

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Diseño de un sistema de generación fotovoltaico para  
el proceso productivo de una huerta de media  
hectárea de hortalizas en el distrito Los Aquijes-Ica,  
2023**

Luis Angel Ramirez Quispe

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Ica, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**A** : Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Joel Contreras Núñez  
Asesor de trabajo de investigación

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación

**FECHA** : 26 de agosto de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

“Diseño de un sistema de generación fotovoltaico para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en el distrito Los Aquijes – Ica 2023”

**Autores:**

1. LUIS ANGEL RAMIREZ QUISPE – EAP. Ingeniería Eléctrica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 14 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI  NO   
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir “SI”): 20
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a mis padres: Rómulo y Marcelina, ellos siempre me apoyaron, les agradezco por formarme con una mentalidad ganadora.

Doy gracias a mi esposa e hijos: Fabricio y Gadiel, siempre me apoyaron emocionalmente en todo el proceso de estudios.

A mi asesor de tesis, su apoyo fue fundamental en la elaboración de este trabajo de investigación, también por sus enseñanzas en mi proceso universitario.

A la Universidad Continental por hacer de mí un profesional.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres: Rómulo y Marcelina, esposa e hijos: Fabricio y Gadiel por apoyarme en mi carrera universitaria. A las personas que me apoyaron a lograr mis metas, a ser un profesional con principios y valores.

## RESUMEN

La presente tesis titulada: «Diseño de un sistema de generación fotovoltaico para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en el distrito los Aquijes – Ica 2023» tuvo como objetivo diseñar un sistema fotovoltaico para la demanda hídrica de la huerta de hortalizas. La investigación es de desarrollo tecnológico, de tipo cuantitativo aplicando el método I+P+D3, apropiado para el desarrollo y diseño de productos nuevos. Según datos encontrados en la huerta los Aquijes, se cultiva hortalizas durante todo el año; sin embargo, el método de riego se realiza usando una motobomba a combustión, lo que genera mucha intervención del ser humano, además que origina muchos gastos tanto como para su funcionamiento como para el mantenimiento que son en periodos cortos por tener constantes fallas. Por lo tanto, esta investigación se basó en el diseño de un sistema fotovoltaico para la puesta en marcha de una electrobomba que permita abastecer la demanda hídrica desde una acequia a 37 metros de separación de la huerta los Aquijes, el requerimiento de agua para la huerta es de 55 m<sup>3</sup>/d. Se escogió 01 electrobomba centrífuga normalizada Pedrollo HFm 5AM, logrando dar un caudal máximo de 36 m<sup>3</sup>/h y una potencia de 1.5 kW, con un voltaje monofásico 220 VCA. Para la generación fotovoltaica fueron seleccionado cuatro paneles solares mono cristalino de 450 Wp. También se escogió un controlador marca INVT de 3CV modelo BPD2K2 TN(AC) de 2.2 KW con una potencia de entrada 450v DC y de salida monofásica 220v AC o trifásica 380v AC alimentándola directamente desde paneles solares.

**Palabras clave:** hortalizas, método de riego, sistema fotovoltaico

## ABSTRACT

This thesis entitled "Design of a Photovoltaic Generation System for the productive process of a half-hectare vegetable garden in the Los Aquijes district - ica 2023", aimed to design a photovoltaic system for the water demand of the vegetable garden. Its research is quantitative technological development applying the R + P + D3 method, appropriate for the development and design of new products. According to data found in the Los Aquijes orchard, vegetables are grown throughout the year, however, its irrigation method is using a combustion motor pump which generates a lot of human intervention to make it work, apart from the fact that it generates many expenses both for its operation and for its maintenance, which are in short periods due to constant failures. Therefore, this research was based on the design of a photovoltaic system for the start-up of an electric pump to supply the water demand from a ditch 37 meters away from the Aquijes orchard, the water requirement for the orchard is 55 m<sup>3</sup>/d. 01 Pedrollo HFm 5AM standard centrifugal electric pump was chosen, achieving a maximum flow rate of 36 m<sup>3</sup>/h and a power of 1.5 kW, with a single-phase voltage of 220 VAC. For photovoltaic generation, 4 450 Wp monocrystalline solar panels were selected. An INVT brand controller of 3CV model BPD2K2 TN (AC) of 2.2 KW was also chosen with an input power of 450v DC and a single-phase output of 220v AC or three-phase 380v AC feeding it directly from solar panels.

**Keywords:** vegetables, irrigation method, photovoltaic system

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO .....	1
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE TABLAS.....	xi
INTRODUCCION .....	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	13
1.1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.1.2 Formulación de problemas.....	14
1.2Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo general .....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3Justificación.....	15
1.3.1 Justificación practica.....	15
1.3.2 Justificación teórica .....	16
1.3.3 Justificación económica .....	16
1.3.4 Justificación ambiental.....	16
1.3.5 Justificación científica.....	16
1.3.6 Operación de variables.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes del problema.....	18
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	19
2.1.3. Antecedentes regionales.....	20
2.2. Bases teóricas .....	21
2.2.1. Energía solar .....	21
2.2.2. Sistema fotovoltaico.....	22
2.2.3. Sistema de bombeo solar .....	28
2.3. Definición de términos básicos .....	42
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	44
3.1. Estudio de la metodología I+P+D3.....	44
3.1.1. Investigación.....	44

3.1.2. Planificación .....	44
3.1.3. Definición del producto.....	44
3.1.4. Diseño del producto.....	44
3.1.5. Desarrollo del proyecto .....	45
3.2. Aplicación de la metodología.....	45
3.2.1. Investigación.....	45
3.2.2. Planificación .....	45
3.2.3. Definición del producto.....	46
3.2.4. Diseño.....	46
3.2.5. Desarrollo.....	47
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....	48
4.1. Identificación de requerimientos .....	48
4.1.1. Requerimientos funcionales.....	48
4.1.2. Requerimientos no funcionales .....	49
4.2. Análisis de la solución .....	49
4.2.1. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	49
CAPÍTULO V: CONSTRUCCIÓN .....	65
5.1. Simulación.....	65
5.2. Presupuesto del proyecto .....	68
CAPÍTULO VI: RESULTADOS.....	70
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES .....	72
7.1. Conclusiones.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
ANEXOS .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Movimientos del sol (13) .....	21
Figura 2. tipos de radiación que forman la radiación solar (15) .....	22
Figura 3. Estructura del panel solar fotovoltaico (16) .....	23
Figura 4. Esquema de un sistema aislado (18).....	24
Figura 5. Esquema de un sistema conectado a la red visión Energy (20).....	25
Figura 6. Sistemas híbridos fotovoltaicos (18) .....	26
Figura 7. Componentes del panel solar (16) .....	27
Figura 8. Tipo de panel solar y su eficiencia (23).....	28
Figura 9. Dos maneras más comunes del montaje sistema bombeo solar (25) .....	29
Figura 10. Succión por abajo de la bomba (26).....	32
Figura 11. Nivel de succión arriba de la bomba (26) .....	32
Figura 12. bomba sumergida (26).....	33
Figura 13. Diagrama de Moody (3) .....	36
Figura 14. Ubicación de la huerta Los Aquijes Ica .....	50
Figura 15 P.VGIS un software gratuito de la comisión europea Joint Research Center .....	50
Figura 16. Horas solar pico del proyecto .....	51
Figura 17. Posición del panel solar, ángulo inclinación incidencia e azimut .....	52
Figura 18. Recorrido de la tubería .....	54
Figura 19. Selección de factor fricción en el diagrama de Moody .....	55
Figura 20. Curva de funcionamiento electrobomba centrífugas normalizadas .....	58
Figura 21. Datos de inversor (anexo 03) .....	59
Figura 22. Datos del panel solar (anexo 04) .....	60
Figura 23. configuración Serie (fuente elaboración propia) .....	61
Figura 24. Consumo de corriente de la electrobomba modelo HFm 5AM .....	64
Figura 25. Interfaz de entrada de software PVsyst 7.4.....	65
Figura 26. Interfaz colocación de datos software PVsyst 7.4 .....	66
Figura 27. Interfaz de resultados software PVsyst 7.4 .....	66
Figura 28. Interfaz de informe software PVsyst 7.4.....	67
Figura 29. Interfaz de informe de datos software PVsyst 7.4.....	70

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Variable .....	17
Tabla 2. Valores de diseño y rugosidad del tubo (28) .....	35
Tabla 3. Resistencia en válvulas y juntas (28).....	38
Tabla 4. Factor de fricción en zona de turbulencia total (28).....	38
Tabla 5. Dimensiones de tubo de acero calibre 40 (28).....	40
Tabla 6. Porcentajes de caída de tensión (31) .....	41
Tabla 7. Datos de radiación de cinco años .....	51
Tabla 8. HSP.....	52
Tabla 9. Muestra resultados de las horas solar pico (fuente elaboración propia) .....	53
Tabla 10. Características del cable INDECO (Anexo 05)63	
Tabla 11. Presupuesto .....	68
Tabla 12. Presupuesto .....	68
Tabla 13. Presupuesto .....	69
Tabla 14. Costo de un sistema bombeo a combustible .....	72
Tabla 15. Costo de un sistema bombeo solar .....	73

## INTRODUCCION

Una aplicación interesante de energía fotovoltaica está presente en el bombeo de agua, en el traslado de un punto a otro o para succionarlo desde un pozo para el llenado de un depósito u otros usos. Este método es particularmente importante en las comunidades que viven en zonas rurales en las que no está disponible la electricidad convencional, por lo tanto, el uso de combustibles para sus generadores eléctricos es muy común. Por eso, el ahorro de energía es realmente importante. Para que el diseño de un sistema de bombeo más rentable se debe tener conocimiento de eficiencia energética.

Un sistema de bombeo solar pequeño tiene un costo muy parecido a las aplicaciones comunes. Por lo tanto, es un recurso muy rentable porque obviamos el uso de combustibles fósiles. Es aún más rentable en lugares remotos porque los costos del tráfico de combustible son normalmente altos. La tendencia actual es el uso de bombeo de agua a través de la tecnología fotovoltaica en detrimento de otras tecnologías como los sistemas de bombeo a querosene, gasolina o diésel ya es muy rentable.

La gran ventaja del bombeo con sistema eólico es que no se necesita almacenar la energía, por lo que se obvia muchos costos que acompañan la energía renovable. El agua es extraída cuando el generador tiene la capacidad de arrancar las bombas y son detenidas cuando no es capaz de arrancar, pero el agua no es como la energía, se puede almacenar sin pérdidas lo suficientemente grande, aun así, obtenemos una gran eficiencia en relación con otros métodos.

En suma, este diseño sistema de bombeo fotovoltaico desarrollada para la huerta de los Aquijes - Ica se considera una innovación para un uso más eficiente de los recursos hídricos y el uso de energías renovables, en la que la producción de alimentos es posible bajo riego. El sistema de bomba solar es útil para aumentar el uso de la tecnología a través de ejercicios prácticos y demostraciones, que es accesible y es funcional, rápido, flexible y fácil de usar.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

##### **1.1.1 Planteamiento del problema**

En el Perú, según el MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego), el agua disponible para diversas aplicaciones en la cuenca hidrográfica tiene dos connotaciones que diferencian el problema existente. Por un lado, puede haber recursos hídricos, pero los períodos excesivos de la avenida no se conservan, almacenados, regulados para uso posterior durante el resto del año. Esta infraestructura se cataloga como "básica" para las reglas actuales. Por otro lado, existen sistemas de riego inestables (canales excavados en áreas naturales, consumos laterales basados en montículos de hierba, etc.), que, por su simplicidad, provocan una mayor pérdida de conducción y distribución a lo largo del interior del sistema. Esta infraestructura se llama "menor" por reglamento actual. Por lo tanto, no existe una implementación grande e insignificante de la infraestructura, que no permite desarrollar nuevos sistemas de riego o expandir los existentes (1).

El centro poblado Garganto, ubicado en el distrito de los Aquijes región de ICA, dedicado principalmente a la agricultura, cuenta con un clima muy caluroso la mayor parte del año es por eso que la ciudad de ICA se caracteriza por sus diversas producciones de hortalizas u otro producto agrícola; también por las inversiones de muchas agroindustrias ya que el clima es muy favorable y la falta de agua no es un problema ya que contamos con dos ríos que distribuyen sus aguas en muchas acequias.

Pero hay un problema que siempre está presente, el riego de los cultivos se realiza por medio de motobombas a combustión, gasolina, con un tipo de riego por inundación, durante años generando gastos elevados en la operación y mantenimiento de la motobomba y contaminando el medio

ambiente. Generalmente las huertas están siempre cercas a acequias llenas de agua provenientes de los ríos el cual la obtención del agua no es un problema.

Debido a estos antecedentes, es muy importante plantear un sistema de bombeo fotovoltaica por su alto nivel de radiación solar que hay en la ciudad de Ica, ya que es muy favorable para estos sistemas, también mencionar que la instalación de un sistema de energía renovable no necesita combustibles y tiene bajos costos de mantenimiento, de tal manera que contribuirá al uso de energías renovables, también será muy útil con el cuidado del medio ambiente ya que no es contaminante, es energía limpia y pura.

## **1.1.2 Formulación de problemas**

### **1.1.2.1 Problema general**

¿Cómo diseñar un sistema de generación fotovoltaico para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en distrito Los Aquijes – Ica 2023?

### **1.1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es el nivel de radiación solar disponible en el distrito de Los Aquijes-Ica que permitirá diseñar un sistema de generación fotovoltaico para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas?
- ¿Cuál es la demanda de agua requerida por el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en distrito Los Aquijes – Ica 2023 para diseñar un sistema de generación fotovoltaico?
- ¿Cuáles son las características y dimensiones óptimas de los componentes del sistema de generación fotovoltaico que se deben seleccionar para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en distrito Los Aquijes – Ica 2023?
- ¿Qué beneficio económico y ambiental tendrá el diseño de un sistema de generación fotovoltaico para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en distrito Los Aquijes – Ica 2023?
- ¿Qué impacto social tendrá el diseño de un sistema de generación fotovoltaico para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en distrito Los Aquijes – Ica 2023?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema de generación fotovoltaico para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en distrito Los Aquijes – Ica 2023.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar el nivel de radiación solar disponible en el distrito de Los Aquijes-Ica que permitirá diseñar un sistema de generación fotovoltaico para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas
- Analizar la demanda de agua requerida por el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en distrito Los Aquijes – Ica 2023 para diseñar un sistema de generación fotovoltaico
- Evaluar las características y dimensiones óptimas de los componentes del sistema de generación fotovoltaico que se deben seleccionar para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en distrito Los Aquijes – Ica 2023
- Analizar el beneficio económico y ambiental tendrá el diseño de un sistema de generación fotovoltaico para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en distrito Los Aquijes – Ica 2023
- Evaluar el impacto social que tendrá el diseño de un sistema de generación fotovoltaico para el proceso productivo de una huerta de media hectárea de hortalizas en distrito Los Aquijes – Ica 2023

## **1.3 Justificación**

### **1.3.1 Justificación practica**

En zonas agrícolas del distrito Los Aquijes – Ica el método de riego es a base de una electrobomba a combustión usada para trasladar agua de las acequias cercanas hacia sus huertas. Por tal razón la contaminación en la zona es muy perjudicial para el medio ambiente y las personas que la rodean y también el costo de su funcionamiento es muy elevado. Con la implementación de un sistemas de generación fotovoltaica, que es una energía limpia y natural, será un aporte muy beneficioso ya que con ello es posible hacer funcionar electrobombas eléctricas sin preocupaciones en mantenimiento y en los elevados costos del combustible.

### **1.3.2 Justificación teórica**

La justificación teórica se basa en una serie de factores clave que demuestran la idoneidad de esta solución. Estos factores incluyen la disponibilidad de energía solar, la eficiencia energética, la sostenibilidad, autonomía, y bajo mantenimiento. Los componentes de un sistema de bombeo fotovoltaico como los paneles solares, y los inversores, requieren un mantenimiento mínimo en comparación con las bombas de agua convencionales que funcionan con motores de combustión interna o electricidad de la red, de tal manera esto reduce los costos a largo plazo, y aumenta la confiabilidad.

### **1.3.3 Justificación económica**

Económicamente, el uso de un sistema de bombeo a combustión es muy diferente a un uso de sistemas de bombeo solar, ya que el ahorro es muy considerable, el ahorro en facturas de energía, la vida útil prolongada, la independencia de la red eléctrica habitual y la capacidad de aprovechar recursos locales. Los beneficios ambientales, hacen que esta sea una opción atractiva desde una perspectiva económica y sostenible.

### **1.3.4 Justificación ambiental**

Los sistemas de generación fotovoltaica tienen la capacidad para disminuir las emisiones de contaminantes de efecto invernadero, conservar los recursos naturales, reducir el impacto en la biodiversidad y que sea mejor la calidad del aire y del agua. Estos sistemas son una elección sostenible que contribuye positivamente la protección al medio ambiente y mitigación del cambio climático.

### **1.3.5 Justificación científica**

El diseño de un sistema de bombeo solar se apoya en los principios científicos relacionados con la conversión de energía solar en electricidad, la eficiencia energética, la óptica solar, la electrónica y la mecánica de fluidos. Estos fundamentos científicos son esenciales para crear sistemas efectivos y eficientes que aprovechan la radiación del sol para el bombeo de agua de manera sostenible y confiable.

### **1.3.6 Operación de variables**

- Variable : Sistema de generación fotovoltaico

Esta variable no necesita de otras variables. En la siguiente tabla 1 muestra su variable e indicadores y dimensiones.

**Tabla 1. Variable**

Variable	Dimensión	Indicador
Sistema de generación fotovoltaico	paneles solares	Potencia y tensión
	inversor	Potencia y tensión
	electrobomba	Potencia y tensión

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Tesis titulada: «*Diseño e implementación de un sistema de bombeo de agua, alimentado por un sistema fotovoltaico para riego por goteo en el barrio Rumipamba de Navas- Salcedo*». La investigación presentada para obtener el título en Ingeniero Electricista en Sistemas de Potencias en la Universidad Técnica Cotopaxi tuvo como objetivo principal diseñar e implementar un sistema de bombeo solar con un tipo de riego a goteo en el distrito Rumipamba de Navas Cantón Salcedo. Se concluye que el sistema fotovoltaico es capaz de hacer funcionar el sistema de bombeo, también se determinó la potencia de la electrobomba que tuvo una intensidad de arranque de 6amp, y los paneles solares una intensidad máxima de 12,82amp c/u en HSP (2).

Tesis titulada: «*Diseño de sistema de bombeo a base de energía solar para suministro de agua*». La investigación fue presentada para obtener el grado de Maestría en Ingeniería Aplicada en la universidad veracruzana, tuvo como objetivo diseñar un sistema de bombeo solar. Se concluye que a 10 metros de altura el flujo menor fue 0.612 m<sup>3</sup>/h a una potencia obtenida de 0.07 kW, y con un flujo máximo se tubo 4.1 m<sup>3</sup>/h a una potencia obtenida de 0.318 kW. por último, a 20 metros de altura el flujo menor fue 0 m<sup>3</sup>/h a una energía obtenida de 0.066 kW y con un flujo máximo se obtuvo 2.7 m<sup>3</sup>/h con una energía obtenida de 0.324 kW. Este resultado confirma que el valor obtenido es parecido con el fabricante y que el equipo está cumpliendo con el flujo y potencia requerida (3).

Tesis titulada: «*Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción Comarca ato viejo San Nicolás – Estelí, durante el periodo de julio a noviembre del 2017*». La investigación fue presentada para obtener el título en Ingeniero de Energía Renovable

en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-Managua, su objetivo fue la propuesta de un sistema de bombeo fotovoltaico con riego a goteo el cual permitirá el avance de la producción agrícola de la granja Concepción Comarca Alto Viejo de San Nicolás Estelí. Se concluye logrando dimensionar y evaluar el sistema de bombeo adecuado por medio de la evapotranspiración, se definió el requerimiento diario de agua necesaria en la producción del tomate el cual tuvo como resultado  $40.57\text{m}^3$  (4).

Tesis titulada: «*Diseño de un sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica en la zona de Cundinamarca*». La investigación fue presentada para obtener el título de Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Piloto de Colombia, tuvo como objetivo diseñar un sistema de bombeo a base de energía fotovoltaica en beneficio de los distritos de Cundinamarca, teniendo como principal objetivo la municipalidad de Chaguaní, Colombia. Se concluye que el sistema de bombeo solar cumple con las demandas energética mínimas que estuvo conformado por paneles fotovoltaicos de 380 w a 24 v, en conexión mixta, con 02 baterías a 48v, controladores de 85amp y 60amp, 02 inversores de 8KW y 6KW de potencia (5).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Tesis titulada: «*Diseño de un sistema de bombeo solar directo para riego por goteo en el distrito de Guadalupe – La Libertad*». La investigación fue presentada para obtener la titulación de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad Señor de Sipán, tuvo como finalidad diseñar un sistema de bombeo suministrado con energía fotovoltaica con un tipo de riego a goteo para 7 hectáreas de cultivo de paltas en la zona distrital de Guadalupe – departamento La Libertad, 2021. Se concluye que el sistema de bombeo solar cumple con las necesidades energética mínimas y tuvo un arreglo de 28 paneles fotovoltaicos a 370wp en conexión mixta con una inclinación de  $15^\circ$ ; 1 controlador de 22amp; 1 electrobomba sumergible con un caudal máximo 1000l/min (6).

Tesis titulada: «*Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola en el caserío la Guayaba, distrito de Bellavista, Jaén – Cajamarca*». La investigación fue presentada para la obtención del título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad Nacional de Jaén, tuvo como finalidad el diseño de un sistema de bombeo con generación fotovoltaico para irrigación en el caserío la guayaba. Se determino dimensionar con la HSP del mes de febrero por ser el mes con poca radiación de  $3.71\text{wh}/\text{m}^2/\text{día}$  por lo tanto el sistema bombeo solar necesito 16 paneles de 100 wp con conexión mixta; 1 controlador de 14amp; 1 electrobomba con un flujo máximo  $13\text{m}^3/\text{h}$  y un tanque de 40 000litros con autonomía de 1 día (7).

