



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN**  
**ENERGÍAS RENOVABLES**



**“PROTOTIPO DIDACTICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO  
SOLAR FOTOVOLTAICO EN CC DE ¼ HP PARA EL  
LABORATORIO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA”**

**Keny Witney Chipana Angles**

**Diego Armando Tutacano Alarcon**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**Asesor: Dr. Henry Pizarro Viveros**



**JULIACA - PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
ENERGÍAS RENOVABLES**



**“PROTOTIPO DIDACTICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO  
SOLAR FOTOVOLTAICO EN CC DE ¼ HP PARA EL  
LABORATORIO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA”**

**Keny Witney Chipana Angles**

**Diego Armando Tutacano Alarcon**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**Asesor: Dr. Henry Pizarro Viveros**



**JULIACA - PERÚ**

**2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA EN ENERGÍAS**  
**RENOVABLES**



**“PROTOTIPO DIDACTICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR**  
**FOTOVOLTAICO EN CC DE ¼ HP PARA EL LABORATORIO DE**  
**ENERGIA FOTOVOLTAICA”**

Keny Witney Chipana Angles

Diego Armando Tutacano Alarcon

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS**  
**RENOVABLES**

Asesor: Dr. Henry Pizarro Viveros

Juliaca, 2024

## Ficha catalográfica

Tutacano Alarcon, D. A., y Chipana Angles , K. W. (2024). *Prototipo didáctico de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en CC de ¼ HP para el laboratorio de Energia Fotovoltaica* (tesis de pregrado) Universidad Nacional de Juliaca.

**AUTOR:** Diego Armando Tutacano Alarcon, Keny Witney Chipana Angles

**TÍTULO:** Prototipo didáctico de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en CC de ¼ HP para el Laboratorio de Energía Fotovoltaica.

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2024

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (138pp.)

**NOTA:** Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables – Universidad Nacional de Juliaca

**CÓDIGO:** 02-000026-02/CH556

**NOTA:** Incluye bibliografía

**ASESOR:** Dr. Henry Pizarro Viveros

**PALABRA CLAVE:** Bombeo solar fotovoltaico, prototipo didáctico, monitoreo, bomba de menor potencia, Software LabVIEW.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIAS  
RENOVABLES**

**“PROTOTIPO DIDACTICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR  
FOTOVOLTAICO EN CC DE ¼ HP PARA EL LABORATORIO DE  
ENERGIA FOTOVOLTAICA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGIAS RENOVABLES**

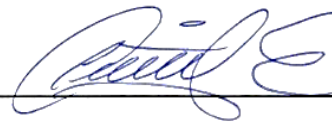
**Presentada por:**

**Keny Witney Chipana Angles  
Diego Armando Tutacano Alarcon**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

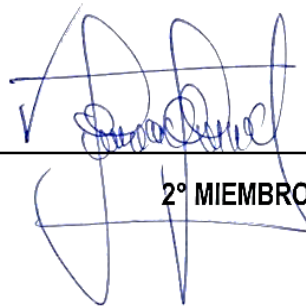
Mg. Jhon Eduardo Abarca Suca

**PRESIDENTE DE JURADO**



Dr. Uriel Quispe Mamani

**JURADO (secretario)**



**2° MIEMBRO**

Mg. Alex Mario Lerma Coaquira

**JURADO (Vocal)**

**3° MIEMBRO**



**Dr. Henry Pizarro Viveros  
ASESOR DE TESIS**

NOMBRE DEL TRABAJO

**PROTOTIPO DIDACTICO DE UN SISTEMA  
DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO E  
N CC DE ¼ HP PARA EL LABORATORIO D  
E**

AUTOR

**Keny Witney Chipana Angles Diego Arma  
ndo Tutacano Alarcon**

RECUENTO DE PALABRAS

**23170 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**127508 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**138 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**6.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 12, 2024 2:45 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 12, 2024 2:47 PM GMT-5****● 5% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



ASESOR

## DEDICATORIA

A mis padres Diego E. Tutacano Vilca y Clemencia E. Alarcon de Tutacano y familia por apoyarme en mi carrera universitaria, por los consejos motivadores que me permitieron seguir esforzándome día a día, y por haber contribuido a formar la persona que soy ahora. Muchos de mis logros, incluyendo este, los debo a ustedes por haberme motivado constante mente a alcanzar mis sueños.

A mis hermanos que estuvieron apoyándome con sus palabras de aliento y motivadores para no rendirme a media carrera, y por estar a mi lado durante todos estos semestres.

A mi compañera de vida idónea Karen que día a día me orienta y anima moralmente en la vida universitaria y por estar a mi lado durante todos estos semestres para seguir adelante.

***Diego Armando Tutacano Alarcon***

A Dios, por su infinito amor y por cada una de las cosas que me brinda. A mis hijos Christopher y Lianna, por ser el eje fundamental de mi vida. A mis padres, Juan Chipana Carpio y Sonia Angles Camacho por brindarme el amor y apoyo constante en cada momento de mi vida. A mis hermanos Juan y Mercedes y a mi compañero de vida, Willy, por su apoyo y los buenos consejos.

***Keny Witney Chipana Angles***

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por encaminarme a su lado y guiado.

A mis padres Diego E. Tutacano Vilca y Clemencia E.

Alarcon de Tutacano, y mis hermanos, Sonia y Luciano, Leonel, Ruth, Dianeth y Max, y Karen mi novia, quienes estuvieron en el momento indicado para su apoyo incondicional. A la Universidad Nacional de Juliaca y A nuestro asesor Dr. Henry Pizarro Viveros por el apoyo incondicional en la ejecución del proyecto.

*Diego Armando Tutacano Alarcon*

A la Universidad Nacional de Juliaca de sobre  
manera a la Escuela Profesional de Ingeniería en  
Energías Renovables.

A los miembros integrantes de la terna  
evaluadora de la presente tesis.

A nuestro asesor Dr. Henry Pizarro Viveros.

*Keny Witney Chipana Angles*

*Esta Tesis fue financiada por la Vicepresidencia de Investigación de la Universidad Nacional de Juliaca en el marco del VI Concurso de Proyectos de Tesis para la obtención del título profesional UNAJ – 2023.*

# ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>SIMBOLOGÍA.....</b>	<b>xiv</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>19</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>19</b>
1.1. Formulación del problema .....	19
1.1.1. Problema general.....	19
1.1.2. Problemas específicos .....	20
1.2. Objetivos de la investigación.....	20
1.2.1. Objetivo general.....	20
1.2.2. Objetivos específicos .....	20
1.3. Justificación de la investigación .....	20
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>22</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>22</b>
2.1. Antecedentes de investigación.....	22
2.2. Bases teóricas de la investigación.....	24
2.2.1. Sistema solar fotovoltaico.....	24
2.2.2. Sistema de bombeo fotovoltaico.....	24
2.2.3. Electrobombas.....	24
2.2.4. Sistemas de protección en sistemas fotovoltaicos .....	24
2.2.5. Prototipo didáctico de bombeo solar.....	25
2.2.6. Software LabVIEW.....	25
2.3. Marco conceptual.....	26
2.3.1. Recurso solar.....	26
2.3.2. Angulo óptimo de inclinación.....	26
2.3.3. Altura manométrica.....	27
2.3.4. Nivel freático.....	28
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>29</b>
<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>29</b>
3.1. Formulación de hipótesis .....	29

3.1.1.	Hipótesis general.....	29
3.1.2.	Hipótesis específicas .....	29
3.2.	Metodología.....	29
3.2.1.	Ámbito del proyecto .....	29
3.2.2.	Dimensionamiento del sistema eléctrico.....	30
3.3.	Diseño de la estructura del sistema de bombeo .....	31
3.4.	Diseño de la estructura del sistema fotovoltaico .....	33
3.5.	Diseño del sistema de control .....	35
3.6.	Materiales.....	36
3.6.1.	Panel solar.....	36
3.6.2.	Batería.....	37
3.6.3.	Controlador de carga.....	38
3.6.4.	Portafusibles y fusible.....	39
3.6.5.	Interruptor termomagnético .....	39
3.6.6.	Resistencia shunt.....	40
3.6.7.	Medidor de energía EASTRON DCM-230 DC.....	40
3.6.8.	Voltímetro digital.....	41
3.6.9.	Controlador de velocidad PWM 12V (Speed controller).....	42
3.6.10.	Modulo convertidor RS485 USB .....	43
3.6.11.	Bomba de agua 180W .....	44
3.6.12.	Caudalímetro.....	44
3.6.13.	Manómetro.....	45
3.7.	Software de monitoreo del prototipo .....	46
3.7.1.	Diseño de interfaz de monitoreo .....	46
3.7.2.	Interfaz de monitoreo.....	48
3.8.	Proceso constructivo del prototipo didáctico.....	49
3.8.1.	Estructura .....	49
3.9.	Implementación del prototipo didáctico .....	51
3.10.	Instalación del sistema eléctrico.....	53
3.11.	Procedimiento de pruebas a diferentes operaciones de bombeo solar .....	55
3.11.1.	Prueba de bombeo solar por 1 minuto conectado con panel.....	55
3.11.2.	Prueba de bombeo solar por 1 minuto conectado sin panel.....	61
3.11.3.	Prueba de bombeo solar por media hora.....	61

3.12.	Procedimiento de prueba de bombeo solar a diferentes alturas .....	61
3.13.	Procedimiento de prueba de simulación de alturas .....	63
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>66</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUCIONES .....</b>		<b>66</b>
4.1.	Resultado de pruebas a diferentes operaciones de bombeo solar .....	66
4.1.1.	Prueba de bombeo solar por 1 minuto conectado con panel.....	66
4.1.2.	Prueba de bombeo solar por 1 minuto sin panel .....	69
4.1.3.	Prueba de bombeo solar por media hora sin panel.....	73
4.2.	Resultado de prueba de bombeo solar a diferentes alturas .....	73
4.3.	Resultado de prueba de simulación de alturas .....	77
<b>CAPITULO V .....</b>		<b>80</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>80</b>
5.1.	Conclusiones.....	80
5.2.	Recomendaciones .....	81
5.3.	Sugerencias de trabajos de investigación.....	81
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>82</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>85</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Descripción de la ubicación del proyecto.</i> .....	29
<b>Tabla 2.</b> <i>Especificaciones técnicas de la estructura de sistema de bombeo.</i> .....	33
<b>Tabla 3.</b> <i>Especificaciones técnicas de la estructura del sistema fotovoltaico.</i> .....	34
<b>Tabla 4.</b> <i>Especificaciones técnicas del panel solar.</i> .....	36
<b>Tabla 5.</b> <i>Especificaciones técnicas de la batería.</i> .....	37
<b>Tabla 6.</b> <i>Especificaciones técnicas del controlador de carga.</i> .....	38
<b>Tabla 7.</b> <i>Características técnicas de la resistencia shunt.</i> .....	40
<b>Tabla 8.</b> <i>Características técnicas del medidor de energía EASTRON DCM-230.</i> .....	40
<b>Tabla 9.</b> <i>Características técnicas del voltímetro digital.</i> .....	41
<b>Tabla 10.</b> <i>Características técnicas del controlador de velocidad PWM.</i> .....	42
<b>Tabla 11.</b> <i>Características del módulo convertidor RS485a USB.</i> .....	43
<b>Tabla 12.</b> <i>Características de la bomba de agua 180 W.</i> .....	44
<b>Tabla 13.</b> <i>Características del caudalímetro digital.</i> .....	44
<b>Tabla 14.</b> <i>Características del manómetro</i> .....	45
<b>Tabla 15.</b> <i>Tabla de apuntes de pruebas de bombeo a diferentes alturas.</i> .....	63
<b>Tabla 16.</b> <i>Tabla de apuntes para simulación de alturas.</i> .....	65
<b>Tabla 17.</b> <i>Valores obtenidos de prueba de bombeo por 1 minuto conectado con panel.</i> ...	66
<b>Tabla 18.</b> <i>Valores obtenidos de prueba de bombeo por 1 minuto sin panel.</i> .....	69
<b>Tabla 19.</b> <i>Datos obtenidos en prueba bombeo de 0.8 metros hasta 8.8 metros de altura.</i> ..	74
<b>Tabla 20.</b> <i>Datos de simulación desde 0.8 metros hasta 8.8 metros de altura.</i> .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Vista satelital de la Sede Ayabacas – UNAJ (Google maps, 2022).....	18
<b>Figura 2.</b> Laboratorio de fotovoltaica SL02LA15.....	18
<b>Figura 3.</b> Versión LabVIEW utilizado para el proyecto.....	26
<b>Figura 4.</b> Angulo óptimo de inclinación hemisferio sur (HelioEsfera, 2021).....	27
<b>Figura 5.</b> Esquema de altura manométrica (Blaz Lazo, 2021). ....	28
<b>Figura 6.</b> Nivel freático (Maldonado, 2021).....	28
<b>Figura 7.</b> Diseño 3D de la estructura del sistema de bombeo. ....	32
<b>Figura 8.</b> Diseño de estructura de bombeo. ....	33
<b>Figura 9.</b> Diseño 3D de estructura de sistema fotovoltaico.....	34
<b>Figura 10.</b> Dimensiones del sistema fotovoltaico.....	35
<b>Figura 11.</b> Diagrama de conexiones del sistema eléctrico. ....	36
<b>Figura 12.</b> Dimensiones panel solar 200 W.....	37
<b>Figura 13.</b> Dimensiones Batería 12V 33 Ah. ....	38
<b>Figura 14.</b> Dimensiones controlador de carga 20 <sup>a</sup> . Fuente: SICO SOL S.R.L., (2024).....	39
<b>Figura 15.</b> Dimensiones portafusibles 20A (AutoSolar, 2024). ....	39
<b>Figura 16.</b> Dimensiones interruptor termomagnético 20A (AutoSolar, 2024).....	39
<b>Figura 17.</b> Resistencia shunt 20A 75mV. Fuente: Electric Option, (2024).....	40
<b>Figura 18.</b> Dimensiones del medidor de energía Eastron DCM230DC (ZheJiang Eastron Electronic Co, 2023).....	41
<b>Figura 19.</b> Voltímetro digital 12V DC JY5135-V.....	42
<b>Figura 20.</b> Controlador de velocidad PWM (speed controller) 30A. ....	43
<b>Figura 21.</b> Dimensiones modulo convertidor RS485 a USB (Naylamp Mechatronics - Perú, 2023).....	43
<b>Figura 22.</b> Electrobomba 180W 12/24V (Amazon, 2024). ....	44
<b>Figura 23.</b> Flujómetro digital (Zamtsu, 2024). ....	45
<b>Figura 24.</b> Manómetro 90PSI. ....	46
<b>Figura 25.</b> Puerto de comunicación serial Modbus, del medidor de energía. ....	46
<b>Figura 26.</b> Ventana Timeout lectura de input registers de cada parámetro.....	47
<b>Figura 27.</b> Configuración para detener el programa.....	47
<b>Figura 28.</b> Configuración para guardar información de las gráficas en formato .csv. ....	48
<b>Figura 29.</b> Configuración para grabar archivo desde el tiempo actual.....	48
<b>Figura 30.</b> Interfaz labVIEW de monitoreo de bombeo solar. ....	49

<b>Figura 31.</b> Trabajos en metalmecánica, unión de piezas con soldadura.....	50
<b>Figura 32.</b> Base de estructura del módulo fotovoltaico con aplicación de pintura base zincromato.....	50
<b>Figura 33.</b> Estructura metálica final.....	51
<b>Figura 34.</b> Prototipo didáctico de bombeo solar. (1) tablero de control, (2) reservorio superior de 66 lt, (3) cisterna inferior de 60 lt, (4) bomba de agua de 180W 12/24V, (5) batería de 33 Ah 12 V, (6) módulo fotovoltaico de 200W, (7) laptop de monitoreo.....	52
<b>Figura 35.</b> Ubicación tentativa de los componentes.....	53
<b>Figura 36.</b> Trabajos manuales de ensamblado de tablero.....	54
<b>Figura 37.</b> Conexiones eléctricas del sistema eléctrico y de control.....	54
<b>Figura 38.</b> Altura de impulsión y succión.....	55
<b>Figura 39.</b> Orientación norte del sistema fotovoltaico.....	55
<b>Figura 40.</b> Conexiones eléctricas del sistema de bombeo.....	56
<b>Figura 41.</b> Accionamiento de encendido del sistema.....	57
<b>Figura 42.</b> Indicaciones de configuración de función 6.....	57
<b>Figura 43.</b> Conexión USB del sistema de monitoreo.....	58
<b>Figura 44.</b> Lista de puertos de comunicación COM.....	58
<b>Figura 45.</b> Secuencia de grabar un archivo.....	59
<b>Figura 46.</b> Botón de inicio de funcionamiento del motor.....	59
<b>Figura 47.</b> Valores medidos del caudalímetro.....	59
<b>Figura 48.</b> Lectura del manómetro en pleno funcionamiento.....	60
<b>Figura 49.</b> Secuencia de ubicación del último archivo guardado.....	60
<b>Figura 50.</b> Interfaz del archivo de valores separados por comas de Microsoft Excel .csv.....	61
<b>Figura 51.</b> Pantalla del controlador de carga en configuración del tiempo de funcionamiento.....	61
<b>Figura 52.</b> Prueba a diferentes alturas en una vivienda típica de la localidad.....	62
<b>Figura 53.</b> Forma correcta para guardar el archivo testeado.....	63
<b>Figura 54.</b> Indicador de llaves de paso del sistema de bombeo.....	64
<b>Figura 55.</b> Estrangulamiento de llave de paso para simular alturas.....	64
<b>Figura 56.</b> Forma adecuada para guardar el nombre del archivo.....	65
<b>Figura 57.</b> Datos de bombeo conectado con panel fotovoltaico.....	68
<b>Figura 58.</b> Tensión y corriente en unidad de tiempo con panel fotovoltaico.....	68
<b>Figura 59.</b> Potencia y corriente en unidad de tiempo con panel fotovoltaico.....	69
<b>Figura 60.</b> Datos de bombeo sin panel fotovoltaico.....	71

<b>Figura 61.</b> Tensión y corriente en unidad de tiempo sin panel fotovoltaico. ....	72
<b>Figura 62.</b> Potencia y corriente en unidad de tiempo sin panel fotovoltaico. ....	72
<b>Figura 63.</b> Datos de bombeo por 30 minutos sin panel. ....	73
<b>Figura 64.</b> Implementación para prueba de bombeo de 0.8 metros hasta 8.8 metros de altura. .....	74
<b>Figura 65.</b> Gráfico de comportamiento de Potencia a diferentes alturas.....	75
<b>Figura 66.</b> Interfaz de LabVIEW en monitoreo a diferentes alturas. ....	76
<b>Figura 67.</b> Potencia a diferentes alturas.....	76
<b>Figura 68.</b> Gráfico de cantidad de litros acumulados a diferentes alturas.....	77
<b>Figura 69.</b> Sistema de bombeo en simulación de alturas.....	77
<b>Figura 70.</b> Gráficos de corriente, tensión, potencia, en simulación de alturas. ....	78
<b>Figura 71.</b> Gráfico de cantidad de litros acumulados en simulación de alturas. ....	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexos 1.</b> Diseño 3D de prototipo didáctico de sistema de bombeo solar (Elaboración propia).....	85
<b>Anexos 2.</b> Interfaz de monitoreo de bombeo solar Eastron KWCADTA 2024 (Elaboración propia).....	85
<b>Anexos 3.</b> Manual de configuraciones del controlador de velocidad PWM. ....	86
<b>Anexos 4.</b> Interfaz LabVIEW de monitoreo de parámetros (Elaboración propia).....	90
<b>Anexos 5.</b> Plano de prototipo didáctico de sistema de bombeo solar (Elaboración propia). .....	91
<b>Anexos 6.</b> Plano de diagrama de conexiones eléctricas (Elaboración propia).....	92
<b>Anexos 7.</b> Manual de usuario de medidor de energía Eastron DCM230. ....	93
<b>Anexos 8.</b> Manual de operaciones y guía de prácticas (Elaboración propia).....	934

## SIMBOLOGÍA

**Ha:** Altura de absorción [m].

**Hi:** Altura de impulsión [m].

**Psi:** Libras por pulgada cuadrada [psi].

**Bar:** Unidad de presión [bar].

**Tf:** Tasa de flujo, caudal volumétrico en un tiempo determinado [L/min].

**CLA:** Cantidad de litros acumulados [L].

**CL:** Cantidad de litros con decimales [L].

**FWD:** Forward (Adelante).

**REV:** Reversa.

**RUN:** Iniciar.

**STOP:** Parar.

## RESUMEN

La energía solar fotovoltaica actualmente se utiliza en diferentes situaciones dependiendo de la aplicación o la necesidad. Una aplicación que está en crecimiento en la región es el bombeo solar fotovoltaico, en ese contexto, es importante tener el conocimiento y entrenamiento de este tipo de sistemas. En el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Juliaca – UNAJ sede Ayabacas se tiene a un módulo de bombeo solar para validación y certificación de bombas solares de potencias entre ½ HP hasta 3 HP, sin embargo, no existe módulos de bombeo para potencias menores y que trabajen en CC. El objetivo de este proyecto de tesis fue el diseño e implementación de un prototipo de un sistema de bombeo solar fotovoltaico de ¼ HP en CC para fines de aprendizaje académico. La metodología empleada fue de tipo aplicada a nivel descriptivo, se aplicó un diseño de investigación no experimental con único grupo muestral que está constituido por el prototipo didáctico. Se obtuvo un prototipo didáctico de una bomba solar de ¼ HP en CC con un generador fotovoltaico instalado sobre una estructura versátil y móvil que varíe en ángulos de elevación y dirección del panel solar el cual nos brindó parámetros que fueron monitoreados en tiempo real con la ayuda del software LabVIEW. Se elaboró un manual de operación y guía de prácticas que servirá para la enseñanza y aprendizaje académico de la rama estudiantil de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables (EPIER). Con este prototipo didáctico se mejora la enseñanza de los estudiantes en el área de bombeo solar y además ayudará a incrementar los conocimientos sobre la ejecución de proyectos reales que sean de mayor potencia y envergadura en el sector industrial.

**Palabras clave:** Bombeo solar fotovoltaico, prototipo didáctico, monitoreo, bomba de menor potencia, Software LabVIEW

## ABSTRACT

Photovoltaic solar energy is currently used in different situations depending on the application or need. One application that is growing in the region is solar photovoltaic pumping. In this context, it is important to have knowledge and training in these types of systems. At the Institute of Research in Renewable Energies and Energy Efficiency of the National University of Juliaca – UNAJ, Ayabacas campus, there is a solar pumping module for validation and certification of solar pumps with powers ranging from ½ HP to 3 HP. However, there are no pumping modules for lower powers that operate on DC. The objective of this thesis project was to design and implement a prototype of a photovoltaic solar pumping system of ¼ HP in DC for academic learning purposes. The methodology employed was applied and descriptive, using a non-experimental research design with a single sample group consisting of the didactic prototype. A didactic prototype of a ¼ HP DC solar pump was developed, with a photovoltaic generator installed on a versatile and mobile structure that can vary in angles of elevation and direction of the solar panel. This provided parameters that were monitored in real time with the help of LabVIEW software. An operation manual and practical guide were created to aid in the teaching and academic learning of the student branch of the School of Professional Engineering in Renewable Energies (EPIER). This didactic prototype enhances student education in the area of solar pumping and will also help increase knowledge about the execution of real projects that are of greater power and scale in the industrial sector.

**Keywords:** Photovoltaic solar pumping, educational prototype, monitoring, lower power pump, LabVIEW Software.

## INTRODUCCIÓN

El uso de la energía solar está experimentando un crecimiento significativo a nivel mundial, posicionándose como una alternativa crucial que promueve prácticas energéticas más limpias y sostenibles. El uso de sistemas de bombeo de agua impulsados por energía solar está en aumento. Esta tendencia refleja el creciente interés global por soluciones sostenibles que aprovechan la abundante energía solar disponible para garantizar el acceso al agua para diversas aplicaciones entre ellas la agricultura.

En la región de Puno es común el uso de sistemas de bombeo de agua para cubrir lo básico como para consumo humano, agrícolas y ganaderas. Estos sistemas de bombeo pueden funcionar mediante la energía solar fotovoltaica, considerando que nuestra región esta favorecida por la alta irradiancia solar y menores temperaturas que se tornan las mejores circunstancias para la generación fotovoltaica.

El aprendizaje académico y entrenamiento en módulos de bombeo solar de bajo costo son importantes en la formación del estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables (EPIER) de la Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ), porque esto permite dar confianza en la manipulación de elementos y permite familiarizarse con los equipos del sistema de bombeo solar. De esta manera los estudiantes mejorarán sus habilidades prácticas y consolidarán los conocimientos teóricos adquiridos. En ese sentido en la EPIER se cuenta con diversos laboratorios de alta gama que para su utilización necesitan que los estudiantes tengan un conocimiento y entrenamiento previo para que sea óptima la operación de estos equipos y se consiga un aprendizaje adecuado y que además se garantice la conservación del equipo. En el Laboratorio de Energía Fotovoltaica se cuenta con un módulo de bombeo solar para validación y certificación de bombas solares de potencias entre 1/2HP hasta 3HP. Sin embargo, no existe sistemas de bombeo para potencias menores y que trabajen en corriente continua (CC) y que además sean didácticos, versátiles y de fácil operación. Considerando lo mencionado es indispensable que los estudiantes de la EPIER tengan las bases y conocimientos necesarios a cerca de sistemas de bombeo solar en CC a través de un prototipo didáctico.

Este laboratorio tiene puerta para el patío exterior (en dirección al norte geográfico) donde la presencia del sol es prácticamente el día entero. De esta forma el módulo tendrá garantizada las condiciones óptimas de generación fotovoltaica. En la Figura 1, se observa una vista satelital de ubicación de la UNAJ en la sede Ayabacas y la ubicación de la EPIER.



**Figura 1.** Vista satelital de la Sede Ayabacas – UNAJ (Google maps, 2022).

En la Figura 2, se observa la representación y vista fotográfica del Laboratorio de Energía Fotovoltaica donde se implementó el prototipo didáctico.



**Figura 2.** Laboratorio de fotovoltaica SL02LA15.

En ese sentido se diseñó e implementó un prototipo educativo para un sistema de bombeo fotovoltaico versátil con dispositivos de bajo costo y que además permite modificar y movilizar la estructura. La finalidad es que los estudiantes de la EPIER usen este módulo para aprender y experimentar el comportamiento de la generación de energía fotovoltaica en un sistema de bombeo de  $\frac{1}{4}$  HP mediante el monitoreo de parámetros como la potencia, corriente y tensión a diferentes ángulos del sistema fotovoltaico, que se pueden visualizar en tiempo real a través del software LabVIEW.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Formulación del problema

La transición hacia las energías renovables en el mundo se fue incrementando con el liderazgo de Suecia, Dinamarca, Finlandia que encabezan el ranking de la mayor transición de “energías limpias” para el año 2024, Brasil se ubica en el puesto 12, Chile en el puesto 20, Costa Rica en el puesto 30, Uruguay en el 33, Colombia 35, Paraguay en el 42, El Salvador en el lugar 46 y Perú en el lugar 47. Si bien es cierto el Perú supera a países latinoamericanos como Panamá (51), México (57), Bolivia (66), Ecuador (74), Argentina (82), etc. de un total de 120 países World Economic Forum, (2024); aun es insuficiente puesto que la transición energética en nuestro país avanza a paso lento.

