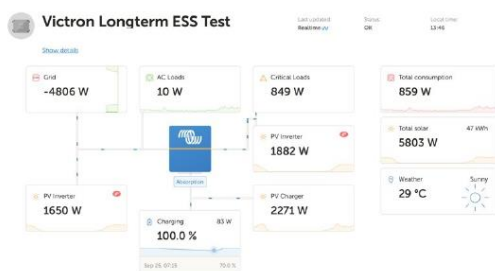




**System example diagram**  
The 100 A MPPT RS combined with a GX device, charging a 48 V battery with 2 separate solar PV strings.

#### VRM Portal

When the MPPT RS is connected to a GX device with internet connection, or the GlobalLink 520 with built in 4G connectivity, you can access our free remote monitoring website (VRM). This will display all your system data in a comprehensive graphical format. Alarms can be received by e-mail.



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands  
E-mail: [sales@victronenergy.com](mailto:sales@victronenergy.com)  
[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



Isolated SmartSolar MPPT RS	450 100	450 200
CHARGER		
Battery voltage	48 V	
Rated charge current	100 A	200 A
Maximum charge power	5.8 kW at 57.6 V	11.5 kW at 57.6 V
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 57.6 V (adjustable)	
Charge voltage 'float'	Default setting: 55.2 V (adjustable)	
Programmable voltage range	Minimum: 36 V Maximum: 60 V <sup>(7)</sup>	
Charge algorithm	Multi-stage adaptive (adjustable)	
Battery temperature sensor	Included	
Maximum efficiency	96 %	
Self-consumption	15 mA	
SOLAR		
Maximum DC PV voltage	450 V	
Start-up voltage	120 V	
MPPT operating voltage range	80 – 450 V <sup>(1)</sup>	
Number of trackers	2	4
Max. PV operational input current	18 A per tracker	
Max. PV short circuit current <sup>(2)</sup>	20 A per tracker	
Max. DC output charging power	4000 W per tracker 5760 W total	4000 W per tracker 11520 W total
Maximum PV array size per tracker <sup>(3)</sup>	7200 Wp (450 V x 20 A) <sup>(5)</sup>	
PV Isolation fail level <sup>(4)</sup>	100 kΩ	
GENERAL		
Synchronised Parallel Operation	Yes, up to 25 units with VE.Can	
Programmable relay <sup>(6)</sup>	Yes	
Protection	PV reverse polarity Output short circuit Over temperature	
Data communication	VE.Direct port, VE.Can port & Bluetooth <sup>(6)</sup>	
Bluetooth frequency	2402 – 2480 MHz	
Bluetooth power	4dBm	
General purpose analogue/digital in port	Yes, 2x	
Remote on-off	Yes	
Operating temperature range	-40 to +60 °C (fan assisted cooling)	
Humidity (non-condensing)	max 95 %	
ENCLOSURE		
Material & Colour	steel, blue RAL 5012	
Protection category	IP21	
Battery-connection	M8 bolts	
Power terminals PV input (-Tr version)	2	16 mm <sup>2</sup>
Power terminals PV input (MC4 version)	1 pair of male and female MC4 connectors per tracker	
Weight	7,9 kg	13,7 kg
Dimensions (h x w x d) in mm	440 x 313 x 126	487 x 434 x 146
STANDARDS		
Safety	EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2	
Country of Origin	Designed in The Netherlands, made in India	
1) MPPT operating voltage range is constrained by battery voltage - PV VOC should not exceed 8 x battery float voltage. For example, a 52.8 V float voltage results in a maximum PV VOC of 422.4 V. See product manual for further information.		
2) A higher short circuit current may damage the controller if PV array is connected in reverse polarity.		
3) Max. 450 VOC result in appr. 360 Vmp, therefore the maximum PV array is appr. 360 V x 20 A = 7200 Wp.		
4) The MPPT RS will test for sufficient resistive isolation between PV+ and GND, and PV- and GND. In the event of a resistance below the threshold, the unit will stop charging, display the error, and send the error signal to the GX device (if connected) for audible and email notification.		
5) Programmable relay which can be set for general alarm, DC under voltage or genset start/stop function. DC rating: 4 A up to 35 VDC and 1 A up to 70 VDC		
6) The MPPT RS is currently not compatible with VE.Smart Networks.		
7) The Charger set-point (float and absorption) can be set to max 60 V. The output voltage at the charger terminals can be higher, due to temperature compensation as well as compensation for voltage drop over the battery cables. The maximum output current is reduced on a linear basis from full current at 60 V to 5A at 62 V. The equalization voltage can be set to max 62V, the equalization current percentage can be set to max 6%.		