Tesis titulada: «*Diseño de un sistema de bombeo solar para la demanda hídrica de la parcela las Pampas del caserío Pangamito, Bagua grande – Amazonas*». La investigación fue presentada

para la obtención del título profesional de Ingeniero Mecánico en la Universidad Politécnica Amazónica, tuvo como propósito diseñar un sistema de bombeo solar para abastecer de agua las parcelas las pampas. Se determinó dimensionar el sistema fotovoltaico teniendo en cuenta la HSP del mes de mayo por ser el más bajo con 3.74kwh/m<sup>2</sup>/día por lo tanto se seleccionaron 3 electrobombas trifásicas 380v ca, conectadas en paralelo con una potencia individual de 11KW; 102 paneles solares monocristalino de 545wp; 3 inversores de 15KW, también se seleccionó un control inalámbrico por la distancia (8).

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Tesis titulada: «*Diseño de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar fotovoltaica*». La investigación fue presentada para obtener la titulación profesional de Ingeniero Químico en la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, tuvo como objetivo el diseño de un sistema de bombeo de agua a base de energía fotovoltaica para la región de Ica. Se obtuvo como resultado que el caudal varía según la radiación del sol y que también el caudal máximo entregado será en la HSP, por lo tanto, se seleccionaron 1 electrobomba de 3hp; 15 paneles solares de 330wp cada una con conexión en serie resultado una capacidad de 4.9KW el cual cumple con la energía necesaria requerida (9).

Tesis titulada: «*Diseño de bombeo fotovoltaico en la optimización del sistema de agua potable en Huancan, Huancayo*». La investigación fue presentada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana Los Andes, tuvo como objetivo determinar la influencia en un diseño de bombeo solar en la optimización del suministro del agua potable en la ciudad Huancan. Se determinó que la zona distrital de Huancan cuenta con un flujo de captación de 90 l/s, haciendo, posible el planteamiento del sistema de bombeo con la utilización de paneles solares, y también se determinó que la HSP es de 6.22 en el distrito de Huancan, el cual es un resultado favorable (10).

Tesis titulada: «*Sistema de Bombeo Solar Fotovoltaico para abastecimiento de agua en la I.E.P. Apóstol San Pedro del distrito Tres de Diciembre*». La investigación fue presentada para la obtención del título profesional de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional del Centro del Perú, tuvo como objetivo la configuración de un sistema de bombeo fotovoltaico para suministrar de agua la I.E.P. Apóstol San Pedro. Se determinó que, según el estudio preliminar que se realizó en la propuesta del problema, la zona distrital Tres de Diciembre tiene manantiales que pueden suministrar las cantidades de agua al tanque con capacidad de 8,455 m<sup>3</sup>, de tal manera se logró la mejora del servicio realizado por la institución educativa (11).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Energía solar

Es renovable, intensa y abundante, que puede estar disponible para un uso múltiple, gracias a varias tecnologías disponibles, en la actualidad la velocidad de los cambios se puede aumentar ya que tiene baja generación de carbono contaminante, dado que el uso de combustible es una de las principales que ocasionan el calentamiento global ya que es muy usado para la generación de energía eléctrica (12).

#### 2.2.1.1. Movimiento del sol

El sol presenta una ruta diferente en cada época de año. Para saber cómo se mueve se utiliza un sistema de coordenadas más 2 ángulos (13).

Altura del sol ( $\alpha$ ): ángulo originado cada vez que se conectan la horizontal de lugar y su ubicación aparente del sol.

Azimut del sol ( $\psi$ ): ángulo creado por ubicación del sol con la dirección del norte real.

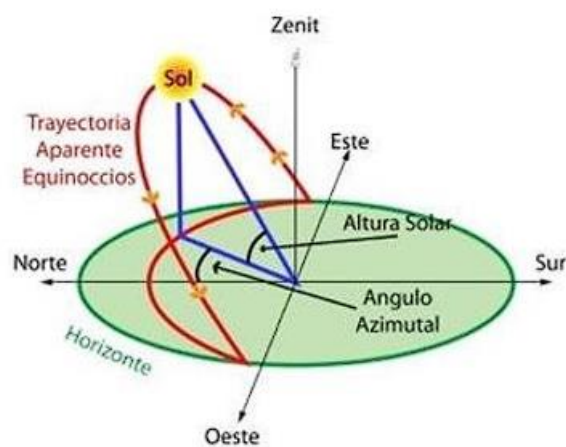


Figura 1. Movimientos del sol (13)

#### 2.2.1.2. Radiación solar

Casi siempre denominada recurso solar, es la radiación electromagnética producida por el sol, se logra captar y convertirse en energía, como la electricidad y el calor, usando varios tipos de tecnologías, también es importante saber que estas tecnologías dependen del recurso solar que está disponible en la zona (14).

#### 2.2.1.3. Tipos de radiación solar

Según cómo impactan en la Tierra, son tres componentes de la radiación del sol (15).

- Radiación directa:

Cuenta con un direccionamiento establecido, todos los rayos se mueven en una dirección, pueden ser bloqueados al mismo tiempo todos. Por eso, surgen sombras solo cuando se bloquea la radiación directa.

- Radiaciones difusa:

Esto representa la luz solar que fue extendida por moléculas y fragmentos en la atmósfera, aun así, alcanza el suelo de la tierra.

- Radiaciones de albedo:

Está conformado por la difusa y directa, se obtiene por reflexión sobre otras superficies cercanas y el suelo. La radiación global es conformada por esta radiación.

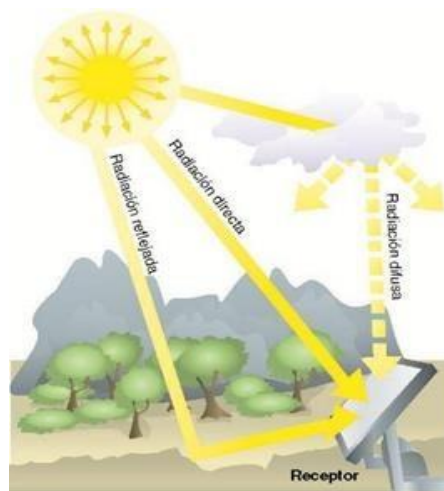


Figura 2. tipos de radiación que forman la radiación solar (15)

## 2.2.2. Sistema fotovoltaico

Hace posible la generación eléctrica con un método renovable, usando como fuente de alimentación los rayos del sol.

### 2.2.2.1. Componentes de los sistemas solares

Todo sistema solar está conformado por (16):

- Panel fotovoltaico:

Contiene celdas fotovoltaicas de silicio que absorben los rayos del sol y utilizan el efecto fotoeléctrico para convertir la energía del sol en energía eléctrica. Su potencia siempre depende del tamaño del panel y la radiación de la zona (16).

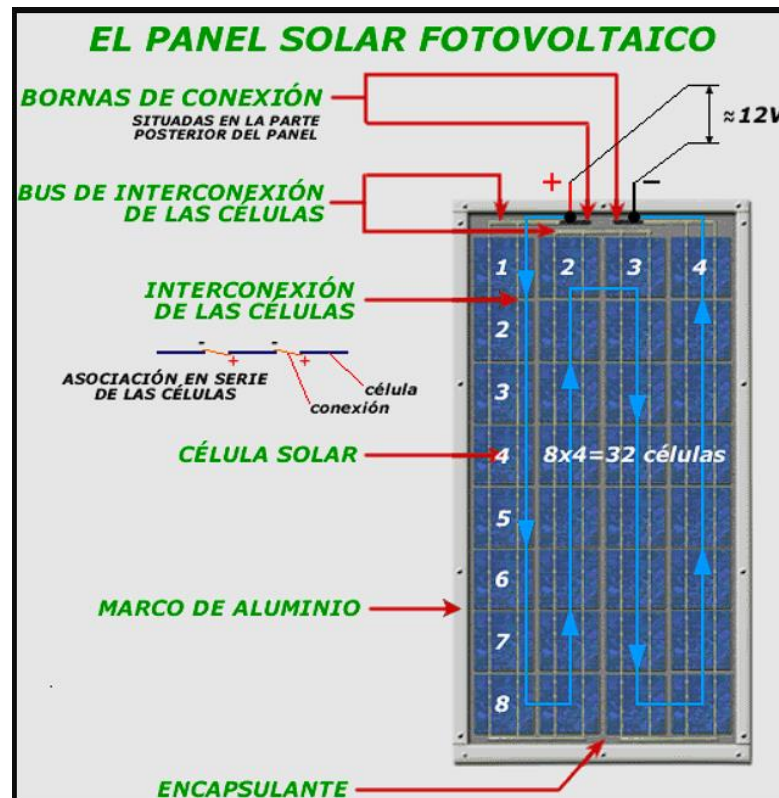


Figura 3. Estructura del panel solar fotovoltaico (16)

- Baterías:  
Cuando hay poca generación o no hay sol, acumulan energía que luego se distribuye a sus cargas.
- El regulador de carga:  
Controla el ingreso y salida al acumulador de carga, para protegerlo y prolongar su vida útil.
- Inversor:  
Transforma la corriente continua a corriente alterna, según las necesidades de los suministro del sistema (16).

### 2.2.2.2. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Son de tres categorías diferentes (17):

- Sistema de energía fotovoltaica aislado
- Sistema que está conectado a la red
- sistema fotovoltaica híbrido

- Sistema de energía fotovoltaico aislado

Utiliza energía fotovoltaica para alimentar cargas específicas sin estar conectado a la red eléctrica convencional. Con la finalidad de satisfacer con energía eléctrica a zonas donde la red eléctrica no llega. Los sistemas aislados se pueden utilizar a con la potencia que se necesite, pueden ser para lámparas o puede suministrar ciudades completas. En la mayoría de los casos, cuentan con baterías acumuladoras de energía que les permite operar cuando no hay recursos solares disponibles (18).

Los componentes típicos de un sistema aislado son:

- El generador fotovoltaico:

Produce energía eléctrica absorbiendo la energía solar y transformándola para producir la energía necesaria para las operaciones del sistema (17).

- El acumulador:

Almacena la energía sobrante para que el sistema la pueda usar en el futuro cuando sea necesario.

- El regulador de carga:

Controla el ingreso y salida al acumulador de carga, para protegerlo y prolongar su vida útil.

- El inversor:

Transforma la corriente continua a corriente alterna, según las necesidades de los suministro del sistema.



*Figura 4. Esquema de un sistema aislado (18)*

- Sistemas fotovoltaicos que esta conectados a red

Es tecnología dual, tiene un generador fotovoltaico y también se conecta a la red eléctrica tradicional como respaldo. El inversor maneja las cargas y ambos generadores, ya sean fotovoltaicos o de red tradicional. De esta manera, el inversor es el encargado de enviar electricidad de la red en momentos en que el generador solar no genera lo suficiente, e incluso permite abastecer la red en

momentos en que la generación fotovoltaica supere el consumo. Por lo general, no tienen acumulador, lo que reduce los gastos asociados con la adquisición de equipos. Además, tienen componentes para controlar el voltaje suministrado, asegurando una gestión eficiente de energía (19).

Los componentes comunes de un sistema conectado a la red son (20) :

- Los Módulos fotovoltaicos:

Es un dispositivo encargada de la transformación de los rayos del sol en energía eléctrica.

- Inversor conectado a la red:

Su objetivo es la conversión de la energía producida por los paneles solares de corriente directa a alterna. El inversor conectado a la red también es responsable en gestionar la red eléctrica y el sistema.

- El medidor de energía:

Mide la cantidad de electricidad ingresada y consumida.



*Figura 5. Esquema de un sistema conectado a la red visión Energy (20)*

- Un sistemas de energía fotovoltaicas híbridos

Un sistema fotovoltaico también puede trabajar con varias fuentes de energía para complementar el recurso solar. Estos sistemas son utilizados mayormente en sistemas fotovoltaicos aislados, lo que permite combinar la falta de recursos solar con otros recursos disponibles (19).

Cuando existen varias fuentes de energía disponible, estas soluciones brindan confiabilidad en el sistema, lo que abarata significativamente el costo del sistema. Estos sistemas tienen los mismos componentes que un sistema aislado, pero agregan otro recurso que genera energía, generalmente sistemas eólicos pequeños, un sistema de turbina hidroeléctrica o generadores a combustión a pequeña escala (18).

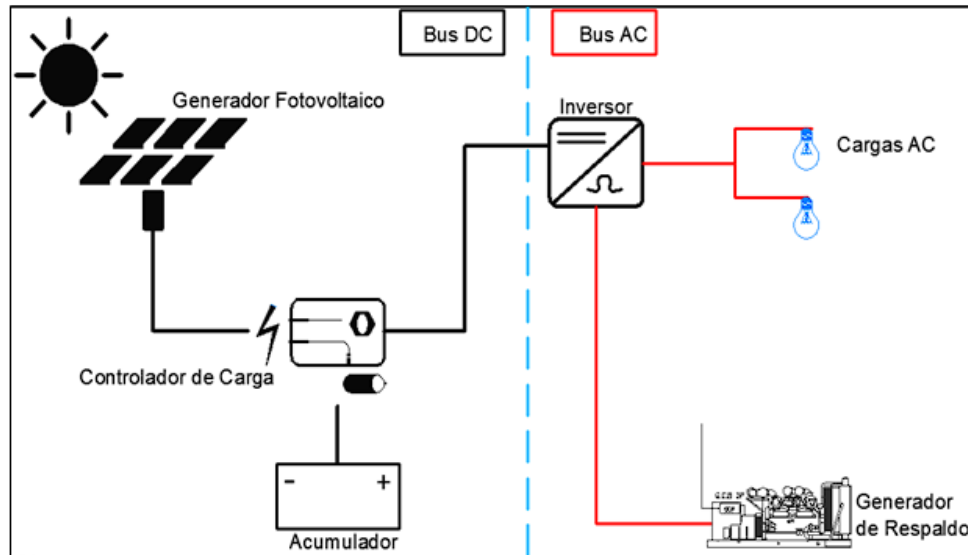


Figura 6. Sistemas híbridos fotovoltaicos (18)

### 2.2.2.3. Paneles solares fotovoltaicos

También conocidos como placas fotovoltaicas o panel solar, es un dispositivo compuesto por grupos de células fotovoltaicas encargadas de generar electricidad cuando la luz solar incide sobre ellos por medio de los efectos fotoeléctricos (21).

- Los componentes de un panel fotovoltaico

Los siguientes son los principales componentes relacionados con los paneles solares (16):

- Cubiertas frontales:
- Generalmente el vidrio, resina termoplástica
- Encapsulantes:

Mecanismos físicos que suelen ser desarrollados a base de polímeros, encargado de la protección de la célula solar de cambios climáticos o del medio ambiente como por ejemplo la lluvia, radiación ultravioleta, humedad, flexión o torsión a fuerzas mecánicas.

- Sustrato (lámina posterior):

Conformado por plástico de alto rendimiento como el polímero fluorados y fluoruro de polivinilo (PVF)

- Sello de borde:

Hecho de cinta con doble cara, silicona, y también de cauchos de butilos.

- La caja de conexionado eléctrico:  
Es un polímero que esta puesto en la zona trasera del módulo.
- Marco:  
Comúnmente de plástico o aluminio



*Figura 7. Componentes del panel solar (16)*

#### 2.2.2.4. Tipos de paneles solares

Existen tres tipos: policristalino, monocristalino y de película amorfa delgada. Son los más comunes que se pueden usar en sistemas fotovoltaicos. Cada panel tiene ventajas y desventajas. Sus principales distinciones es su costo y eficiencia (22).

- Panel policristalinos:

Estos paneles son de un tono azulado moteado diferente que cambia con las áreas del panel. Esto se debe a que la utilización de silicio no es semejante, de tal manera que su estructura cristalina varía en varias zonas del panel. En conclusión, son de menor eficiencia que los monocristalinos, también son de baja eficiencia en temperaturas de trabajo. Por lo tanto, para tener la energía requerida se tendrá que aumentar los paneles, pero no se tendrán problemas ya que son de menor costo por su falta de homogeneidad en sus células.

- Panel monocristalinos:

Tiene la estructura cristalina igual en el panel completo y son elaborados de diferentes materiales como telurio cadmio, arseniuro de galio, silicio amorfo, seleniuro de cobre, galio, indio y polímero orgánico. Hasta el momento, han sido clasificados como los mejores en eficiencia. Se fabrican a partir de lingotes de silicio y su eficiencia disminuye más lentamente con el tiempo. Tenían los precios más elevados al principio; sin embargo, con el tiempo, puede valer la pena el costo al ahorrar energía.

- Panel amorfo de película delgada:

Los paneles solares policristalinos o monocristalinos son menos eficientes con vida útil corta. En contraste con los paneles cristalinos que se pueden dañar si se doblan son más frágiles, su precio del

panel amorfo es menor por tener una fabricación simple. Los paneles de película delgada no se recomiendan para sistemas fotovoltaicos residenciales porque son menos eficientes. Si el usuario quiere generar una cantidad de energía eléctrica específica tendrá que agregar más paneles, por lo tanto, deberá tener más espacio. Estos paneles los emplean más empresas de servicio público.

CÉLULA		EFICIENCIA EN LABORATORIO	EFICIENCIA DIRECTA
	Mono-cristalina	24%	14-17%
	Poli-cristalina	19-20%	11-14%
	De película delgada (amorfas)	16%	<10%

*Figura 8. Tipo de panel solar y su eficiencia (23)*

### 2.2.3. Sistema de bombeo solar

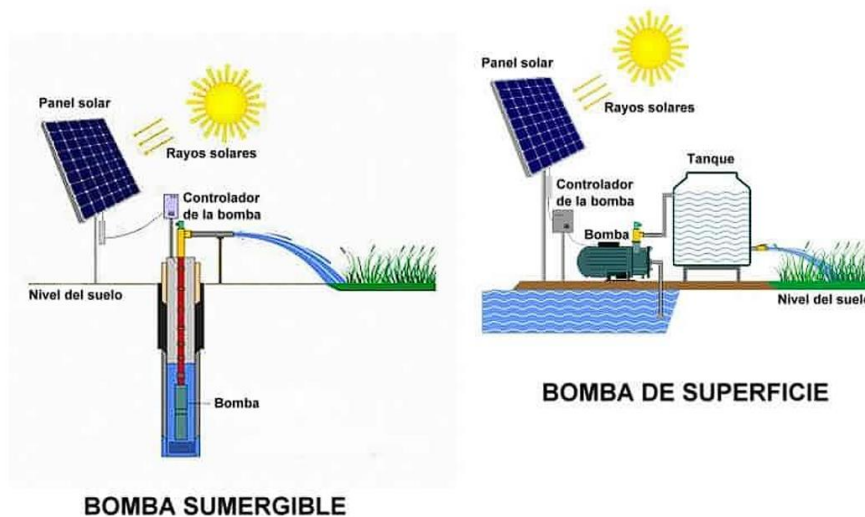
El bombeo solar funciona por sí solo, traslada agua de un punto a otro utilizando los rayos del sol como fuente de alimentación. Generalmente son usadas en zonas aisladas de la red eléctrica convencional (24).

#### 2.2.3.1. Componente básico de bombeo solar

Están conformados por paneles solares, electrobombas a corriente alterna AC o de corriente continua DC, la fuente de agua (como un pozo, un río, etc.), accesorios, un tanque de almacenaje si es necesario, controladores de DC/DC e inversores DC/AC que se conectan entre el panel solar y el motor. El uso de la batería es para darle autonomía, pero no es recomendado por su alto costo y mucho más si la fuente de agua no es constante en el día. Lo recomendado es usar almacenamiento de agua que este en lo más alto para que la salida del agua sea por gravedad, para poder configurar el bombeo solar debemos tener en cuenta los siguientes factores: (24).

- La situación hidráulica.
- Profundidad del agua a partir de su superficie ya sea en pozo o ríos, lagos, etc.
- Altura estática a partir del suelo
- Radiación solar, el clima y la ubicación.
- Se agrega pérdidas de presión ocurridas en los accesorios y tuberías.

Un sistema de bombeo se puede aplicar de manera superficial, sumergible, o flotante, continuación, se presenta las dos maneras más comunes (24).



*Figura 9. Dos maneras más comunes del montaje sistema bombeo solar (25)*

### 2.2.3.2. Dimensionamiento sistema hidráulico

- Dimensionamiento de la bomba

La potencia requerida para diseñar la bomba apropiada se muestra en la siguiente ecuación (3).

$$P = \frac{\rho * g * Q * h}{\eta}$$

Donde:

P = La potencia

$\rho$  = Densímetro del agua (1,000 kg/m<sup>3</sup>)

g = La velocidad gravitacional (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Q = El flujo (m<sup>3</sup>/s)

h = La alturas hidráulicas (m)

$\eta$  = Lo eficiente

- Altura hidráulica total (h)

También conocida como carga dinámica total, debe calcularse para que el dispositivo de bombeo se capas de suministrar agua de un lugar hacia otro lugar, como desde un rio, pozo, lago, hasta un almacenador de agua ya sea un tanque u otros (26).

- La carga dinámica total

Es la longitud que hay entre nivel estático hacia el punto final de llegada del agua. Las pérdidas que se presentan por las fricciones de HF que se producen en la tubería durante el bombeo del agua

son un factor que debe tenerse en cuenta. La suma de la distancia del agua desde su superficie, la carga estática, la pérdidas por fricción y la carga por velocidad son determinantes para obtener la carga dinámica total como se muestra en la ecuación 1 (26).

$$CDT = He + Hf + Hv \quad \text{Ecuación 1}$$

$$Carga (H) = \frac{Presión (psi) \times 2.31}{Densidad\ relativa} = \frac{Presión (kg/cm^2)}{\gamma}$$

Donde:

He = La carga estática (m)

Hf = La pérdida por fricción (m)

Hv = La cargas de velocidades (m)

La CDT es obtenida realizando las ecuaciones de Bernoulli, que se muestra en la ecuación 2.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_s + CDT - H_{f1-2} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_d \quad \text{Ecuación 2}$$

Para tener obtener los valores de la cdt despejamos cdt según como se muestra en la ecuación 3.

$$CDT = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + (h_d - h_s) + H_{f1-2} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$P_1 - P_2$  = La presión de gravedad en el punto 01 y 02 (m)

$V_1 - V_2$  = La velocidad del flujo del punto 01 y 02 (m/s<sup>2</sup>)

$h_s$  = La altura en succión (m)

$h_d$  = La altura de descargas (m)

$h_{f1-2}$  = La pérdida total de flujo en tubería (m)

$\gamma$  = La densidad de flujo (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = La aceleración por gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Despreciando la velocidad y las presiones atmosféricas es una alternativa que se hace de forma practica el cálculo de la CDT.  $P_1 = P_2$ , según como se muestra en la ecuación 4.

$$CDT = (h_d - h_s) + H_{f1-2} + \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 4}$$

- Altura estática de succión ( $h_s$ )

La separación vertical existente entre el punto centro del dispositivo de bombeo y el nivel del agua a succionar se llama altura estática en la succión. El nivel de succión bajo la bomba se muestra en la figura 10.