Nuestro país posee un enorme potencial en recursos renovables, contamos con una de las radiaciones más elevadas del mundo, zonas con potencial eólico, recursos hidroeléctricos y posibilidades geotérmicas aun no exploradas. A pesar de ello seguimos dependiendo de las fuentes convencionales de energía.

No obstante en nuestra región se cuenta con la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables una profesión prometedora y con visión en futuro perteneciente a la Universidad Nacional de Juliaca que como un ente de educación superior y en consumación de los estándares de índole universitaria regidos por SUNEDU posee la misión de forjar profesionales competidores y de calidad que sean comprometidos con la mejora y transformación en bien del país y de nuestra región por tanto tiene la misión de brindar los recursos necesarios para que la enseñanza educativa sea lo suficientemente acorde a la realidad y sobre todo de calidad. Por esta razón, al notar la falta de un banco de pruebas didáctico en CC en la sede Ayabacas, que permita realizar ensayos y prácticas vinculadas al estudio de la energía solar fotovoltaica, una materia muy importante que poco a poco se debe acrecentar para generar un desarrollo sostenible, ambiental y económico en contribución al país.

##### 1.1.1. Problema general

¿Será posible implementar el prototipo didáctico de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en CC de un  $\frac{1}{4}$  HP para el laboratorio de Energía Fotovoltaica de la EPIER-UNAJ?

### **1.1.2. Problemas específicos**

¿El dimensionamiento del prototipo didáctico de un sistema de bombeo solar fotovoltaico será viable para una bomba en CC de ¼ HP para el laboratorio de Energía fotovoltaica?

¿Será posible elaborar un manual de operación y una guía de prácticas para el prototipo didáctico de sistema de bombeo solar fotovoltaico en CC?

¿Será posible desarrollar una interface que nos permita monitorear en tiempo real a través de LabVIEW los parámetros de, voltaje (V), corriente (I), potencia (P) y energía (E) del prototipo didáctico del sistema de bombeo solar fotovoltaico?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Implementar un prototipo didáctico de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en CC de ¼ de HP para el laboratorio de Energía Fotovoltaica de la EPIER – UNAJ.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Dimensionar el prototipo didáctico de un sistema de bombeo solar fotovoltaico con bomba en CC de ¼ HP para el laboratorio de energía fotovoltaica.

Elaborar un manual de operación y una guía de prácticas para el prototipo didáctico de sistema de bombeo solar fotovoltaico en CC.

Desarrollar una interface en tiempo real a través de LabVIEW para el monitoreo de los parámetros de Voltaje (V), Corriente (I), Potencia (P) y Energía (E), del prototipo didáctico del sistema de bombeo solar fotovoltaico.

## **1.3. Justificación de la investigación**

Como justificación técnica se menciona que el presente trabajo de investigación contribuirá a la enseñanza y entrenamiento de los estudiantes; ya que se aplicaran conceptos teóricos desarrollados en clase y aplicados al prototipo didáctico del sistema de bombeo solar fotovoltaico, en ese sentido se familiarizarán con equipos e instrumentos que tienen los sistemas de bombeo reales y visualizará en tiempo real los parámetros de voltaje, corriente, potencia y energía del sistema a través de la interface en LabVIEW a diferentes ángulos, direcciones y ubicaciones del módulo, en el cual el estudiante tendrá diferentes experiencias, ensayo de bombeo en horas sol pico en conexión directa al módulo fotovoltaico, ensayo de bombeo solar conectado a una batería, programar el controlador de carga, programar el controlador de velocidad de marcha y parada lenta, simular alturas de impulsión, además el

prototipo se ha diseñado con un enfoque escalable permitiendo su adaptación a necesidades mayores y diferentes aplicaciones mediante la ampliación del sistema de placas solares, el incremento de la potencia del motor de agua o cambio a un motor diferente al del prototipo ya sea sumergible o superficial a diferentes potencias, esta escalabilidad asegura que el proyecto no solo sea una herramienta educativa valiosa en el presente, sino también un proyecto con potencial de crecimiento y mejora continua, capaz de adaptarse a las innovaciones tecnológicas futuras.

Como parte de la justificación económica, tenemos que el prototipo didáctico de bombeo solar para enseñanza académica es generalmente caro debido a que son desarrollados por empresas especializadas ya que los diferentes dispositivos para el control y adquisición de parámetros eléctricos del sistema de bombeo solar poseen un cierto grado de dificultad en cada uno de ellos además de su elevado valor monetario. De esta forma el progreso de este trabajo de investigación busca una solución a este tipo de necesidad ya que este prototipo didáctico contiene dispositivos del tipo no industrial con facilidad de manipularlos y costos más económicos.

Como justificación social, en ese sentido el desarrollo de proyecto de investigación aporta de manera significativa en el área de comportamiento y adquisición de datos del prototipo didáctico de bombeo solar fotovoltaico ya que permitirá a los estudiantes del Instituto de Investigación en Energía Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Juliaca, a tener un prototipo didáctico con fines académicos para mejorar el aprendizaje, performance, monitoreo y control del sistema de bombeo, solar fotovoltaico, haciendo el uso de una bomba ¼ HP periférica. Asimismo, la instalación de este prototipo facilitará la realización de prácticas de laboratorio, permitiendo obtener datos en tiempo real en un sistema de bombeo solar.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de investigación

A nivel internacional se menciona a Flores, (2009) quien evalúa tres sistemas de bombeo fotovoltaico de potencias entre 0.75 HP y 1.0 HP de los cuales uno es de sistema alternativo y los otros dos de sistema fotovoltaico. La evaluación se realizó en un banco de pruebas. Obtuvieron que los sistemas de tecnología fotovoltaica son más eficientes y en el caso de sistemas alternativos requiere mayor cuidado en la selección de sus componentes. Por otro lado, Rúa y otros, (2021) construyen un banco de pruebas para caracterizar y medir el rendimiento en sistemas fotovoltaicos. Para dicho fin realiza un bosquejo en el Software SolidWorks. Se materializa ensamblando todos los componentes de la estructura incluyendo la parte hidráulica, soporte del panel pivotante e instalaciones eléctricas. Finalmente ejecuta una serie de testeos de parámetros en condiciones óptimas para determinar la eficiencia de los paneles fotovoltaicos. En esa misma línea se cita a Arijá, (2010) quien expone como guía, el inicio y recreación de un sistema de bombeo autosostenible con motor de agua sumergible con una instalación solar a base de paneles. La finalidad es simular a 'condiciones reales' como el abastecimiento de 90 habitantes, mediante bomba sumergible a una profundidad máxima de 25 m (30 m.c.a.). Para materializar el prototipo usa materiales de diferentes catálogos y el precio es orientativo con un solo depósito de agua. Finalmente obtiene un bombeo de  $0.35 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $8 \text{ m}^3/\text{día}$ ) para el mes más desfavorable. De otra parte, Reyes (2014), pone en marcha un prototipo de simulación de bombeo autónomo con sistema fotovoltaico. La investigación lo realiza de manera práctica y aplicada construyendo el prototipo. Para validar su prototipo utiliza equipos de evaluación de variables meteorológicas. Finalmente, realiza ensayos de bombeo directo (panel solar) con bombas accionadas con motor de CC de 24 V. De otro lado tenemos a los autores Paredes y otros (2019), montan un sistema híbrido (eólico - fotovoltaico) con aplicación de bombeo solar para que los alumnos obtengan mayores habilidades en la casa superior, Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas, se basaron en los módulos educativos de fabricantes especializados comerciales que resultan monetariamente caros pero que sirve de modelo para implementar uno similar con materiales de compra local. La finalidad es que haya mejores herramientas didácticas para que los alumnos se

adapten fácilmente al campo laboral. Otra tesis referida es de Fajardo y Puentes(2021), quien diseña e implementa un laboratorio en la Universidad para el estudio práctico del funcionamiento de sistemas solares, utilizando una metodología que incluye cálculos matemáticos para dimensionar los componentes del sistema y el diseño de una estructura resistente en el software Solid Works, el proyecto se materializó en la planta física de la Universidad Cuyos componentes fueron 1 panel de 100W, 1 regulador PWM, 1 regulador MPPT, 1 batería, 1 inversor más la estructura metálica con un manual de procedimientos y sostenimiento, más la guía de laboratorio didáctica para el aprendizaje de los estudiantes de la referida casa superior de estudios.

En el ámbito nacional Castañeda (2020) construye un prototipo seleccionando componentes de un sistema de bombeo de acuerdo a las características de los equipos con una bomba sumergible de 24 V y 300W, lámpara de 50W y 220 V en CA, generador fotovoltaico de 270W y 24 V, con dos baterías de 12 V y 110 AH. Para la investigación usa datos de irradiación solar, (V), (I), (W), altura manométrica y caudal. Finalmente, el prototipo es una guía para facilitar la enseñanza del curso de Energías Renovables.

Por otro lado, en el plano local podemos mencionar que en la ciudad de Juliaca se desarrolló un proyecto de investigación donde los autores diseñan y construyen un modelo hidráulico de bombeo de manera común multietapa con sistema de monitoreo automatizado. Para lo cual requiere de cálculos y modelamientos matemáticos. Se usó el software Matlab 2016 para el procesamiento de datos, a la vez se implementó un sistema SCADA. Los resultados muestran la estructura del reservorio de 144 L y el acumulador de 360 L, integrando un sistema de bombeo axial, radial y controlado mediante PLC y variador de frecuencia (Aquino y Ludeña, 2017). Otro trabajo que podemos destacar es el de Choque y Ramos (2018) quienes diseñan un sistema de control autónomo de bombeo solar monitorizado en tiempo real en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica - EPIME. Para la automatización requirieron de un escalamiento de sensores de presión de aspiración e impulsión, así como también sensores de radiación solar. Usaron la programación de PLC y TIA PORTAL v15. Finalmente controlaron, monitorearon y adquirieron datos en tiempo real. Dentro de nuestra Universidad tenemos a Ortiz, (2022) con su tesis que planteó el diseño de una interfaz de monitoreo de parámetros fotovoltaicos

usando el entorno de labVIEW. Determinó que al realizar mediciones en los medidores bidireccionales AC/DC se puede evaluar la producción de energía.

## **2.2. Bases teóricas de la investigación**

### **2.2.1. Sistema solar fotovoltaico**

Un sistema fotovoltaico es capaz de producir electricidad mediante la captación de la radiación solar sobre un conjunto de células fotovoltaicas que forman una superficie de capa fina de un panel fotovoltaico. Este tipo de panel es adecuado para proyectos que no cuenten con abastecimiento de energía de la red eléctrica caso de zonas rurales.

### **2.2.2. Sistema de bombeo fotovoltaico**

Los sistemas de bombeo fotovoltaico captan la energía del sol a través de los paneles fotovoltaicos para hacer funcionar bombas hidráulicas las cuales impulsan fluidos desde un nivel inferior hacia un nivel superior, teniendo múltiples aplicaciones como agua para riego, consumo humano, industrias alimentarias, etc.

### **2.2.3. Electrobombas**

#### **a) Bombas superficiales en CC**

Las bombas superficiales o estacionarias se encuentran al mismo nivel de trabajo y/o al aire libre, son fáciles de instalar y de realizar su mantenimiento. Este tipo de bombas son del tipo radial es decir que su sistema de impulsión es perpendicular al sistema de impulsión. Para su funcionamiento es necesario que disponga de un motor que opere en corriente continua y no es necesario un inversor.

#### **b) Bombas sumergibles en CC**

Las bombas sumergibles son del tipo axial es decir que su sistema de succión e impulsión van en una sola dirección; se encuentran por debajo del nivel de superficie por lo que permanece sumergida en el agua, para su funcionamiento necesita de un motor en corriente continua que aprovechara la energía que le proporciona el panel fotovoltaico sin la necesidad de un inversor

### **2.2.4. Sistemas de protección en sistemas fotovoltaicos**

La electricidad conlleva a que puedan ocurrir accidentes que puedan dañar a las personas y los sistemas fotovoltaicos al convertir a energía fotovoltaica no está ajeno a riesgos. De esta manera es necesario cuidar la salud de los operarios, como también de la instalación misma. En primera línea se encuentra el portafusibles en CC, lo

secunda los interruptores termomagnéticos ITM CC, ambos dispositivos son los más básicos en toda instalación.

### **2.2.5. Prototipo didáctico de bombeo solar**

Se define como prototipo didáctico al conjunto de dispositivos y componentes reunidos en un módulo que permite ensayar, practicar, ejecutar, manipular a menor escala una determinada instalación de bombeo solar fotovoltaica. Los experimentos realizados se basan en condiciones reales y cómo influyen respecto a los parámetros y variables manipulables.

#### **a) Sistema de control y monitoreo**

El termino existe en diferentes investigaciones o aplicaciones donde se conlleva dicho sistema, con el fin de poder manipular de una manera sencilla y así mismo poder visualizar diferentes comportamientos de equipos eléctricos sobre todo con el fin de destacar eficiencias y rendimientos.

#### **b) Conexiones hidráulicas**

Existen diferentes conexiones hidráulicas, desde la gama industrial hasta la gama residencial en donde se usan diferentes materiales de tuberías, como acero inoxidable, bronce, etc. Pero en aplicaciones residenciales o viviendas en particular, se suelen usar más a las tuberías de hidro 3, PVC, bronce, que son usadas en una instalación donde la presión del agua no es alta.

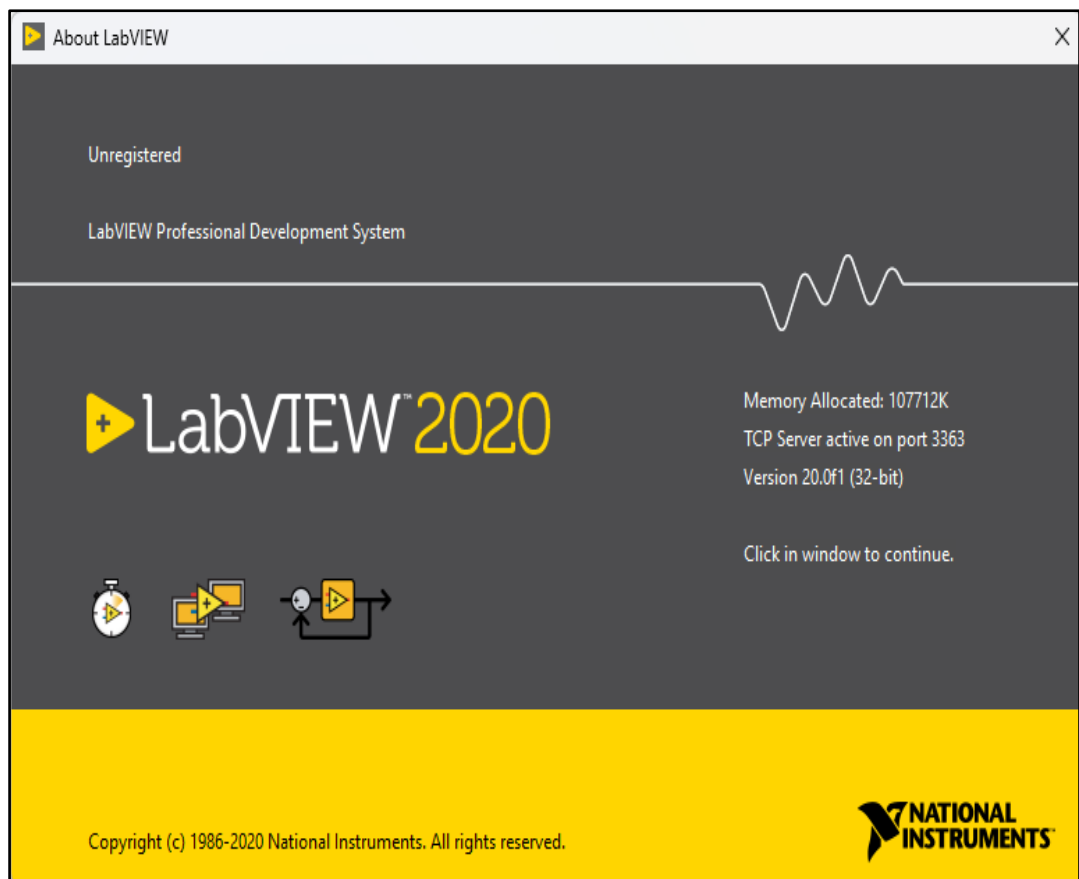
#### **c) Cisterna y reservorio**

La cisterna almacena agua de diferentes procedencias con el fin de abastecer agua al tanque elevado, y el reservorio también es un almacenador de agua, pero su objetivo es distribuir el agua a diferentes áreas donde lo requiera.

### **2.2.6. Software LabVIEW**

LabVIEW, desarrolla un ámbito gráfico de aplicación de toma y presentación de datos en ingeniería, a través de un lenguaje de programación. El LabVIEW es un programa interactivo que trabajar en sistemas operativos como Windows, Mac o Linux, mejora la productividad de la medición, análisis de datos y presentación de resultados a través de interfaces gráficas, también es ideal para simulaciones.

La versión del software utilizado en el proyecto es el LabVIEW 2020 versión: 20.0f1(32 bit)



**Figura 3.** Versión LabVIEW utilizado para el proyecto.

La compatibilidad del software LabVIEW 2020 con Microsoft Windows abarca desde Windows 11, 10, 8.1, y 7 como lo menciona ni, (2024). Asimismo, las especificaciones del computador deben ser de una memoria RAM superior a 8GB.

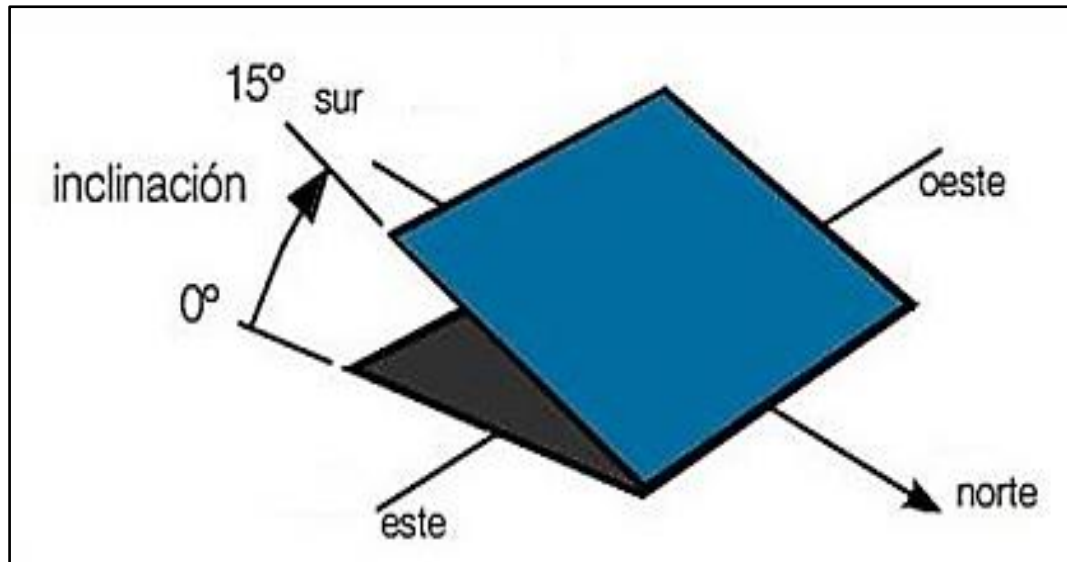
### **2.3. Marco conceptual**

#### **2.3.1 Recurso solar**

Hilcu (2021), menciona que la energía generada por el astro sol y aborda al plano terrestre, se considera como energía renovable, el cual se puede aprovechar en diferentes adaptaciones como energía fotovoltaica, solar térmica, entre otros.

#### **2.3.2. Angulo óptimo de inclinación**

El ángulo óptimo de declive de una superficie es referido al ángulo formado entre la yacente y el llano del módulo solar. Aunque la radiación solar incide de manera casi perpendicular sobre la superficie del panel. A si lo menciona Camarena Rojas & Lozano Vilcarano, (2016). La Figura 4, muestra la posición óptima de inclinación para el hemisferio sur.



**Figura 4.** Angulo óptimo de inclinación hemisferio sur (HelioEsfera, 2021).

### 2.3.3. Altura manométrica

Según Blaz Lazo (2021), menciona que en términos generales la altura manométrica ( $H_m$ ) depende de 5 factores importantes, detallados a seguir:

**a) Altura de succión ( $H_s$ )**

Es la longitud vertical de la tubería que transporta el agua aspirada desde el punto de entrada hasta su conexión.

**b) Altura de impulsión ( $H_i$ )**

Es el diferendo de elevación entre reservorio y la bomba, y su combinación con la altura de succión se denomina elevación geométrica.

**c) Pérdida de carga por succión ( $H_{fs}$ )**

Es la pérdida de energía a causa del rozamiento en el ducto y los componentes, y generalmente este valor es cercano a cero.

**d) Pérdida de carga por impulsión ( $H_{fi}$ )**

Es la disminución de energía producida en la parte de elevación del sistema.

**e) Presión de servicio (e)**

Es la presión al llegar el reservorio de agua, y debe ser más o igual a 2 metros columna de agua (m.c.a).

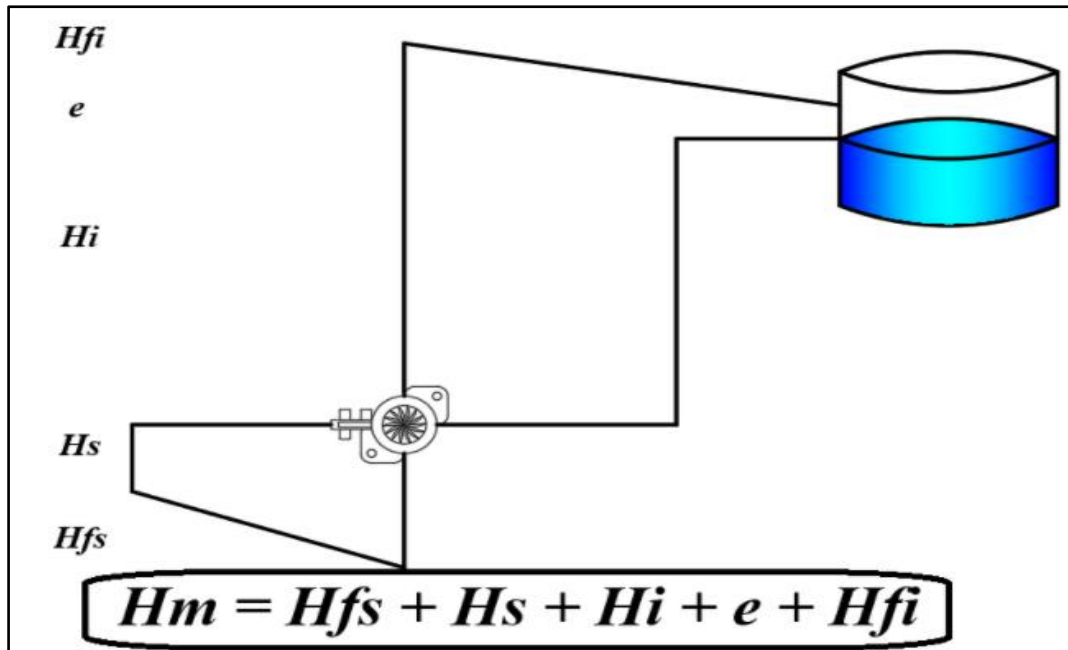


Figura 5. Esquema de altura manométrica (Blaz Lazo, 2021).

#### 2.3.4. Nivel freático

Como establece Araujo, (2023) quien describe el nivel freático como la porción de agua utilizable del subsuelo el cual es muy importante en un bombeo solar, para tener mayor disponibilidad en el lugar que se quiera aplicar.

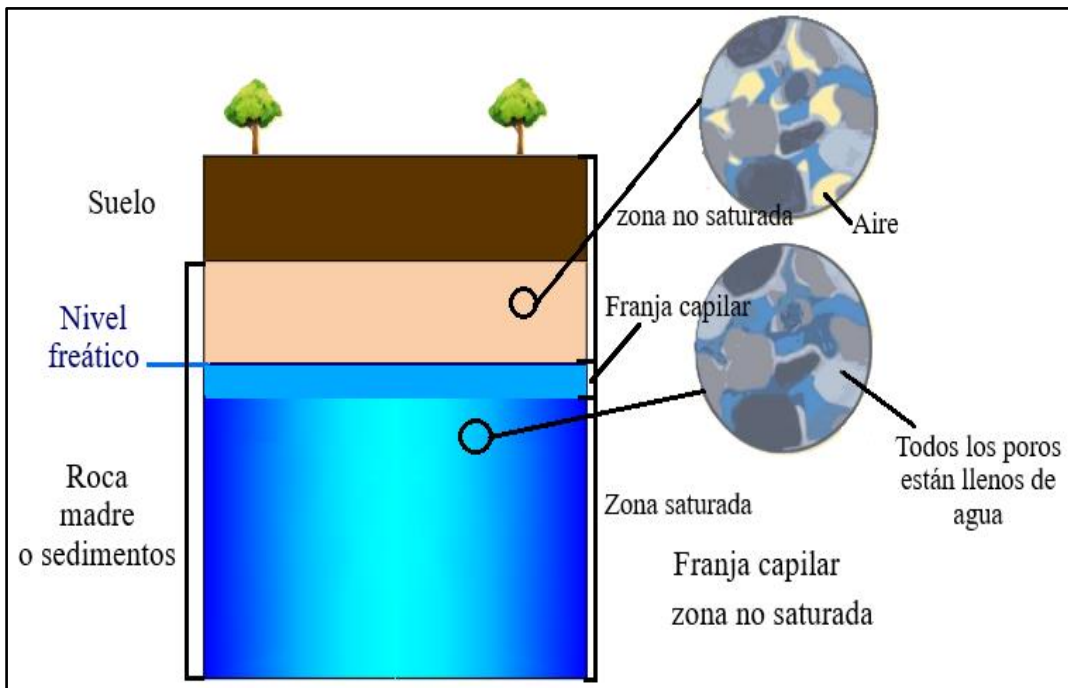


Figura 6. Nivel freático (Maldonado, 2021).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Formulación de hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis general

Con la implementación de un prototipo didáctico de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en CC de ¼ HP permitirá la capacitación de los estudiantes mediante las experiencias en el laboratorio de energía fotovoltaica de la EPIER – UNAJ.

##### 3.1.2. Hipótesis específicas

El dimensionamiento del prototipo de un sistema de bombeo solar fotovoltaico con bomba en CC de ¼ HP utilizara los mejores equipos rentables para el laboratorio de energía fotovoltaica.

La elaboración del manual de operación y una guía de prácticas para el prototipo didáctico será posible operar de manera técnica puesto que será el más adecuado y detallado para el sistema de bombeo solar fotovoltaico en CC.

El desarrollo de la interfaz en tiempo real a través de LabVIEW para el monitoreo permitirá visualizar los parámetros de Voltaje (V), Corriente (I), Potencia (P) y Energía (E), del prototipo didáctico y será confiable para el sistema de bombeo solar fotovoltaico.

#### 3.2. Metodología

##### 3.2.1. Ámbito del proyecto

El ámbito de la investigación está ubicado en la Universidad Nacional de Juliaca sede Ayabacas, en donde se realizó la implementación del prototipo didáctico de bombeo solar en CC. En la Tabla 1, se detalla una especificación del lugar.