- MPPT operating voltage range is constrained by battery voltage - PV VOC should not exceed 8 x battery float voltage. For example, a 52.8 V float voltage results in a maximum PV VOC of 422.4 V. See product manual for further information.
- A higher short circuit current may damage the controller if PV array is connected in reverse polarity.
- Max. 450 VOC result in appr. 360 Vmpp, therefore the maximum PV array is appr. 360 V x 20 A = 7200 Wp.
- The MPPT RS will test for sufficient resistive isolation between PV+ and GND, and PV- and GND. In the event of a resistance below the threshold, the unit will stop charging, display the error, and send the error signal to the GX device (if connected) for audible and email notification.
- Programmable relay which can be set for general alarm, DC under voltage or genset start/stop function. DC rating: 4 A up to 35 VDC and 1 A up to 70 VDC
- The MPPT RS is currently not compatible with VE Smart Networks.
- The Charger set-point (float and absorption) can be set to max 60 V. The output voltage at the charger terminals can be higher, due to temperature compensation as well as compensation for voltage drop over the battery cables. The maximum output current is reduced on a linear basis from full current at 60 V to 5 A at 62 V. The equalization voltage can be set to max 62V, the equalization current percentage can be set to max 6%.

## ANEXO 12: Ficha técnica de inversor de corriente.



### Inversor/cargador MultiPlus-II

230 V

► [Página del producto en línea](#)

<https://ve3.nl/6H>



#### Un MultiPlus, con funcionalidad ESS (Sistema de almacenamiento de energía)

El MultiPlus-II es un inversor/cargador multifuncional con todas las funciones del MultiPlus, más un sensor de corriente externa opcional que amplía las funciones PowerControl y PowerAssist hasta 50 A y 100 A respectivamente. El MultiPlus-II es ideal para su uso profesional en el ámbito marino, navegación de recreo, vehículos y aplicaciones terrestres no conectadas a la red. También dispone de una funcionalidad antiisla incorporada y homologaciones en cada vez países para su uso como ESS. Existen varias configuraciones del sistema posibles. Podrá encontrar información más detallada en el Manual de diseño y configuración de sistemas ESS.

#### PowerControl y PowerAssist – aumento de la capacidad de la red o de un generador

Se puede establecer una corriente máxima del generador o de la red. El MultiPlus-II tendrá en cuenta las demás cargas de CA y utilizará la corriente sobrante para cargar la batería, evitando así sobrecargar el generador o la red (función PowerControl). PowerAssist lleva el principio de PowerControl a otra dimensión. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el MultiPlus-II compensará la falta de potencia del generador, de la toma de puerto o de la red con energía de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

#### Energía solar: Energía CA disponible incluso durante un apagón

El MultiPlus II puede utilizarse en sistemas fotovoltaicos, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas de energía alternativos. Es compatible tanto con controladores de carga solar como con inversores conectados a la red.

#### Dos salidas CA

La salida principal dispone de la función “no-break” (sin interrupción). El MultiPlus II se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la toma de puerto/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción. La segunda salida sólo está activa cuando la entrada del MultiPlus II tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

#### Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo (no para los modelos de 8k, 10k y 15k) y trifásico.

Hasta 6 Multis pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 48/5000/70, por ejemplo, darán una potencia de salida de 25 kW/30 kVA y una capacidad de carga de 420 amperios. Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades del mismo modelo para una salida trifásica. Pero eso no es todo: se pueden conectar en paralelo hasta 6 juegos de tres unidades que proporcionarán una capacidad de inversor de 75 kW / 90 kVA y más de 1200 amperios de capacidad de carga.

#### Configuración, seguimiento y control del sistema in situ

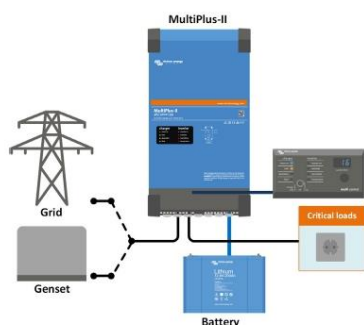
La configuración puede cambiarse en cuestión de minutos con el software VEConfigure (se necesita un ordenador o un portátil y una interfaz MK3-USB).

Hay varias opciones de seguimiento y control disponibles: Color Control GX, Venus GX, Octo GX, CANvu GX, portátil, ordenador, bluetooth (con la mochila opcional VE.Bus Smart), monitor de baterías, panel Digital Multi Control.