- Carga estática de succión ( $h_s$ )

La separación vertical del nivel del agua al punto centro del dispositivo de bombeo cuando la bomba está debajo del nivel del agua a aspirar se llama carga estática de succión. El nivel de succión en la parte superior de la bomba se muestra en la figura 11.

- Carga estática de descarga ( $h_d$ )

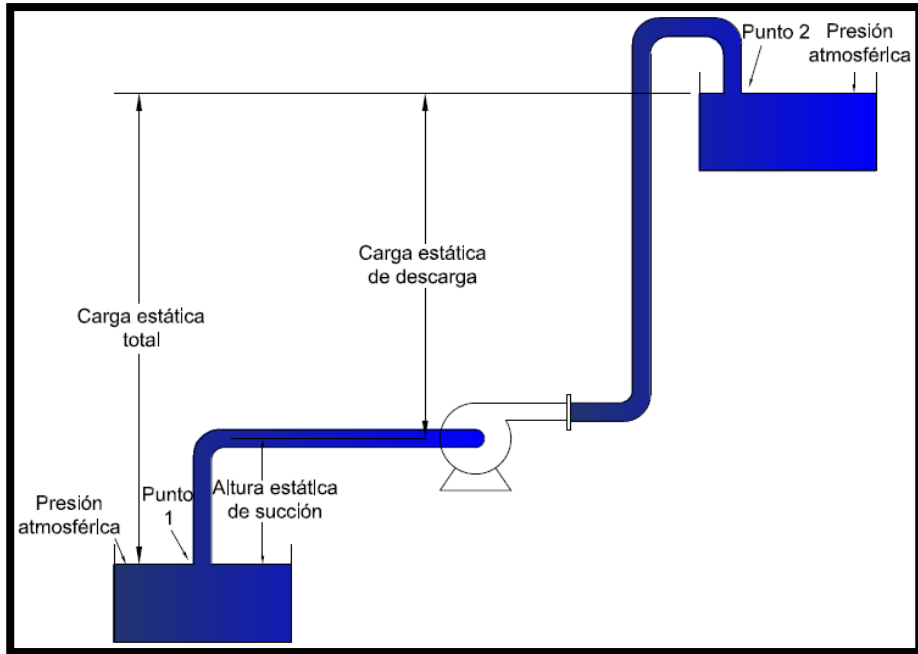
Es la longitud que hay entre el punto centro del dispositivo de bombeo con el punto donde el agua se traslada. La Figura 10 muestra la carga estática de descarga.

- Carga estática total ( $H_e$ )

Es obtenido sumando la carga o altura estática de aspiración y la carga estática de descarga, según la ecuación 5.

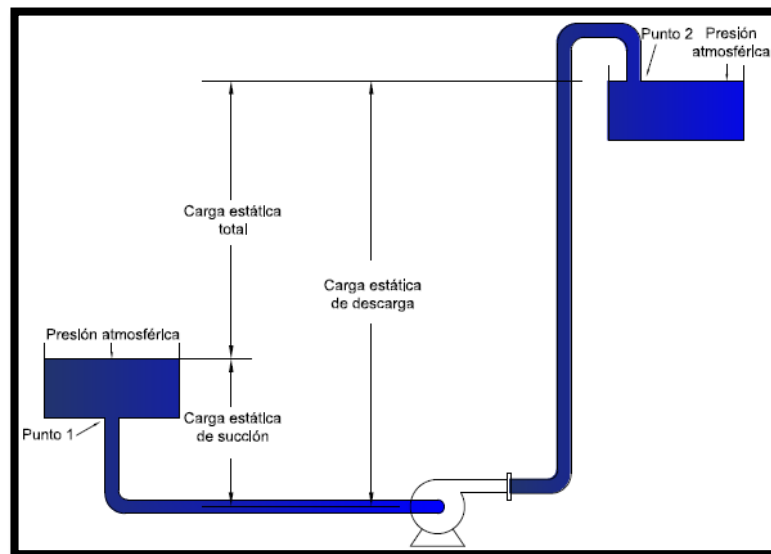
$$H_e = h_d - (\pm h_s) \quad \text{Ecuación 5}$$

Los sistemas de bombeo se basan en el nivel de la fuente de alimentación y sus diferentes ubicaciones que cambian los datos al realizar los cálculos. Si la fuente de alimentación del sistema está abajo de la línea centro de la bomba, la altura estática de succión  $h_s$  será negativa (-).



**Figura 10. Succión por abajo de la bomba (26)**

La carga de succión estática  $h_s$  es positiva (+) cuando el sistema de alimentación está por arriba del nivel de la bomba



**Figura 11. Nivel de succión arriba de la bomba (26)**

La ecuación 6 muestra la carga estática total de un sistema en el que el dispositivo de bombeo es sumergido.

$$H_e = \text{altura de descarga} + \text{nivel estático de succión} \quad \text{Ecuación 6}$$

Un sistema con bomba sumergido se muestra en la Figura 12.

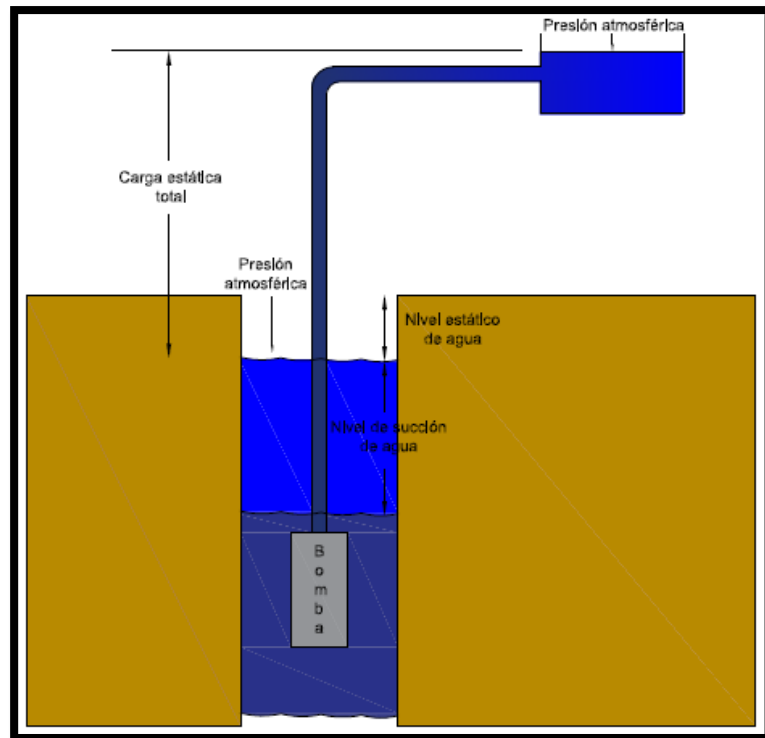


Figura 12. bomba sumergida (26)

- Pérdidas por fricción ( $H_f$ )

La carga requerida para superar la resistividad del agua que circula por las tuberías y sus componentes se conoce como pérdidas por fricción. Estas se calculan utilizando la ecuación 7 y dependen del tipo y tamaño del tubo.

$$H_f = h_{f_s} + h_{f_d} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$H_f$  = La carga de fricción (m)

$h_{f_s}$  = La carga de fricción en succión (m)

$h_{f_d}$  = La carga de fricción en descarga (m)

Las pérdidas por fricción en las tuberías son primaria y secundaria

- Perdida primaria

Se producen cuando el agua toca las paredes del tubo. Para determinar las pérdidas primarias, hay dos factores a tener en cuenta:

- El tipo de material usado en la tubería y el acabado interno, que son rugoso o liso
- El manejo de flujos laminares o turbulentos.

- El número de Reynolds

Es el indicador que define el régimen de circulación del fluido nombrado en el inciso b), que incluye la viscosidad, velocidad, y espesor al interior del tubo (27).

La ecuación por utilizar es la siguiente:

$$Re = \frac{Vdp}{\nu}$$

Donde:

Re = El número de Reynolds

V = La aceleración promedio del líquido en el tubo (m/s)

d = El espesor al interior del tubo (m)

$\rho$  = La densidad del líquido (kg/m<sup>3</sup>)

$\nu$  = Viscosidades cinemáticas de líquidos (m<sup>2</sup>/s)

El tipo de régimen de flujo son:

- Laminar está representado en número de Reynolds menor de 2000.
- Zona crítica comprende entre 2000 < R < 4000 número de Reynolds.
- Área de transición entre 4000 < R < 11000.
- Turbulento número de Reynolds mayores a 11000.

Darcy Weisbach

Se muestra en la ecuación 8 y se utiliza para definir las pérdidas primarias en tubo.

$$h_f = f \frac{L}{d} * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

$h_f$  = La pérdida partes rectas de la tubería (m)

$f$  = El coeficiente de rozamiento

$L$  = La distancia total del tubo de igual espesor (m)

$V$  = La velocidad promedio de fluido (m/s)

$D$  = diámetro interno real de la tubería (m)

$g$  = gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Si hay espesor diferente en el tubo por donde pasa el líquido, se debe considerar una sección diferente para las pérdidas de carga.

La ecuación de Colebrook, presentado en la ecuación 9, es la zona de transición que conecta la ecuación para la tubería lisa con la ecuación para un régimen completamente turbulento.

$$f = \frac{1}{\left(-0.86 \ln\left(\frac{e}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)\right)^2} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

f = El factor de fricción

$\varepsilon$  = La rugosidad relativa

D = El espesor del tubo

Re = El número de Reynolds

Para flujo turbulento se aplica la ecuación 9.

El número de Reynolds y la rugosidad relativa ( $\varepsilon/D$ ) determinan el coeficiente de rozamiento.

La tabla 2 muestra la rugosidad de los materiales.

**Tabla 2. Valores de diseño y rugosidad del tubo (28)**

Material	Rugosidad, $\epsilon$ (m)	Rugosidad, $\epsilon$ (pie)
Vidrio, plástico	Suavidad	Suavidad
Cobre, latón, plomo (tubería)	$1.5 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$
Hierro fundido: sin revestir	$2.4 \times 10^{-4}$	$8 \times 10^{-4}$
Hierro fundido: revestido de asfalto	$1.2 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$
Acero comercial o acero soldado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro forjado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$
Concreto	$1.2 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-3}$

Si un flujo completamente perfeccionado tiene un flujo laminar inferior a 2,000, el coeficiente de rozamiento se calcular utilizando la ecuación 10.

$$f = \frac{64}{Re} \quad \text{Ecuación 10}$$

La figura 13 muestra un diagrama de Moody, que es otra forma de calcular el valor del coeficiente de rozamiento:

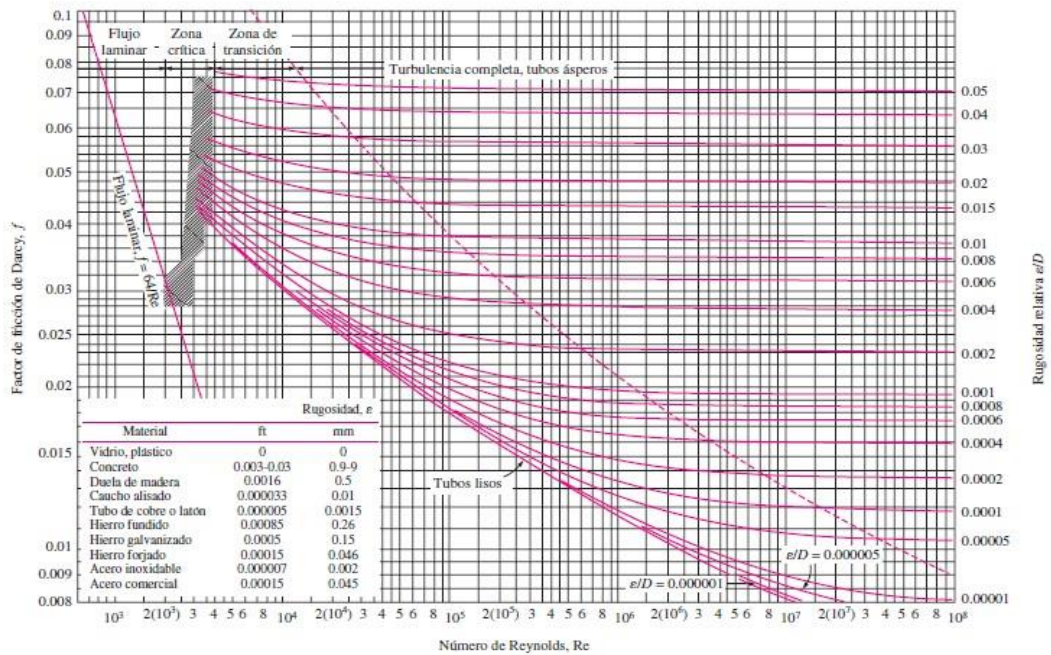


Figura 13. Diagrama de Moody (3)

- Pérdida secundaria

Se encuentran en los accesorios de la tubería al inicio y final del tubo. Las válvulas, las expansiones, las reducciones de estrangulaciones y los cambios de dirección son algunos ejemplos de accesorios. Las pérdidas secundarias ocurren cuando la velocidad del fluido disminuye o al existir una reducción (29).

La ecuación 11 se puede utilizar para calcular estos.

$$h_f = k \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

H<sub>f</sub> = La pérdida de carga por fricción en accesorio (m)

k = El coeficiente resistencia del accesorio

g = La velocidad de gravedad (m/s<sup>2</sup>)

v = La velocidad del líquido (m/s)

La ecuación 12 muestra cómo calcular las pérdidas de cada uno de los accesorios cuando hay dos o más.

$$h_f = k_1 \frac{v^2}{2g} + k_2 \frac{v^2}{2g} + \dots + k_n \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 12}$$

El coeficiente de resistencia es el valor adicional en los accesorios o aditamentos debido a la resistencia que desempeña sobre el fluido que circula a través de ellos. Además, para calcular el valor de k, se utiliza la ecuación 13:

$$k = \left(\frac{L_e}{D}\right) f_T \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

k = El coeficiente resistencia en accesorio

$L_e$  = La distancia equivalente del tubo recto de igual espesor nominal (m)

D = El espesor real del interior del tubo (m)

$f_T$  = El factor de fricción del tubo (m/s)

Algunos diseñadores de sistemas prefieren evaluar la distancia del tubo equivalente de una válvula y luego juntar ese valor con la distancia real del tubo (28).

El cálculo de la longitud equivalente se puede encontrar en la Ecuación 14.

$$L_e = \frac{KD}{f_T} \quad \text{Ecuación 14}$$

La tabla 3 presenta la resistencia de tipos de válvulas y accesorios de la distancia equivalente del espesor del tubo.

**Tabla 3. Resistencia en válvulas y juntas (28)**

Tipo		Longitud equivalente en diámetros de conducto, $L_e/D$
Válvula de globo	Completamente abierta	340
Válvula de ángulo	Completamente abierta	150
Válvula de compuerta	Completamente abierta	8
	3/4 abierta	35
	1/2 abierta	160
	1/4 abierta	900
Válvula de verificación	Tipo giratorio	100
Válvula de verificación	Tipo de bola	150
Válvula de mariposa	Completamente abierta	45
Codo estándar de 90°		30
Codo de radio de largo de 90°		20
Codo de calle de 90°		50
Codo estándar de 45°		16
Codo de calle de 45°		26
Codo de devolución cerrada		50
Te estándar	Con flujo a través de un tramo	20
Te estándar	Con flujo a través de una rama	60

Los valores de  $f_T$  cambian según la dimensión de la válvula y del conducto.

Los valores de  $f_T$  para las dimensiones de tubos de acero comercial estándar se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4. Factor de fricción en zona de turbulencia total (28)**

Tamaño de conducto nominal (pulg)	Factor de fricción $f_T$	Tamaño de conducto nominal (pulg)	Factor de fricción $f_T$
1/2	0.027	4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 1/4	0.022	8-10	0.014
1 1/2	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 1/2, 3	0.018		

- Carga de velocidad (Hv)

Es la fuerza del agua que avanza por el tubo. La ecuación 15 contiene la fórmula para calcular esta carga.

$$Hv = \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

Hv = La carga de velocidad (m)

v = La velocidad del fluido (m/s)

g = La velocidad gravitacional(9.81m/s<sup>2</sup>)

El caudal (Q) y la zona de la sección transversal de la tubería deben conocerse para calcular el valor de la velocidad en la ecuación 16.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

v = La velocidad del líquido (m/s)

Q = El caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = El área (m<sup>2</sup>)

D = El diámetro (m<sup>2</sup>)

Las propiedades y el espesor interno de los tubos de varios tipos de materiales se observan en la tabla 5.

Tabla 5. Dimensiones de tubo de acero calibre 40 (28)

Tamaño nominal de la tubería (pulgadas)	Diámetro exterior		Grosor de la pared		Diámetro interior			Área de flujo	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pie)	(mm)	(pie <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10 <sup>-5</sup>
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10 <sup>-5</sup>
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10 <sup>-4</sup>
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10 <sup>-4</sup>
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10 <sup>-4</sup>
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10 <sup>-4</sup>
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 <sup>-4</sup>
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 <sup>-3</sup>
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10 <sup>-3</sup>
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10 <sup>-3</sup>
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10 <sup>-3</sup>
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10 <sup>-3</sup>
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10 <sup>-3</sup>
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10 <sup>-2</sup>
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10 <sup>-2</sup>
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10 <sup>-2</sup>
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10 <sup>-2</sup>
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10 <sup>-2</sup>
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10 <sup>-2</sup>
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

### 2.2.3.3. Dimensionamiento componentes del sistema fotovoltaico

- Cálculo de la energía consumida por día

En el plan de los requerimientos, se debe registrar todo lo vinculado con los distintos equipos eléctricos que cargarán el sistema. Para lograrlo, es necesario calcular la potencia de cada aparato que se instalará y el tiempo promedio de uso (30).

$$E_{AC} = \sum P_{(AC)i} * T_{di}$$

Donde :

$P_{(AC)i}$ : La fuerza nominal del dispositivo en (W)

$t_{di}$ : El tiempo diario de llenado en horas (h)

- Cálculo de la potencia fotovoltaica.

La potencia fotovoltaica ( $W_p$ ) como mínimo debe ser equivalente a la potencia eléctrica nominal ( $P_1$ ) que absorbe el motor. En general, se recomienda aumentar la potencia a instalar en un 15% en comparación con la potencia del motor para tener presente las pérdidas inertes del sistema fotovoltaico, como la pérdida de eficiencia por la temperatura de los paneles (9).

$$P_G = P_1 \times 15\%$$

- Selección y cálculo del inversor

Se considera un factor seguridad de 1.20 (sobredimensionamiento 20 %) por potencia absorbida al arrancar la electrobomba (8).

$$P_{cont} = P_{carga} \times fs$$

Donde:

P controlador : Potencia del controlador

P carga : La potencia de carga

fs : El factor seguridad

- Cálculo y selección de conductor eléctrico

Las distancias de cables de corriente directa se componen de un cable de protección y dos cables activos (negativo y positivo).

Para determinar la sección (S) de los cables de corriente directa, usados en sistemas fotovoltaicos, se utilizara la siguiente formulación (31).

$$Seccion\ del\ conductor\ electrico\ en\ mm2 = \left( \frac{2 \cdot L \cdot I}{k \cdot \Delta V} \right)$$

Donde:

S : Sección del conductor dc, en mm<sup>2</sup>

L : Distancia de conductor, en m

I : Intensidad del conductor

ΔU: % Caída máxima de voltaje aceptado en el tramo, en voltios (V)

K : Conductividad en el cable conductor (56 Cu; 35 Al)

La tabla número 6 presenta las caídas de voltaje máximas y sugeridas para cada distancia.

**Tabla 6. Porcentajes de caída de tensión (31)**

Tramo	Caída de tensión máxima	Caída de tensión recomendada
Panel -regulador	3 %	1 %
Regulador-bomba Superficial	5 %	3%

### 2.3. Definición de términos básicos

- Motobomba:

También conocida como bomba de agua, que funciona a motor eléctrico o de combustión. Las motobombas transforman la energía eléctrica en energía hidráulica, lo que permite el transporte de líquidos a través de la manguera de succión de un lugar a otro.

- Acequia:

Es un canal que se construyó para transportar agua. El agua se trasvasa a través de las acequias hacia tierras de riego o infraestructuras que la utilizan para su funcionamiento o simplemente la almacenan.

- Caja de conexiones:

Es donde se colocan los cables para conectarlos.

- Capacidad instalada:

La potencia de la placa o nominal de una generadora.

- Eficiencia de la celda:

La proporción de energía producida por una celda solar cuando está completamente expuesta al sol.

- Instalaciones eléctricas:

Un conjunto de circuitos y dispositivos conectados para lograr un propósito específico, como la producción, conversión, distribución, transmisión, transformación, o uso de energías eléctricas.

- Potencia eléctrica:

Es la proporción de energía eléctrica que circula por medio de conductores eléctricos en un segundo. Su unidad de medida es el vatio(w)

- Corriente nominal:

Se mide como la corriente eficaz máxima en amperios y se define como la corriente nominal. El valor de la corriente nominal de un motor es la proporción de corriente que empleara en condiciones frecuente de trabajo.

- Amperio

Unidad a cargo de la medición de la intensidad de la corriente eléctrica, y esta simbolizado con la letra A.

- Conductor eléctrico

Es aquel que tiene la cualidad de conducir electricidad en menor o mayor medida. Este tipo de materiales hace posible que los electrones se trasladen libremente de un punto de a otro.

- Eficiencia energética

El objetivo de la eficiencia energética, también conocida como eficiencia o ahorro energéticos, es menorar la cantidad de energía requerida para producir bienes y servicios. Es logrado mayormente mediante la implementación de procesos de producción más eficientes o tecnologías más avanzadas.