**Tabla 1**

*Descripción de la ubicación del proyecto.*

Ítem	Descripción
Departamento:	Puno
Provincia:	San Román
Distrito:	San Miguel
Lugar:	Instituto de investigación de Energías Renovables y eficiencia energética
Altitud:	3832 m.s.n.m.

### 3.2.2. Dimensionamiento del sistema eléctrico.

#### a) Selección de la electro bomba DC.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se basa respecto a la potencia del motor en este caso es de 180 W 12V 15A en CC, la bomba seleccionada posee el estator de imanes permanentes, teniendo en cuenta estos parámetros se dimensionó la cantidad de módulos fotovoltaicos sabiendo que las horas de uso son académicas, con un promedio no más de una hora al día, teniendo como consumo diario en el siguiente calculo.

$$E_{max} = \frac{P * t}{días} \quad (1)$$

$$E_{max} = \frac{180 W * 1h}{1 d}$$

$$E_{max\_diaria} = 180 Wh/d$$

Para transformar los vatios hora por día en amperios hora por día, para calcular la capacidad de la batería.

$$E_{inst\_max} = \left( \frac{E_{max\_diaria}}{V_{sistema}} \right) \quad (2)$$

$$E_{inst\_max} = \left( \frac{180 Wh/d}{12 V} \right)$$

$$E_{inst\_diaria} = (15 Ah/d)$$

#### b) Dimensionamiento del módulo fotovoltaico.

Numero de módulos fotovoltaicos para la potencia del motor.

$$N^{\circ}_{Total\_Mod\_FV} = \left( \frac{P_{motor}}{P_{panel}} \right) \quad (3)$$

$$N^{\circ}_{Total\_Mod\_FV} = \left( \frac{180 W}{200 W} \right)$$

$$N^{\circ}_{Total\_Mod\_FV} = 0.9 \cong 1$$

Se necesitó de un módulo fotovoltaico de 200 W

#### c) Selección de dispositivos de protección

Para calcular los dispositivos de protección como fusibles e interruptor termomagnético, se consideró la corriente del motor el cual es de 15 A.

##### Porta fusible

Para 15 Amperios sobredimensionando se necesitó dos fusibles de 20 A dos polos.

### **Interruptor termomagnético**

El ITM también se sobredimensionó a 20 A en CC.

#### **d) Controlador de carga**

Se sabe que la corriente en pleno funcionamiento de la bomba de agua es de 15 A, para esta capacidad el sobredimensionado que existe en el mercado es de 20 suficiente para el consumo de la bomba de agua.

#### **e) Capacidad de la batería**

Para la capacidad del acumulador se tuvo en cuenta los días de autonomía que, en este caso, como es con fines académicos será utilizado en días laborables que podría ser una vez por semana con una hora máxima, y una profundidad de descarga de 50%. La Ec. (4), fue utilizada para determinar la capacidad de la batería.

$$C_{bat} \geq \frac{E_{inst\_max} * D_{aut}}{P_d} \quad (4)$$

$$C_{bat} \geq \frac{15 \text{ Ah} * 1 \text{ d}}{0.5}$$

$$C_{bat} \geq 30 \text{ Ah}$$

#### **f) Controlador de velocidad**

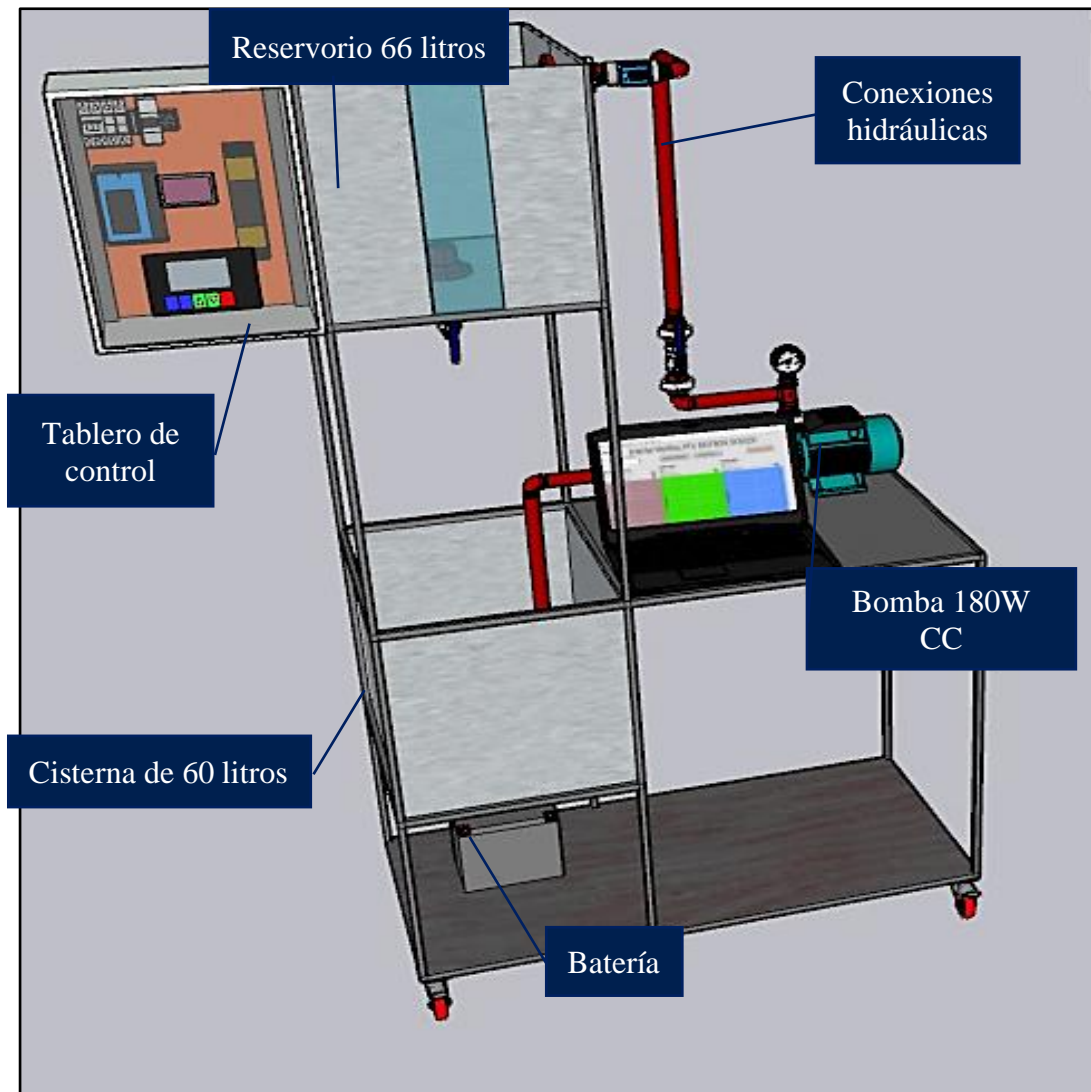
El controlador de velocidad que está disponible es de 30 A el cual es aceptable para nuestro sistema ya que la bomba de agua trabaja a 15 A.

#### **g) Sección de conductores**

Los cables que presentan de acuerdo al calibre para 15 Amperios sería el de calibre #14, que según sus datos técnicos conduce un máximo de 15A, el cual podría quemarse ya que el interruptor termomagnético es de 20 A, es por esa razón que se sobredimensiono al calibre superior en corriente que sería #12 en GPT con una corriente máxima de conducción de 33 Amperios.

### **3.3. Diseño de la estructura del sistema de bombeo**

El prototipo didáctico fue modelado y diseñado en el software Scketch Up 2021, habiendo encontrado el diseño acorde a las características de los materiales y condiciones físicas del lugar se implementó físicamente el banco de pruebas con un área total  $0.41 \text{ m}^2$  con una altura de 1.70 metros, un reservorio elevado de 66 litros con una cisterna de 60 litros, y una mesa de trabajo donde también será como base de la bomba de agua, que ocupa en el laboratorio de fotovoltaica.



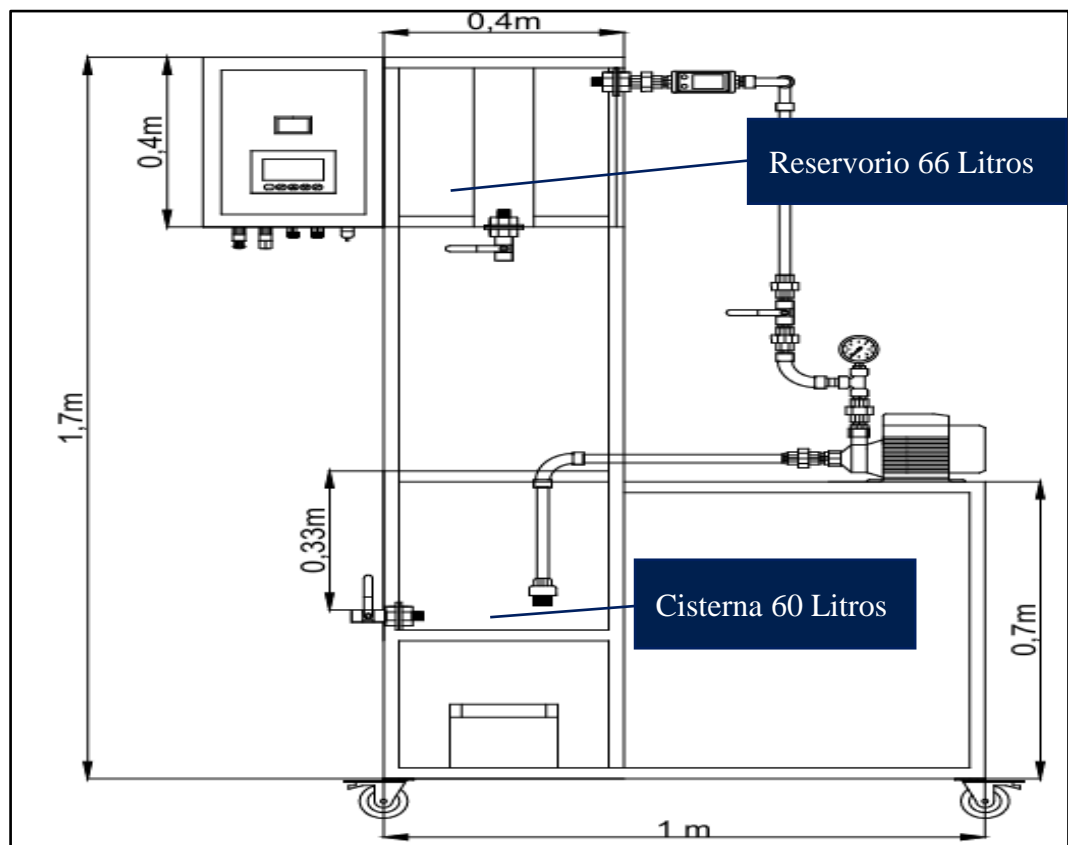
**Figura 7.** Diseño 3D de la estructura del sistema de bombeo.

El módulo ha sido diseñado para su fácil transportabilidad al momento de realizar las prácticas en el laboratorio. Se buscó la práctica y la facilidad de operación para los estudiantes; en consideración que la estructura del panel fotovoltaico debe estar expuesto al sol para que capte la mayor radiación se ha optado por tener el banco de pruebas separado de la estructura versátil del módulo fotovoltaico conectados mediante el cable 2x12 AWG de 15m de longitud con posibilidad de extensión y empalmes de conectores MC4. Esto permitirá que mientras el módulo fotovoltaico se encuentre en el exterior, el banco de pruebas se pueda ubicar dentro de las instalaciones del laboratorio junto con la computadora portátil para el mejor monitoreo a continuación en la Tabla 2, observamos sus especificaciones técnicas y en la Figura 8, observamos el diseño de estructura de bombeo.

**Tabla 2**

*Especificaciones técnicas de la estructura de sistema de bombeo.*

Descripción	Unidades	Dimensiones
Largo	m	1
Ancho	m	0.5
Altura	m	1.7
Peso teórico estructura	kg	45
Volumen reservorio	L	66
Volumen cisterna	L	60
Potencia del motor	W	180



**Figura 8.** Diseño de estructura de bombeo.

### 3.4. Diseño de la estructura del sistema fotovoltaico

El soporte del panel solar puede girar 360 grados a su vez compone de la variación de diferentes ángulos que va desde de 0 grados de inclinación hasta 55° para graduar con el fin de buscar posiciones y ubicaciones, para determinar su eficiencia del sistema de bombeo a diferentes ángulos, adicional cuenta con garruchas a nivel del ras del suelo para que pueda ser transportado fácilmente tal y como se muestra en la Figura 9, el cual también fue diseñado en el software SketchUp 2021.



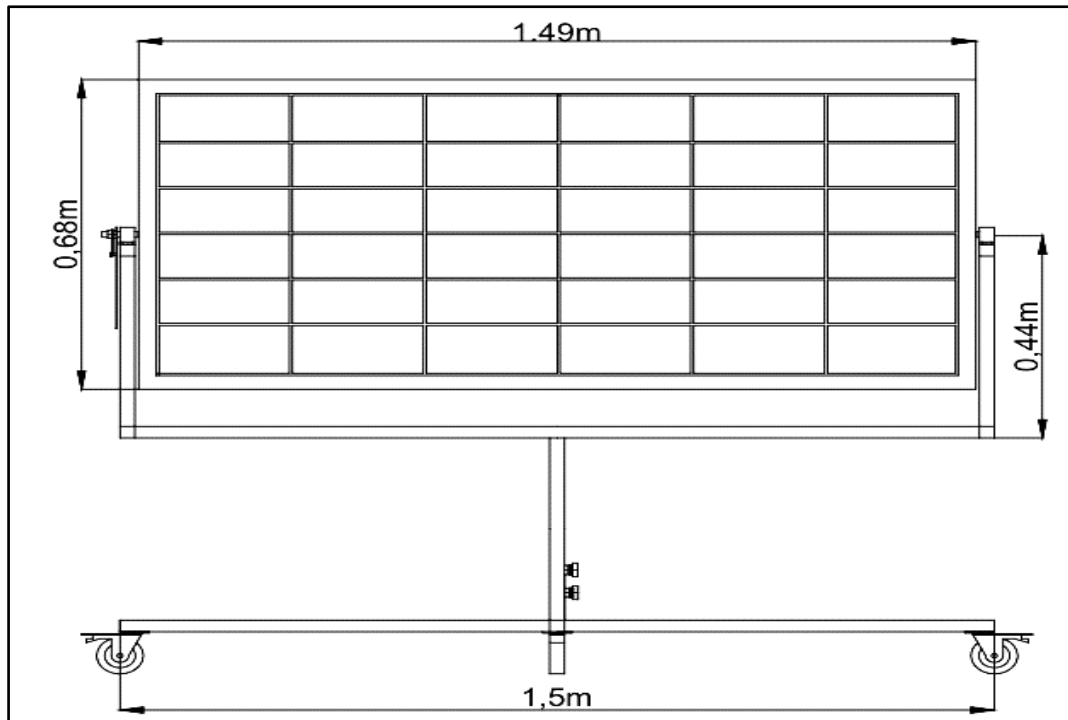
**Figura 9.** Diseño 3D de estructura de sistema fotovoltaico.

En la Tabla 3, detalla la ficha técnica de la estructura utilizada para el soporte del módulo fotovoltaico. En la Figura 10, se observa las dimensiones del soporte del módulo solar y la estructura de soporte.

**Tabla 3**

*Especificaciones técnicas de la estructura del sistema fotovoltaico.*

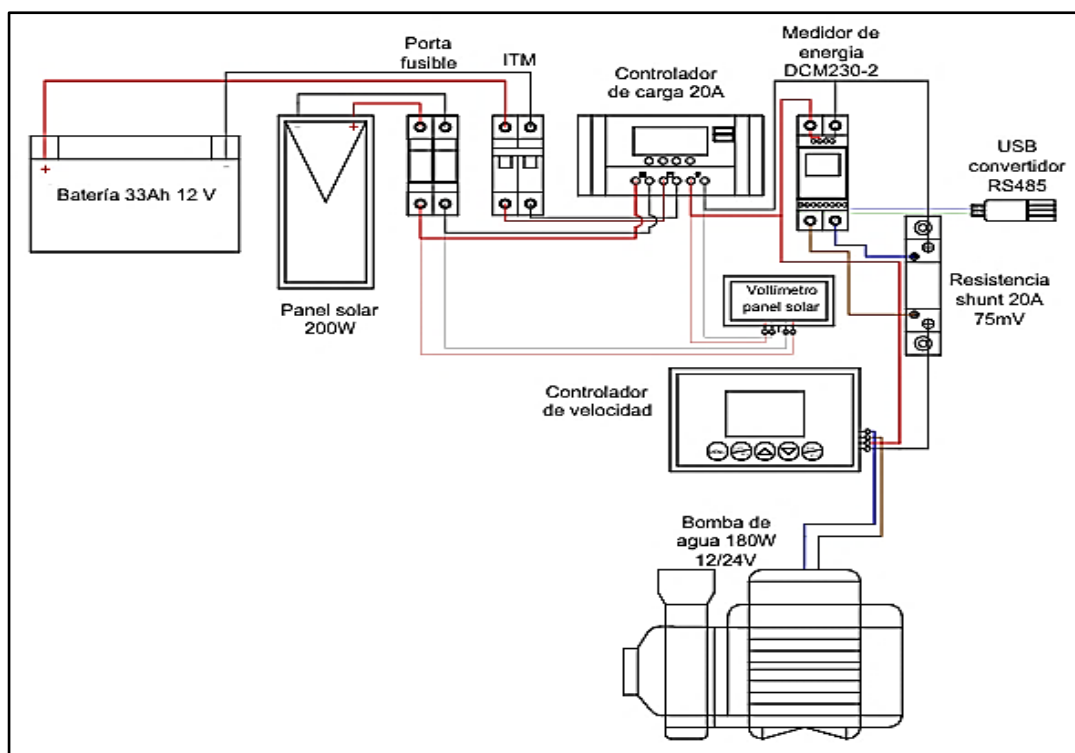
<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Dimensiones</b>
Largo	m	1.5
Ancho	m	1.5
Altura	m	0.84
Peso teórico estructura	kg	45
Regulador de ángulos	°	0-55°
Potencia panel	W	200



**Figura 10.** Dimensiones del sistema fotovoltaico.

### 3.5. Diseño del sistema de control

En la Figura 11, detalla las conexiones del sistema de bombeo solar que se encuentra dentro del gabinete. El panel va conectado directamente al controlador de carga pasando por el portafusibles siendo el sistema de protección en caso de haber sobre corrientes o cortocircuitos, por otro lado la batería va conectada a través de un ITM siendo el accionador del sistema para el encendido y apagado del sistema, el medidor de energía está conectado a las bornas del controlador alimentando con 12 voltios, 20 amperios, así mismo el medidor esta conecta la resistencia shunt y el módulo convertidor RS485 a USB, por otro lado está el voltímetro digital que muestra el voltaje del panel, y por último el controlador de carga tiene la conexión desde el medidor hacia la bomba de agua, el cual controla la velocidad de la bomba de agua y a su vez puede ser manipulada para variar los tiempos de encendido y apagado del mismo.



**Figura 11.** Diagrama de conexiones del sistema eléctrico.

### 3.6. Materiales

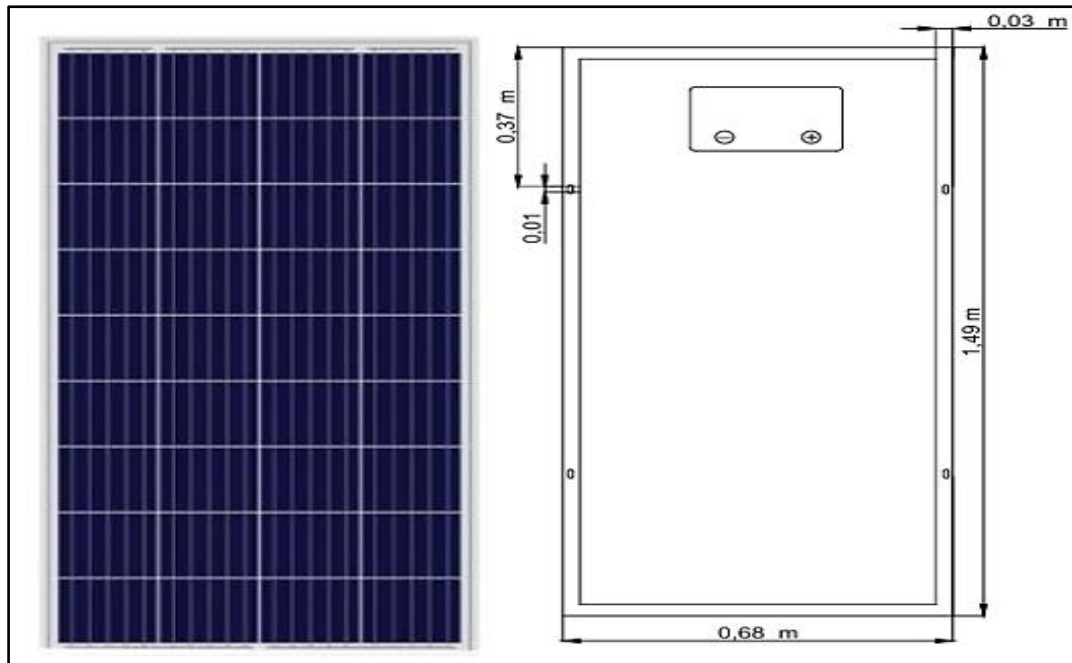
#### 3.6.1. Panel solar

Es un elemento que convierten en energía fotovoltaica. Combinación por células fotovoltaicas de silicio que obtienen (CC) donde son mostradas al sol. Su principal función en el sistema es la de cargar a la batería.

**Tabla 4**

*Especificaciones técnicas del panel solar.*

Especificaciones				
Tipo de modelo	TAI-M200W			
Tipo de celda solar	Mono 158.75*158.75cell			
Numero de celdas	36			
Fecha	May.2020			
Pm	Vmp	Imp	Voc	Isc
200w	18.89V	10.59A	22.58V	11.33A
Voltaje máximo	1000V(IEC)			
Ordenación máxima del fusible en serie	15A			
Dimensiones	1490*680*35mm			
Peso	11.5 kg			
Tolerancia de salida	0-3%			
Condición de prueba estándar temperatura de funcionamiento	1000W/m <sup>2</sup> AM 1.5,25°C (- 40 °C ; + 85°C)			
garantía de fabricación	12 años			



**Figura 12.** Dimensiones panel solar 200 W.

### 3.6.2. Batería

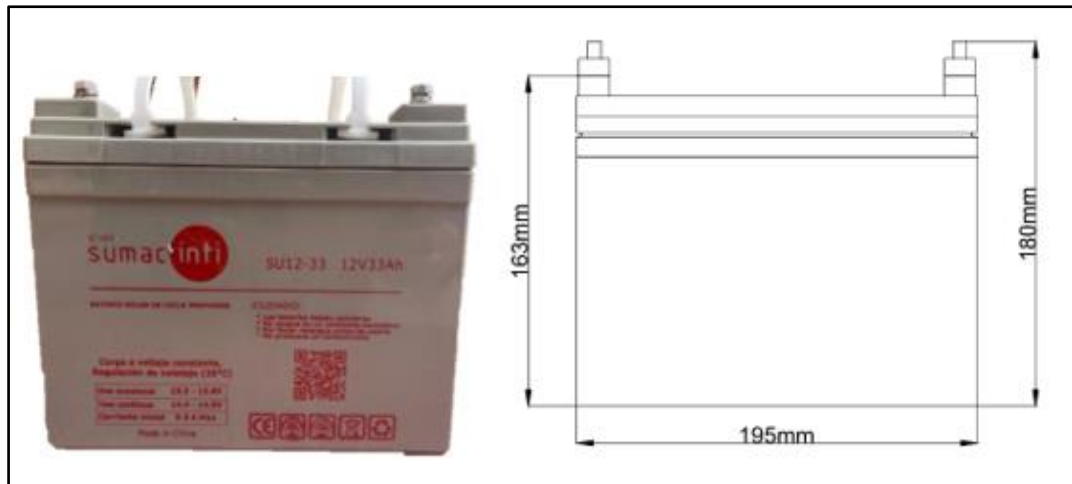
Es un componente esencial en el sistema de bombeo solar fotovoltaico, especialmente si requiere almacenamiento de energía para uso durante periodos de baja radiación solar o en horas nocturnas. Su función principal es almacenar la energía fotovoltaica, permitiendo que el motor de agua opere de manera continua, independientemente de la disponibilidad inmediata de la luz solar.

La batería del grupo Sumac Inti SU12-33 es una batería monobloc sellada de tecnología AGM (absorbed Glass Mat) 12V 33Ah libre de mantenimiento.

**Tabla 5**

*Especificaciones técnicas de la batería.*

<b>Especificaciones</b>	<b>Valor</b>
Dimensiones	195*130*180mm
Voltaje	12V
Capacidad	33Ah
Peso	Aprox. 10.2 kg
Rango de temperatura de funcionamiento normal	25°C±5°C
Terminal	Terminal F7/F11



**Figura 13.** Dimensiones Batería 12V 33 Ah.

### 3.6.3. Controlador de carga

Es un componente indispensable. Su primordial acción es estabilizar la cantidad de energía que va desde los paneles hacia la batería esto evita que las baterías se sobrecarguen en exceso, protegiéndolas y prolongando su vida útil, además, el controlador de carga puede gestionar la distribución de energía hacia otros componentes del sistema, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro.

**Tabla 6**

*Especificaciones técnicas del controlador de carga.*

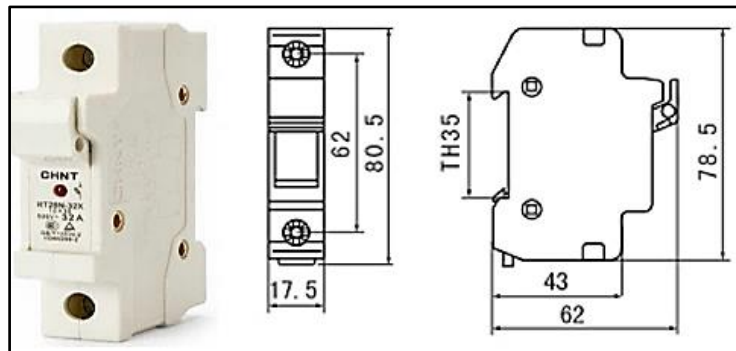
Características	Controlador PWM-E-20A
Tensión de batería	12V 24V
Corriente de carga	20 A
Descarga actual	10, A
Entrada solar máx.	48V (para batería de 24V) 24V (para batería de 12V)
Ecuilibración	14.4V (sellado) 14.2V(Gel) 14.6V (inundación)
Carga flotante	13.7V(por defecto, ajustable)
Parada de descarga	10.7V(por defecto, ajustable)
Reconexión de descarga	12.6V(por defecto, ajustable)
Reconexión de carga	13V
Voltaje DE LA LUZ abierta	Panel solar 8V (Retardo de luces)
Voltaje de luz cercana	Panel solar 8V (Retraso del apagado)
Salida USB	5V/3A
Autoconsumo	<10mA
Temperatura de funcionamiento	(-35°C; +60°C)
Tamaño	133.5*70*35mm



**Figura 14.** Dimensiones controlador de carga 20<sup>a</sup>. Fuente: SICO SOL S.R.L., (2024).

### 3.6.4. Portafusibles y fusible

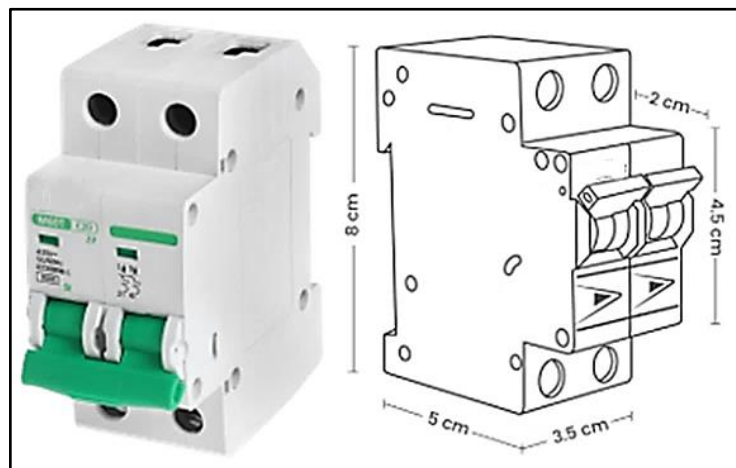
Contiene fusibles de 20A que protegen los componentes eléctricos de sobre corrientes. Está instalado después del panel solar a su vez funciona con un interruptor al deshabilitar los fusibles cortando la energía proveniente de los paneles.