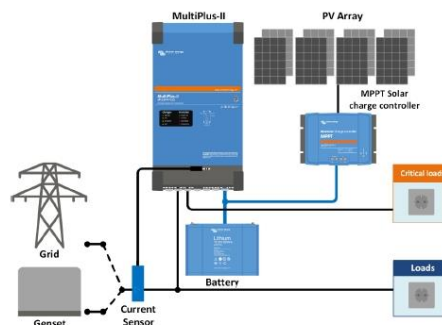
#### Configuración y seguimiento remotos

Instale un Color Control GX u otro producto GX para conectarse a Internet.

Los datos de funcionamiento se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management). Una vez conectado a Internet, se puede acceder a los sistemas de forma remota y se puede cambiar la configuración.



**Aplicación estándar marina, móvil o no conectada a la red**  
Las cargas que deberían apagarse cuando no hay energía en la entrada de CA pueden conectarse a una segunda salida (no se muestra en la imagen). La función PowerControl y PowerAssist tendrá en cuenta estas cargas para limitar la entrada de CA a un valor seguro.



**Topología paralela a la red con controlador de carga solar MPPT**  
El MultiPlus-II utilizará los datos del sensor de CA externa (pedir por separado) o del medidor de energía para optimizar el autoconsumo y, si lo desea, evitar la devolución a la red del excedente de energía solar. En caso de un corte del suministro eléctrico, el MultiPlus-II seguirá alimentando las cargas críticas.





**GX Touch y Cerbo GX**  
Facilita un control y un seguimiento intuitivos del sistema. Además del control y seguimiento del sistema, el Cerbo GX permite acceder a nuestra web de seguimiento remoto gratuita: el portal en línea VRM.



**Portal VRM**  
Nuestra web gratuita de seguimiento remoto (VRM) mostrará todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Los ajustes del sistema pueden modificarse a distancia a través del portal. Se pueden recibir alarmas por email.



**App VRM**  
Controle y gestione su sistema Victron Energy desde su *smartphone* o tableta. Disponible tanto para iOS como para Android.



**Mochila VE.Bus Smart**  
Mide la tensión y temperatura de la batería y permite el seguimiento y control mediante *smartphone* u otro dispositivo bluetooth.



Área de conexión



**Sensor de corriente de 100 A:50 mA**  
Para implementar PowerControl y PowerAssist y optimizar el autoconsumo con sensor de corriente externo.  
Corriente máxima: 50 A y 100 A resp.  
Longitud del cable de conexión 1 m



**Panel Digital Multi Control**  
Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.

MultiPlus-II 230V	12/3000/120-32 24/3000/70-32 48/3000/35-32	24/5000/120-50 48/5000/70-50	48/8000/ 110-100	48/10000/ 140-100	48/15000/ 200-100
PowerControl y PowerAssist	Sí				
Commutador de transferencia	32 A	50 A	100 A	100 A	100 A
Corriente máxima de entrada CA	32 A	50 A	100 A	100 A	100 A
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada CC	12V - 9,5-17 V	24V - 19-33V	48V - 38-66 V		
Salida	Tensión de salida: 230 V CA $\pm 2\%$ Frecuencia: 50 Hz $\pm 0,1\%$ (1)				
Potencia cont. de salida a 25 °C (3)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA	15000 VA
Potencia cont. de salida a 25°C	2400 W	4000 W	6400 W	8000 W	12000 W
Potencia cont. de salida a 40 °C	2200 W	3700 W	5500 W	7000 W	10000 W
Potencia cont. de salida a 65 °C	1700 W	3000 W	4000 W	6000 W	7000 W
Balance neto máximo aparente (corriente retornada a la red)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA	15000 VA
Pico de potencia	5500 W	9000 W	15000 W	18000 W	27000 W
Eficiencia máxima	93%/94%/95%	96%	95%	96%	95%
Consumo en vacío	13 / 13 / 11 W	18 W	29 W	38 W	55 W
Consumo en vacío en modo AES	9 / 9 / 7 W	12 W	19 W	27 W	39 W
Consumo en vacío en modo búsqueda	3 / 3 / 2 W	2 W	3 W	4 W	6 W
CARGADOR					
Entrada de CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 V CA Frecuencia de entrada: 45 - 65 Hz				
Tensión de carga de "absorción"	14,4 / 28,8 / 57,6 V				
Tensión de carga de "flotación"	13,8 / 27,6 / 55,2 V				
Modo de almacenamiento	13,2 / 26,4 / 52,8 V				
Máxima corriente de carga de la batería (4)	120 / 70 / 35 A	120 / 70 A	110 A	140 A	200 A
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
GENERAL					
Salida auxiliar	Sí (32 A)		Sí (50 A)		
Sensor de CA externa (opcional)	50 A		100 A		
Relé programable (5)	Sí				
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo (no para los modelos de 8k, 10k y 15k) y trifásico, control remoto e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	Sí, 2 puertos				
On/Off remoto	Sí				
Temperatura de trabajo	-40 a +65 °C (refrigerado por ventilador)				
Humedad (sin condensación)	máx. 95 %				
CARCASA					
Material y color	acero, azul RAL 5012				
Grado de protección	IP22				
Conexión de la batería	Pernos M8		Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)		
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm <sup>2</sup> (6 AWG)		Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso	19 kg	30 kg	42 kg	49 kg	80 kg
Dimensiones (al x an x p)	546 x 275 x 147 499 x 268 x 141 499 x 268 x 141	607 x 330 x 149 565 x 320 x 149	642 x 363 x 206	677 x 363 x 206	810 x 405 x 217
NORMAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2				
Emissiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2 EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3 IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Sistema de alimentación ininterrumpida	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web				
Antisila	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja e) temperatura demasiado alta f) 230 VCA en la salida del inversor g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta					
3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 4) Hasta 25 °C de temperatura ambiente 5) Relé programable que puede configurarse para las funciones de alarma general, subtensión CC o señal de arranque para el generador. Capacidad nominal CA: 230 V/4 A, Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 60 VCC					