- Corriente continua (DC)

Es el flujo continuo de cargas eléctricas entre dos puntos de potencial y carga eléctrica que no cambian de dirección en el tiempo a través de un conductor. En la corriente continua, la carga eléctrica viaja en la misma dirección que en la corriente alterna. A pesar de que a menudo se asocia una corriente continua con una corriente, toda corriente continua tiene la misma polaridad y su intensidad disminuye a medida que se consume la carga.

- Corriente alterna (AC)

Es un tipo de corriente eléctrica cuya magnitud y sentido cambian de forma cíclica. La oscilación senoidal es la forma de oscilación más popular porque permite una transferencia de energía más eficiente. La corriente alterna se refiere a cómo llega la electricidad a los hogares e industrias.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

El presente informe es una investigación de desarrollo tecnológico.

#### **3.1. Estudio de la metodología I+P+D3**

Se empleó la metodología **i+p+d3**, que consta de cinco etapas: investigación, planificación, definición del producto, diseño del producto y desarrollo (32). Se eligió este tipo de metodología porque es adecuada para la creación de nuevos productos.

##### **3.1.1. Investigación**

Esta etapa incluye los procedimientos de investigación para obtener información precisa sobre los requisitos del cliente. Para obtener la mayor cantidad de información posible, se pueden utilizar tanto investigaciones de mercado como entrevistas y cuestionarios (32).

##### **3.1.2. Planificación**

Se selecciona la solución de problemas de acuerdo con la información recopilada y organizada, y luego se divide en módulos o áreas de ejecución del producto (32).

##### **3.1.3. Definición del producto**

En esta etapa se muestran las características físicas y funcionales del producto. Para facilitar la evaluación de la calidad de los documentos del caso, se utilizan bocetos, planos y manuales escritos (32).

##### **3.1.4. Diseño del producto**

Los diseños preliminares y los diseños finales se realizan en esta etapa, y los bocetos finales se presentan de manera visual y fácil de entender. Estos bocetos representan los resultados de la etapa

anterior, como la estructura, el funcionamiento, los requerimientos técnicos, la creación del prototipo y las pruebas de este (32).

### **3.1.5. Desarrollo del proyecto**

Finalmente, la etapa de desarrollo proporciona datos que permiten al departamento de producción del diseño comprender claramente los requisitos y los aspectos físicos y funcionales del producto (32).

## **3.2. Aplicación de la metodología**

La aplicación de la metodología implica una serie de etapas.

### **3.2.1. Investigación**

En esta fase lo que se buscó es obtener la mayor información posible relacionado a las necesidades y problemas que tiene la huerta de hortalizas para ello se realizó una entrevista al dueño de la huerta de los Aquijes y de las cuales se llegaron a conseguir las siguientes informaciones (ver anexo 01)

### **3.2.2. Planificación**

✓ Paso 1: Estudio de la radiación solar en la zona.

Este análisis se hizo tomando en cuenta los datos de irradiación de los últimos 5 años obteniendo un resultado favorable para la elaboración del sistema fotovoltaico de la huerta de hortalizas, también fue un factor importante la orientación e inclinación de los paneles solares.

✓ Paso 2: Evaluación de sus necesidades energéticas.

Para planificar un sistema fotovoltaico, uno de los pasos más importante es saber cuánta es la energía que se va a necesitar. Esto implica determinar la cantidad de potencias eléctrica que necesita la electrobomba para entrar en funcionamiento. Evalúe factores como potencia de la bomba más su factor de seguridad necesario para garantizar su funcionamiento aun teniendo pérdidas por fricción que genera la tubería y accesorio en el subsistema de bombeo solar. Según sus requisitos de energía, se puede estimar la potencia del sistema solar necesario para satisfacer la demanda de electricidad.

✓ Paso 3: Calcular la bomba de agua.

Se determina la electrobomba teniendo en cuenta la altura manométrica y caudal requerido por el subsistema de bombeo. También fue muy importante calcular la pérdida producida por la fricción en la tubería, adicionándole un factor de seguridad.

Teniendo todos los valores se procedió a escoger la electrobomba.

✓ Paso 4: Elegir los paneles solares adecuados

Seleccionar los paneles solares correctos es vital para el rendimiento y la eficiencia de su sistema solar. Lo mejor es adquirir paneles solares que cuenten con certificaciones, que demuestran el cumplimiento de los estándares de calidad mundial, también se verifica aspectos como la potencia de salida, la tasa de degradación y el coeficiente de temperatura para garantizar un rendimiento óptimo durante la vida útil del sistema. Teniendo todas las características se calcula la cantidad de paneles necesarios para cubrir la potencia eléctrica requerida.

✓ Paso 5: Selección del inversor correcto.

Según los cálculos se determina el inversor adecuado para recibir el voltaje (DC) producido por los paneles solares y transformarlas en voltaje (AC) necesarios para el funcionamiento de la electrobomba.

### **3.2.3. Definición del producto**

Después de realizado la indagación y recopilar los datos pertinentes, se llegó a la dimensión y definición de las cualidades necesarias del sistema fotovoltaico.

Las siguientes son las características del producto:

Subsistema de paneles solares esta dimensionado para generar la energía necesaria requeridas que necesitara la electrobomba para entrar en funcionamiento.

Subsistema de bombeo solar será capaz de superar la altura manometría y así poder suministrar el caudal requerido que necesita la huerta de hortalizas.

Subsistema de inversor como principal función será de recibir el voltaje de los paneles solares y transformarlas en un voltaje correcto para el funcionamiento de la electrobomba.

### **3.2.4. Diseño**

El diseño del sistema fotovoltaico de la huerta de hortalizas fue realizado en el software PVsyst.

- ✓ Se determinó el número de paneles fotovoltaicos necesarios
- ✓ Se determinó el caudal requerido para el riego de la huerta de los Aquijes
- ✓ Se determinó un inversor con las características requeridas para el funcionamiento de la electrobomba
- ✓ Se determinó la electrobomba con las características requeridas

- ✓ Se determinó el soporte para los paneles solares teniendo en cuenta el peso y un posible sobrepeso por seguridad

### **3.2.5. Desarrollo**

Después de haber concluido el diseño procedimos con la simulación de los subsistemas que componen el sistema de generación fotovoltaica comprobando en cumplimiento de las definiciones conceptuales el cual fue para optimizar el diseño.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

#### **4.1. Identificación de requerimientos**

En la presente investigación se realizó el diseño en software de PVsyst 7.4, para ejecutar este proyecto se hizo el diseño de materiales y equipos con el software, y de acuerdo a estos diseños se puede obtener los materiales y componentes con una mejor propuesta emitido por diferentes proveedores.

##### **4.1.1. Requerimientos funcionales**

El sistema de generación fotovoltaico facilitará el desarrollo productivo de hortalizas por medio de una electrobomba empleada para el suministro de agua.

Para la operación del sistema fotovoltaico en la huerta Los Aquijes Ica es indispensable los siguientes subsistemas:

- ✓ Paneles solares
- ✓ Inversor
- ✓ Electrobomba

- Paneles solares

El propósito principal de sus materiales conductores es convertir la radiación solar en energía eléctrica, ya que pueden retenerla y generar una corriente eléctrica suficiente para poner en marcha la electrobomba para el riego de la huerta de hortalizas de Los Aquijes Ica.

- Inversor

Es el dispositivo que recibe y transforma la energía producida por los paneles fotovoltaicos de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC). De esta manera, puede ajustarse a los parámetros eléctricos precisos necesarios para activar la electrobomba para el riego de la huerta.

- **Electrobomba**

La electrobomba de agua está compuesta de un mecanismo de succión y expulsión, su principal función es absorber el fluido de la acequia y trasladarlo a la huerta de hortalizas de Los Aquijes Ica.

- **Soporte del panel solar**

Su función principal es sujeción e inclinación de los cuatro paneles solares que usara la huerta de hortalizas de Los Aquijes Ica, también otra función sería soportar el peso de los paneles y alguna sobrecarga extra, también tienen que soportar los fuertes vientos y la corrosión debido a las lluvias.

#### **4.1.2. Requerimientos no funcionales**

Este diseño de sistema fotovoltaico es una inversión generalmente segura. Los paneles solares no solo duran mucho tiempo, sino que sus garantías pueden oscilar entre 15 y 25 años. Esto significa que puedes estar tranquilo sabiendo que si tiene algún defecto con tus paneles solares tienes la garantía para solucionarlo.

El rendimiento de paneles solares fotovoltaicos implica analizar distintas variables como la eficiencia del panel, la radiación solar disponible en la huerta de hortalizas Los Aquijes Ica, la producción de energía y el tiempo de vida útil.

Este sistema fotovoltaico requiere muy poca atención, quizá solo inspecciones anuales. Ya que no cuenta con baterías, pueden requerir mantenimiento en periodos muy largos, el mantenimiento habitual sería generalmente retirar la suciedad que se acumula por el polvo u otro objeto traído por el viento.

### **4.2. Análisis de la solución**

#### **4.2.1. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico**

##### **4.2.1.1. Ubicación geográfica**

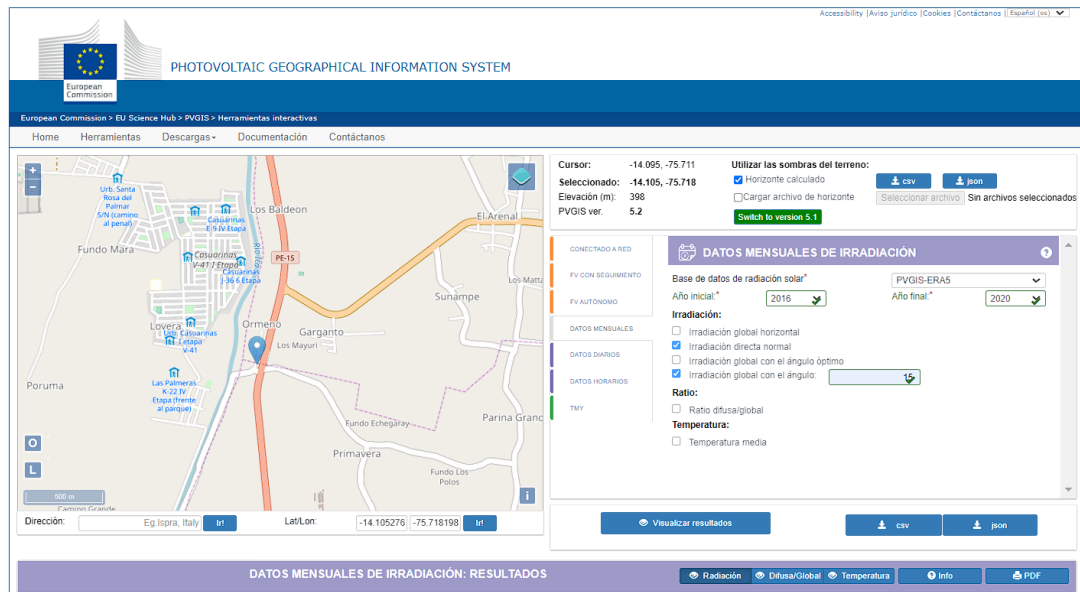
La presente investigación tiene coordenadas latitud -14.105276 S y longitud -75.718198 W y está ubicada caserío Garganto, Los Aquijes Ica, a 10 minutos del río Ica. La figura 14 presenta ubicación del proyecto.



**Figura 14. Ubicación de la huerta Los Aquijes Ica**

#### 4.2.1.2. Radiación solar en la zona de ubicación

Para facilitar el estudio del recurso solar se utiliza PVGIS, un software gratuito de la Comisión Europea Joint Research Center para obtener datos de radiación. En la figura 15 se observa la radiación de la región del proyecto ingresando las coordenadas de latitud y longitud al aplicativo PVGIS.



**Figura 15 P.VGIS un software gratuito de la comisión europea Joint Research Center**

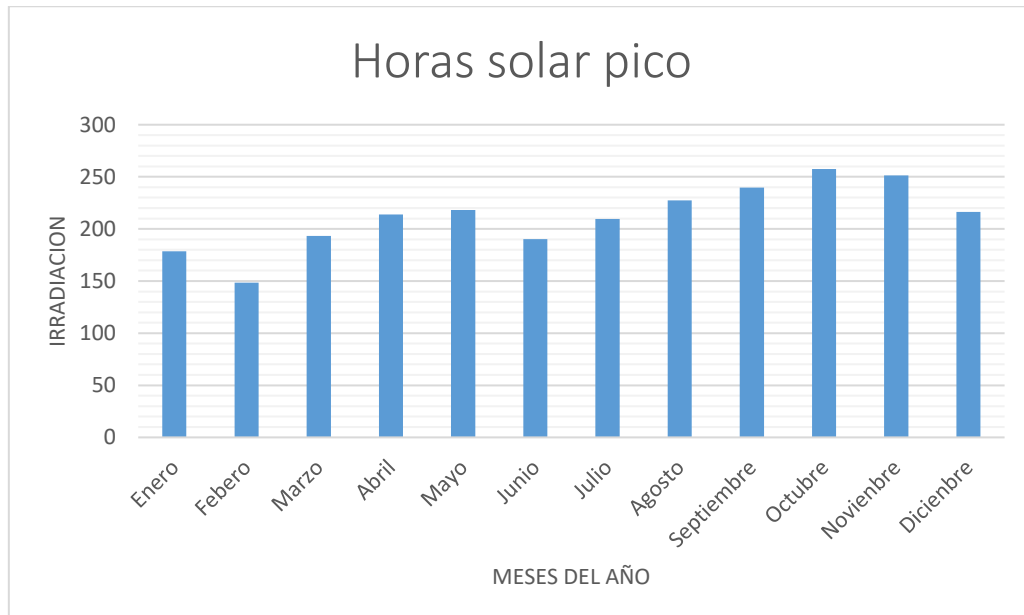
La tabla 7 muestra la radiación media anual y media mensual para el área de estudio, y para que el diseño de bombeo solar entre en funcionamiento cuando la radiación sea insuficiente, se debe seleccionar cuál de los meses tiene la radiación solar más baja.

**Tabla 7. Datos de radiación de cinco años**

MES/AÑO	2016	2017	2018	2019	2020	PROMEDIO
Enero	261.2	135.21	183.63	157.8	154.88	178.544
Febrero	168.68	153.19	154.68	126.31	140.14	148.6
Marzo	200.66	207.02	198.43	204.01	155.65	193.154
Abril	221.32	213.46	200.83	202.96	230.41	213.796
Mayo	228.9	196.11	224.85	224.12	216.69	218.134
Junio	183.15	191.74	182.65	203.35	190.79	190.336
Julio	205.75	214.36	195.05	212.64	220.5	209.66
Agosto	220.2	228.3	226.98	240.52	220.55	227.31
Septiembre	249.49	234.3	250.74	227.77	236.39	239.738
Octubre	262.69	275.29	228.65	260.57	260.26	257.492
Noviembre	272.41	225.45	260.01	239.91	258.91	251.338
Diciembre	230.44	212.61	233.92	216.05	188.29	216.262

#### 4.2.1.3. Horas sol pico

Para determinar la hora sol pico (HSP) que son las horas que puede trabajar la bomba para abastecer de agua a la huerta, se debe considerar la hora sol pico del mes de menor radiación solar. Se toma este dato para el dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico.



**Figura 16. Horas solar pico del proyecto**

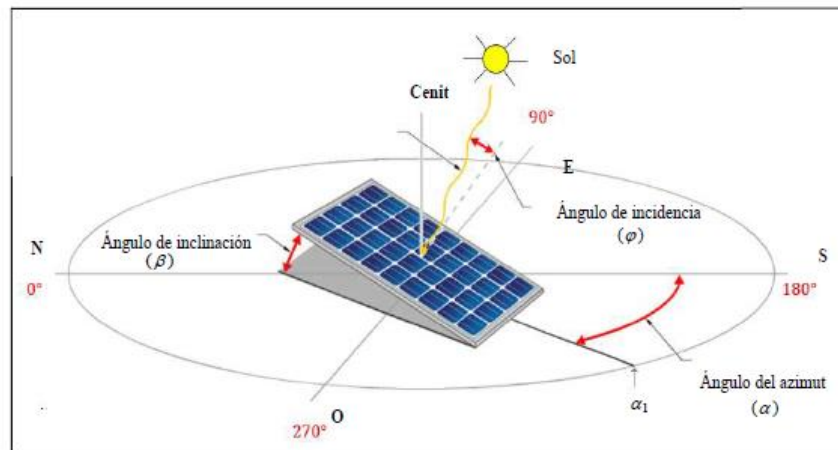
Como respuesta al calcular la HSP, se presenta en la tabla 8

**Tabla 8. HSP**

	Mes / día		
	Máximo	Promedio	Mínimo
Irradiación	257.492	212	148.6
Hora Solar Pico	8.6	7.1	5.31

#### 4.2.1.4. Inclinación

El ángulo de inclinación se determina usando la ecuación 17.



**Figura 17. Posición del panel solar, ángulo inclinación incidencia e azimut**

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69x|\phi| \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

$\beta_{opt}$  = Ángulo de inclinación óptimo (grados)

$|\phi|$  = Latitud del lugar, sin signo (grados).

Por lo tanto, la ecuación se reemplazará con la latitud del área de estudio (17). Encontrando el ángulo ideal de 13.43264044°.

Según los fabricantes de soportes, las construcciones de los paneles solares están adecuados para tener un ángulo de 15° (Anexo 06).

Por lo tanto, se ha seleccionado la radiación mínima mensual el mes de febrero como promedio mensual/anual 148.6 kWh/m<sup>2</sup>/día respectivamente.

#### 4.2.1.5. Determinar la demanda de agua - huerta de Los Aquijes

Se consideran los parámetros del volumen del agua indicado por el personal de la huerta y además de la radiación determinada, con la finalidad de obtener el caudal bajo la siguiente ecuación 18.

$$Q = \frac{\text{Volumen al día}}{\text{HSP}} = \frac{55 \text{ m}^3/\text{día}}{5.31 \text{ hrs} \times 3600} = 0.002878 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Ecuación 18}$$

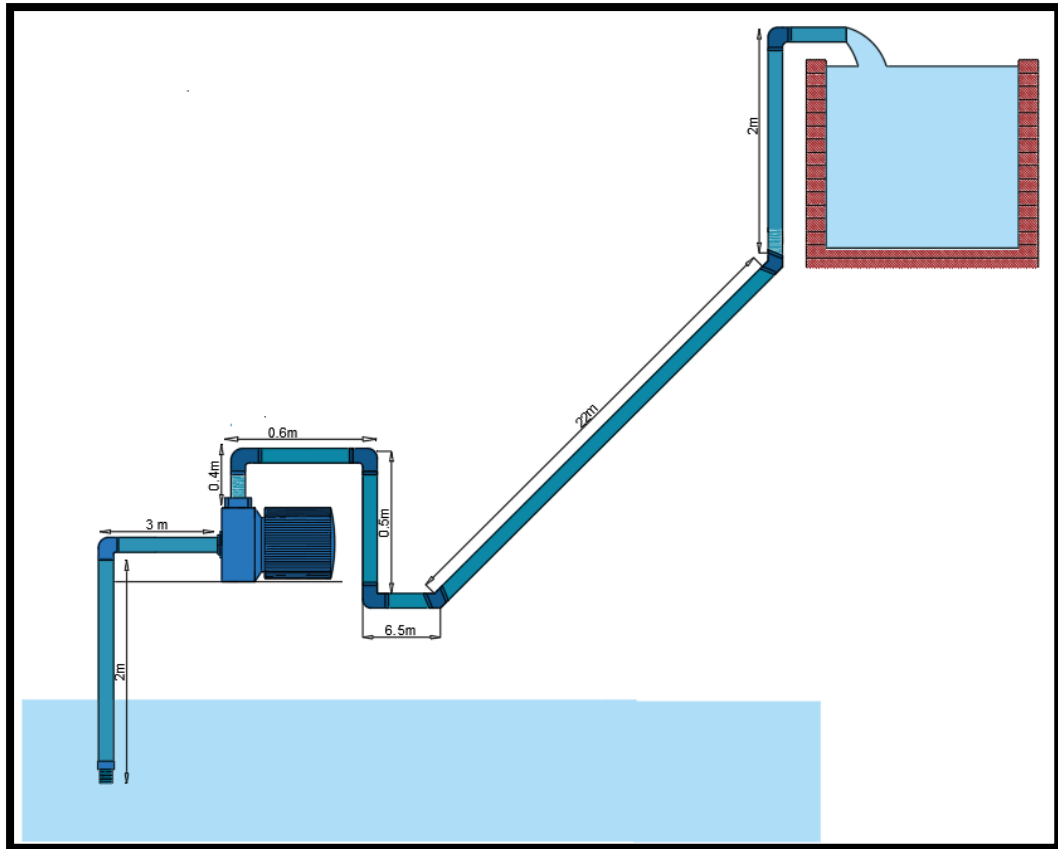
**Tabla 9. Muestra resultados de las horas solar pico (fuente elaboración propia)**

Parámetro	Cantidad
Volumen de agua requerido al día (V)	55 m <sup>3</sup> /día
Horas sol pico (HSP)	5.31 horas
Caudal (Q)	0.002878 m <sup>3</sup> /s

Se determinó que el agua necesaria para la huerta de hortalizas considerando las HSP para el riego (5.31 horas/día) será 0.002878 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.2.1.6. Recorrido de la tubería entre el punto de captación y la huerta

La tubería de extracción de agua se encuentra cerca a la acequia, por lo tanto, la instalación correspondería a una bomba superficial.



*Figura 18. Recorrido de la tubería*

#### 4.2.1.7. Pérdidas en el subsistema

En función a la figura 18, se determina la velocidad de agua que debe fluir bajo este recorrido en la siguiente ecuación.

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4(0.002878 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi (0.0508 \text{ m})^2} = 1.42 \text{ m/s}$$

- Pérdidas por fricción ( $H_f$ )

Los valores necesarios para calcular las pérdidas primarias son factor de rozamiento y número de Reynolds.

$$Re = \frac{VD_P}{\nu} = \frac{(1.42 \text{ m/s})(0.0508 \text{ m})(1000 \text{ kg/m}^3)}{8.91 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}} = 80978.2$$

Se propuso un poliducto para la tubería de bombeo del fluido, que es considerado como tubería lisa y su factor de fricción lo podemos obtener en el diagrama de Moody.