**Figura 15.** Dimensiones portafusibles 20A (AutoSolar, 2024).

### 3.6.5. Interruptor termomagnético

Es la pieza de seguridad muy usual en sistemas eléctricos para cuidar los conductores eléctricos.



**Figura 16.** Dimensiones interruptor termomagnético 20A (AutoSolar, 2024).

### 3.6.6. Resistencia shunt

Mide la corriente que pasa por el sistema, este dispositivo se conecta en serie con la carga, asimismo trabaja con el medidor de energía DCM-230 DC.

**Tabla 7**

*Características técnicas de la resistencia shunt.*

<b>Especificaciones generales</b>	<b>Resistencia shunt</b>
Voltaje	75mV
Corriente	20A
Precisión	clase 0.5
Dimensiones	12x2,5x1,5 cm (largo, ancho, alto)
Peso neto	60g



**Figura 17.** Resistencia shunt 20A 75mV. Fuente: Electric Option, (2024).

### 3.6.7. Medidor de energía EASTRON DCM-230 DC

Monitoriza el consumo de energía del sistema ya sea potencia, tensión, corriente y energía esta se conecta junto a la resistencia shunt de 20A 75mV para su correcto funcionamiento.

**Tabla 8**

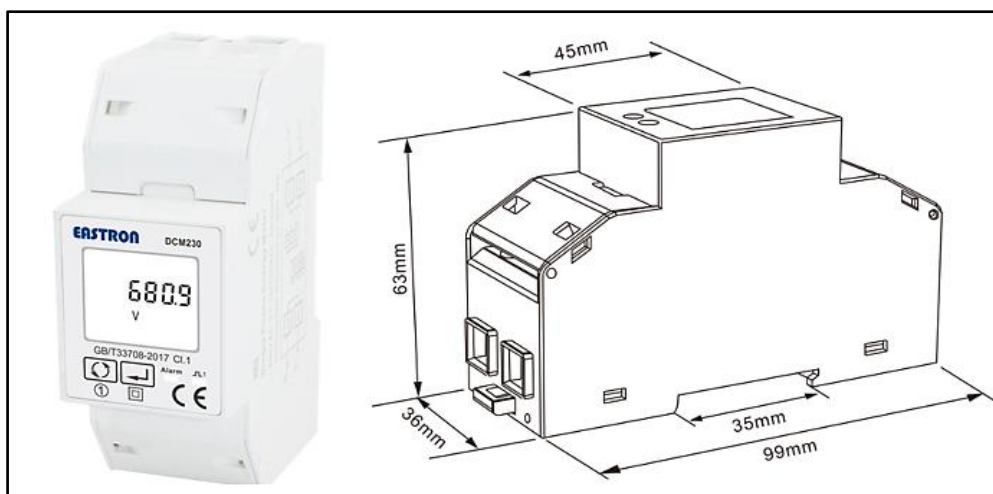
*Características técnicas del medidor de energía EASTRON DCM-230.*

<b>Especificaciones generales</b>	<b>DCM-230-2</b>
Entrada de voltaje DC	5-300V DC - 1000V DC
Suministro Auxiliar	9-60V DC(DCM230-2)
Entrada de derivación de DC	75mV (por defecto)
Alcance actual	0-2000A
Consumo de energía	≤ 2W/5VA
Resistencia de voltaje AC	4400V/1min
Tensión de impulso	6.4kV-1.2/50μS formas de onda
Duración de salida de impulsos	1,10,100,1000imp/kWh (por defecto)

**Tabla 8** (Continuación)

*Características técnicas del medidor de energía EASTRON DCM-230.*

Duración del pulso	60,100 (por defecto), 200mS
Indicador de salida de pulso	total, kWh/importación kWh/exportación kWh
Display	LCD con retroiluminación
Max. Lectura	999999.9kWh
Peso	220g
Estándar	GB/T33708-2017
Clase de precisión	1 (desviación de medición máx. 1%)



**Figura 18.** Dimensiones del medidor de energía Eastron DCM230DC (ZheJiang Eastron Electronic Co, 2023).

### 3.6.8. Voltímetro digital

Este dispositivo mide el voltaje de salida del panel solar además de ellos, se alimenta con 12 voltios que proviene de la salida del controlador de carga.

**Tabla 9**

*Características técnicas del voltímetro digital.*

Especificaciones	Voltímetro JY5135-V
Modelo	JY5135-V
Voltaje de alimentación	A/DC12V
Voltaje máximo de testeo	0-100V DC
Display	100,0
Power	1; 2 PIN
Input	4; 5 PIN



**Figura 19.** Voltímetro digital 12V DC JY5135-V.

### 3.6.9. Controlador de velocidad PWM 12V (Speed controller)

Regula la velocidad de la bomba controlando el voltaje de entrada, este dispositivo va conectado de la salida del controlador de carga y la resistencia hacia la bomba de agua, puede trabajar en automático y manual, así como también la inversión de giro FWD a REV programando con tiempos si es necesario.

**Tabla 10**

*Características técnicas del controlador de velocidad PWM.*

<b>Especificaciones</b>	<b>Speed controller</b>
Dimensiones	136*89*37mm
Voltaje de entrada	10-55V
Voltaje de salida	línea bajo carga
Controlador de velocidad	0-100%
Corriente continua	30A
Corriente instantánea	40A
Clase de mando de marcha	ajuste de corriente
Forma de mando de marcha de ajuste	jog+-
Nivel de velocidad	0-100%
Tiempo	si
Frecuencia de mando	15kHz
Forma de cableado	bloque terminal de valla
Motor de soporte	motor cepillo
Pantalla digital de velocidad	porcentaje de 0-100%



**Figura 20.** Controlador de velocidad PWM (speed controller) 30A.

### 3.6.10. Modulo convertidor RS485 USB

Es un dispositivo esencial que permite la conexión entre un ordenador y un microcontrolador RS485 que proviene del medidor estos datos pueden mostrarse en el software LABVIEW según su programación.

**Tabla 11**

*Características del módulo convertidor RS485a USB.*

Especificaciones generales	Modulo convertidor RS485-USB
Sistema de apoyo	Windows XP, Vista, Windows 7, Linux, MacOS
Admite rango de velocidades en baudios	75bps-115200bps, hasta 6Mbps
Rango de temperatura de trabajo	(-40°C_+85°C
Distancia de comunicación	1200m (máx.)
Dimensiones	53.5*17.9*13mm
Peso	7.55g



**Figura 21.** Dimensiones modulo convertidor RS485 a USB (Naylamp Mechatronics - Perú, 2023).

### 3.6.11. Bomba de agua 180W

Es el elemento que bombea el agua desde la cisterna hasta el reservorio del prototipo en otros casos del pozo o cisterna hacia el tanque elevado de una vivienda, el cual bombea el agua con la potencia necesaria para alcanzar la altura y distancias requeridas.

**Tabla 12**

*Características de la bomba de agua 180 W.*

<b>Especificaciones generales</b>	<b>Bomba solar YSQB12V</b>
Voltaje	12V
Potencia	180W
Caudal máximo	1.5m <sup>3</sup> /h
Máxima altura de succión	5 m
Máxima altura de elevación	15 m
Diámetro de entrada y salida de agua(pulgada)	1"
Dimensiones	12*16*26 cm



**Figura 22.** Electrobomba 180W 12/24V (Amazon, 2024).

### 3.6.12. Caudalímetro

Es un dispositivo capaz de medir el caudal del agua que bombea el sistema, este dispositivo está instalado en el ducto de impulsión de la bomba de agua, exactamente donde ingresa el agua hacia el reservorio.

**Tabla 93**

*Características del caudalímetro digital.*

<b>Especificaciones generales</b>	<b>Medidor de flujo de turbina digital</b>
Voltaje de funcionamiento	2,3-3,3 V
Calibre de conexión	1 "NPT

**Tabla 13** (Continuación)

*Características del caudalímetro digital.*

Presión máxima de trabajo	20bar
Unidad	L, gal, PT, Qt
Recuento único	0,00-9999,9
Temperatura de trabajo	-10 °C - 60 °C (-14 °F - 140 °F)
Tipo de batería	2 pilas AAA (incorporadas)
Precisión de la medida	± 1%
Rango de flujo	10-120 l/min
Repetibilidad	± 0.5%
Recuento acumulado total	0 - 99999
Líquido aplicable	diésel, urea, queroseno, gasolina
Peso del dispositivo	0.430 kg
Dimensiones del paquete (L x A x A)	11,00x7,50x6,00 cm/4,33x2,95x2,36 pulgadas



**Figura 23.** Flujómetro digital (Zamtsu, 2024).

### 3.6.13. Manómetro

Este dispositivo mide la presión del agua en el sistema.

**Tabla 104**

*Características del manómetro*

<b>Especificaciones generales</b>	<b>Manómetro 90psi glicerina</b>
Material	Metal
Rango	Rango 1/ rango 2(opcional)
Medición	Rango 2: 0 ~ 90psi / 0 ~ 6bar
Diámetro de la placa del dial	50mm
Tipo de rosca	1/4 "NPT
Peso del artículo	58g
Peso del paquete	65g

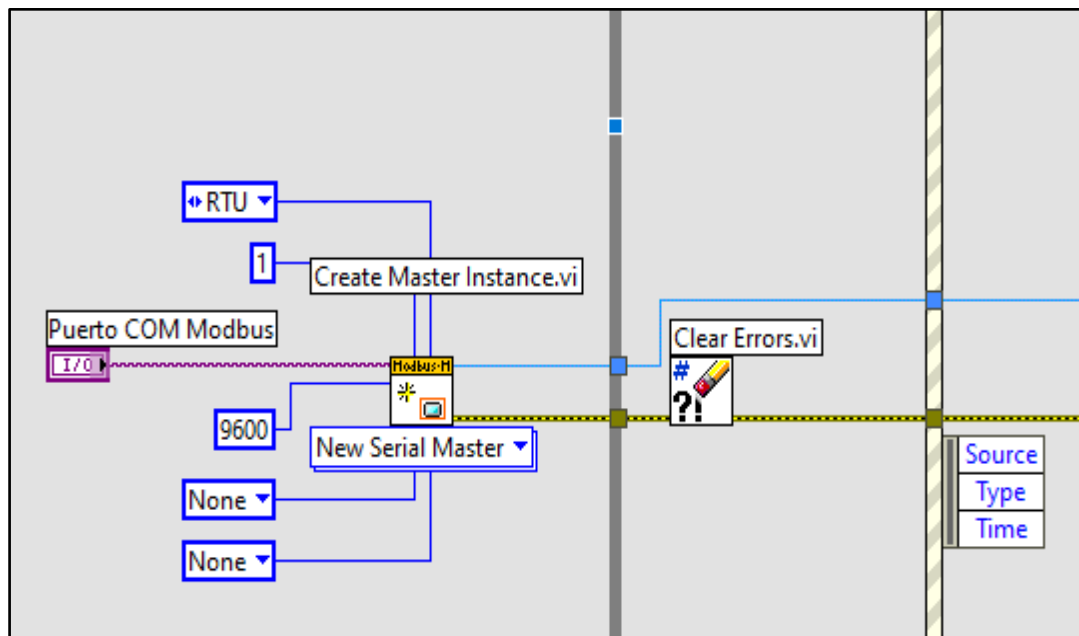


**Figura 24.** Manómetro 90PSI (Elaboración propia).

### 3.7. Software de monitoreo del prototipo

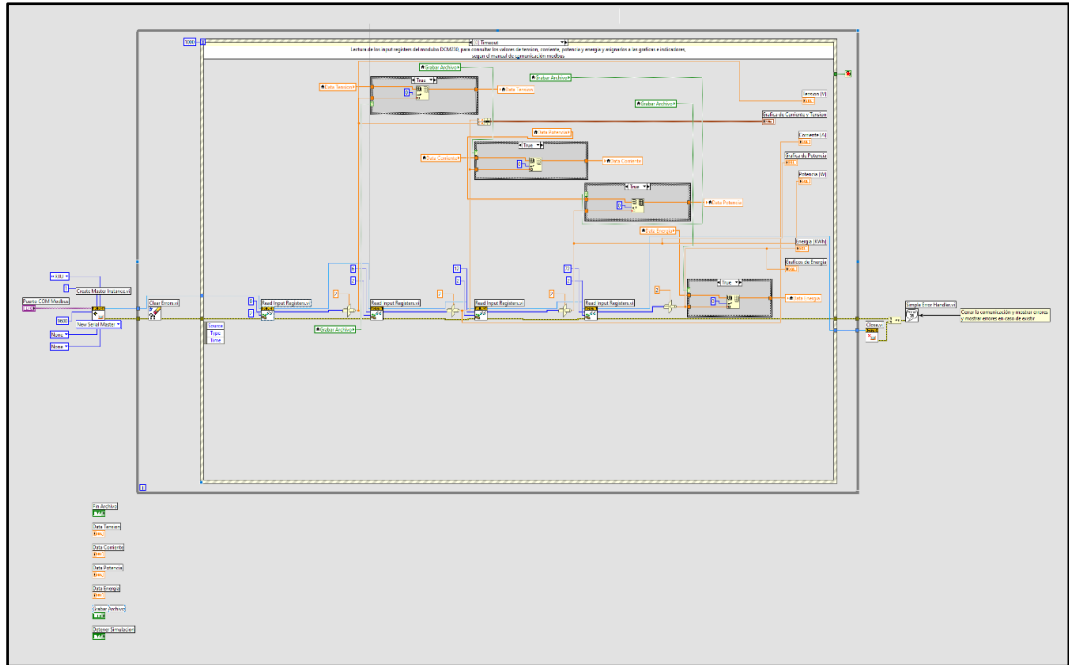
#### 3.7.1. Diseño de interfaz de monitoreo

En la figura 25 podemos observar la configuración del puerto serial de comunicación COM modbus RTU el cual hace posible la comunicación con el medidor de energía con tasa de baudios de 9.6k, la instancia maestra modbus para realizar operaciones de lectura y escritura en esclavos modbus.



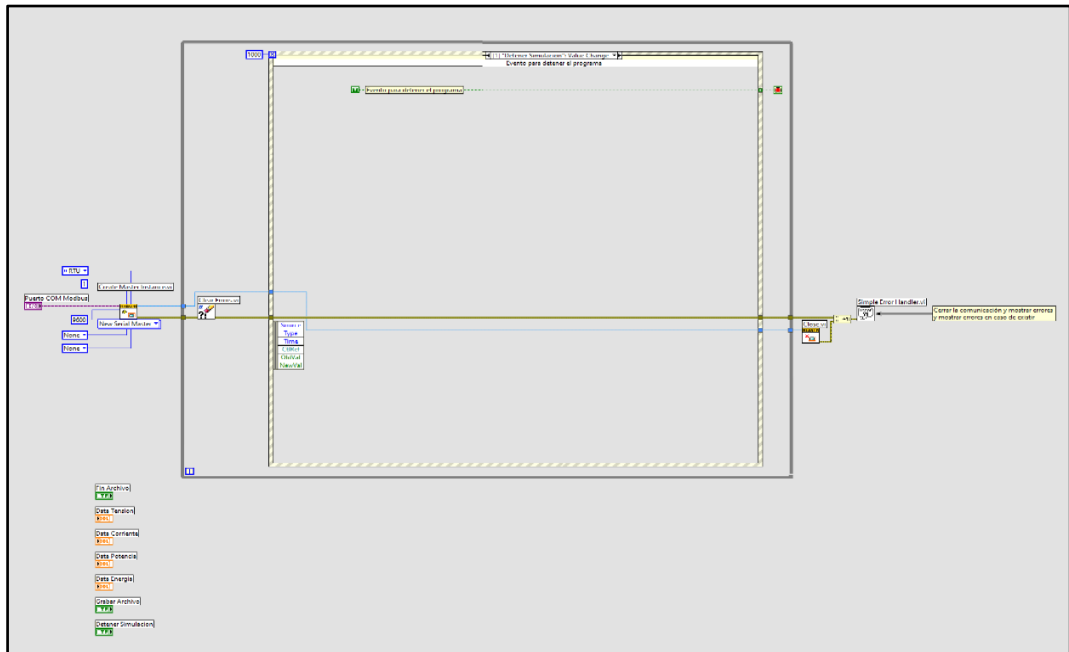
**Figura 25.** Puerto de comunicación serial Modbus, del medidor de energía.

En la ventana de [0] Timeout, lectura los inputs registers del modbus DCM230, para consultar los valores de (V), (I), (W), (Wh) y asignarlos a las gráficas e indicadores según el manual de comunicación modbus. Lee valores de entrada contiguos. El número máximo de registros de entrada que este VI puede leer es 125,



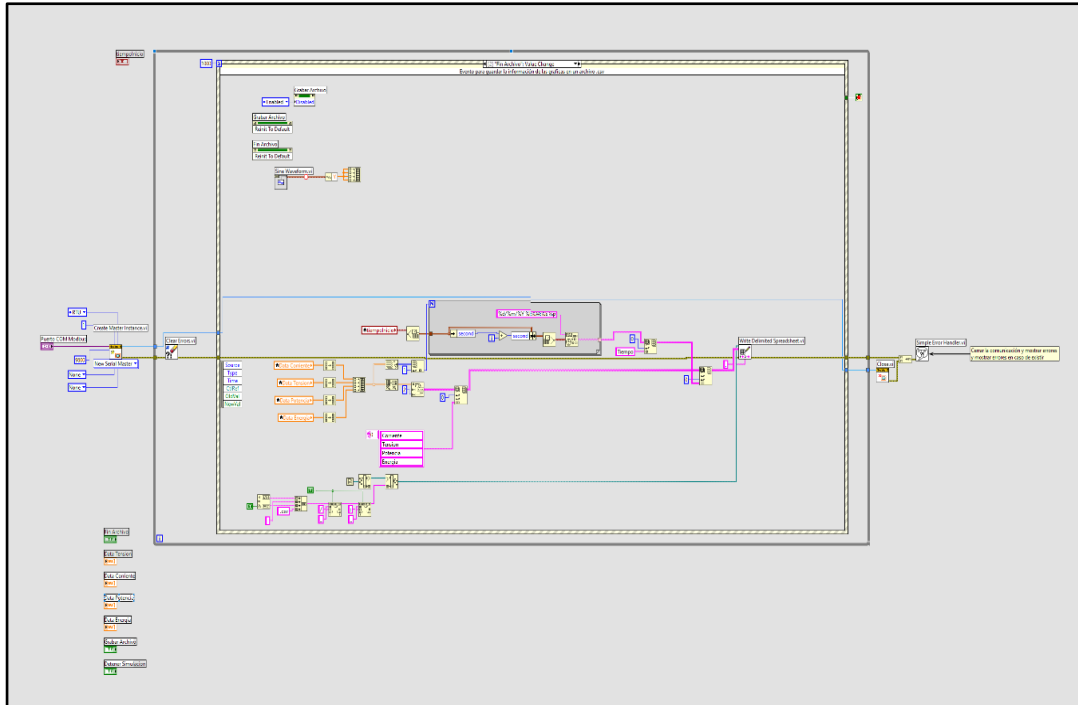
**Figura 26.** Ventana Timeout lectura de input registers de cada parámetro.

En la ventana de [1] “Detener simulación”: Value change, es donde está configurado el evento para detener el programa cortando la lectura de datos.



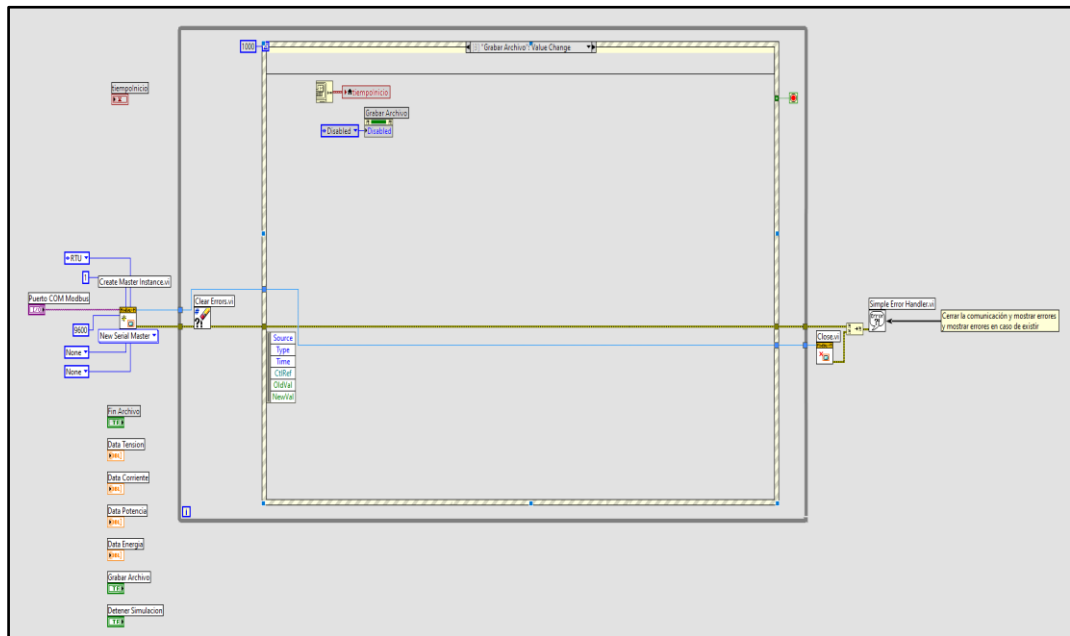
**Figura 27.** Configuración para detener el programa.

En la ventana de [2] “Fin archivo”: Value change, es donde está configurado el evento para guardar la información de las gráficas en un archivo .csv en formato de tiempo real 1 dato por segundo.



**Figura 28.** Configuración para guardar información de las gráficas en formato .csv.

Como parte final de las configuraciones en la ventana [3] “Grabar archivo”: Value change, está la configuración de pulso para empezar a grabar los datos en tiempo real desde el tiempo actual.



**Figura 29.** Configuración para grabar archivo desde el tiempo actual.

### 3.7.2. Interfaz de monitoreo

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es una plataforma de desarrollo y un entorno de programación gráfica creada por National

Instruments (NI). Es ampliamente utilizada en ingeniería, investigación y desarrollo para la adquisición de datos como se aplicó para este prototipo de bombeo, el control de instrumentos y análisis de señales entre otros, así mismo en este prototipo se ve aplicado para adquirir datos de Voltaje, corriente, potencia y energía, los cuales son muy importantes para poder realizar investigaciones y determinar la eficiencia de su componente principal que es la bomba de agua de 180W.

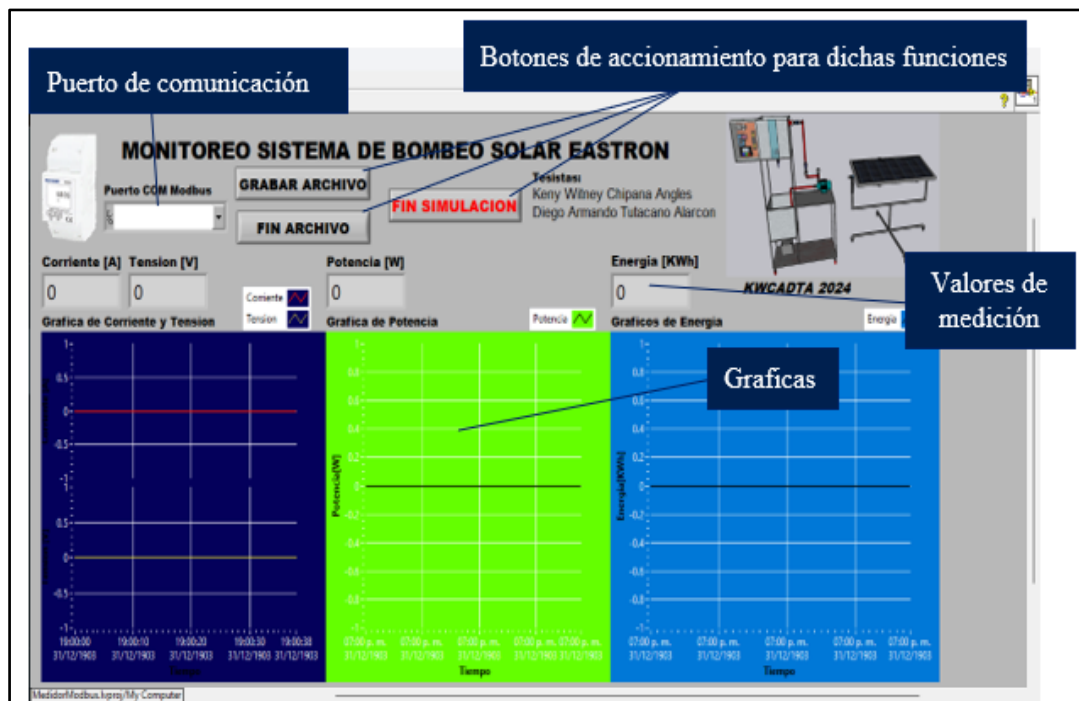
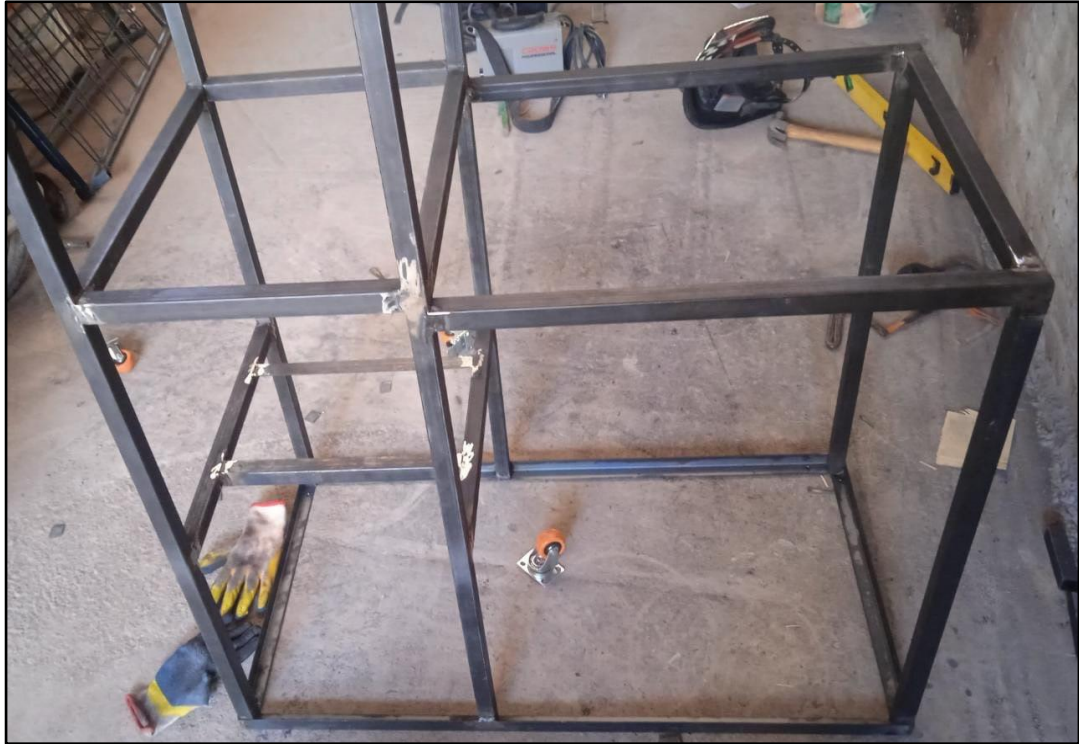


Figura 30. Interfaz labVIEW de monitoreo de bombeo solar.