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos  
E-mail: sales@victronenergy.com | [www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)

**victron energy**  
BLUE POWER



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**  
**DECANATO**



**ACTA DE SUSTENTACION N°057-2024-FIME**



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 01:00 p.m. del día miércoles 20 de noviembre 2024. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°289-2024-D-FIME, de fecha 14 de noviembre 2024, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis ordinaria, conformado por los siguientes catedráticos:

M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ  
M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIERREZ ATOCHE  
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO  
ING. HECTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ

PRESIDENTE  
SECRETARIO  
MIEMBRO  
ASESOR

Se recibió la Tesis ordinaria titulada:


**"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA A LAS COMPUERTAS DE CAPTACION DE AGUA DEL REPARTIDOR LA PUNTILLA"**

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **BALVIN MIO JESUS ALBERTO.**

Finalizada la sustentación de la Tesis ordinaria, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota ( 16 ) en la escala vigesimal, mención Buena.

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

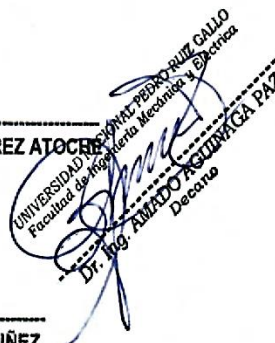
Siendo las 01:30pm del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ  
PRESIDENTE

  
M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIERREZ ATOCHE  
SECRETARIO

  
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO  
MIEMBRO

  
ING. HECTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ  
ASESOR



ANEXO 01

**CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD**

Yo, **Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez**, usuario revisor del documento titulado: **“Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía a las compuertas de captación de agua del repartidor la puntilla”**

Cuyo autor es, **Balvin Mio Jesús Alberto**, identificado con documento de identidad N°**47449920**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **17%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 27 de noviembre del 2024



.....  
**Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez**

**DNI: 16783242**

**ASESOR**

Se adjunta:

\*Resumen del Reporte automático de similitudes

\*Recibo Digital



# Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía a las compuertas de captación de agua del repartidor La Puntilla

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	18%	2%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe	7%
	Fuente de Internet	
2	hdl.handle.net	5%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	2%
	Trabajo del estudiante	
4	repositorio.unac.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
5	1library.co	<1%
	Fuente de Internet	
6	documentos.uru.edu	<1%
	Fuente de Internet	
7	prezi.com	<1%
	Fuente de Internet	
8	cybertesis.unmsm.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	



Ing. Hector Oliden N.




## Recibo digital


Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jesús Alberto Balvin Mio  
Título del ejercicio: Quick Submit  
Título de la entrega: Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el sumin...  
Nombre del archivo: stema\_fotovoltaico\_para\_las\_compuertas\_de\_captacion\_de\_a...  
Tamaño del archivo: 15.88M  
Total páginas: 101  
Total de palabras: 15,749  
Total de caracteres: 86,436  
Fecha de entrega: 20-ago.-2024 11:09p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2435360628



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"PEDRO RUIZ GALLO"**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Mecánica y Eléctrica**



**TESIS**  
Para Optar el Título Profesional de:  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA A LAS COMPUERTAS DE CAPTACION DE AGUA DEL REPARTIDOR LA PUNTILLA"

Autor:  
**Bach. Jesús Alberto Balvin Mio**

Asesor:  
**Ing. Héctor Antonio Olliden Núñez**

**LAMBAYEQUE, PERÚ**  
**2024**

0



Ing. Héctor Olliden N.