La figura 19 presenta el proceso de selección del factor de fricción, que muestra la curva para tubo liso.

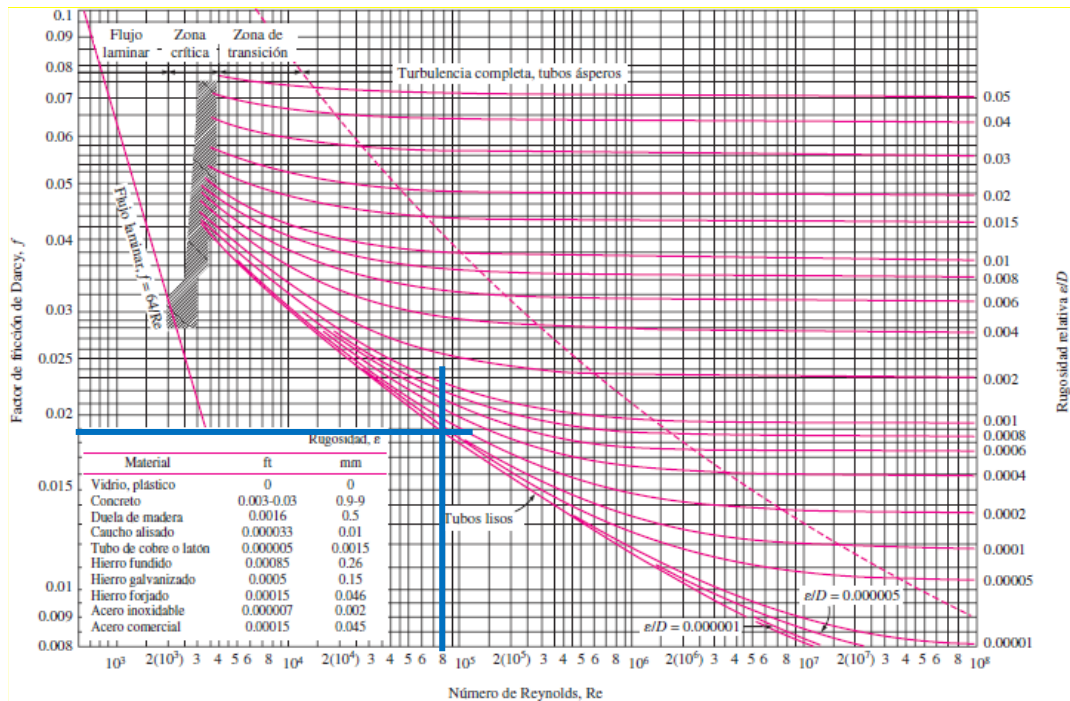


Figura 19. Selección de factor fricción en el diagrama de Moody

- Pérdidas primarias

Se calculan utilizando la ecuación 19 de Darcy Weisbach.

$$h_f = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

$h_f$  = La pérdida partes rectas de la tubería (m)

$f$  = El coeficiente de rozamiento

$L$  = La distancia total del tubo de igual espesor (m)

$V$  = La velocidad media de fluido (m/s)

$D$  = Espesor interno real del tubo (m)

$g$  = gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$$h_f = 0.019 \frac{37 \text{ m}}{0.0508} \times \frac{(1.42 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} = 1.4228 \text{ m}$$

- Pérdidas secundarias

Las pérdidas secundarias se obtienen de los codos, válvulas, reducción, etc. Pérdidas que son obtenidas de la siguiente manera: según factores de fricción desarrolladas por diferentes fabricantes.

- ✓ Pérdidas debido a 2 codos 90°

$$k = 30 \times 0.019 = 0.57$$

$$Le = \frac{0.57 \times 0.0508}{0.019} = 1.524m$$

Por 5 codos

$$Le = 1.524 \times 5 = 7.62m$$

- ✓ Pérdidas debido a 2 codos 45°

$$k = 26 \times 0.019 = 0.494$$

$$Le = \frac{0.494 \times 0.0508}{0.019} = 1.320m$$

Por 2 codos

$$Le = 1.320 \times 2 = 2.641m$$

- ✓ Pérdidas debido a válvula de pie

$$k = 45 \times 0.019 = 0.855$$

$$Le = \frac{0.855 \times 0.0508}{0.019} = 2.286m$$

$$Le = 2.286m$$

- La carga de velocidad (Hv)

Presenta pérdidas durante su circulación desde el tubo hasta el almacenador de agua.

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

$$Hv = \frac{(1.42 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} = 0.102m$$

La carga velocidad es un valor muy pequeño que no cambia mucho el resultado cuando se calcula la carga dinámica total.

- Carga dinámica total

La carga dinámica total del recorrido que va a tener la tubería se determinó de la siguiente manera.

$$CDT = He + Hf + Hv$$

$$CDT = 6m + (7.62m + 2.641m + 2.286m) + 1.4228m = 19.97 m$$

- Potencia del equipo de bombeo

En función al dato de la carga dinámica total se determina la potencia que debe tener el fluido para ser bombeado de parte de la acequia hacia el tanque agua.

Se realizo el cálculo de la cantidad de potencia necesaria para bombear el fluido desde la acequia hasta el tanque donde será almacenado.

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times h}{\eta}$$

Donde:

P = La potencia (W)

$\rho$  = La densidad de agua (1,000kg/m<sup>3</sup>)

g = La velocidad de gravedad (9.81m/s<sup>2</sup>)

Q = El caudal (m<sup>3</sup>/s)

h = La altura hidráulica (m)

$\eta$  = La eficiencia

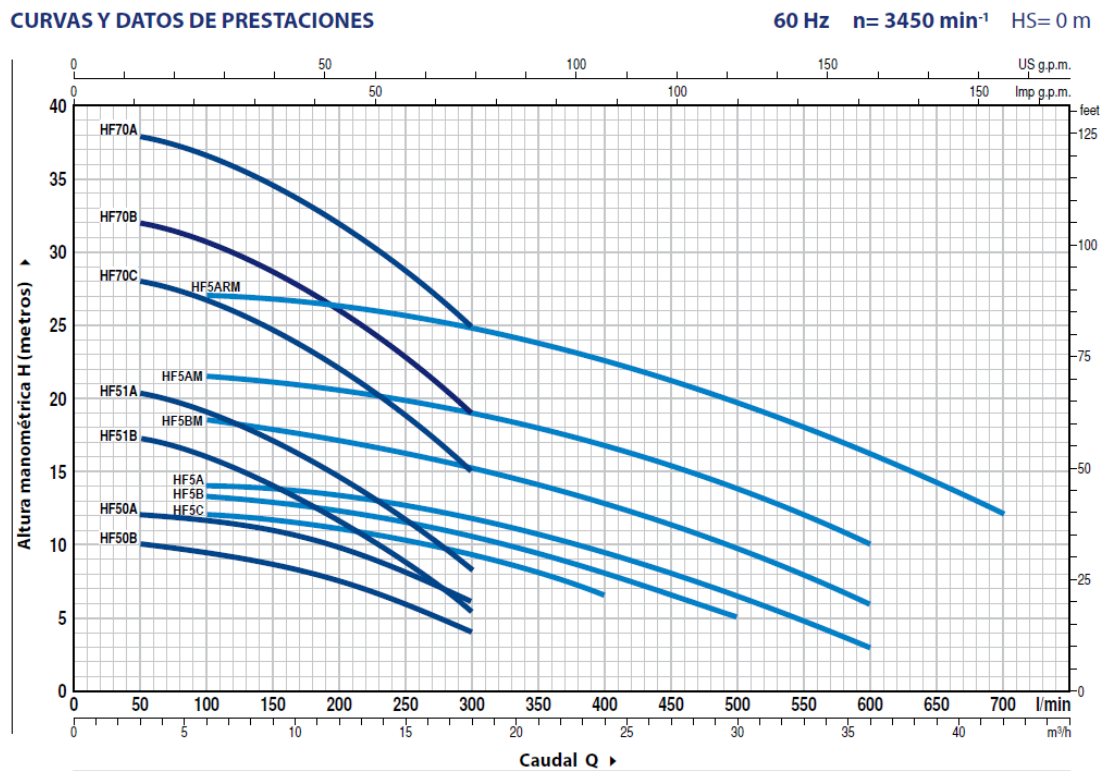
$$P = \frac{1000 * 9.81 * 0.002878 \text{ m}^3/\text{s} * 24.34 \text{ m}}{0.50} = 1127.94 \text{ w}$$

$$P_{Kw} = \frac{1127.94w}{1000} = 1.128Kw$$

$$P_{Hp} = \frac{1.128Kw}{746} = 1.51hp$$

- Justificación y selección de la electrobomba

Después de realizar la indagación de electrobombas y potencias estándar de fabricantes, se encontró una bomba adecuada para el caudal requerido de 55 m<sup>3</sup>/día. Como un mejor criterio técnico se consideró seleccionar 1 electrobomba centrífuga de la empresa con sistema de gestión de certificado DNW, ISO 9001: calidad de la marca Pedrollo modelo HFm 5AM, pudiendo dar un caudal máximo de 36m<sup>3</sup>/s(600 l/m) y una potencia de 1.5 kW monofásico 220v ac.



*Figura 20. Curva de funcionamiento electrobomba centrífugas normalizadas  
Tomada del Catálogo de fabricante de la marca Pedrollo HFm 5AM*

#### 4.2.1.8. Dimensionamiento de sistema eléctrico

- Energía consumida por día

Se determina la energía consumida teniendo como dato la potencia nominal de la bomba designada y considerando el tiempo de llenado en función a las horas sol pico.

Potencia de la electrobomba: 1500 w x 5.31h = 7.965 Wh

- Cálculo de la potencia fotovoltaica.

Una vez determinada la potencia de la electrobomba se desarrolla la siguiente ecuación la cual toma en cuenta un 15 % de factor de seguridad.

$$P_G = 1500wh \times 1.15 = 1725wh$$

- Cálculo del inversor

Para el caso del controlador, se consideró un factor de seguridad ( $f_s$ ) 1.20 (sobredimensionamiento 20 %) se muestran en la siguiente ecuación (8).

$$P_{inversor} = P_{carga} \times f_s$$

$$P_{INV} = 1.500KW \times 1.20$$

$$P_{INV} = 1.800KW$$

Considerando la tensión y la intensidad de salida de los paneles solares y de acuerdo a los precios del mercado peruano y similares precios a uno de menos potencia, se eligió un inversor dedicado al bombeo solar de la marca INVT de 3CV modelo BPD2K2 TN(AC) DE 2.2 KW con entrada 450v DC y de salida monofásica 220v AC y trifásica 380v AC especial para motores de bombeo solar.

Model	BPD0K7 TN(AC)	BPD1K5 TN(AC)	BPD2K2 TN(AC)	BPD004 TNAC	BPD2K2 TRAC(S)	BPD004 TRAC(S)	BPD5K5 TRAC(S)
<b>DC Input</b>							
Maximum input DC voltage (V)	450			800			
Starting voltage (V)	80	100			220		
Minimum working voltage (V)	60	80			180		
Recommended MPP voltage (V)	80-400	100-400			220-750		
Input channel	One MC4 connector	One MC4 connector	One MC4 connector	Two MC4 connectors	One MC4 connector	Two MC4 connectors	
Maximum input DC current (A)	9	12	12	20	9	20	20
<b>Bypass AC input (model supporting mains input)</b>							
Input voltage (Vac)	220/230/240(1PH) (-15%~+10%)				380(3PH) (-15%) ~440(+10%)		
Input frequency (Hz)	47-63						
AC input terminal	1P2L (L,N,PE)				3P4L (R,S,T,PE)		
<b>AC OUTPUT</b>							
Rated power (W)	750	1500	2200	4000	2200	4000	5500
Rated current (A)	5.1 (1PH) 4.2 (3PH)	10.2 (1PH) 7.5 (3PH)	14(1PH) 10(3PH)	25(1PH) 18(3PH)	5.5	9.5	14
Output voltage (Vac)	0-Input voltage						
Output wiring mode	1P2L: 1PH motor 1PH control 2P3L: 1PH motor 2PH control 3P3L: Connected to 3PH asynchronous motor				3P3L: Connected to 3PH asynchronous motor		
Output frequency (Hz)	1-400						
<b>Control</b>							
Control mode	V/F						
Motor type	Asynchronous motor (1PH/3PH)				Asynchronous motor (3PH)		

Figura 21. Datos de inversor (anexo 03)

- Cálculo de cantidad de paneles solares

La siguiente es la fórmula para calcular la cantidad de módulos solares.

$$N_p = \frac{E}{W_p}$$

Donde:

$N_p$  = Número de paneles solares

$E$  = Demanda energética

$W_p$  = Potencia del panel escogido (450 W)

$$N_p = \frac{1725w}{450W} = 3.833 \text{ paneles}$$

$$N_p = 4 \text{ paneles de } 450 \text{ v cada uno}$$

total, potencia 1800 w

Se calcularon 3.833 paneles solares con una potencia de 450 W/m<sup>2</sup>; sin embargo, este número se redondea a 4 paneles por cada potencia de fabricación de paneles.

#### ELECTRICAL DATA AT STC\*

Power output (Pmax)	445 W	450 W	455 W
Power tolerance	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W
Module efficiency	20.36%	20.58%	20.81%
Maximum power voltage (Vmp)	40.84 V	40.96 V	41.06 V
Maximum power current (Imp)	10.90 A	10.99 A	11.08 A
Open circuit voltage (Voc)	49.14 V	49.28 V	49.41 V
Short circuit current (Isc)	11.48 A	11.57 A	11.66 A

\*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m<sup>2</sup> • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

#### ELECTRICAL DATA AT NMOT\*

Power output (Pmax)	331.80 W	335.53 W	339.26 W
Maximum power voltage (Vmp)	38.29 V	38.40 V	38.49 V
Maximum power current (Imp)	8.65 A	8.73 A	8.80 A
Open circuit voltage (Voc)	45.57 V	45.70 V	45.82 V
Short circuit current (Isc)	9.33 A	9.41 A	9.48 A

\*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m<sup>2</sup> • Ambient temperature: 20°C  
• AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

**Figura 22. Datos del panel solar (anexo 04)**

- Conexión de los paneles solares

Del dato técnico del inversor sabemos que su tensión mínimas de trabajo son de 100v y máxima de 400v.

Con las características del panel solar y controlador lo más recomendable es realizar una conexión en serie.

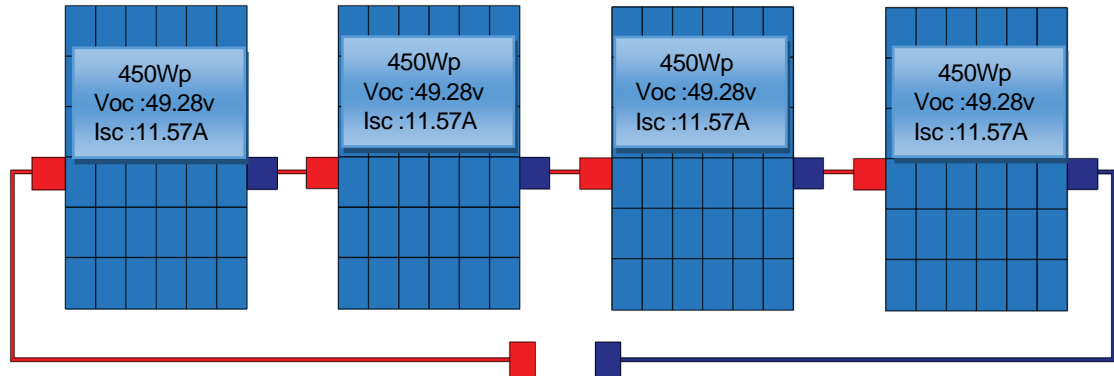


Figura 23. configuración Serie (fuente elaboración propia)

- Cálculo y selección de conductores eléctricos

Se calcula realizando la siguiente ecuación.

$$Seccion\ del\ conductor\ electrico\ en\ mm^2 = \left( \frac{2 \cdot L \cdot I}{k \cdot \Delta V} \right)$$

Donde:

S: Sección del conductor dc, en mm<sup>2</sup>

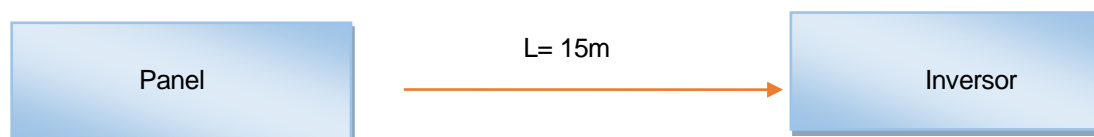
L: Distancia de conductor, en m

I: Intensidad del conductor

ΔU: % Caída máxima de voltaje aceptado en el tramo, en voltios (V)

K : Conductividad en el cable conductor (56 Cu; 35 Al)

Tramo 01:



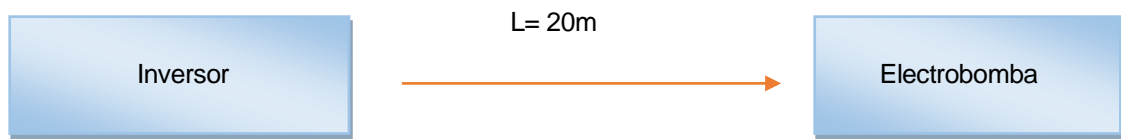
$$\Delta U = 1/100 \times 197.12 \text{ v} = 1.971 \text{ v} \text{ (1\% de la caída de tensión)}$$

$$\text{Sección del conductor eléctrico en mm}^2 = \left( \frac{2 \times 15 \times 11.57}{56 \times 1.97} \right)$$

$$\text{Sección del conductor eléctrico en mm}^2 = 3.146 \text{ mm}^2$$

El tramo 1 tiene una sección de cable de: 3.146 mm<sup>2</sup>

Tramo 2 :



$$\Delta U = 3/100 \times 220 \text{ v} = 6.6 \text{ v} \text{ (3\% de la caída de tensión)}$$

$$\text{Sección del conductor eléctrico en mm}^2 = \left( \frac{2 \times 20 \times 12}{56 \times 6.6} \right)$$

$$\text{Sección del conductor eléctrico en mm}^2 = 1.298 \text{ mm}^2$$

El tramo 2 tiene una sección de cable de: 1.298 mm<sup>2</sup>

Según sus características y por ser adecuado para instalaciones fotovoltaicas se elige un cable Fotovolt N2X 1 kV 4 mm<sup>2</sup> de la marca INDECO para los tramos 1 y 2.

**Tabla 10. Características del cable INDECO (Anexo 05)**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>Características de construcción</b>	
Material del conductor	Cobre Temple Blando
Material de aislamiento	XLPE Antillama
Color	Negro
<b>Características dimensionales</b>	
Sección del conductor	4 mm <sup>2</sup>
Diámetro del conductor	2.4 mm
Mínimo espesor de aislamiento	1.9 mm
Diámetro exterior nominal	6.4 mm
Número total de alambres	7
Peso aproximado	75 kg/km
<b>Características eléctricas</b>	
Capacidad de corriente en aire a 30°C	50 A
Capacidad de corriente enterrado a 20°C	59 A
Capacitancia Nominal	142.0 pF/m
Resistencia máxima del conductor en CC a 20° C	4.61 Ohm/km
Rigidez dieléctrica	6.0 kV
Tensión de operación	1 kV
Tiempo Rigidez Dielectrica Vca al aislamiento	1 min.
<b>Características mecánicas</b>	
Flexibilidad del cable	Clase 2 IEC 60228
<b>Características de uso</b>	
Resistencia a Radiación Ultravioleta	UL 2556 - Resistencia a los rayos solares

- Selección y cálculo en las protecciones eléctricas

- ✓ Sistema puesta a tierra

Un sistema solar con voltaje nominal superior a 48V deben tener como mínimo un conexionado a tierra (33).

El sistema puesta tierra cumple el Código Nacional de Electricidad de Perú (CNE): caja de registro, conector de cobre, y conductor de cobre 16 mm<sup>2</sup>, varilla de cobre 16 mm x 2.40 metros. Utilizar tierra negra y dosis de bentonita.

- ✓ Protección térmica del panel solar

Seccionador DC para circuito de los paneles solares de 197 v (DC) el consumo en el circuito está dado por los paneles solares un total= 11.57A.

En tal sentido se considera un seccionador de 2x16A 25/10kA 220DC/440AC/DC

- ✓ Protección térmica motor

Consumo nominal de la electrobomba lo tomamos de la figura 24.

### CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSIÓN			MODELO	TENSIÓN			
	220 V	110 V	127 V		220 V	380 V	220 V	440 V
<b>Monofásica</b>				<b>Trifásica</b>				
HFm 50B	2.5 A	5.0 A	4.3 A	HF 50B	1.9 A	1.1 A	2.0 A	1.2 A
HFm 50A	3.9 A	7.8 A	6.8 A	HF 50A	3.3 A	1.9 A	3.5 A	2.0 A
HFm 51B	4.6 A	9.2 A	8.0 A	HF 51B	4.2 A	2.4 A	3.1 A	1.8 A
HFm 51A	5.7 A	11.4 A	9.9 A	HF 51A	4.4 A	2.6 A	4.2 A	2.3 A
HFm 70C	8.0 A	16.0 A	13.9 A	HF 70C	5.7 A	3.3 A	4.5 A	2.6 A
HFm 70B	9.0 A	18.0 A	15.6 A	HF 70B	7.4 A	4.3 A	6.0 A	3.5 A
HFm 70A	14.5 A	29.0 A	25.1 A	HF 70A	10.2 A	5.9 A	9.0 A	5.0 A
HFm 5C	4.2 A	8.4 A	7.3 A	HF 5C	3.6 A	2.1 A	3.8 A	2.2 A
HFm 5B	5.2 A	10.4 A	9.0 A	HF 5B	4.0 A	2.3 A	3.1 A	1.8 A
HFm 5A	6.5 A	13.0 A	11.3 A	HF 5A	5.7 A	3.3 A	4.5 A	2.6 A
HFm 5BM	7.4 A	14.8 A	12.8 A	HF 5BM	5.9 A	3.4 A	4.8 A	2.8 A
HFm 5AM	10.2 A	20.5 A	17.7 A	HF 5AM	9.6 A	5.6 A	6.0 A	3.4 A
HFm 5ARM	13.0 A	26.0 A	22.5 A	HF 5ARM	10.0 A	5.8 A	7.5 A	4.3 A

HF | 60 Hz

*Figura 24. Consumo de corriente de la electrobomba modelo HFm 5AM*

Se determinó utilizando la intensidad nominal, la intensidad de arranque del motor seleccionado, que se describieron en su ficha técnica. No requiriendo calcularlos previamente.