### 3.8. Proceso constructivo del prototipo didáctico.

#### 3.8.1. Estructura

En la estructura se usó los tubos de acero LAC cuadrados de 1"x1" tanto para la estructura del panel como para la estructura del banco de pruebas propiamente dicho. Para el ensamblado de las piezas se usó soldadura y para el recubrimiento de la estructura se usó pintura base zincromato la cual evita que la estructura metálica se oxide y tenga mayor durabilidad puesto que al realizar las pruebas hidráulicas está sujeto a goteos y salpicaduras. En la Figura 31, se muestra la construcción de la estructura metálica de soporte y en la Figura 32, apreciamos la estructura en secado al exterior de la pintura base zincromato.



**Figura 31.** Trabajos en metalmecánica, unión de piezas con soldadura.



**Figura 32.** Base de estructura del módulo fotovoltaico con aplicación de pintura base zincromato.

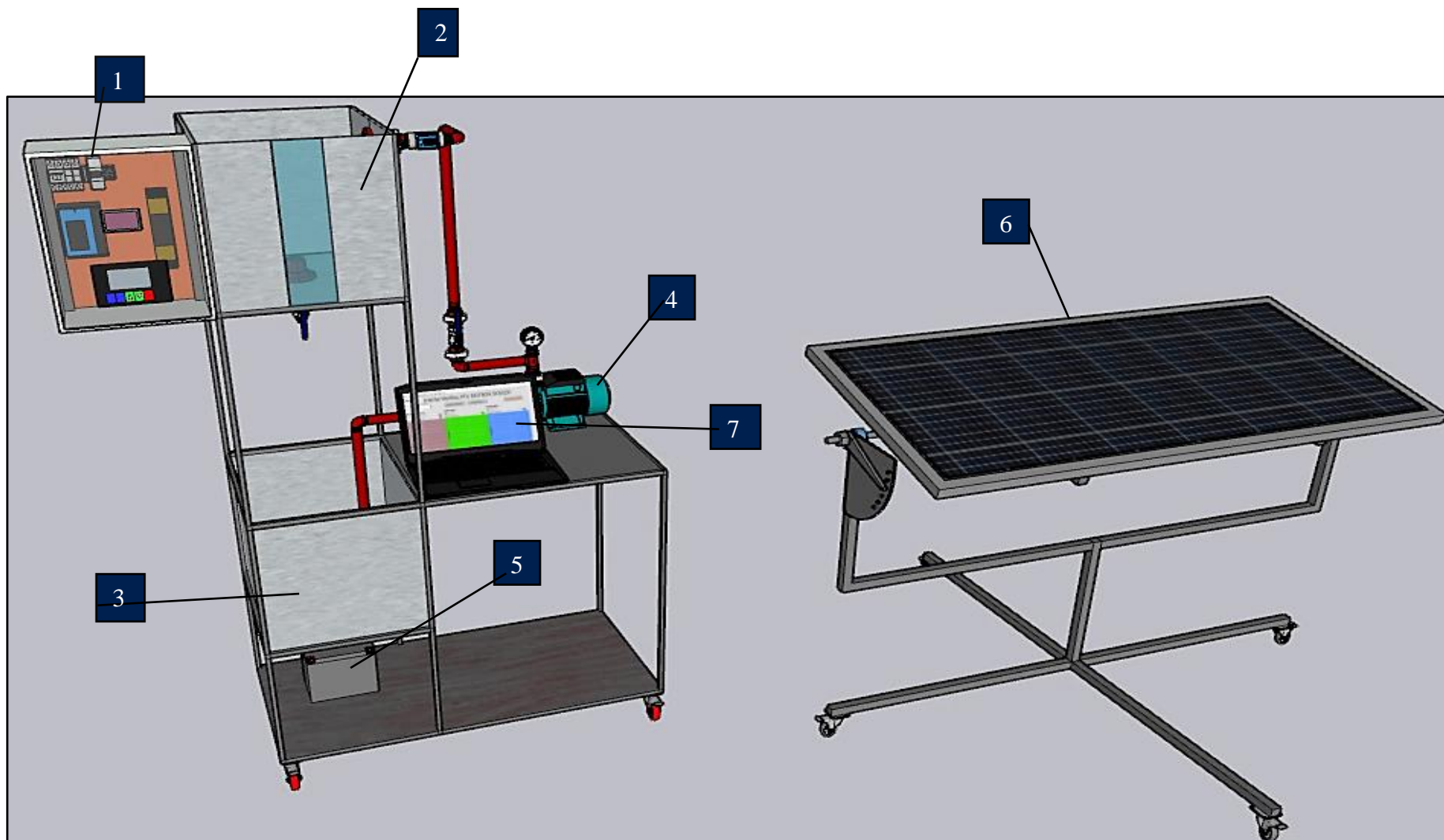
Por otro lado, en la Figura 33, se presenta la estructura final del panel fotovoltaico como del banco de pruebas, se ha colocado a ambos las garruchas con freno para la transportabilidad y aseguramiento.



**Figura 33.** Estructura metálica final.

### **3.9. Implementación del prototipo didáctico**

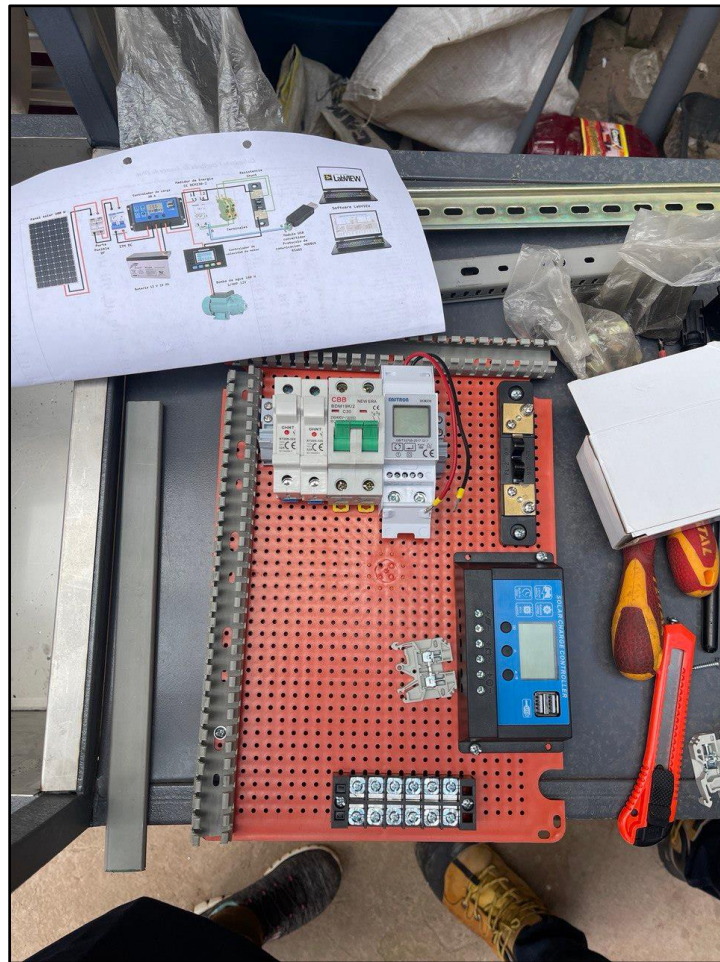
En la Figura 34, podemos observar los componentes y las partes del prototipo terminado que fueron diseñadas en software de modelado 3D en la plataforma Sketchup 2021, una plataforma con facilidades de manejo a escala real.



**Figura 34.** Prototipo didáctico de bombeo solar. (1) tablero de control, (2) reservorio superior de 66 lt, (3) cisterna inferior de 60 lt, (4) bomba de agua de 180W 12/24V, (5) batería de 33 Ah 12 V, (6) módulo fotovoltaico de 200W, (7) laptop de monitoreo.

### 3.10. Instalación del sistema eléctrico

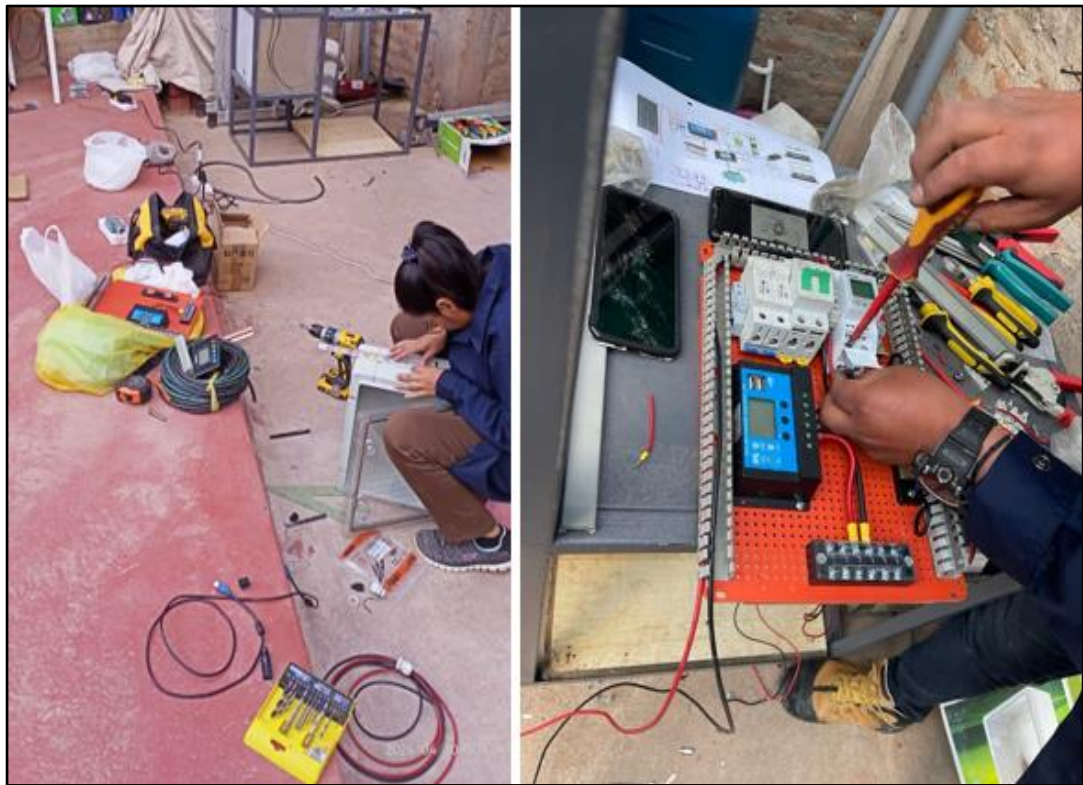
El sistema eléctrico es la parte esencial del sistema de bombeo, para su funcionamiento en base a la Figura 11 que se mostró anteriormente podemos observar las conexiones a realizar y en la Figura 35, observamos las conexiones realizadas en el gabinete de control. Se colocó los componentes uno por uno ubicándolos en una posición determinada considerando que al momento de hacer la conexión definitiva entre los componentes no haya interferencias ni cruce de cables.



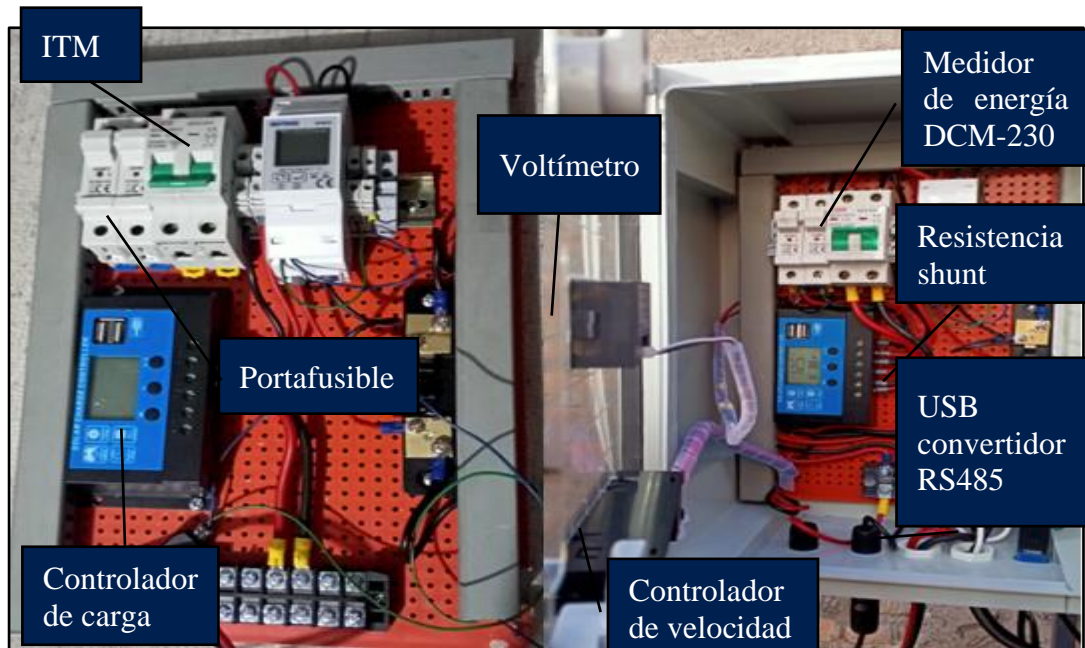
**Figura 35.** Ubicación tentativa de los componentes.

Definida la posición de los componentes con la ayuda de conductores eléctricos: cables de distintos calibres y tamaños, el uso de borneras y terminales para conectar y terminar los conductores eléctricos en los componentes del tablero, se procede a conectar uno por uno; también se hizo uso de canaletas para proteger los cables dentro del tablero. Se uso marcadores numéricos para facilitar la identificación de componentes y cables para posterior mantenimiento. La Figura 36, muestran el ensamblado del tablero y en la Figura 37, evidencia el tablero con el sistema eléctrico y de controla terminado.

Dentro de las herramientas y equipos usados tenemos a destornilladores (estrella y plano), alicates, prensas terminales, pelacables, multímetro, caladora, nivel y cinta métrica.



**Figura 36.** Trabajos manuales de ensamblado de tablero.

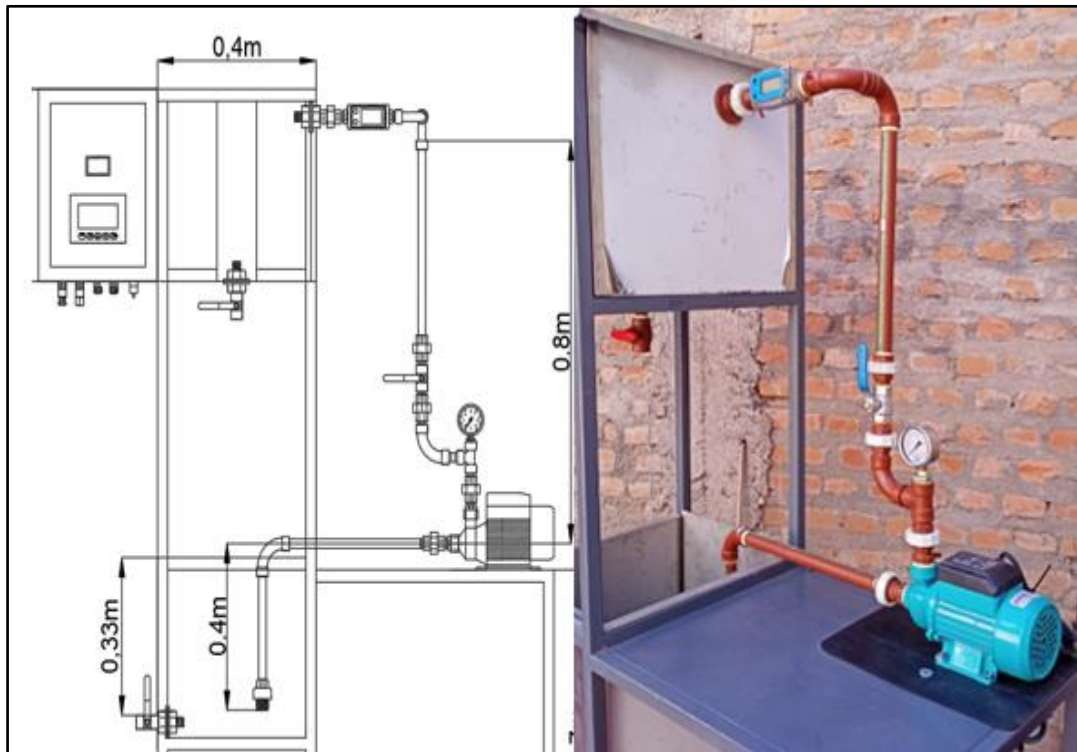


**Figura 37.** Conexiones eléctricas del sistema eléctrico y de control.

### 3.11. Procedimiento de pruebas a diferentes operaciones de bombeo solar

#### 3.11.1. Prueba de bombeo solar por 1 minuto conectado con panel

En esta prueba se realizó en el mismo prototipo a 0.8 metros de altura de impulsión ( $H_i$ ) y 0.4 metros de altura de absorción ( $H_a$ ) así nota en la Figura 38.



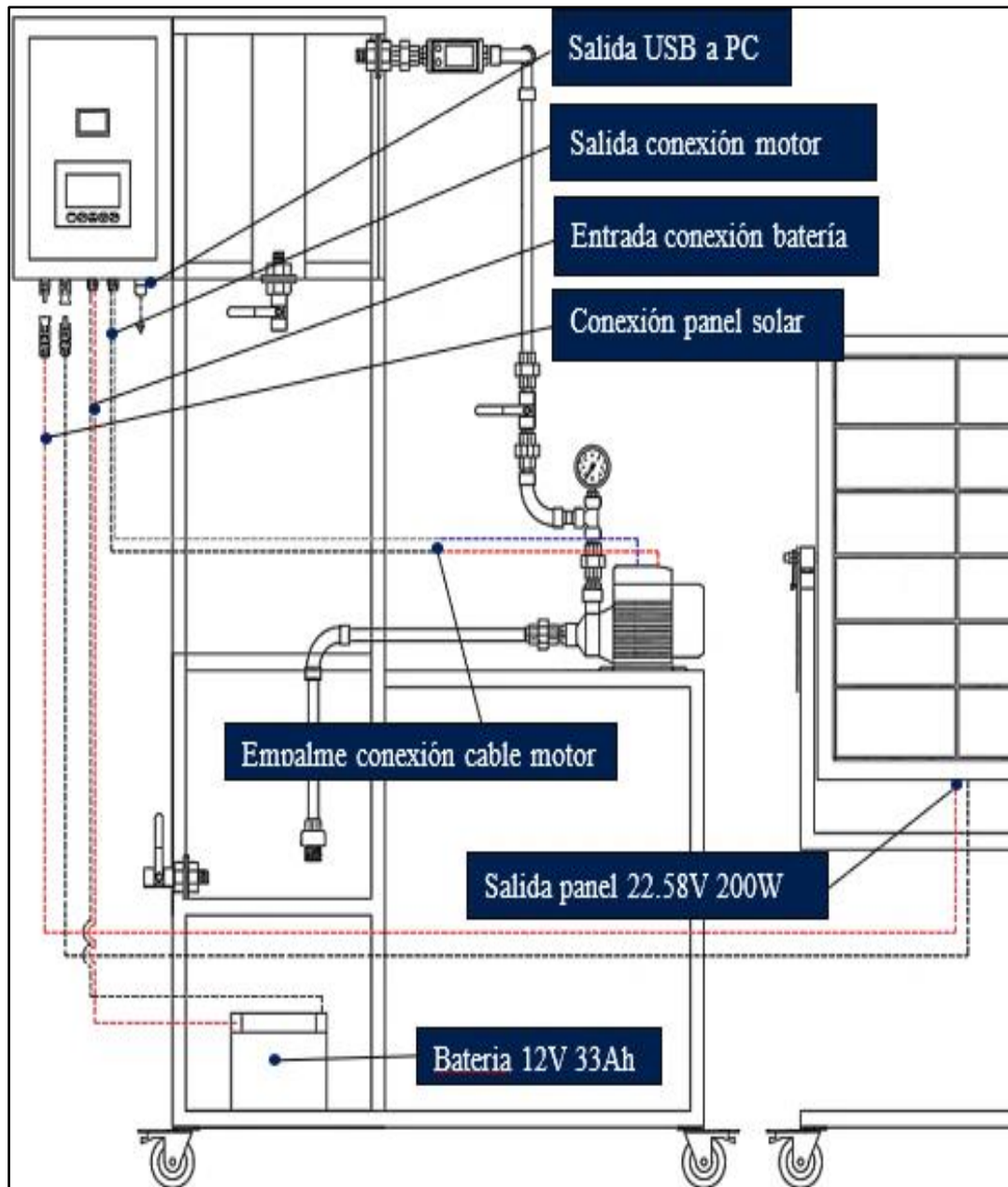
**Figura 38.** Altura de impulsión y succión.

Por otro lado, la orientación del panel solar debe estar en dirección norte graduado en  $15^\circ$  de inclinación, así se observa en la figura 39.



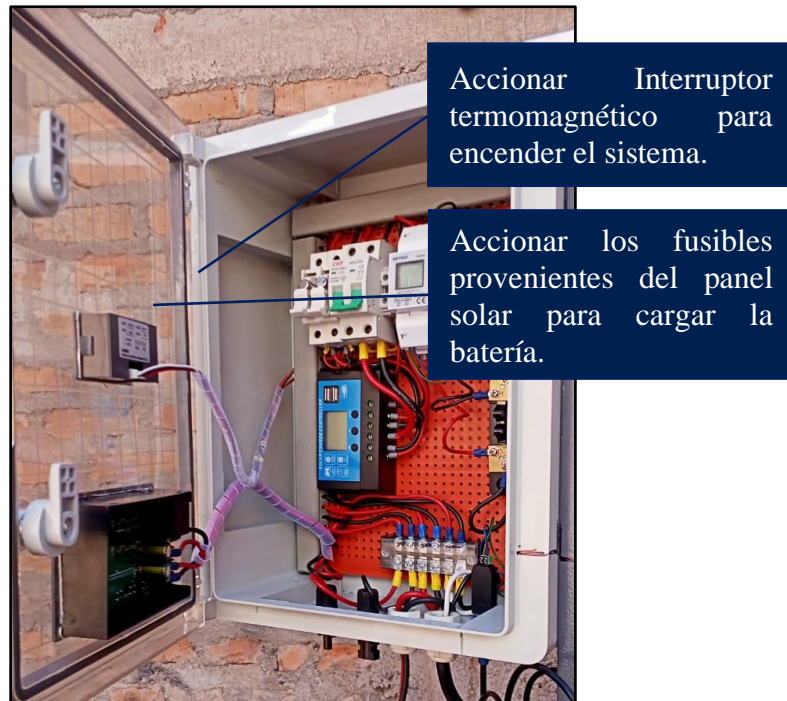
**Figura 39.** Orientación norte del sistema fotovoltaico.

Después de instalar el sistema de bombeo y el fotovoltaico, realizar las conexiones eléctricas conectar el MC4 del panel, la batería y el motor (en caso de estar desconectado), asegúrese también de seguir las instrucciones del manual de operaciones y guía de prácticas que vienen acompañado al prototipo didáctico en la figura 40 se puede observar las partes a conectar y las salidas.



**Figura 40.** Conexiones eléctricas del sistema de bombeo.

Se concluyó el armado del tablero con las conexiones eléctricas y de control del sistema. El siguiente paso inicio con el manejo y operación del sistema de bombeo siguiendo las instrucciones del manual de operación.



**Figura 41.** Accionamiento de encendido del sistema.

Una vez que el sistema este encendido programar el controlador de velocidad en la función 6 para ajustar el tiempo en modo manual el tiempo de funcionamiento y establecer por 1 minuto o más dependiendo de la operación que va realizar. Para mayor detalle de otras formas de configuración revisar el manual de operación.

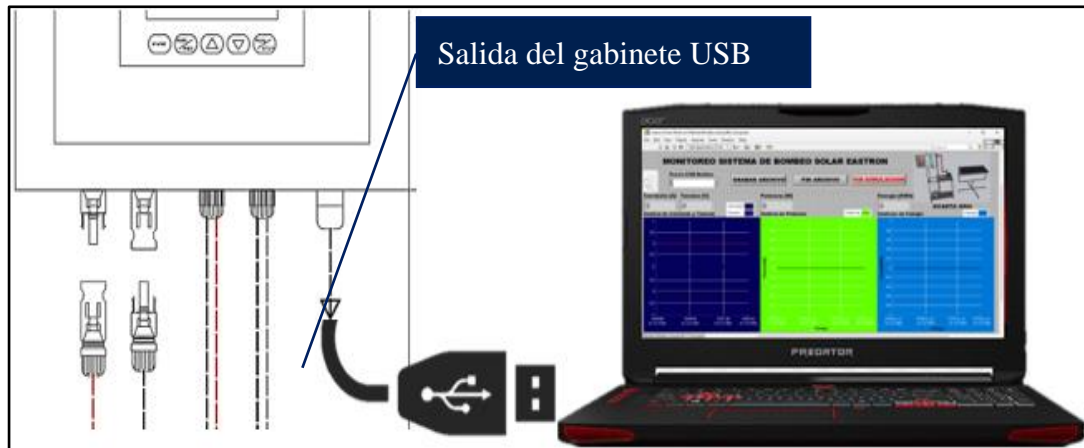
Presione MENU 7 veces, para ingresar a la función 6. El tiempo límite predeterminado es de 99 h, 59 min y 59 s. Presione FWD/REV para cambiar horas, minutos y segundos. Presione botón verde (más) (menos) para aumentar o disminuir. Presione (RUN/STOP) para guardar y salir.