La corriente del interruptor termomagnético será mayor a la corriente del circuito en un 15 %. Este porcentaje se agrega para proteger el circuito de la sobrecarga.

$$I_{I.T.} = I_C + 15\% I_C = 1.15 I_C$$

$$I_{I.T.} = 1.15(10.2A) = 11.73A$$

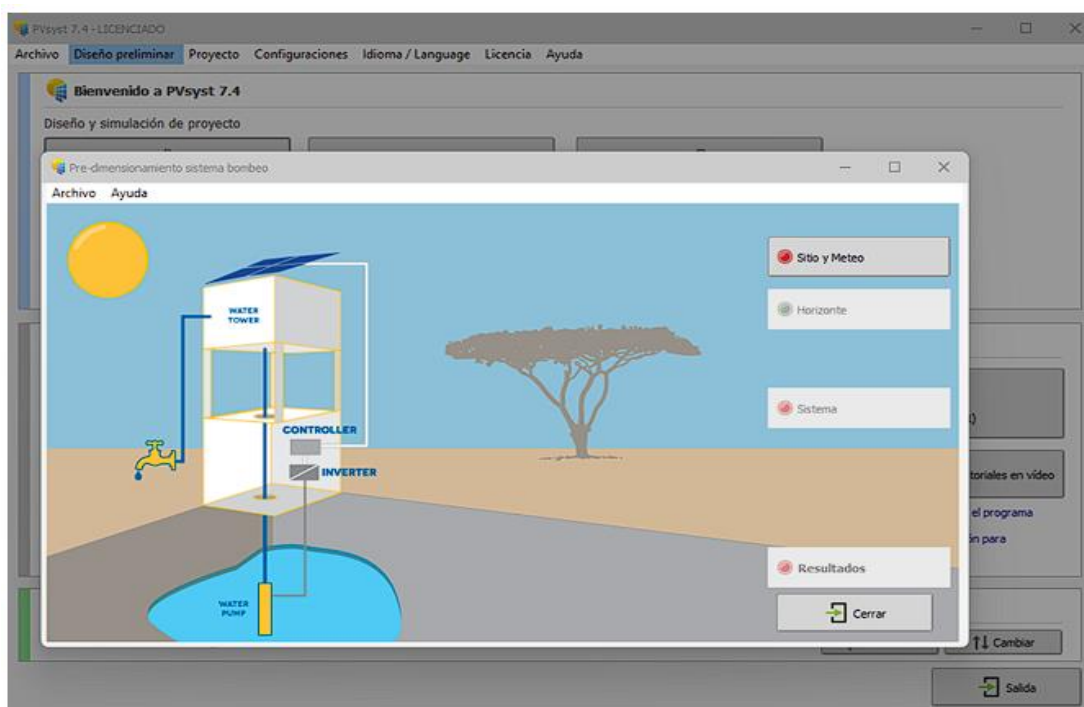
De acuerdo con esto, la intensidad nominal del motor es 10.2A y la corriente transitoria de excitación 5 veces su nominal, lo que da 51A.

Se seleccionó un interruptor termomagnético de 16A con curva de disparo tipo C, con corrientes de disparo de 5 a 10 veces la intensidad nominal, de 50/60 Hertz y 220v(AC).

## CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN

### 5.1. Simulación

A continuación, procedemos a abrir el software PVsyst 7.4.



*Figura 25. Interfaz de entrada de software PVsyst 7.4*

El dimensionamiento anterior realizado teóricamente se corrobora a través del software PVsyst 7.4.



Figura 26. Interfaz colocación de datos software PVsyst 7.4

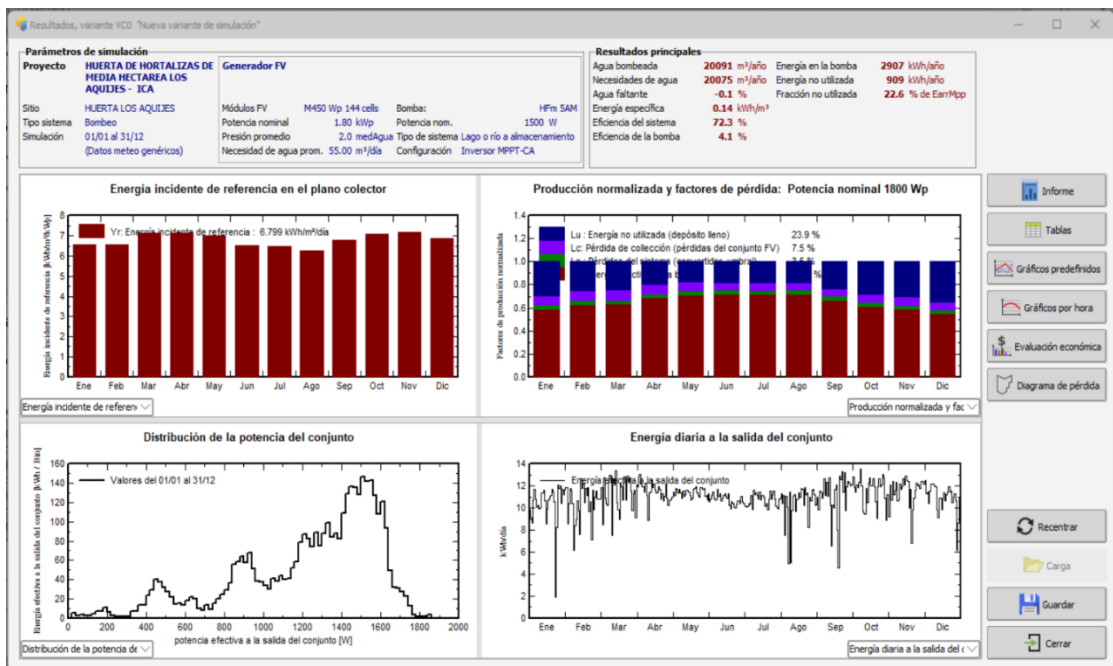


Figura 27. Interfaz de resultados software PVsyst 7.4

Luego de colocar los datos previos, se ejecuta la simulación y se obtienen la misma cantidad de paneles, misma potencia y mismo tipo de inversor, por lo tanto, la selección anterior esta corroborada con esta selección de equipos en el software PVsyst 7.4.



PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:  
07/05/24 09:53  
con v7.4.0

Proyecto: HUERTA DE HORTALIZAS DE MEDIA HECTAREA  
LOS AQUIJES - ICA

Variante: Nueva variante de simulación

Resumen del proyecto		
<b>Sitio geográfico</b> HUERTA LOS AQUIJES Peru	<b>Situación</b> Latitud -14.11 °S Longitud -75.72 °W Altitud 399 m Zona horaria UTC-5	<b>Configuración del proyecto</b> Albedo 0.20
<b>Datos meteo</b> HUERTA LOS AQUIJES Meteonorm 8.1 (2010-2017), Sat=100% - Sintético		

Resumen del sistema		
<b>Sistema de bombeo FV</b> <b>Orientación campo FV</b> Plano fijo Inclinación/Azimut 15 / 0 °	<b>Lago o río a almacenamiento</b> <b>Necesidades de agua</b> Constante anual 55.00 m³/día	
<b>Información del sistema</b> <b>Generador FV</b> Núm. de módulos 4 unidades Pnom total 1800 Wp		

Resumen de resultados		
<b>Agua</b> Agua bombeada 20091 m³ Específico 52392 m³/kWp/bar Necesidades de agua 20075 m³ Agua faltante -0.1 %	<b>Energía</b> Energía en la bomba 2870 kWh Específico 0.14 kWh/m³ <b>Sin usar (tanque lleno)</b> Energía FV no utilizada 945 kWh Fracción no utilizada 23.5 %	<b>Eficiencias</b> Eficiencia del sistema 71.4 % Eficiencia de la bomba 4.1 %

Figura 28. Interfaz de informe software PVsyst 7.4

La simulación también arroja resultados de desempeño operacional de la bomba respecto a los paneles solares con lo cual te brinda que no existe agua perdida por lo tanto la operación en el tiempo del panel con respecto al gua necesitada es cubierta satisfactoriamente.

Ver detalle del informe en Anexo: 07.

## 5.2. Presupuesto del proyecto

Precio de inversión de un sistema de generación fotovoltaico con subsistema de bombeo.

**Tabla 11. Presupuesto**

COSTO DE LOS COMPONENTES				GARANTIA			
Equipos	IGV (S/.)	Cantidad	TOTAL, S/.	N°	DESCRIPCION	Periodo	Tiempo
Panel solar	S/ 809.27	4	S/ 3237.08	01	Electrobomba Pedrollc	>15 años	2 años
Controlador	S/ 1,329.25	1	S/ 1329.25	02	Inversor	>10 años	2 años
Electrobomba	S/ 2,833.04	1	S/ 2833.04	03	Tablero eléctrico	>10 años	2 años
TOTAL			S/ 7,399.37	04	Panel fotovoltaico	>25 años	25 años

**Tabla 12. Presupuesto**

COSTO DE MATERIALES COMPLEMENTARIOS				
EQUIPOS	IGV (S/.)	Cantidad	TOTAL, S/.	
Tablero p/adosar metálico 600x400x250mm	S/ 548.66	1	S/	548.66
Seccionador 2x16A 600VDC 2P ZJ Beny	S/ 50.03	1	S/	50.03
Termomagnético 2x16A 20/6kA 230/400VAC	S/ 63.91	1	S/	63.91
Interruptor de leva - 1 pole - 45° - 12 a	S/ 35.00	1	S/	35.00
Contactador Monofásico 230vca 25a 1na R/Din	S/ 46.00	1	S/	46.00
Relé térmico monofásico 220 ,regulable	S/ 146.00	1	S/	146.00
Porta fusible 10x38 1000Vdc 1P ZJ Beny	S/ 32.83	2	S/	65.66
Fusible DC 16A 10X38	S/ 5.90	2	S/	11.80
Luz Piloto, Ø 22mm, verde/rojo Led, 230/240VCA	S/ 18.27	2	S/	36.54
Sensor nivel Flotador – Tipo LF-FS	S/ 85.00	1	S/	85.00
Conductor Fotovolt N2X 1 kV 4 mm2 (100 m)	S/ 544.00	1	S/	544.00
Conectores y accesorios eléctricos	S/ 300.00	1	S/	300.00
Tubos PVC	S/ 63.90	12	S/	766.80
Válvula check	S/ 199.90	1	S/	199.90
Accesorios PVC	S/ 150.00	1	S/	150.00
Estructura hierro galvanizado	S/ 973.10	1	S/	973.10
Puesta a tierra	S/ 2,500.00	1	S/	2,500.00
TOTAL			S/ 5,973.74	

**Tabla 13. Presupuesto**

DESCRIPCIÓN	TOTAL, S/.	
Total, componentes	S/	7,399.37
Total, materiales	S/	5,973.74
Trasporte	S/	500.00
Montaje Electromecánico	S/	1,000.00
Costo Total	S/	14,873.11

## CAPÍTULO VI RESULTADOS

El sistema fotovoltaico está conformado :

- ✓ 04 paneles fotovoltaicos ,450W cada uno, haciendo un total de 1800w con una inclinación de operación de 15 °.
- ✓ 01 electrobomba centrífuga 1.5 kW
- ✓ 1 inversor 2200W.

Nueva variante de simulación Balances y resultados principales								
	GlobEff	EArrMPP	E_PmpOp	ETkFull	H_Pump	WPumped	W_Used	W_Miss
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	medAgua	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /mes
Enero	197.8	322.2	215.3	89.7	2.172	1721	1705	0.000
Febrero	180.1	292.3	206.2	70.8	2.172	1540	1540	0.000
Marzo	217.4	352.0	249.8	84.2	2.172	1705	1705	0.000
Abril	210.8	344.7	260.0	67.2	2.172	1648	1650	0.000
Mayo	214.0	353.7	273.7	62.9	2.172	1705	1705	0.000
Junio	192.5	323.4	249.6	58.6	2.172	1650	1650	0.000
Julio	197.6	333.2	255.1	62.1	2.172	1705	1705	0.000
Agosto	191.0	321.8	247.5	57.9	2.172	1705	1705	0.000
Septiembre	199.8	333.5	239.2	76.6	2.172	1650	1650	0.000
Octubre	215.9	358.0	238.7	100.7	2.172	1705	1705	0.000
Noviembre	209.5	345.5	227.5	99.5	2.172	1652	1650	0.000
Diciembre	206.8	339.4	207.3	114.8	2.172	1705	1705	0.000
<b>Año</b>	<b>2433.1</b>	<b>4019.5</b>	<b>2869.8</b>	<b>945.1</b>	<b>2.172</b>	<b>20091</b>	<b>20075</b>	<b>0.000</b>

*Figura 29. Interfaz de informe de datos software PVsyst 7.4*

La simulación fue exitosa con una producción eléctrica favorable por un periodo diario de 5,31 horas solar pico. El perfil de producción se repite mes a mes cumpliendo con la energía eléctrica requerida por la electrobomba y también cumpliendo con el bombeo de la cantidad de agua al tanque requerida por la huerta según se observa en la tabla de resultados.

Para la elección de la electrobomba se tuvo que realizar cálculos de sus pérdidas por fricción como también sus pérdidas por accesorios, luego se seleccionó la electrobomba teniendo como resultado una electrobomba que cumple con el desplazamiento de 55 m<sup>3</sup>/día a una altura manométrica de 24 metros y una longitud de tubería de 37 metros, así mismo cumple con el regado de la media hectárea de hortalizas .

Se examina cómo se comporta la energía enviada desde el panel solar hacia el inversor y cómo se relaciona con la tendencia de la energía requerida por el perfil de consumo de carga. El comportamiento de la potencia enviada por el inversor a la electrobomba, de acuerdo con el perfil requerido para su operación, muestra cómo el sistema solar fotovoltaico diseñado satisface adecuadamente los requerimientos eléctricos de la electrobomba durante el periodo de 5,31 horas solar pico.

El Inversor está recibiendo un voltaje de 49.28v y una corriente de 11.57A directamente de los 4 paneles en conexión en serie durante las 5.31 horas, según los parámetros obtenidos, su funcionamiento es el adecuado ya que está otorgando la potencia necesaria para el funcionamiento de la electrobomba .

La simulación también fue favorable gracias a la estructura por asegurar la inclinación de los paneles solares el cual juega un papel muy importante, la estructura encargada de la sujeción de los paneles solares tiene la capacidad de soportar vientos fuertes y también las lluvias y humedad ya que son de gran resistencia a la corrosión.

## CAPÍTULO VII CONCLUSIONES

### 7.1. Conclusiones

Se determinó que la hora solar pico disponible en la huerta de los Aquijes es 5.31kWh/día. Según el software PVsyst 7.4, un software gratuito de la comisión europea Joint Research Center.

Se determinó que la demanda de agua que necesita la Huerta de Los Aquijes Ica para el proceso productivo de hortalizas es de 55m<sup>3</sup>/día.

Se evaluó las características y dimensiones óptimas de los elementos del sistema fotovoltaico de la huerta de Los Aquijes, tendrá 4 paneles fotovoltaicos mono cristalino de la marca Helios Plus de 450 Wp, se seleccionó 01 electrobombas centrífugas normalizadas Pedrollo HFm 5AM, logrando suministrar un caudal máximo de 36 m<sup>3</sup>/h con una potencia de 1.5 kW, con un voltaje monofásico 220 VCA, se seleccionó un controlador marca INVT de 3CV modelo BPD2K2 TN(AC) DE 2.2 KfW con una potencia de entrada 450v DC y de salida monofásica 220v AC o trifásica 380v AC alimentándola directamente desde paneles solares.

Es innegable la rentabilidad económica. Esta tecnología elimina los gastos fijos de la electrobomba y reduce los costos de mantenimiento. Además, no se consideran los costos potenciales asociados con la instalación de las líneas eléctricas necesarias para alimentar a la huerta de Los Aquijes Ica con energía de la red eléctrica.

**Tabla 14. Costo de un sistema bombeo a combustible**  
COSTO DE LOS SISTEMA BONBEO A COMBUSTIBLE

N°	Equipos	IGV (S/.)	01 año	TOTAL, S/.	10 años	20 años
1	Motobomba	S/ 800.00	1	S/ 800	S/ 1,600	S/ 3,200
2	Mantenimiento	S/ 200.00	3	S/ 600	S/ 6,000	S/ 12,000
3	Combustible	S/ 10.00	365	S/ 3,650	S/ 36,500	S/ 73,000
Total				S/ 5,050	S/ 44,100	S/ 88,200

La tabla 14 y 15 muestran las diferencias entre el uso de un sistema fotovoltaico para bombear agua y un sistema fotovoltaico para bombear agua con combustible. El ahorro es significativo, y en un futuro, los sistemas fotovoltaicos podrían reemplazar todos los sistemas de riego que dependen del bombeo a combustión.

**Tabla 15. Costo de un sistema bombeo solar**  
COSTO DE SISTEMA BONBEO SOLAR

N°	Equipos	IGV (S/.)	Cantidad	Total, S/.	10 años	20 años
1	Panel Solar	S/ 809.27	4	S/ 3,237.08	S/ 0	S/ 3,237.08
2	Inversor	S/ 1,329.25	1	S/ 1,329.25	S/ 1,329.25	S/ 2,658.50
3	Electrobomba	S/ 2,833.04	1	S/ 2,833.04	S/ 0	S/ 2,833.04
4	Tablero Eléctrico	S/ 548.66	1	S/ 548.66	S/ 548.66	S/ 548.66
5	Accesorios/Otros	S/ 6,925.08	1	S/ 6,925.08	S/ 0	S/ 0
6	Mantenimiento	S/ 100.00	2	S/ 200.00	S/ 2,000	S/ 4,000
Total				S/ 15,073.11	S/ 3,877.91	S/ 13,277.28

El uso de tecnologías renovables evita la emisión de gases de efecto invernadero, el impacto estético a la naturaleza producido por las cables eléctricos y también por el peligro de electrocución. Por lo tanto, este sistema fotovoltaico es el adecuado para el cuidado del medio ambiente, ya que es una energía pura y limpia que el único recurso que necesita para su funcionamiento es la radiación solar.

Se determinó que la instalación de un sistema fotovoltaico reduce la dependencia de fuentes de energía costosas y contaminantes, estimulando el crecimiento local y mejorando la calidad de vida de los residentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MIDAGRI. *Aprovechamiento de los recursos hídricos para uso agrario*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Perú, 2018. pág. 127.
2. SANGUCHO, Jeferson y VILLACIS, Bryan. Diseño e implementación de un sistema de bombeo de agua, alimentado por un sistema fotovoltaico para riego por goteo en el barrio Rumipamba de Navas- Salcedo. Tesis (Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia). Latacunga - Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2021, 108 pp.
3. MARTÍNEZ, Carlos. Diseño de sistema de bombeo a base de energía solar para suministro de agua. Tesis (Magister en Ingeniería Aplicada). Veracruz-Mexico : Universidad Veracruzana, 2020, 113 pp.
4. LANUZA, Angel y GONZÁLES, Leno. Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás – Estelí, durante el periodo de julio a noviembre del 2017. Tesis (Título de Ingeniero en Energías Renovables). Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Unan-Managua, 2018, 53 pp.
5. GONZÁLES, Luis y HOSPITAL, Kavin. Diseño de un sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica en la zona de Cundinamarca. Tesis (Título de Ingeniero Mecatrónico). Bogota D.C. : Universidad Piloto de Colombia, 2021, 80 pp.
6. JARA, Henry. Diseño de un sistema de bombeo solar directo para riego por goteo en el distrito de Guadalupito – La Libertad. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Perú: Universidad Señor de Sipán, 2021, 110 pp.
7. DÁVALOS, Javier. Diseño de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico para riego agrícola en el caserío la Guayaba, distrito de Bellavista, Jaén – Cajamarca. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Jaen-Perú : Universidad Nacional de Jaén, 2019, 46 pp.
8. LEÓN, Yolmer. Diseño de un sistema de bombeo solar para la demanda hídrica de la parcela Las Pampas del caserío Pangamito, Bagua Grande - Amazonas. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Bagua Grande – Perú: Universidad Politécnica Amazónica, 2023, 63 pp.
9. VIDALES, Juan. Diseño de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar fotovoltaica. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Ica-Perú: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, 2022, 89 pp.
10. HUARIPATA, Harris. Diseño de bombeo fotovoltaico en la optimización del sistema de agua potable en Huancan, Huancayo. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Huancayo, Perú: Universidad Peruana Los Andes, 2023, 99 pp.
11. BALTAZAR, Magiver. Sistema de bombeo solar fotovoltaico para abastecimiento de agua en la I.E.P. Apóstol San Pedro del distrito Tres de Diciembre. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Huancayo, Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020, 129 pp.

12. ZAMBRANO, Juan, y otros. *Propuesta de implementación de energía solar fotovoltaica en instalaciones pesqueras en Venezuela*. Venezuela : s.n., 2016. Conference: I Congreso Venezolano Uso Racional y Eficiencia Energética.
13. CARDENETE, Sebastián. Sol, Tierra y Luna. Movimientos relativos y sus consecuencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 2011, págs. 512-518.
14. WALD, Lucien. *Solar radiation energy (fundamentals)*. Paris- France : s.n., 2007. pág. 28.
15. ZARZALEJO, Luis Fernando, y otros. Estimación de la Radiación Solar a partir de imágenes de Satélite: nuevos mapas de evaluación de la irradiancia solar para la península Ibérica. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. 2006.
16. LORENZO, Luis. *Componentes de los sistemas fotovoltaicos*. Universidad de Jaén.
17. NOOR, Mohd, y otros. Performance Factors of the Photovoltaic. *MAMÁTEC WRevista de conferencias*. 2018. 225, 1- 8
18. ABELLA, Miguel. *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos*. Escuela de Organización Industrial. Madrid-España : s.n.
19. MESIAS, Dennis. *Diseño de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en el nuevo campus de la escuela politécnica del ejército extensión Latacunga*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Latacunga-Ecuador : s.n., 2013.
20. SANTOS, Ariel, DÍAZ, Raynel y HERNÁNDEZ, Yudisleidys. *Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una vivienda*. [En línea] Cuba, 2017. [Fecha de consulta: 2 de enero del 2024] [https://www.researchgate.net/publication/317950069\\_Disen%C3%B3\\_de\\_un\\_sistema\\_fotovoltaico\\_para\\_alimentar\\_una\\_vivienda](https://www.researchgate.net/publication/317950069_Disen%C3%B3_de_un_sistema_fotovoltaico_para_alimentar_una_vivienda)
21. WIKIPEDIA, Colaboradores de. Wikipedia, La enciclopedia libre. [En línea] 2024. Consulta en : [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Panel\\_fotovoltaico&oldid=158638913](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Panel_fotovoltaico&oldid=158638913).
22. GONZÁLEZ, David y otros *Clasificación de los Paneles Solares Híbridos(PVT)*. 2015. Congreso Nacional de Ingeniería Termodinámica.
23. CEPEDA, Juan. Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones. Universidad Santo Tomas. Bogota-Colombia : s.n., 2017.
24. SOTO, Bradis. *Propuesta Metodológica de diseño de sistemas de bombeo de agua energizado con recurso Solar*. Universidad del el Salvador. 2023. pág. 232.
25. SOLARTIK. Solartik ,tu solucion renovable. [En línea] 2019. Consulta en : <https://solartik.com/cl/blog/energia-solar-fotovoltaica/bombeo-solar/ventajas-del-bombeo-solar-utilizando-bombas-de-agua-solares/>.
26. SOTELO, Gilberto. *Hidráulica General . Vol 1*. México : s.n., 1994.
27. REZA, Clemente. *Flujo de Fluidos en Valvulas, Accesorios y Tuberias*. Mexico : s.n., 1988.
28. MOTT, Robert L. *Mecanica de Fluidos Aplicada*. Mexico : s.n., 1996.

29. VIEJO, Manuel y ÁLVARES, Javier. *Bombas, teoría, diseño y aplicaciones*. Mexico : s.n., 2000. pág. 239.
30. CERRÓN, Amanda. Dimensionamiento del potencial Fotovoltaico para el funcionamiento de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la gramita, Casma – Ancash. Tesis (Maestra en Ingeniería Ambiental). Lima Perú: Universidad Nacional Federico Villareal, 2019, 144 pp.
31. BALDERA, Nilcs. Dimensionamiento de un sistema de bombeo de agua para el caserío Chochor en Mórrope utilizando energía solar fotovoltaica. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Lambayeque-Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2018, 110 pp.
32. ARIAS, Katherine. Estudio de las actividades relevantes en el diseño de productos. Modelo VDI 2221 frente al modelo metodológico I+P+D3. Artículo de revisión. *Revista Espacios*. 2017.
33. PAREJA, Miguel. *Energía Solar Fotovoltaica: Cálculo de una Instalación Aislada*. s.l. : Marcombo, 2015. pág. 316.

## **ANEXOS**

## Anexos 1

### Encuestas

Se oculta los datos del encuestado en cumplimiento de la Ley 29733, que protege los datos personales en Perú.

Buenos días, mi nombre es [REDACTED]  
Necesitamos realizarle una preguntas acerca de su Huerta, su proceso productivo y el método de riego que está empleando. Es importante que sepa que toda información que nos proporcione es estrictamente confidencial y será utilizada únicamente con fines educativos, con el objetivo de establecer mejoras en su producción y método de riego.

¿Me permite realizar la entrevista?

Nombre y Apellidos : [REDACTED] .....

¿Qué tipo de cultivo siembra durante el año ?

Hortalizas: paltas, aji amarillo, zapallo, alverjitas, culantro  
Hierba lisa etc, y alguna variedades de frutas, mango, uva, etc.

¿La actividad agrícola es su principal ocupación ?

No. principal actividad es su restaurante

¿Cuánto mide el área de la huerta ?

500m<sup>2</sup>

¿Esta huerta cuenta con suministro eléctrico ?

NO

¿De qué manera realiza el abastecimiento de agua en el cultivo ?

lo realiza por medio de una motobomba a combustible

¿Cómo realiza el riego de sus cultivos?

El riego que usa es el metodo por inundación

¿Principalmente de dónde proviene el agua con la que riega sus cultivos ?

de una Acequia que esta muy cerca de la huerta

¿Cuánto de agua necesita para mantener regados sus cultivos ?

aproximadamente 55m<sup>3</sup>

¿Cuántas horas dedica diariamente ?

de 6 a 7 horas, ya que tiene que mantener la motobomba, tiene fallas.

¿Además de usted, quién más realiza las actividades agrícolas en la huerta ?

tiene el apoyo de 02 personas de su familia

¿Qué tan frecuente, se consume en su casa lo que se produce en su Huerta ?

Muy seguido, Siempre

¿Del total de su producción cuánto es para autoconsumo ?

el 20%, y lo demás esta para el Restaurante

¿Usted vende lo que produce ?

No, todo es para autoconsumo y para el Restaurante

¿Cuál es su principal problema ?

la Falta de la Red eléctrica, el uso de la electrobomba a combustible son caros.

¿Qué cosas mejoraría ?

El sistema de bombeo, es contaminante y muy trabajoso

[Redacted Signature]

Firma

DNI: [Redacted DNI]

## Anexo 2

### Especificaciones técnicas de electrobombas centrífugas

# HF

## Electrobombas centrífugas

Medios caudales

Agua limpia

Uso agrícola

Uso industrial



#### CAMPO DE PRESTACIONES

- Altura manométrica hasta **39 m**

#### LÍMITES DE USO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C**
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba:
  - **6 bar** para HF 5-50-51
  - **10 bar** para HF 5M-70
- Funcionamiento continuo **S1**

#### EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1      EN 60034-1  
IEC 60335-1      IEC 60034-1  
CEI 61-150      CEI 2-3



#### CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV  
ISO 9001: CALIDAD

#### USOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para utilizarse en el sector civil y agrícola. Sus elevados rendimientos y la posibilidad de un funcionamiento continuo permiten el uso de estas electrobombas para la irrigación por gravedad, por aspersión, para el bombeo del agua de lagos, ríos, pozos y para muchas otras aplicaciones industriales caracterizadas por la necesidad de tener caudales considerables con alturas medio bajas.

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

#### EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

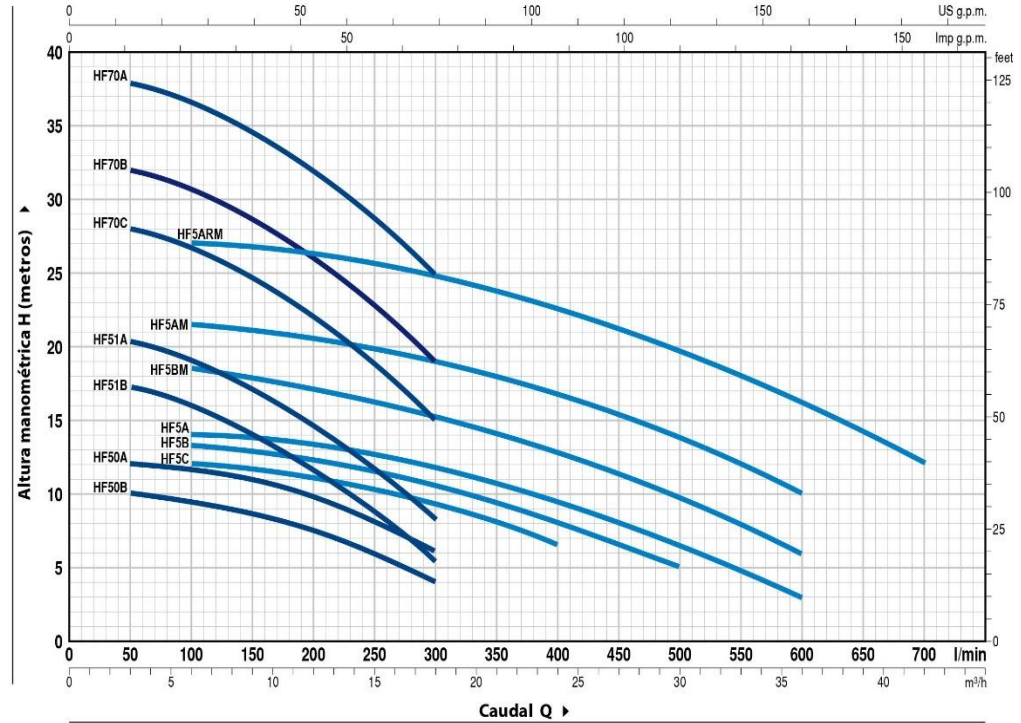
- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para HF 5M-70

#### GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

**CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES**

**60 Hz n= 3450 min<sup>-1</sup> HS= 0 m**



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros												
Monofásica	Trifásica	kW	HP ▲		m <sup>3</sup> /h	0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42
				l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	
HFm 50B	HF 50B	0.37	0.50	H metros	10	10	9.5	8.5	7.5	6	4						
HFm 50A	HF 50A	0.55	0.75		12	12	11.5	11	9.6	8	6						
HFm 51B	HF 51B	0.60	0.85		18.2	17.2	16	14	11.5	9	5.4						
HFm 51A	HF 51A	0.75	1		21.2	20.2	19	17	14.5	11.6	8.4						
HFm 70C	HF 70C	1.1	1.5		29	28	26.5	24.5	22	18.5	15						
HFm 70B	HF 70B	1.5	2		33	32	30.5	28.5	26	22.5	19						
HFm 70A	HF 70A	2.2	3		39	38	36.5	34.5	32	28.5	25						
HFm 5C	HF 5C	0.55	0.75		12.5	-	12	11.7	11	10.2	9.2	8	6.5				
HFm 5B	HF 5B	0.75	1		13.7	-	13.2	13	12.5	11.6	10.5	9.2	8	5			
HFm 5A	HF 5A	1.1	1.5		14.5	-	13.8	13.5	13.2	12.6	11.8	10.5	9.2	6.5	3		
HFm 5BM	HF 5BM	1.1	1.5		19	-	18.5	18	17	16	15.2	14	12.8	9.7	6		
HFm 5AM	HF 5AM	1.5	2		22	-	21.5	21	20.5	19.8	19	18	16.8	13.8	10		
HFm 5ARM	HF 5ARM	2.2	3		27	-	27	26.8	26.4	25.6	24.8	23.8	22.5	19.8	16.2	12	

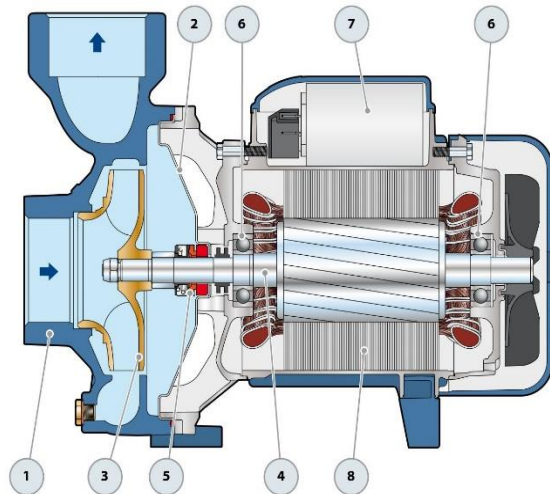
Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

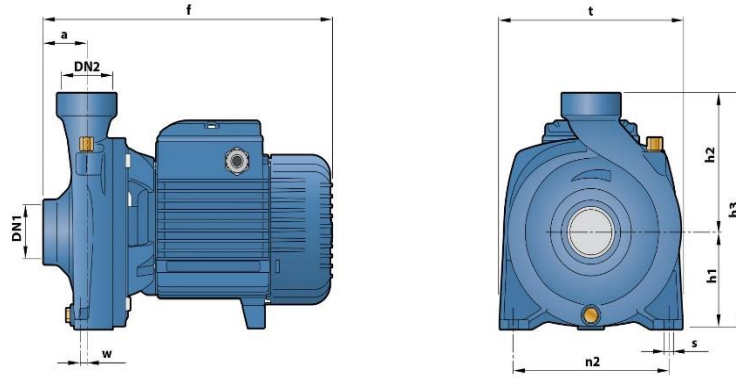
▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30-1)

## POS. COMPONENTE CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

1	<b>CUERPO BOMBA</b>	Hierro fundido con bocas roscadas ISO 228/1					
2	<b>TAPA</b>	Acero inoxidable AISI 304 (en hierro para HF 5M-70)					
3	<b>RODETE</b>	Latón					
4	<b>EJE MOTOR</b>	Acero inoxidable AISI 431					
5	<b>SELLO MECANICO</b>	<i>Electrobomba</i>	<i>Sello</i>	<i>Eje</i>	<i>Materiales</i>		
		<i>Modelo</i>	<i>Modelo</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>
		HF 50	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR
		HF 5-51	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR
HF 5M-70	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR		
6	<b>RODAMIENTOS</b>	<i>Electrobomba</i>	<i>Modelo</i>				
		HF 50	6201 ZZ / 6201 ZZ				
		HF 5-51	6203 ZZ / 6203 ZZ				
		HF 5M-70	6204 ZZ / 6204 ZZ				
7	<b>CONDENSADOR</b>	<i>Electrobomba</i>	<i>Capacidad</i>				
		<i>Monofásica</i>	<i>(220 V)</i>		<i>(110 V ó 127 V)</i>		
		HFm 50B	10 µF - 450 VL	25 µF - 250 VL			
		HFm 50A	14 µF - 450 VL	25 µF - 250 VL			
		HFm 51B	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL			
		HFm 51A	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL			
		HFm 70C	25 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL			
		HFm 70B	45 µF - 450 VL	80 µF - 250 VL			
		HFm 5C	16 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL			
		HFm 5B	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL			
		HFm 5A	25 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL			
		HFm 5BM	25 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL			
		HFm 5AM	45 µF - 450 VL	80 µF - 250 VL			
8	<b>MOTOR ELÉCTRICO</b>	<p>HFm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado.</p> <p>HF: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.</p> <p>⇒ Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P<sub>2</sub>=0.55 kW y en clase IE3 desde P<sub>2</sub>=0.75 kW (IEC 60034-30-1)</p> <p>- Aislamiento: clase F</p> <p>- Protección: IP X4</p>					



## DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm										kg		
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h1	h2	h3	t	n2	w	s	1~	3~		
HFm 50B	HF 50B	1½"	1½"	42	270	82	118	200	166	135	-8	10	8.0	8.1		
HFm 50A	HF 50A			45	303	92	133	225	190	160	2		8.9	8.2		
HFm 51B	HF 51B			48.5	373	114	155	269	216	171	12		12	12.9	12.7	
HFm 51A	HF 51A			59								386		110	150	260
HFm 70C	HF 70C			2"	2"	48.5	373	114	155	269	216	171	12	12	18.8	20.1
HFm 70B	HF 70B														21.4	21.5
HFm 70A	HF 70A	43	316			97	141	238	192	160	-68	10	24.4	24.2		
HFm 5C	HF 5C	43	316			97	141	238	192	160	-68	10	14.3	14.2		
HFm 5B	HF 5B	59	386			110	150	260	208	12.5	11	22.3	21.5			
HFm 5A	HF 5A	59	386			110	150	260	208	12.5	11	22.3	21.5			

## CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSIÓN		
	220 V	110 V	127 V
HFm 50B	2.5 A	5.0 A	4.3 A
HFm 50A	3.9 A	7.8 A	6.8 A
HFm 51B	4.6 A	9.2 A	8.0 A
HFm 51A	5.7 A	11.4 A	9.9 A
HFm 70C	8.0 A	16.0 A	13.9 A
HFm 70B	9.0 A	18.0 A	15.6 A
HFm 70A	14.5 A	29.0 A	25.1 A
HFm 5C	4.2 A	8.4 A	7.3 A
HFm 5B	5.2 A	10.4 A	9.0 A
HFm 5A	6.5 A	13.0 A	11.3 A
HFm 5BM	7.4 A	14.8 A	12.8 A
HFm 5AM	10.2 A	20.5 A	17.7 A
HFm 5ARM	13.0 A	26.0 A	22.5 A

MODELO	TENSIÓN			
	220 V	380 V	220 V	440 V
HF 50B	1.9 A	1.1 A	2.0 A	1.2 A
HF 50A	3.3 A	1.9 A	3.5 A	2.0 A
HF 51B	4.2 A	2.4 A	3.1 A	1.8 A
HF 51A	4.4 A	2.6 A	4.2 A	2.3 A
HF 70C	5.7 A	3.3 A	4.5 A	2.6 A
HF 70B	7.4 A	4.3 A	6.0 A	3.5 A
HF 70A	10.2 A	5.9 A	9.0 A	5.0 A
HF 5C	3.6 A	2.1 A	3.8 A	2.2 A
HF 5B	4.0 A	2.3 A	3.1 A	1.8 A
HF 5A	5.7 A	3.3 A	4.5 A	2.6 A
HF 5BM	5.9 A	3.4 A	4.8 A	2.8 A
HF 5AM	9.6 A	5.6 A	6.0 A	3.4 A
HF 5ARM	10.0 A	5.8 A	7.5 A	4.3 A

## Anexo 3

### Especificaciones técnicas de panel solas Pumping Controller



Efficient

Support driving single phase 220V motor and three phase 220V/380V motor.  
Support multiple types of pumps.  
Optional water level detection.  
Wide operation voltage range, multi PV strings configuration, save PV module cost.



Smart

Digital intelligent control can flexibly adjust and set the pump speed range.



Reliable

IP65 and fanless design, with convenient installation, maintenance free.  
Soft start function, over-voltage, over-current, over-load, lower-load protection, deceleration stop avoid water hammer effect etc.



ACT witness Lab certified by TÜV SÜD



INVT Official Website

#### Type Selection

**BPD – 2K2 – TN – AC**

①      ②      ③      ④

No.	Sign	Description	Remarks
①	BPD	Product series name	Name of the PV pumping controller series
②	2K2	AC output power	2K2: 2200W
③	TN	Technical type	TR: 3PH    TN: 1PH/3PH
④	AC	Extension code	The default is a standard model; AC indicates that AC input is supported; ACS indicates that AC input is provided and a DC switch is configured.

## Specification

Model	BPD0K7 TN(AC)	BPD1K5 TN(AC)	BPD2K2 TN(AC)	BPD004 TNAC	BPD2K2 TRAC(S)	BPD004 TRAC(S)	BPD5K5 TRAC(S)
DC Input							
Maximum input DC voltage (V)	450			800			
Starting voltage (V)	80	100			220		
Minimum working voltage (V)	60	80			180		
Recommended MPP voltage (V)	80-400	100-400			220-750		
Input channel	One MC4 connector	One MC4 connector	One MC4 connector	Two MC4 connectors	One MC4 connector	Two MC4 connectors	
Maximum input DC current (A)	9	12	12	20	9	20	20
Bypass AC input (model supporting mains input)							
Input voltage (Vac)	220/230/240(1PH) (-15%~+10%)				380(3PH) (-15%) ~ 440(+10%)		
Input frequency (Hz)	47-63						
AC input terminal	1P2L (L,N,PE)				3P4L (R,S,T,PE)		
AC OUTPUT							
Rated power (W)	750	1500	2200	4000	2200	4000	5500
Rated current (A)	5.1 (1PH) 4.2 (3PH)	10.2 (1PH) 7.5 (3PH)	14(1PH) 10(3PH)	25(1PH) 16(3PH)	5.5	9.5	14
Output voltage (Vac)	0-Input voltage						
Output wiring mode	1P2L: 1PH motor 1PH control 2P3L: 1PH motor 2PH control 3P3L: Connected to 3PH asynchronous motor				3P3L: Connected to 3PH asynchronous motor		
Output frequency (Hz)	1-400						
Control							
Control mode	V/F						
Motor type	Asynchronous motor (1PH/3PH)				Asynchronous motor (3PH)		
Others							
Dimensions (WxDxH) (mm)	255×300×137	280×300×137	410×360×160	337×360×160	460×360×160		
Net weight (kg)	6.4	7	13.5	10.8	14.4	14.5	
Package weight (kg)	8.5	9	16	13.5	17.25	18.85	
Protective degree	IP65						
Cooling	Natural cooling						
HMI	External LED keypad						
Communication terminal							
External communication	RS485/3 digital input						
Communication interface	Multi-core waterproof connector						
Certification							
Standards	CE; EMC meets the requirements of IEC61800-3 C3.						
Operating environment							
Environment temperature	-25~60°C (derating above 45°C)						
Altitude	3000 m (derating above 2000m)						
Recommended solar array configuration							
250~280Wp(Voc 37±1V)	5*1	8*1	10*1	10*2	10*1	10*2	14*2
300~330Wp(Voc 45±1V)	4*1	7*1	8*1	8*2	8*1	8*2	12*2



Service line: 86-755-23535967 E-mail: overseas@invt.com.cn Website: www.invt.com

SHENZHEN INVT ELECTRIC CO.,LTD.

INVT Guangming Technology Building, Songbai Road, Matian, Guangming District, Shenzhen, China

66003-00203 20210609(V4.0)

## Anexo 4

### Especificaciones técnicas de panel solas Helios Plus

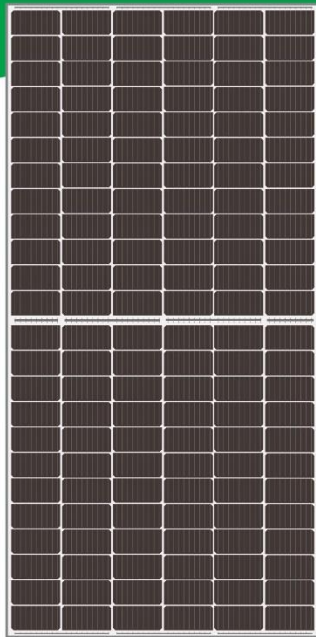


# HELIOS PLUS

by Eco Green Energy






## 445-455W

M6 / 166 mm Cell - 144 cells



Founded in 2008, Eco Green Energy is a french brand solar PV manufacturer and distributing now its PV module in more than 60 countries over the world. Helios Plus solar modules are made only with grade A cells for highest power generation, lowest LCOE, and ensured more than 25 years lifespan.