**Figura 42.** Indicaciones de configuración de función 6.

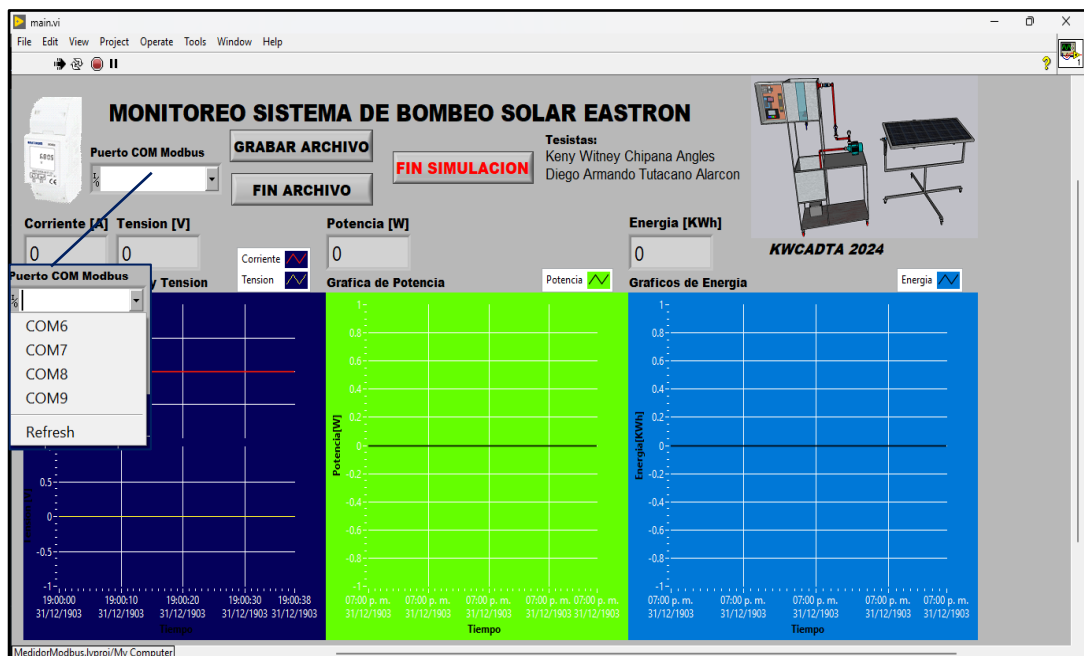
Como siguiente paso después de programar el tiempo de funcionamiento conectar la salida USB del sistema de monitoreo hacia la laptop en donde debe estar abierto el software LABVIEW con el programa.

**Nota:** Acomodar el ordenador en un lugar seco, donde no pueda llegarle la salpicadura del agua.



**Figura 43.** Conexión USB del sistema de monitoreo.

Al abrir el programa se muestra la interfaz de monitoreo de LabVIEW, podemos ver diferentes acciones para el proceso de observar y archivar los parámetros de tensión, corriente, potencia y energía. En el siguiente paso a realizar debe deslizar las opciones de conexión del puerto COM4 o 5.



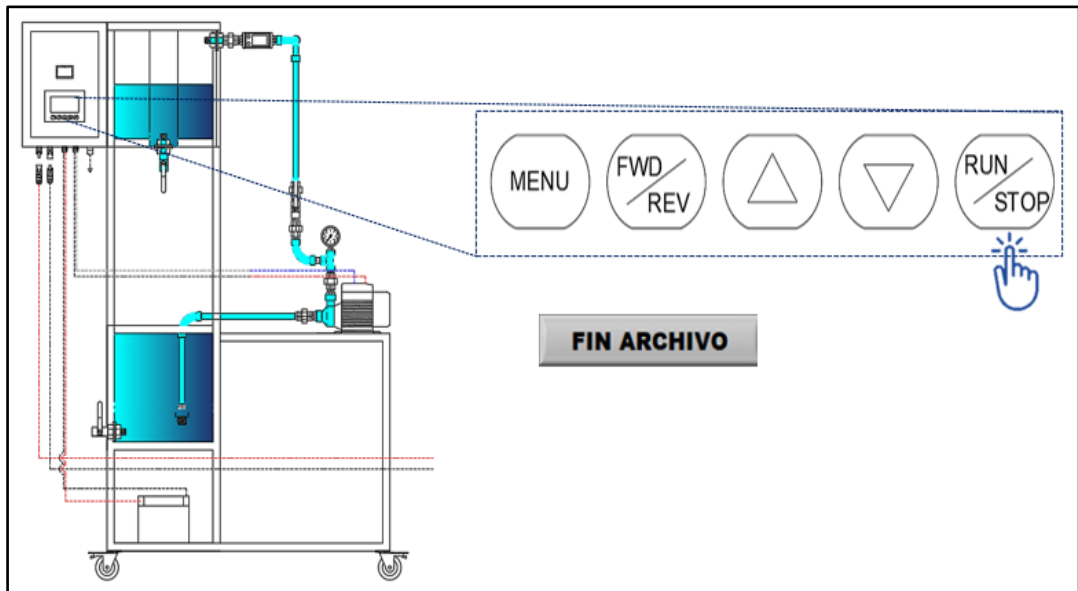
**Figura 44.** Lista de puertos de comunicación COM.

Luego de conectar para empezar a grabar el archivo antes de entrar en funcionamiento el bombeo, debe hacer clic en el botón grabar archivo hasta que el bombeo llegue a su tiempo de funcionamiento que en este caso es programado en 1 min luego de eso, presionar fin archivo para que automáticamente se guarde el archivo.



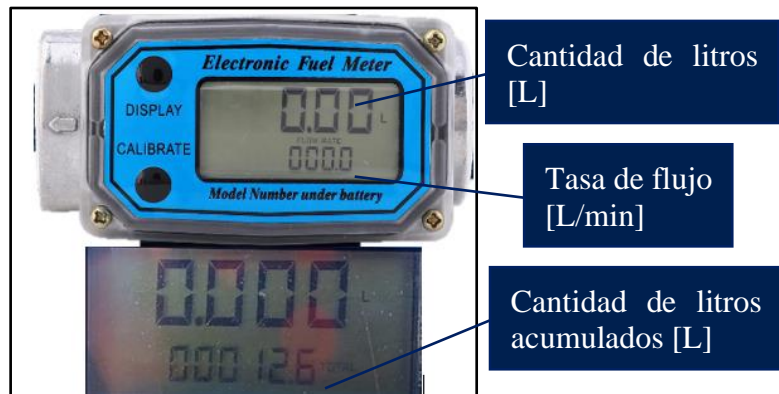
**Figura 45.** Secuencia de grabar un archivo.

A continuación, para el encendido deberá presionar el botón RUN/STOP para bombear el agua de la cisterna al reservorio de manera cíclica y al finalizar el tiempo de operación presionar botón fin archivo, el sistema se apagará de acuerdo al tiempo de programación que configuro anteriormente.



**Figura 46.** Botón de inicio de funcionamiento del motor.

Anotar los datos obtenidos del caudalímetro, a cada altura que se está midiendo, anotar la cantidad acumulada y los litros por minuto que fluyen internamente.



**Figura 47.** Valores medidos del caudalímetro.

Anotar la presión que va aumentado de a cada altura testada.



Lectura de presión del manómetro en [psi] y [bar]

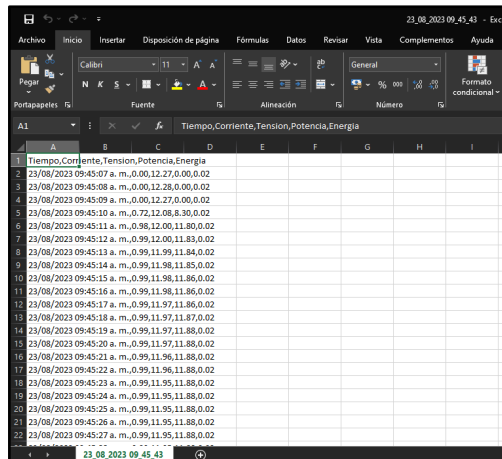
**Figura 48.** Lectura del manómetro en pleno funcionamiento.

Una vez que finalice la el proceso de obtención de datos en el tiempo establecido de funcionamiento el archivo se guardará automáticamente, para ello deberá dirigirse a la carpeta del mismo programa [E:\ Medidor\_Modbus] en donde podremos encontrar el ultimo archivo medido con la fecha y hora en tiempo real en formato .csv.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
23_08_2023 08_06_23 a. m.	23/08/2023 09:06	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_20_45	23/08/2023 09:20	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_20_46	23/08/2023 09:20	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_20_47	23/08/2023 09:20	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_23_20	23/08/2023 09:23	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_43_04	23/08/2023 09:43	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_45_43	23/08/2023 09:45	Archivo de valores...	2 KB
23_08_2023 09_49_10	23/08/2023 09:49	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_49_12	23/08/2023 09:49	Archivo de valores...	1 KB
main	23/08/2023 09:06	LabVIEW Instrume...	114 KB
MedidorModbus.alias	23/08/2023 08:17	Archivo ALIASES	1 KB
MedidorModbus.Mps	18/08/2023 10:17	Archivo LVLPS	1 KB
MedidorModbus	18/08/2023 10:17	LabVIEW Project	6 KB

**Figura 49.** Secuencia de ubicación del último archivo guardado.

Finalmente, luego de encontrar el archivo al abrir el mismo podrá observar los datos que están en formato .csv el cual puede hacer tratamiento de datos en cualquier otra plataforma o en el mismo ordenando los datos en texto en columnas delimitados por coma para poder realizar graficas en el mismo.



**Figura 50.** Interfaz del archivo de Microsoft Excel .csv.

### 3.11.2. Prueba de bombeo solar por 1 minuto conectado sin panel

Para este proceso se debe tener en cuenta los mismos pasos que se mencionó en el ítem anterior, pero en este caso desconectar el panel solar y monitorear el sistema de bombeo funcionando por un minuto.

### 3.11.3. Prueba de bombeo solar por media hora

En este caso se repite los mismos pasos mencionados en la prueba de funcionamiento con panel por 1 minuto, pero en este caso se debe programar a 30 min de funcionamiento y monitorear.

Presione MENU 7 veces, para ingresar a la función 6.

Presione el botón FWD/REV para cambiar horas, minutos y segundos.

Presione botón verde (más) (menos) para aumentar o disminuir y dejar en 30 min.

Presione (RUN/STOP) para guardar y salir.

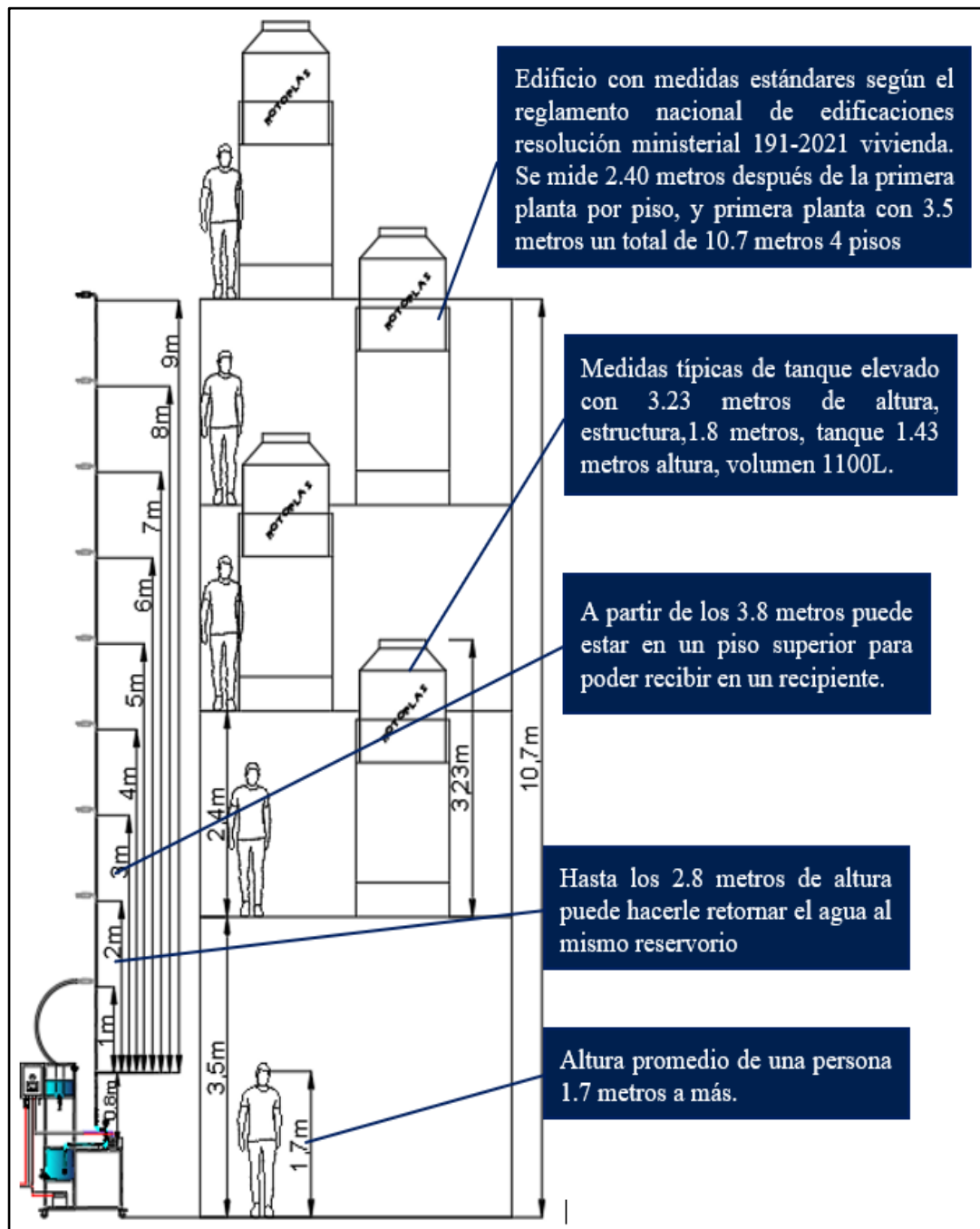


**Figura 51.** Pantalla del controlador de carga en configuración del tiempo de funcionamiento.

## 3.12. Procedimiento de prueba de bombeo solar a diferentes alturas

Para realizar esta operación debe tener entendido los pasos mencionados anteriormente, luego llevar el prototipo a una zona donde haiga espacio suficiente para monitorear a diferentes alturas empezando desde 1.8 metros hasta 8.80 metros

de altura, tener en cuenta la descripción de la siguiente figura para no tener inconvenientes en el testeo.



**Figura 52.** Prueba a diferentes alturas en una vivienda típica de la localidad.

Después de acomodar las tuberías por metros asegurar bien a cada metro y evitar que el tubo se doble o haya algunas curvaturas del mismo de esa forma podrá evitar que el tubo se rompa, por otro lado, no olvide que el motor tiene que estar con agua y bien ajustado las tuberías y componentes.

En seguida ya podrá encender el sistema siguiendo los pasos descritos anteriormente y presionar el botón RUN/STOP para dar inicio el sistema de bombeo, y no olvide

de grabar el archivo para obtener los datos. Es importante anotar las alturas, la presión del manómetro, y del caudalímetro la tasa de flujo y la cantidad acumulada en litros a cada metro que se haya realizado la prueba y anotar.

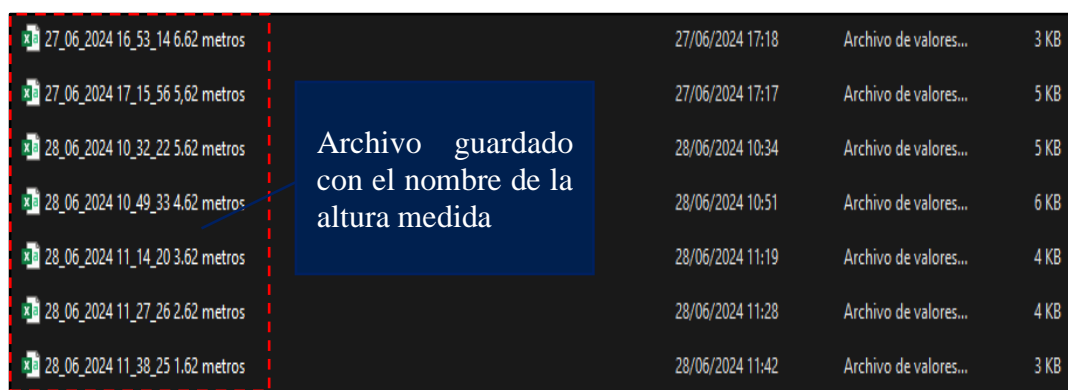
**Tabla 115**

*Tabla de apuntes de pruebas de bombeo a diferentes alturas.*

Altura [m]	Presión [psi]	Presión [bar]	Cantidad de litro [L]	Cantidad de litros acumulados [L]	Tasa de flujo [L/min]
8.8	-	-	-	-	-
7.8	-	-	-	-	-
6.8	-	-	-	-	-
5.8	-	-	-	-	-
4.8	--	-	-	-	-
3.8	-	-	-	-	-
2.8	-	-	-	-	-
1.8	-	-	-	-	-
0.8	-	-	-	-	-

Luego repetir los pasos para ubicación del archivo mencionado en la descripción de la Figura 48, observar los datos que se hayan medido en un tiempo establecido a diferentes alturas.

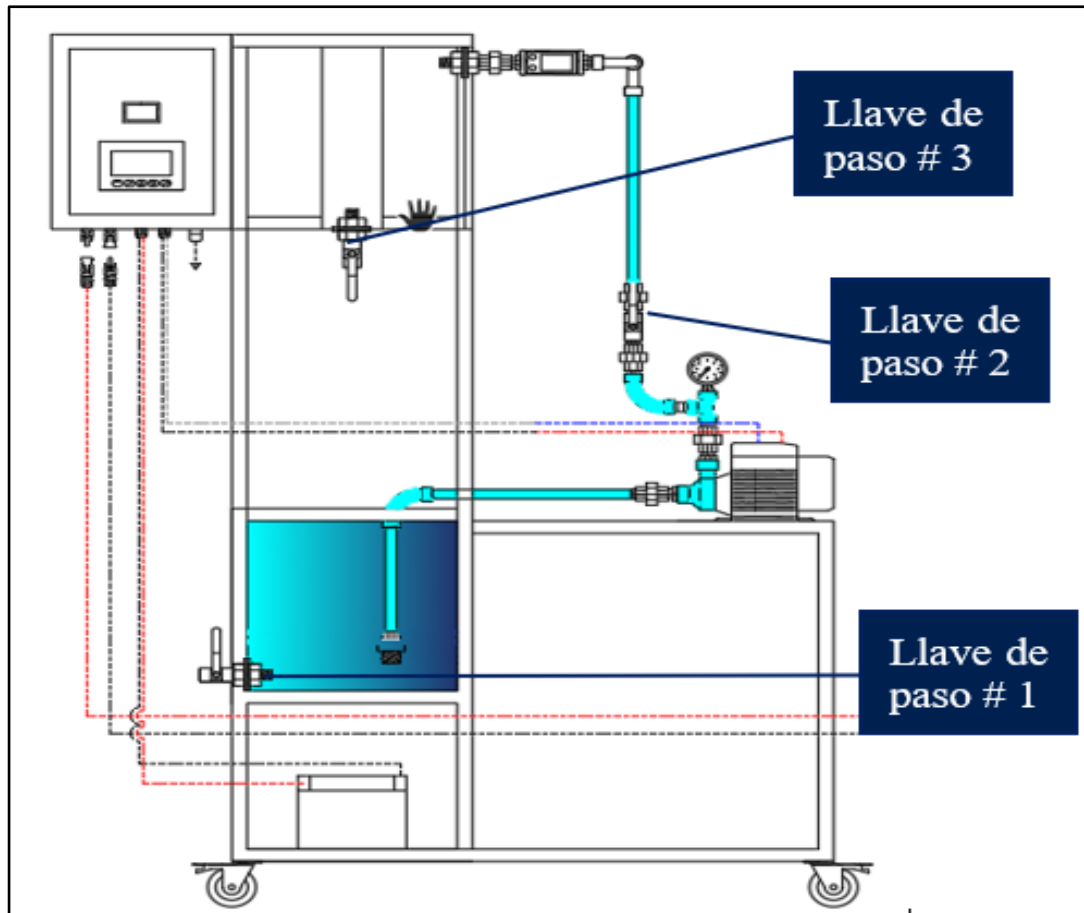
**Nota:** Archivar y guardar cada archivo con su altura medida.



**Figura 53.** Forma correcta para guardar el archivo testeado.

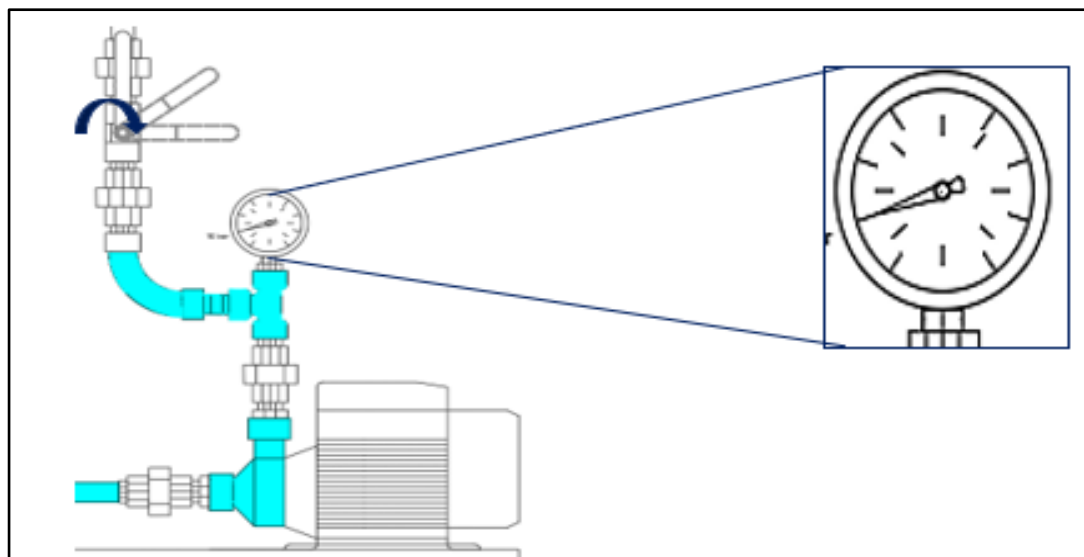
### 3.13. Procedimiento de prueba de simulación de alturas

Para realizar este procedimiento deberá conectar las tuberías como estaba en un inicio, en caso de que se haya realizado pruebas a diferentes alturas.



**Figura 54.** Indicador de llaves de paso del sistema de bombeo.

Para simular las alturas deberá estrangular la llave de paso #2 simulando las alturas, ajustando a la lectura del manómetro que va de 0 psi indicando a menos de 1 metro de altura de impulsión y a 9 psi indicando la altura de 8.8 metros.



**Figura 55.** Estrangulamiento de llave de paso para simular alturas.

En la tabla anotar los parámetros según la simulación de alturas teniendo en cuenta que a 8.80 metros de altura se tiene 9 psi y a 0.8 metros se tiene 0 psi siendo la mínima y máxima altura correspondiente testada, establecida según las pruebas obtenidas del proceso monitoreado a diferentes alturas.

**Tabla 126**

*Tabla de apuntes para simulación de alturas.*

Altura [m]	Presión [psi]	Presión [bar]	Cantidad de litro [L]	Cantidad de litros acumulados [L]	Tasa de flujo [L/min]
8.8	9	-	-	-	-
7.8	8.5	-	-	-	-
6.8	8	-	-	-	-
5.8	7.8	-	-	-	-
4.8	6	-	-	-	-
3.8	5	-	-	-	-
2.8	3	-	-	-	-
1.8	1	-	-	-	-
0.8	0	-	-	-	-

Finalmente, para guardar el archivo repetir los pasos descritos en la Figura 49 de acuerdo a las alturas simuladas debe editar el nombre del archivo cuando finalice las pruebas, así como se mencionado en la Figura 45, en el cual se guardará automáticamente siempre y cuando se presione el botón fin archivo para evitar desorden de archivos los datos de otras mediciones.

En la Figura 56, podemos observar algunos ejemplos para guardar los archivos que pertenecen a la simulación de alturas a diferentes alturas.

11_07_2024 15_53_36 8 METROS SIMULACION	11/07/2024 15:53	Archivo de valores separados por coma...	8 KB
11_07_2024 16_35_08 7 METROS SIMULACION 1	11/07/2024 16:35	Archivo de valores separados por coma...	4 KB
11_07_2024 16_40_13 7 METROS SIMULACION 2	11/07/2024 16:40	Archivo de valores separados por coma...	3 KB
11_07_2024 16_43_34 6 METROS SIMULACION 1	11/07/2024 16:43	Archivo de valores separados por coma...	3 KB
11_07_2024 16_46_42 5 METROS SIMULACION 1	11/07/2024 16:46	Archivo de valores separados por coma...	4 KB
11_07_2024 16_51_09 4 METROS SIMULACION 1	11/07/2024 16:51	Archivo de valores separados por coma...	5 KB

**Figura 56.** Forma adecuada para guardar el nombre del archivo.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Resultado de pruebas a diferentes operaciones de bombeo solar

##### 4.1.1. Prueba de bombeo solar por 1 minuto conectado con panel

La prueba se realizó a 0.8 metros de impulsión y 0.4 metros de succión, asimismo se logró anotar el caudal midiendo 21 L/min y la cantidad de litros acumulados 20.4 L/min.

Por otro lado, se pudo obtener la medición de los parámetros eléctricos del instante testado por 1 minuto teniendo el panel conectado en momento soleado.