#### KEY FEATURES

-  PERC Cells Technology
-  Lower LCOE and BOS
-  Anti PID/ Low LID protection
-  Less Hot Spot Shading effects
-  Lower temperature coefficient

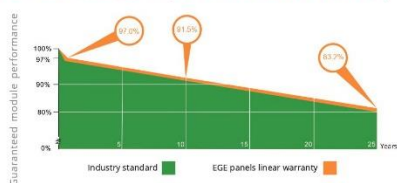
- 144-Cell**  
MONOCRYSTALLINE MODULE
- 20.81%**  
MAXIMUM EFFICIENCY
- 0~+5W**  
POSITIVE POWER TOLERANCE
- GRADE A**  
CELLS GUARANTEED

 French Quality Module



#### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12-Year Product Warranty · 25-Year Linear Power Warranty



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.  
Add: 299 Xing Cheng Road, Chong Chuan District, Nantong, Jiangsu, China  
Tel: +86 513 66690088 / E-mail: info@eco-greenenergy.com

#### COMPREHENSIVE CERTIFICATES

IEC 61215/ IEC 61730 / IEC 61701/ UL 61730  
ISO 9001 : Quality Management Systems



Facebook: [www.facebook.com/EGE.Nantong](https://www.facebook.com/EGE.Nantong)  
LinkedIn: [www.linkedin.com/company/eco-green-energy/](https://www.linkedin.com/company/eco-green-energy/)  
Website: [www.eco-greenenergy.com](http://www.eco-greenenergy.com)



### ELECTRICAL DATA AT STC\*

Power output (Pmax)	445 W	450 W	455 W
Power tolerance	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W
Module efficiency	20.36%	20.58%	20.81%
Maximum power voltage (Vmp)	40.84 V	40.96 V	41.06 V
Maximum power current (Imp)	10.90 A	10.99 A	11.08 A
Open circuit voltage (Voc)	49.14 V	49.28 V	49.41 V
Short circuit current (Isc)	11.48 A	11.57 A	11.66 A

\*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m<sup>2</sup> • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

### ELECTRICAL DATA AT NMOT\*

Power output (Pmax)	331.80 W	335.53 W	339.26 W
Maximum power voltage (Vmp)	38.29 V	38.40 V	38.49 V
Maximum power current (Imp)	8.65 A	8.73 A	8.80 A
Open circuit voltage (Voc)	45.57 V	45.70 V	45.82 V
Short circuit current (Isc)	9.33 A	9.41 A	9.48 A

\*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m<sup>2</sup> • Ambient temperature: 20°C  
• AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

### MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline (166x83mm)
Number of cells	144
Dimensions	2102x1040x35mm
Weight	24.5 kg
Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP68 rated (3 by pass diodes)
Cable	4.0 mm <sup>2</sup> , 300 mm (+) / 300 mm (-) ; Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 compatible
Max front load (e.g.: snow)	5400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2400 Pa

### TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NMOT	41 °C ±3 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.35%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.30%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.05%/°C

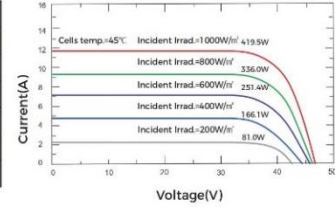
### MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-40 °C ~+85 °C
Maximum system voltage	1500V/DC(IEC)
Max series fuse rating	25 A

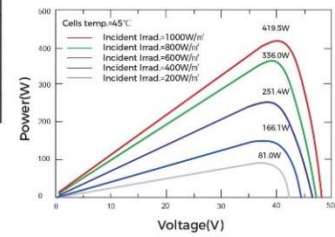
### PACKAGING (2102x1040x35mm)

Type	Pcs	Weight
Per Pallet	31 pcs	800 kg
40ft HQ Container	682 pcs (22pallets)	17.60 t

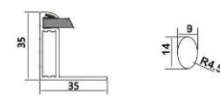
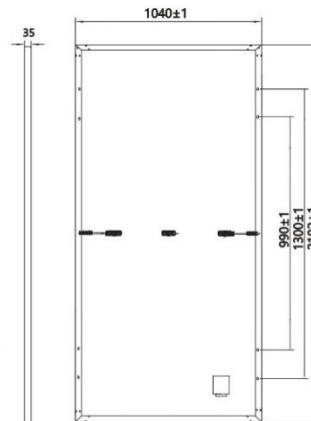
### PV MODULE : EGE-450W-144M(M6)



### PV MODULE : EGE-450W-144M(M6)



### Dimension of PV Module (mm)



Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice. Refer to our website for further information or contact one of our sales staff. [www.eco-greenenergy.com](http://www.eco-greenenergy.com)

## Anexo 5

### Especificaciones técnicas de Fotovolt N2x

#### FOTOVOLT N2X 1 kV; mm2 RC

FOTOVOLT N2X 1 kV 4 mm2

Contacto  
Venta Local  
ventas.peru@nexans.com

Ref. Nexans: P00021317-2

Para la interconexión de sistemas de energía fotovoltaicos.

#### DESCRIPCIÓN

Aplicación:

Para la interconexión de sistemas de energía fotovoltaicos. Temperatura máxima de operación 90°C, en ambientes secos o húmedos.

Construcción:

1. Conductor: Cobre blando comprimido, clase 2.
2. Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE antillama.

Principales características:

Resistente a la abrasión, humedad y calor, alta resistencia de aislamiento. Resistencia a los rayos solares. Resistente a la propagación vertical de la llama FT1 y VW-1. Resistente a la propagación horizontal de la llama FT2. Se utiliza para el cableado de interconexión de un sistema de energía fotovoltaica con toma de tierra y sin conexión a tierra descrito en la sección 690.31(A) y otras partes aplicables del Código eléctrico nacional (NEC), NFPA 70. El cable está construido de acuerdo con el último estándar para cable fotovoltaico, UL 4703.

Sección:

Desde 2,5 mm<sup>2</sup> hasta 6 mm<sup>2</sup>.

Marcación:

E501952(UL)INDECO S.A. (Sección) FOTOVOLT N2X PV WIRE 90° DRY AND WET 1000 V SUN RES - VW 1- Año - Metrado secuencial.

Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

Color:

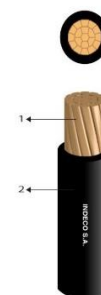
Negro.

Normas nacionales

NTP-IEC 60228: Conductores para cables aislados.

Normas internacionales

IEC 60228: Conductores para cables aislados.



#### NORMAS

Internacional IEC 60228;  
UL 4703

Nacional NTP-IEC 60228;  
UL 2556



Tensión de operación  
1 kV



Flexibilidad del cable  
Clase 2 IEC 60228



Resist. Radiación UV  
UL 2556 - Resistencia a los  
rayos solares



No propagación de la  
llama  
UL 1581 VW1



Temperatura máxima  
operación  
90 °C



No propagador del  
incendio  
FT2, VW-1, UL1581

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Generado 9/04/24 www.nexans.pe Página 1 / 3

**INDECO**  
by Nexans

## FOTOVOLT N2X 1 kV; mm2 RC

FOTOVOLT N2X 1 kV 4 mm2

Contacto  
Venta Local  
ventas.peru@nexans.com

**UL 4703:** Norma para conductor unipolar aislado con o sin cubierta para sistemas de energía fotovoltaicos de 600, 1000 ó 2000 V.

**UL 2556:** Métodos de ensayo para alambre y cable. **Sección 9.1:** Ensayo de propagación de llama - FT2/FH (muestra horizontal).

**UL 2556:** Métodos de ensayo para alambre y cable. **Sección 9.3:** Ensayo de propagación de llama -FT1 (muestra vertical).

**UL 2556:** Métodos de ensayo para alambre y cable. **Sección 9.4:** Ensayo de propagación de llama - VW-1 (muestra vertical).

**UL 2556:** Metodos de ensayo para alambre y cable. **Seccion 4.2.8.5:** Ensayo de resistencia a los rayos solares en arco xenon/arco carbon.

### CARACTERÍSTICAS

Características de construcción	
Material del conductor	Cobre Temple Blando
Material de aislamiento	XLPE Antillama
Color	Negro
Características dimensionales	
Sección del conductor	4 mm <sup>2</sup>
Diámetro del conductor	2.4 mm
Mínimo espesor de aislamiento	1.9 mm
Diámetro exterior nominal	6.4 mm
Número total de alambres	7
Peso aproximado	75 kg/km
Características eléctricas	
Capacidad de corriente en aire a 30°C	50 A
Capacidad de corriente enterrado a 20°C	59 A
Capacitancia Nominal	142.0 pF/m
Resistencia máxima del conductor en CC a 20° C	4.61 Ohm/km
Rigidez dieléctrica	6.0 kV
Tensión de operación	1 kV
Tiempo Rigidez Dielectrica Vca al aislamiento	1 min.
Características mecánicas	
Flexibilidad del cable	Clase 2 IEC 60228
Características de uso	
Resistencia a Radiación Ultravioleta	UL 2556 - Resistencia a los rayos solares



Tensión de operación  
1 kV



Flexibilidad del cable  
Clase 2 IEC 60228



Resist. Radiación UV  
UL 2556 - Resistencia a los  
rayos solares



No propagación de la  
llama  
UL 1581 VW1



Temperatura máxima  
operación  
90 °C



No propagador del  
incendio  
FT2, VW-1, UL1581

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Generado 9/04/24 www.nexans.pe Página 2 / 3

**INDECO**  
by **Nexans**

# FOTOVOLT N2X 1 kV; mm2 RC

FOTOVOLT N2X 1 kV 4 mm2

Contacto  
Venta Local  
ventas.peru@nexans.com

Características de uso	
No propagación de la llama	UL 1581 VW1
Temperatura máxima operación	90 °C
Temperatura de sobrecarga de emergencia	130 °C
Temperatura máxima del conductor en corto-circuito	250 °C
Midspar	No
No propagador del incendio	FT2, VW-1, UL1581

## RADIO DE CURVATURA UNA VEZ INSTALADO EN B.T.

$$R=Dxf$$

R: Radio de curvatura una vez instalado (mm)

D: Diámetro sobre cubierta externa o sobre aislamiento (cuando no tiene cubierta externa) (mm)

f: Factor multiplicativo; dado en la siguiente tabla:

## FACTOR DEL RADIO DE CURVATURA BT

Sin armadura	Espesor del aislamiento (mm)	Diámetro externo del cable		
		< 25,4 mm	25,4 mm ≤ D ≤ 50,8 mm	> 50,8 mm
		De 0 a 4.31	4	5
Mayor o igual a 4.32	5	6	7	
Cables con armadura de cintas lisas o alambres			12	



## CONDICIONES DE CÁLCULO DE CORRIENTE B.T.; 90°C

### CONDICIONES DE CALCULO DE CORRIENTE

Temperatura máxima del conductor : 90°C.  
Temperatura ambiente : 30°C.  
Temperatura del terreno : 20°C.  
Profundidad de tendido : 0,7 m.  
Resistividad térmica del terreno : 1,0 K.m/W.



Tensión de operación  
1 kV



Flexibilidad del cable  
Clase 2 IEC 60228



Resist. Radiación UV  
UL 2556 - Resistencia a los  
rayos solares



No propagación de la  
llama  
UL 1581 VW1



Temperatura máxima  
operación  
90 °C



No propagador del  
incendio  
FT2, VW-1, UL1581

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Generado 9/04/24 www.nexans.pe Página 3 / 3

**INDECO**  
by Nexans

## Anexo 6

### Especificaciones técnicas de panel solar

Ficha técnica:  
L feet








#### Especificaciones

**Materiales:** aluminio anodizado 6005 T5  
Acero inoxidable 304

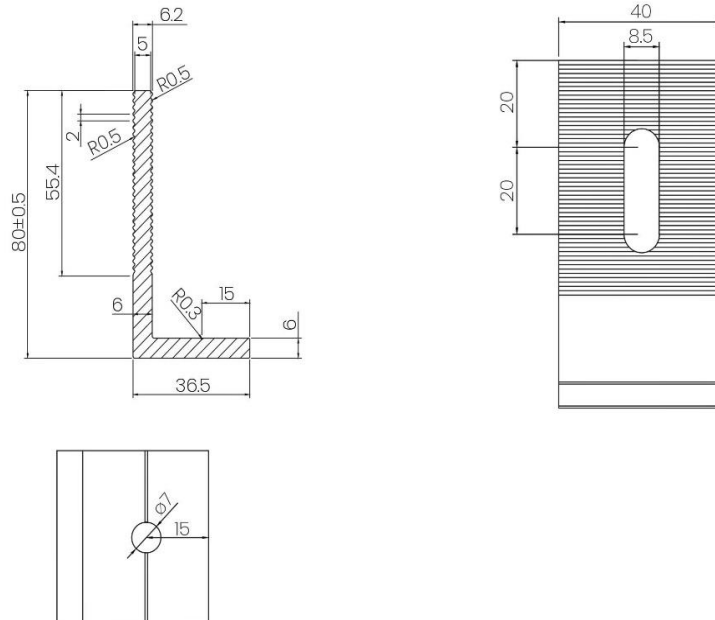
**Velocidad del viento:** hasta 45 m/s

**Carga de nieve:** hasta 50 cm

#### Accesorios

Cantidad/ paneles	 L feet	 Raíl	 Empalme de raíl	 Abrazadera intermedia	 Abrazadera final
1 panel	4	2	-	-	4
2 paneles	6	4	2	2	4
3 paneles	8	6	4	4	4
4 paneles	8	8	6	6	4
5 paneles	10	10	8	8	4
6 paneles	12	12	10	10	4

#### Medidas



# Anexo 7

## Informe de simulación



Versión 7.4.0



Proyecto: HUERTA DE HORTALIZAS DE MEDIA HECTAREA  
LOS AQUIJES - ICA

Variante: Nueva variante de simulación

**PVsyst V7.4.0**

VC0, Fecha de simulación:  
07/05/24 09:53  
con v7.4.0

Resumen del proyecto		
<b>Sitio geográfico</b> HUERTA LOS AQUIJES Peru	<b>Situación</b> Latitud -14.11 °S Longitud -75.72 °W Altitud 399 m Zona horaria UTC-5	<b>Configuración del proyecto</b> Albedo 0.20
<b>Datos meteo</b> HUERTA LOS AQUIJES Meteororm 8.1 (2010-2017), Sat=100% - Sintético		

Resumen del sistema	
<b>Sistema de bombeo FV</b>  <b>Orientación campo FV</b> Plano fijo Inclinación/Azimut 15 / 0 °	<b>Lago o río a almacenamiento</b>  <b>Necesidades de agua</b> Constante anual 55.00 m³/día
<b>Información del sistema</b> <b>Generador FV</b> Núm. de módulos 4 unidades Pnom total 1800 Wp	

Resumen de resultados			
<b>Agua</b>		<b>Energía</b>	<b>Eficiencias</b>
Agua bombeada	20091 m³	Energía en la bomba	2870 kWh
Específico	52392 m³/kWp/bar	Específico	0.14 kWh/m³
Necesidades de agua	20075 m³	<b>Sin usar (tanque lleno)</b>	
Agua faltante	-0.1 %	Energía FV no utilizada	945 kWh
		Fracción no utilizada	23.5 %
		Eficiencia del sistema	71.4 %
		Eficiencia de la bomba	4.1 %

Tabla de contenido	
Portada	1
Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema.	3
Resultados principales	5
Diagrama de pérdida	6



Proyecto: HUERTA DE HORTALIZAS DE MEDIA HECTAREA  
LOS AQUIJES - ICA

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:  
07/05/24 09:53  
con v7.4.0

**Parámetros generales**

<b>Sistema de bombeo FV</b>		<b>Lago o río a almacenamiento</b>		<b>Depósito de almacenamiento</b>	
<b>Requisitos del sistema</b>		<b>Lago o río a almacenamiento</b>		Volumen 60.0 m³	
Presión básica	2 medAgua	Nivel del lago	-2.0 m	Diámetro	6.5 m
<b>Necesidades de agua</b>		Nivel de la bomba	1.0 m	Alimentación por arriba	
Constante anual	55.00 m³/día			Altitud de alimentación	4.0 m
				Altura (nivel completo)	1.8 m
<b>Circuito hidráulico</b>		<b>Orientación campo FV</b>			
Longitud de la tubería	37 m	Plano fijo			
Tubos	DN65	Inclinación/Azimut	15 / 0 °		
Dint	69 mm				

**Bomba y conjunto FV**

<b>Módulo FV</b>		<b>Bomba</b>	
Fabricante	Amso Solar	Fabricante	PEDROLLO 1.5 KW
Modelo	M450 Wp 144 cells	Modelo	HFm 5AM
(Base de datos PVsyst original)		Tecnología de bomba	Centrífugo
Unidad Nom. Potencia	450 Wp	Bomba de superficie	
Número de módulos FV	4 unidades	Motor	Motor de CA asincrónico, monofásico
Nominal (STC)	1800 Wp	<b>Convertidor asociado o integrado</b>	
Módulos	1 Cadena x 4 En series	Tipo	MPPT
<b>En cond. de funcionam. (50°C)</b>		Rango de voltaje	100 - 600 V
Pmpp	1619 Wp	<b>Condiciones de operación</b>	
U mpp	153 V		
I mpp	11 A		
<b>Potencia FV total</b>			
Nominal (STC)	1.80 kWp		
Total	4 módulos		

	Presión mín.	Presión nom.	Presión máx.	
	5.0	10.0	34.0	m
Caudal corresp.	0.00	0.00	0.00	m³/h
Potencia req.	159	497	1500	W

<b>Dispositivo de control</b>	
Fabricante	INVT
Modelo	BPD2K2 TN(AC) 220Vac
Configuración del sistema	Inversor MPPT-CA

<b>Controlador sistema de bombeo</b>	
<b>Control de operación del sistema</b>	
<b>Unidad de acondicionamiento de energía</b>	
Tipo	Inversor MPPT-CA
<b>Condiciones de operación</b>	
Potencia nominal	2000 W
Umbral de potencia	20 W
Eficiencia máx.	96.0 %
Eficiencia EURO	94.0 %
Voltaje MPP mínimo	100 V
Voltaje MPP máximo	600 V
Voltaje máximo del conjunto	700 V
Corriente de entrada máxima	10.0 A



Proyecto: HUERTA DE HORTALIZAS DE MEDIA HECTAREA  
LOS AQUIJES - ICA

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:  
07/05/24 09:53  
con v7.4.0

**Pérdidas del sistema.**

**Factor de pérdida térmica**

Temperatura módulo según irradiancia  
Uc (const) 29.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uv (viento) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

**Pérdidas de cableado CC**

Res. conjunto global 243 mΩ  
Frac. de pérdida 1.5 % en STC

**Pérdida de calidad módulo**

Frac. de pérdida -0.8 %

**Pérdidas de desajuste de módulo**

Frac. de pérdida 2.0 % en MPP

**Factor de pérdida IAM**

Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



Proyecto: HUERTA DE HORTALIZAS DE MEDIA HECTAREA  
LOS AQUIJES - ICA

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:  
07/05/24 09:53  
con v7.4.0

Resultados principales

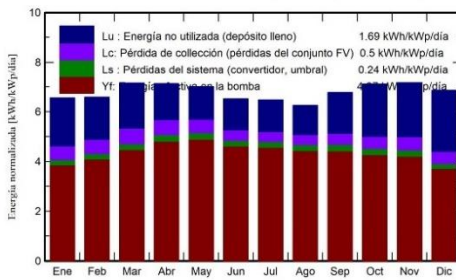
Producción del sistema

<b>Agua</b>	
Agua bombeada	20091 m <sup>3</sup>
Específico	52392 m <sup>3</sup> /kWp/bar
Necesidades de agua	20075 m <sup>3</sup>
Agua faltante	-0.1 %

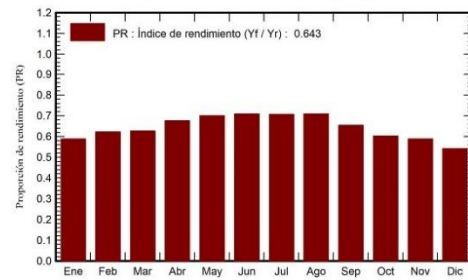
<b>Energía</b>	
Energía en la bomba	2870 kWh
Específico	0.14 kWh/m <sup>3</sup>
<b>Sin usar (tanque lleno)</b>	
Energía FV no utilizada	945 kWh
Fracción no utilizada	23.5 %

<b>Eficiencias</b>	
Eficiencia del sistema	71.4 %
Eficiencia de la bomba	4.1 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobEff	EArrMPP	E_PmpOp	ETkFull	H_Pump	WPumped	W_Used	W_Miss
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	medAgua	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Enero	197.8	322.2	215.4	89.7	2.172	1721	1705	0.000
Febrero	180.1	292.3	206.2	70.8	2.172	1540	1540	0.000
Marzo	217.4	352.0	249.9	84.2	2.172	1705	1705	0.000
Abril	210.8	344.7	260.0	67.1	2.172	1648	1650	0.000
Mayo	214.0	353.7	273.8	62.8	2.172	1705	1705	0.000
Junio	192.5	323.4	249.6	58.6	2.172	1650	1650	0.000
Julio	197.6	333.2	255.1	62.0	2.172	1705	1705	0.000
Agosto	191.0	321.8	247.5	57.8	2.172	1705	1705	0.000
Septiembre	199.8	333.5	239.2	76.6	2.172	1650	1650	0.000
Octubre	215.9	358.0	238.7	100.6	2.172	1705	1705	0.000
Noviembre	209.5	345.5	227.6	99.5	2.172	1652	1650	0.000
Diciembre	206.8	339.4	207.4	114.8	2.172	1705	1705	0.000
<b>Año</b>	<b>2433.1</b>	<b>4019.5</b>	<b>2870.4</b>	<b>944.5</b>	<b>2.172</b>	<b>20091</b>	<b>20075</b>	<b>0.000</b>

Leyendas

GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	WPumped	Volumen de agua bombeada
EArrMPP	Energía virtual del conjunto en MPP	W_Used	Agua extraída por el usuario
E_PmpOp	Energía de funcionamiento de la bomba	W_Miss	Agua faltante
ETkFull	Energía no utilizada (tanque lleno)		
H_Pump	Presión total promedio en la bomba		



# Proyecto: HUERTA DE HORTALIZAS DE MEDIA HECTAREA LOS AQUIJES - ICA

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.0

VC0, Fecha de simulación:  
07/05/24 09:53  
con v7.4.0