**Tabla 137**

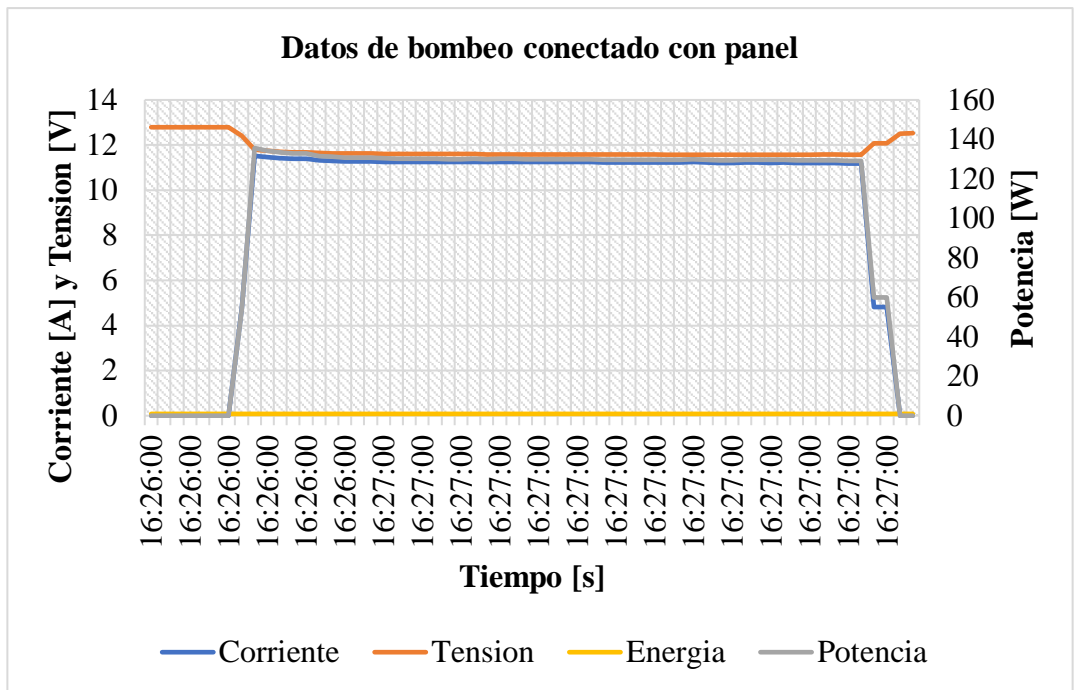
*Valores obtenidos de prueba de bombeo por 1 minuto conectado con panel.*

<b>Tiempo</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Energía (Wh)</b>
26/06/2024 16:26	0	12.79	0	0.08
26/06/2024 16:26	0	12.79	0	0.08
26/06/2024 16:26	0	12.79	0	0.08
26/06/2024 16:26	0	12.79	0	0.08
26/06/2024 16:26	0	12.79	0	0.08
26/06/2024 16:26	0	12.79	0	0.08
26/06/2024 16:26	0	12.79	0	0.08
26/06/2024 16:26	4.78	12.4	53.85	0.08
26/06/2024 16:26	11.52	11.79	135.6	0.08
26/06/2024 16:26	11.46	11.74	134.37	0.08
26/06/2024 16:26	11.42	11.71	133.37	0.08
26/06/2024 16:26	11.39	11.68	132.84	0.08
26/06/2024 16:26	11.39	11.68	132.84	0.08
26/06/2024 16:26	11.33	11.65	131.63	0.08
26/06/2024 16:26	11.3	11.64	131.18	0.08
26/06/2024 16:26	11.28	11.62	130.86	0.08
26/06/2024 16:26	11.28	11.62	130.86	0.08
26/06/2024 16:27	11.27	11.62	130.69	0.08
26/06/2024 16:27	11.26	11.61	130.52	0.08
26/06/2024 16:27	11.26	11.61	130.32	0.08
26/06/2024 16:27	11.26	11.6	130.32	0.08
26/06/2024 16:27	11.25	11.6	130.21	0.08
26/06/2024 16:27	11.24	11.6	130.08	0.08
26/06/2024 16:27	11.24	11.6	130.06	0.08
26/06/2024 16:27	11.24	11.6	130.02	0.08
26/06/2024 16:27	11.25	11.6	130.13	0.08
26/06/2024 16:27	11.25	11.59	130.06	0.08
26/06/2024 16:27	11.26	11.59	130.21	0.08

**Tabla 17 (Continuación)***Valores obtenidos de prueba de bombeo por 1 minuto conectado con panel.*

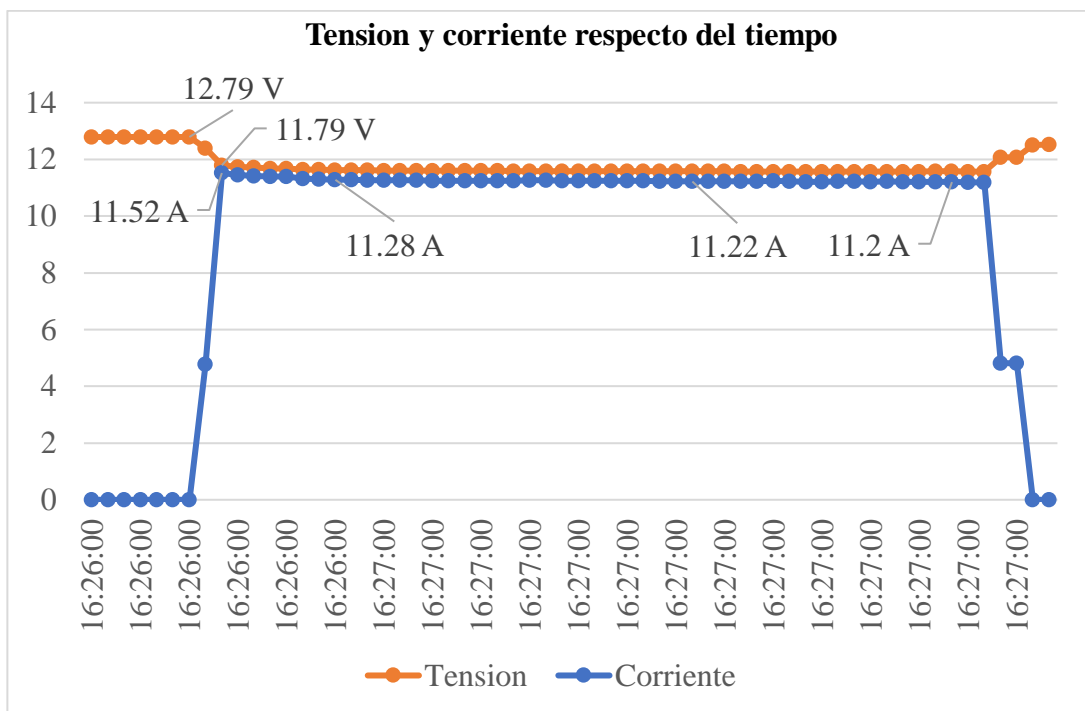
<b>Tiempo</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Energía (Wh)</b>
26/06/2024 16:27	11.26	11.59	130.21	0.08
26/06/2024 16:27	11.24	11.59	130.02	0.08
26/06/2024 16:27	11.25	11.58	129.96	0.08
26/06/2024 16:27	11.24	11.58	129.93	0.08
26/06/2024 16:27	11.24	11.58	129.93	0.08
26/06/2024 16:27	11.24	11.58	129.89	0.08
26/06/2024 16:27	11.24	11.58	129.83	0.08
26/06/2024 16:27	11.23	11.58	129.78	0.08
26/06/2024 16:27	11.23	11.58	129.74	0.08
26/06/2024 16:27	11.22	11.58	129.64	0.08
26/06/2024 16:27	11.23	11.58	129.77	0.08
26/06/2024 16:27	11.22	11.58	129.63	0.08
26/06/2024 16:27	11.23	11.57	129.69	0.08
26/06/2024 16:27	11.23	11.57	129.69	0.08
26/06/2024 16:27	11.24	11.57	129.8	0.08
26/06/2024 16:27	11.23	11.57	129.64	0.08
26/06/2024 16:27	11.21	11.57	129.42	0.08
26/06/2024 16:27	11.21	11.57	129.42	0.08
26/06/2024 16:27	11.23	11.57	129.71	0.08
26/06/2024 16:27	11.22	11.57	129.55	0.08
26/06/2024 16:27	11.21	11.57	129.53	0.08
26/06/2024 16:27	11.22	11.57	129.53	0.08
26/06/2024 16:27	11.21	11.57	129.47	0.08
26/06/2024 16:27	11.21	11.57	129.47	0.08
26/06/2024 16:27	11.2	11.58	129.4	0.08
26/06/2024 16:27	11.2	11.58	129.4	0.08
26/06/2024 16:27	11.19	11.57	129.21	0.08
26/06/2024 16:27	11.19	11.57	129.2	0.08
26/06/2024 16:27	4.82	12.08	59.86	0.08
26/06/2024 16:27	4.82	12.08	59.86	0.08
26/06/2024 16:27	0	12.5	0	0.08
26/06/2024 16:27	0	12.53	0	0.08

En la Figura 57, podemos observar los datos de tensión, corriente, potencia y energía mostrando que la potencia crece y decrece en mismas proporciones a la corriente.



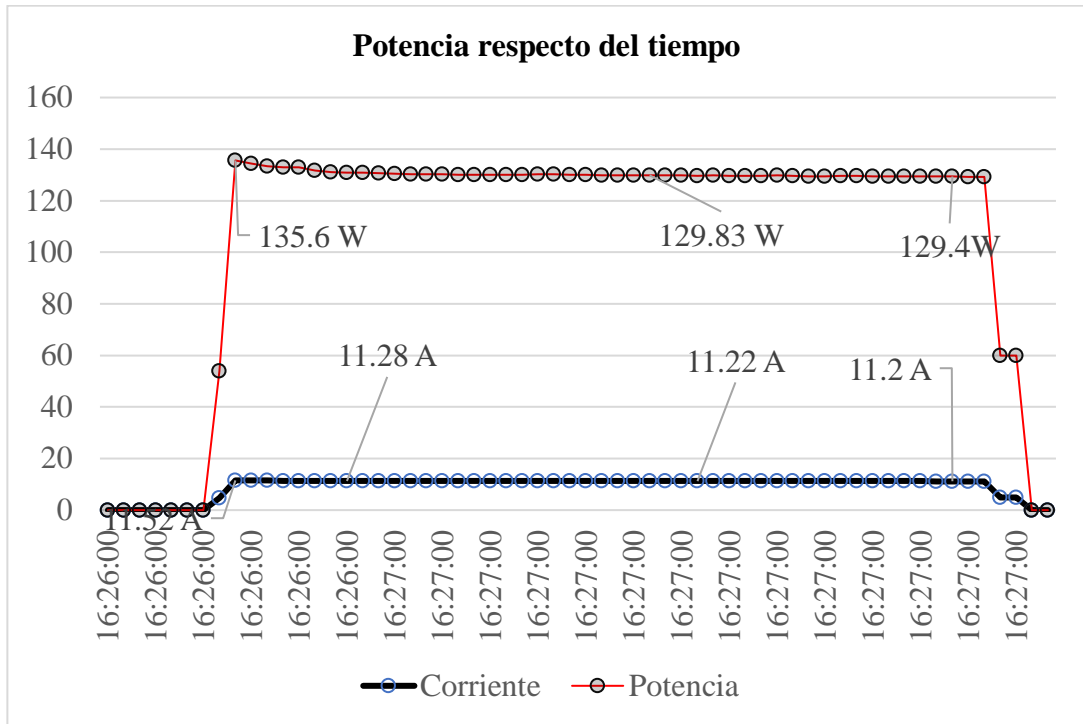
**Figura 57.** Datos de bombeo conectado con panel fotovoltaico.

En la Figura 58, podemos notar la tensión va constante descendiendo ocurriendo caída de tensión de 12.79 V a 11.79 V cuando la bomba de agua entra en funcionamiento, así mismo podemos observar la corriente de arranque en un instante llega hasta 11.52 A como punto máximo de consumo y cuando la bomba de agua entra en funcionamiento constante la corriente se mantiene en 11.2 A



**Figura 58.** Tensión y corriente en unidad de tiempo con panel fotovoltaico.

En la Figura 59, podemos notar a la potencia que de igual forma a la corriente tiene un pico de consumo que es 135.6 W y en funcionamiento constante se mantiene en 129.83 W.



**Figura 59.** Potencia y corriente en unidad de tiempo con panel fotovoltaico.

#### 4.1.2. Prueba de bombeo solar por 1 minuto sin panel

La prueba se realizó a 0.8 metros de impulsión y 0.4 metros de succión, asimismo se logró anotar el caudal midiendo 20.8 L/min y la cantidad de litros acumulados 20.448 L. Por otro lado, se pudo obtener la medición de los parámetros eléctricos del instante testado por 1 minuto teniendo el panel desconectado del sistema.

**Tabla 18**

*Valores obtenidos de prueba de bombeo por 1 minuto sin panel.*

Tiempo	Corriente	Tensión	Potencia	Energía
26/06/2024 16:41	0	12.7	0	0.08
26/06/2024 16:41	0	12.7	0	0.08
26/06/2024 16:41	0	12.69	0	0.08
26/06/2024 16:41	0	12.7	0	0.08
26/06/2024 16:41	0	12.7	0	0.08
26/06/2024 16:41	0	12.7	0	0.08
26/06/2024 16:41	0	12.7	0	0.08
26/06/2024 16:41	0	12.69	0	0.08
26/06/2024 16:41	1.15	12.6	14.49	0.08
26/06/2024 16:41	11.42	11.69	133.27	0.08

**Tabla 18** (Continuación)*Valores obtenidos de prueba de bombeo por 1 minuto sin panel.*

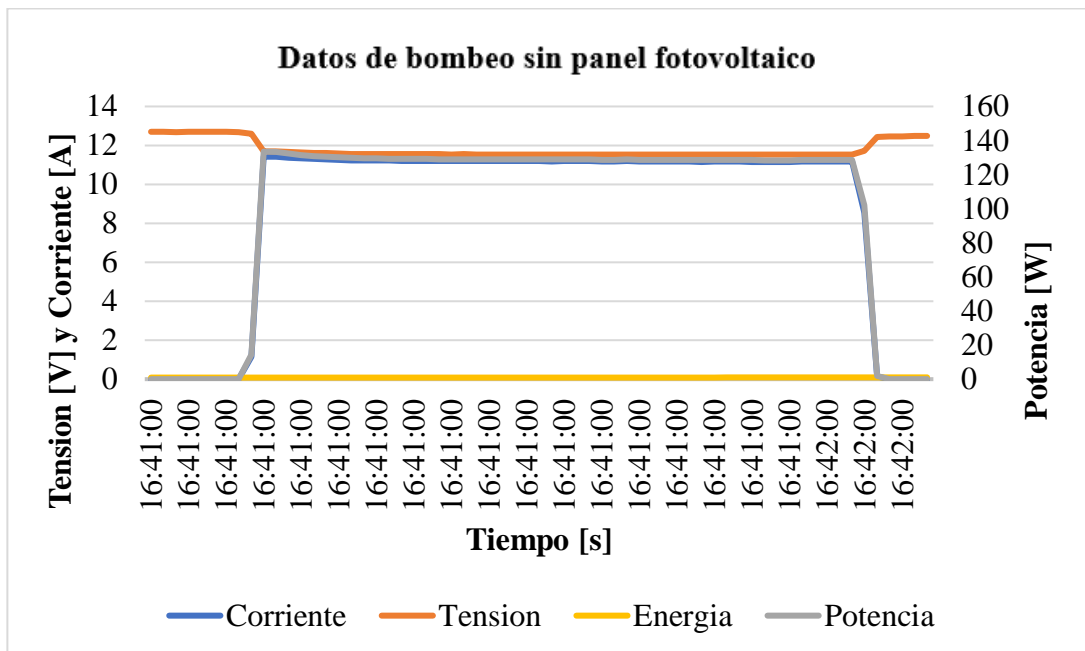
<b>Tiempo</b>	<b>Corriente</b>	<b>Tensión</b>	<b>Potencia</b>	<b>Energía</b>
26/06/2024 16:41	11.42	11.69	133.27	0.08
26/06/2024 16:41	11.37	11.66	132.31	0.08
26/06/2024 16:41	11.33	11.63	131.44	0.08
26/06/2024 16:41	11.3	11.61	130.87	0.08
26/06/2024 16:41	11.27	11.6	130.37	0.08
26/06/2024 16:41	11.26	11.59	130.13	0.08
26/06/2024 16:41	11.24	11.57	129.86	0.08
26/06/2024 16:41	11.23	11.57	129.63	0.08
26/06/2024 16:41	11.23	11.57	129.63	0.08
26/06/2024 16:41	11.22	11.56	129.41	0.08
26/06/2024 16:41	11.21	11.56	129.33	0.08
26/06/2024 16:41	11.2	11.56	129.17	0.08
26/06/2024 16:41	11.2	11.56	129.17	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.56	129.07	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.54	128.88	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.55	128.97	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.54	128.92	0.08
26/06/2024 16:41	11.2	11.54	128.99	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.54	128.88	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.54	128.9	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.54	128.92	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.54	128.92	0.08
26/06/2024 16:41	11.18	11.54	128.83	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.54	128.8	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.54	128.88	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.54	128.88	0.08
26/06/2024 16:41	11.17	11.54	128.72	0.08
26/06/2024 16:41	11.17	11.54	128.67	0.08
26/06/2024 16:41	11.19	11.54	128.83	0.08
26/06/2024 16:41	11.17	11.54	128.62	0.08
26/06/2024 16:41	11.17	11.54	128.63	0.08
26/06/2024 16:41	11.18	11.54	128.68	0.08
26/06/2024 16:41	11.17	11.54	128.56	0.08
26/06/2024 16:41	11.17	11.54	128.56	0.08
26/06/2024 16:41	11.16	11.54	128.51	0.08
26/06/2024 16:41	11.17	11.54	128.53	0.08
26/06/2024 16:41	11.17	11.53	128.52	0.09
26/06/2024 16:41	11.17	11.53	128.52	0.09
26/06/2024 16:41	11.16	11.53	128.49	0.09
26/06/2024 16:41	11.16	11.53	128.41	0.09

**Tabla 18** (Continuación)

*Valores obtenidos de prueba de bombeo por 1 minuto sin panel.*

Tiempo	Corriente	Tensión	Potencia	Energía
26/06/2024 16:41	11.16	11.53	128.39	0.09
26/06/2024 16:41	11.16	11.53	128.45	0.09
26/06/2024 16:41	11.17	11.53	128.51	0.09
26/06/2024 16:41	11.17	11.53	128.55	0.09
26/06/2024 16:42	11.17	11.53	128.54	0.09
26/06/2024 16:42	11.17	11.53	128.54	0.09
26/06/2024 16:42	11.17	11.53	128.54	0.09
26/06/2024 16:42	8.55	11.73	102.03	0.09
26/06/2024 16:42	0.13	12.43	1.98	0.09
26/06/2024 16:42	0	12.47	0	0.09
26/06/2024 16:42	0	12.47	0	0.09
26/06/2024 16:42	0	12.49	0	0.09
26/06/2024 16:42	0	12.5	0	0.09

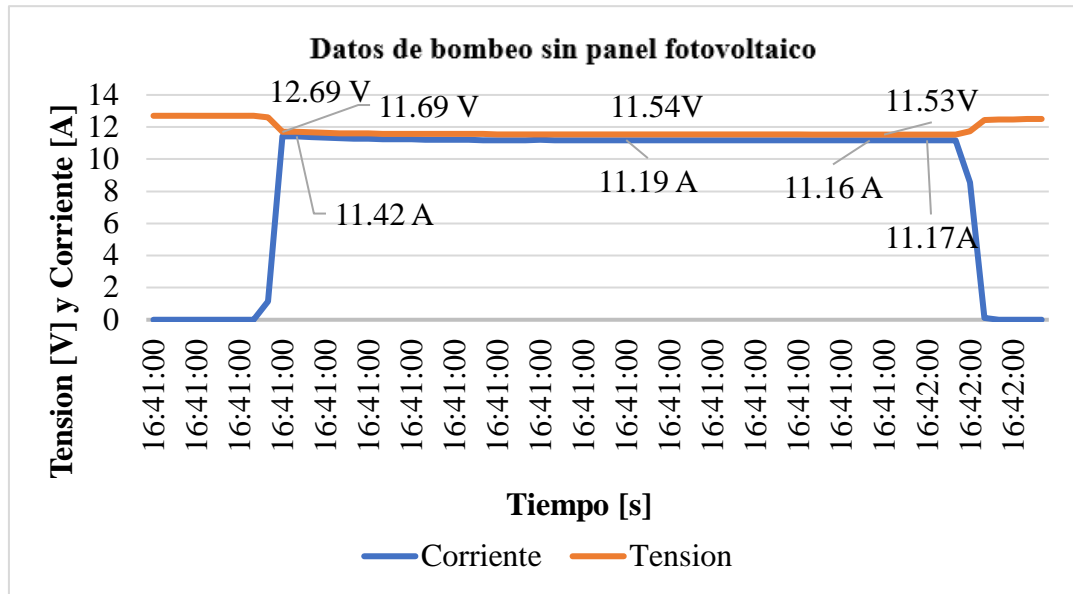
En la Figura 60, podemos observar los parámetros de tensión, corriente, potencia y energía, con valores similares a cuando está conectado con panel así mismo también se puede observar la caída de tensión cuando la bomba de agua entra en funcionamiento.



**Figura 60.** Datos de bombeo sin panel fotovoltaico.

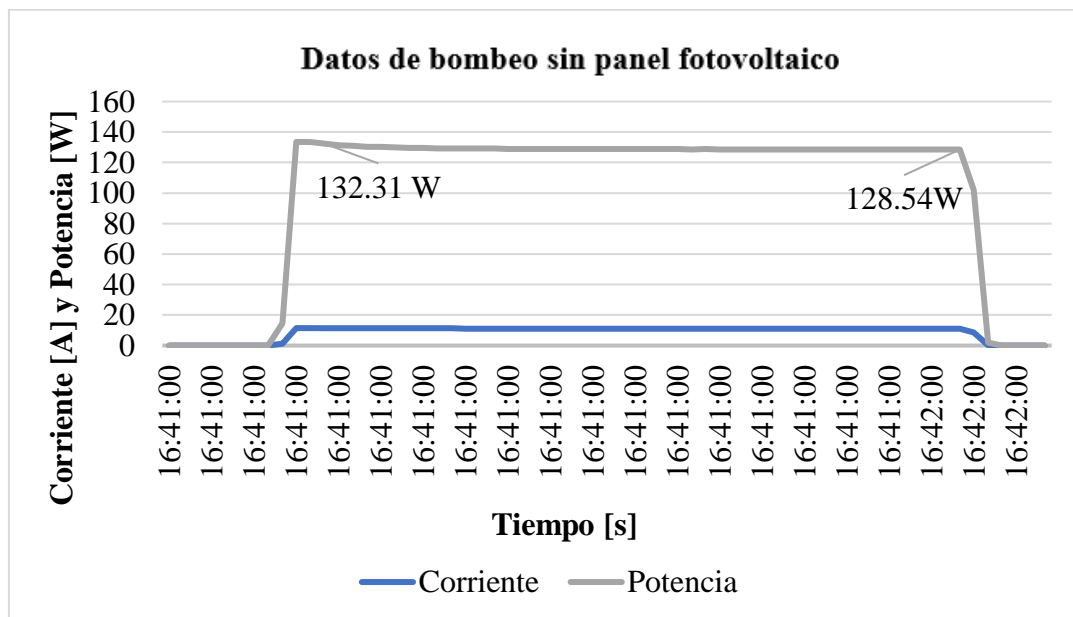
En el siguiente gráfico podemos observar a la tensión que disminuye desde 12.79V con panel mostrada en la Figura 58, a 12.69V sin panel fotovoltaico mostrada en la Figura 60, y de igual forma existe la caída de tensión hasta llegar a 11.69V, también

podemos observar que el voltaje a medida que va avanzando el tiempo disminuye en mínimos valores hasta un rango de 11.53 V lo que significa, la descarga de la batería.



**Figura 61.** Tensión y corriente en unidad de tiempo sin panel fotovoltaico.

De igual forma a cuando está conectado con panel podemos observar que tiene un mayor consumo en los primeros segundos y a medida que va avanzado el tiempo también decrece la potencia desde 132.31W hasta 128.54W, lo que reduce en 3.77 W aproximadamente.



**Figura 62.** Potencia y corriente en unidad de tiempo sin panel fotovoltaico.

### 4.1.3. Prueba de bombeo solar por media hora sin panel

En la Figura 63, podemos observar la tendencia que tiene el voltaje y la corriente durante 30 minutos de bombeo, la prueba se realizó a 0.8 metros de impulsión y 0.4 metros de succión, asimismo se logró anotar el caudal midiendo 20.5 L/min y la cantidad de litros acumulados 595.65 L. Así mismo podemos observar que durante 30 minutos el voltaje ha disminuido de 11.33V a 11.05V, y la corriente disminuye de 10.87A hasta 10.59 A el cual denota la descarga de la batería.

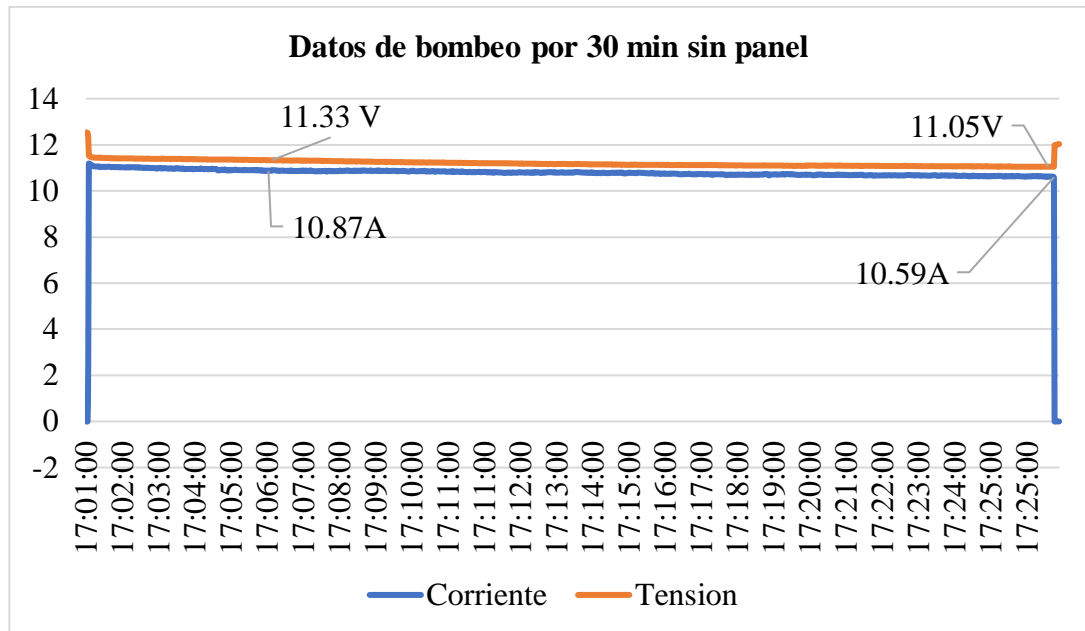
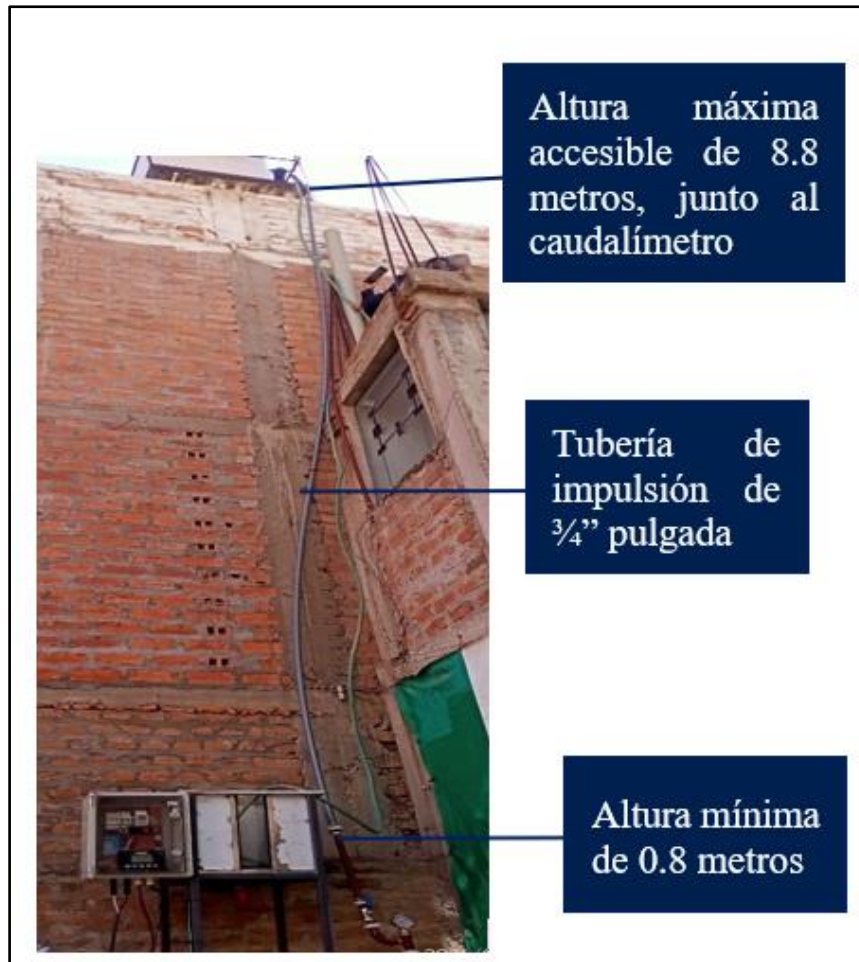


Figura 63. Datos de bombeo por 30 minutos sin panel.

### 4.2. Resultado de prueba de bombeo solar a diferentes alturas

La prueba se realizó en un día soleado, aumentando tuberías de metro en metro desde 0.8 metros hasta 8.8 metros de impulsión siendo la altura máxima accesible para las pruebas y 0.4 metros de succión, en todas las alturas se testeó a 1 minuto de funcionamiento.

En la Figura 64, podemos observar la máxima y mínima altura que ha sido accesible para las pruebas de bombeo a diferentes alturas, de tal forma que se conectaron tubos de  $\frac{3}{4}$  de pulgada incrementando de metro en metro y en la parte más alta se colocó el caudalímetro logrando medir la tasa de flujo en cada altura, y la cantidad de litros acumulados a cada metro incrementado.



**Figura 64.** Implementación para prueba de bombeo de 0.8 metros hasta 8.8 metros de altura.

Asimismo, se logró anotar la información que se muestra en la tabla 19, de presión y caudal en una hoja de cálculo, juntamente con el promedio de datos monitoreados por el software LabVIEW, se realizó el tratamiento de datos mostrando el comportamiento de la tensión y corriente a diferentes alturas así mismo logramos obtener la diferencia de presiones a diferentes alturas.

**Tabla 19**

*Datos obtenidos en prueba bombeo de 0.8 metros hasta 8.8 metros de altura.*

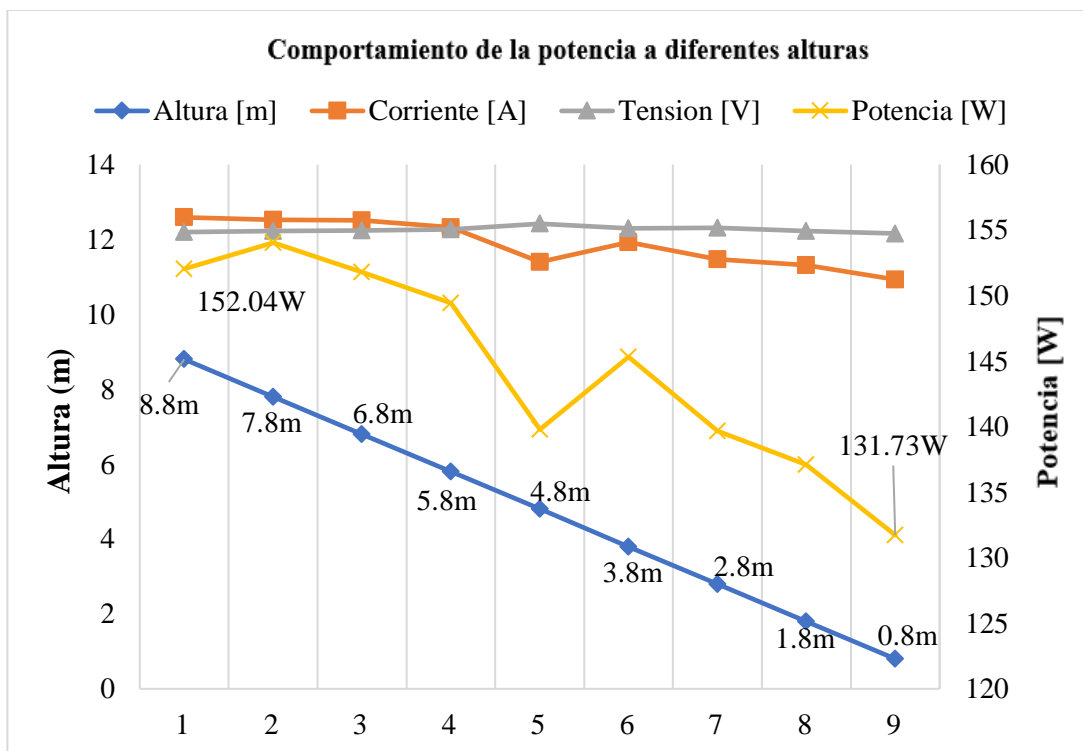
Altura [m]	Presión [psi]	Cantidad de litro	Cantidad de litros acumulados	Tasa de flujo	Corriente [A]	Tensión [V]	Potencia [W]
		[L]	[L]	[L/min]			
8.8	9	11.8	11.87	14.7	12.59	12.19	152.04
7.8	8.5	13	13.02	14.2	12.53	12.22	154.04
6.8	8	13.6	13.69	14.4	12.51	12.24	151.81
5.8	7.8	12.9	12.95	14.4	12.32	12.28	149.62
4.8	6	13.7	13.76	16.3	11.4	12.42	139.8

**Tabla 19** (Continuación)

*Datos obtenidos en prueba bombeo de 0.8 metros hasta 8.8 metros de altura.*

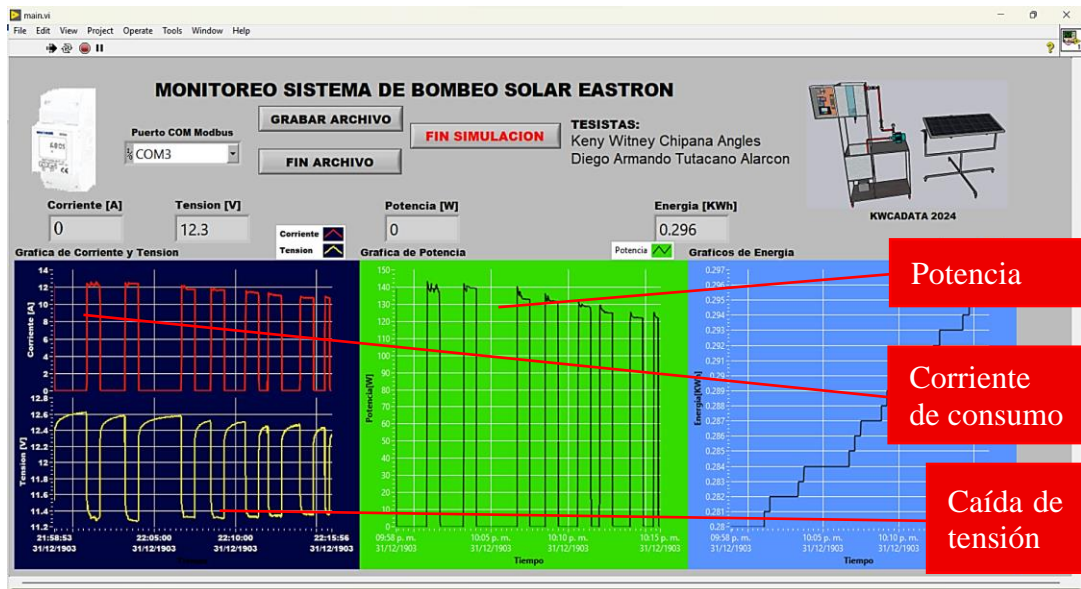
3.8	5	16	16.10	17	11.92	12.29	145.31
2.8	3	17.7	17.79	18.5	11.47	12.31	139.67
1.8	1	19.7	19.73	21.2	11.31	12.23	137.12
0.8	0	21.1	21.37	21.9	10.93	12.16	131.73

En la Figura 65, podemos observar, a mayor altura mayor consumo de energía del motor donde presenta a 8.8 metros de altura un consumo de 152.04 Watts de potencia y a 0.8 metros un consumo de 131.73 Watts de potencia así mismo la corriente decrece a menor altura, la tensión se mantiene considerablemente constante a diferentes alturas ya que el panel solar carga la batería constantemente en horas solar pico que van desde las 9:00 am hasta las 16:00 horas de la tarde.



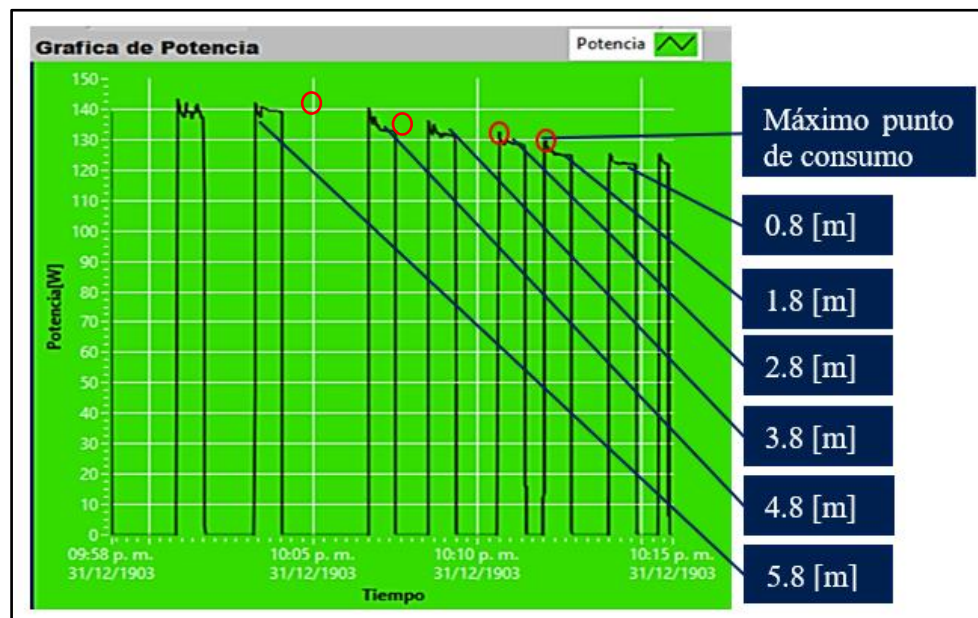
**Figura 65.** Gráfico de comportamiento de Potencia a diferentes alturas.

En la Figura 66, podemos observar a la potencia en la forma de cómo va decreciendo a diferentes alturas, así mismo como sus las corrientes de arranque y la caída de tensión.



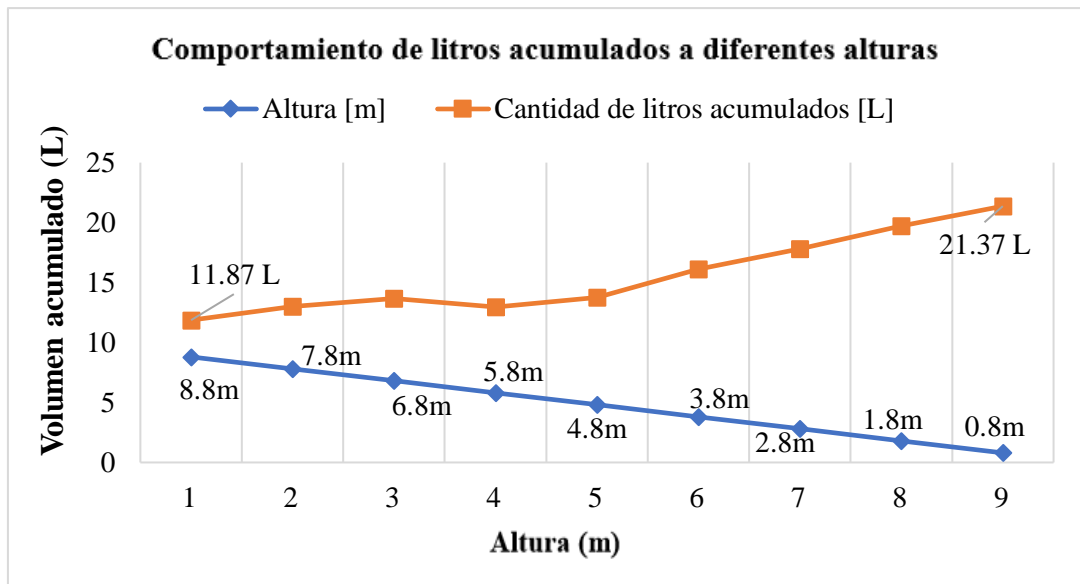
**Figura 66.** Interfaz de LabVIEW en monitoreo a diferentes alturas.

En la Figura 67, observamos el decrecimiento de potencia a diferentes alturas y su punto máximo de consumo en cada altura testada.



**Figura 67.** Potencia a diferentes alturas.

En la Figura 68, podemos fijarnos que a menor altura tendremos más cantidad de litros acumulados lo que significa que si tenemos un reservorio de 1100 litros a menor altura podrá llenar en menos tiempo, así mismo notamos que a su máxima altura que es de 8.8 metros, se acumuló en un minuto un total de 11.87 litros en lo que significa que en 92 minutos aproximadamente llenara un reservorio de 1100 litros y a 0.8 metros, 21.37 litros lo que también podemos deducir que en 51 minutos aproximadamente llenara un reservorio de la misma capacidad mencionada.



**Figura 68.** Gráfico de cantidad de litros acumulados a diferentes alturas.

### 4.3. Resultado de prueba de simulación de alturas

La prueba se hizo en el mismo prototipo en circulación por sus tuberías que va de la cisterna hacia el reservorio del cual se pudo obtener valores simulado a diferentes alturas estrangulando la llave de paso #2 del sistema como indica en la Figura 53.

En la Figura 68 se observa el prototipo de bombeo para la simulación de alturas en lo que consiste estrangular la llave de paso para llegar a las presiones que se pudo obtener en las pruebas de bombeo a diferentes alturas detalladas en la Tabla 19, en lo que se obtuvo las presiones de 0 hasta 9 psi el cual representa la altura de 8.8 metros.



**Figura 69.** Sistema de bombeo en simulación de alturas.

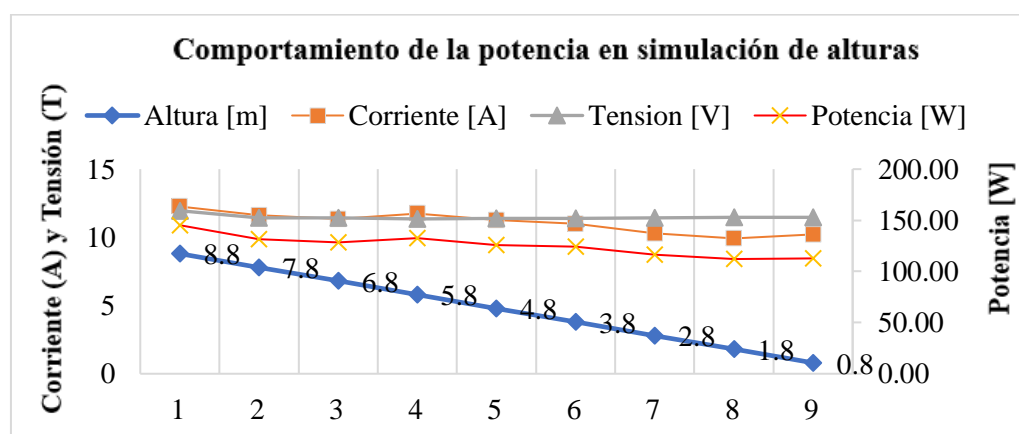
En la Tabla 20, observamos la información obtenida de las simulaciones ejercidas desde 0.8 metros hasta 8.8 metros de altura, así mismo se adjuntaron los datos obtenidos del programa de monitoreo LabVIEW, en lo que también se realizó el tratamiento de datos de los parámetros testeados.

**Tabla 20**

*Datos de simulación desde 0.8 metros hasta 8.8 metros de altura.*

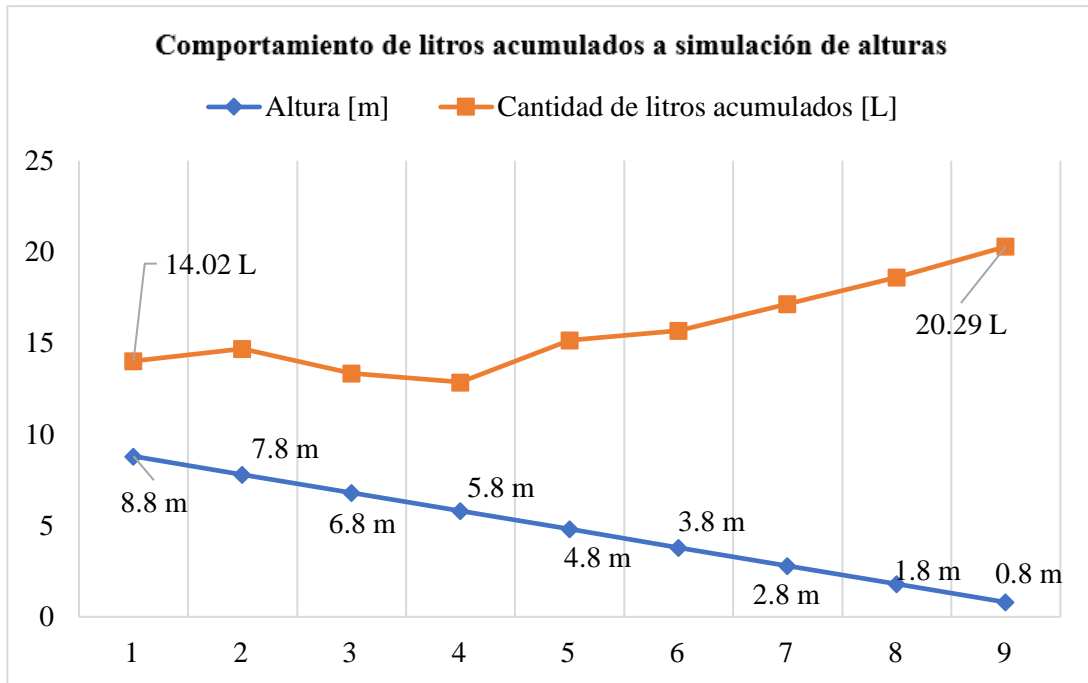
Altura [m]	Presión [psi]	Cantidad de litro [L]	Cantidad de litros acumulados [L]	Tasa de flujo [L/min]	Corriente [A]	Tensión [V]	Potencia [W]
8.8	9	14.00	14.02	13.00	12.26	11.95	145.17
7.8	8.5	14.60	14.68	13.50	11.62	11.44	131.70
6.8	8	13.30	13.35	14.00	11.34	11.43	128.30
5.8	7.8	12.80	12.86	12.80	11.75	11.35	132.44
4.8	6	15.10	15.17	15.60	11.27	11.39	126.02
3.8	5	15.60	15.70	16.10	10.98	11.39	124.10
2.8	3	17.10	17.14	17.50	10.29	11.44	116.44
1.8	1	18.60	18.61	19.10	9.92	11.47	112.12
0.8	0	20.20	20.29	20.80	10.2	11.45	113.00

En la Figura 70, podemos observar la simulación, en donde se puede resaltar que a mayor altura mayor consumo de igual formal al anterior en pruebas reales en lo que la tensión se mantiene constante y la corriente decrece a menor altura.



**Figura 70.** Gráficos de corriente, tensión, potencia, en simulación de alturas.

En la Figura 71, podemos fijarnos que a menor altura tendremos más cantidad de litros acumulados. Teniendo de esta forma a 8.8 metros de altura simulado, se pudo obtener 14.02 Litros acumulados y a 0.8 metros, tiene 20.29 litros acumulados.



**Figura 71.** Gráfico de cantidad de litros acumulados en simulación de alturas.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Finalizado el desarrollo de la vigente pesquisa tecnológica podemos mencionar las conclusiones:

Se logro implementar con éxito un prototipo didáctico de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en CC de  $\frac{1}{4}$  de HP para el Laboratorio de Energía Fotovoltaica de la EPIER-UNAJ. La estructura del prototipo permite ajustar los ángulos de inclinación del sistema fotovoltaico desde  $0^\circ$  hasta  $55^\circ$ , y se puede trasladar fácilmente según las necesidades académicas y del recurso solar. La inclusión de un reservorio con una capacidad de 66 litros y una cisterna de 60 litros resultó adecuada para realizar pruebas en diversas condiciones de operación.

Se dimensionó el prototipo didáctico de un sistema de bombeo solar fotovoltaico con bomba en CC de  $\frac{1}{4}$  HP, asegurando que el sistema de bombeo operé eficientemente en el laboratorio. Se seleccionó un módulo fotovoltaico de 200 W y se determinó una capacidad de batería de 33 Ah a 12 V, con una autonomía del 50%, proporcionando 198 Wh de energía, suficiente para operar durante más de una hora académica. Estas especificaciones aseguran la capacidad del sistema para llevar a cabo pruebas exhaustivas bajo diferentes condiciones operativas.

Se elaboró su manual de operaciones detallado y una guía de prácticas específicamente diseñada para el prototipo didáctico del sistema de bombeo solar fotovoltaico. Estos documentos son esenciales para instruir a los estudiantes en el manejo seguro y eficiente del sistema, permitiéndoles realizar pruebas prácticas y experimentos relacionados con la energía solar fotovoltaica y el bombeo contribuyendo así a su formación académica con énfasis a la parte práctica.

Se desarrolló una interfaz en tiempo real utilizando LabVIEW para monitorear y registrar los principales parámetros del prototipo, incluyendo tensión (V), corriente (A), potencia (W) y energía acumulada (Wh). Esta interfaz no solo facilita el monitoreo continuo en tiempo real del sistema durante las pruebas, sino que también permite a los estudiantes analizar y exportar datos en formato .CSV para su posterior procesamiento y estudio en diferentes plataformas de análisis de datos. Esta capacidad de monitoreo y análisis es crucial para la comprensión detallada del comportamiento del sistema y para la realización de investigaciones futuras.

## **5.2. Recomendaciones**

Al finalizar la vigente pesquisa tecnológica podemos dar las recomendaciones para el uso del prototipo didáctico:

- Realizar su mantenimiento mínimo cada 4 meses al año para evitar el óxido de la bomba de agua.
- Verificar siempre las conexiones y el estado de los conductores eléctricos para evitar cortocircuitos o choques eléctricos.
- Leer el manual de operaciones a detalle y seguir las instrucciones.
- Operar con cuidado con los EPP's adecuados si está realizando pruebas en diferentes alturas de bombeo.

## **5.3. Sugerencias de trabajos de investigación**

Respecto de la investigación, este prototipo está a la disponibilidad de mejoras e innovaciones en sus estructuras o en sus instrumentos de medición, en ese sentido proponemos los siguientes trabajos futuros:

- Aplicación de un seguidor solar para verificar el incremento de potencia eléctrica.
- Implementación de un sistema (IoT) y enviar los datos a la nube y visualizarlos en tiempo real a través de un celular.
- Intercambio de bombas de baja potencia para evaluar diferentes marcas y fabricantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

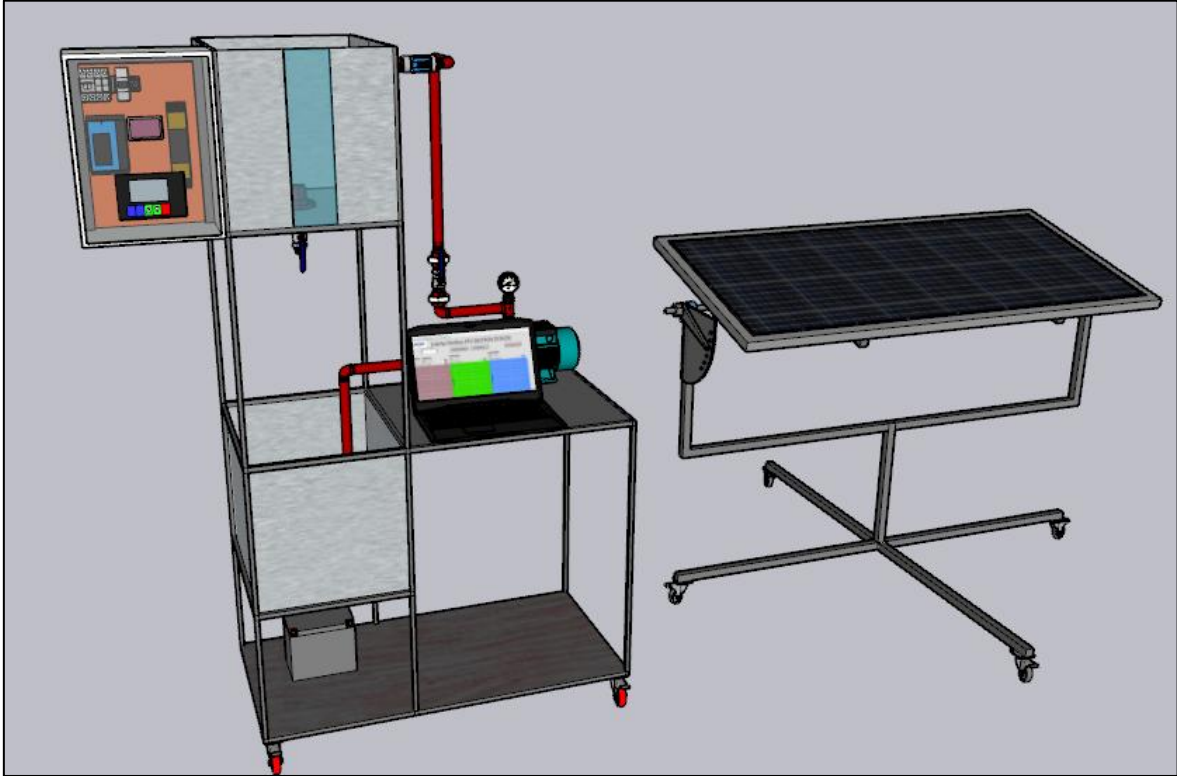
- Amazon. (2024). *Bomba de Agua, DC12V 180W Bomba Eléctrica de Micro Vórtice Horizontal de Succión Simple de Etapa única Flujo Máximo y Descarga de 15 M / 49.2 Pies, Bombas de Sumidero*. Obtenido de [www.amazon.es/Eléctrica-Vórtice-Horizontal-Descarga-Sumidero/dp/B0C6JZTSL2](http://www.amazon.es/Eléctrica-Vórtice-Horizontal-Descarga-Sumidero/dp/B0C6JZTSL2)
- Aquino , E., & Ludeña, E. (2017). *Diseño y construcción de un sistema hidráulico de bombeo por mutietapa y monitoreo con sistema automataizado en tiempo real para bombas sumergibles*. Juliaca.
- Araujo Navarro, W. (06 de junio de 2023). *Universidad de Piura*. Obtenido de Nivel freático e importancia de su monitoreo durante el FEN: <https://www.udep.edu.pe/hoy/2023/06/nivel-freatico-e-importancia-de-su-monitoreo-durante-el-fen/#:~:text=El%20nivel%20fre%C3%A1tico%20se%20refiere,edificios%2C%20pistas%2C%20etc.>)
- Arija , D. (2010). *Prototipo de sistema de bombeo fotovoltaico para proyectos de cooperación al desarrollo con tecnologías apropiadas*. Madrid.
- AutoSolar. (2024). *Portafusibles*. Obtenido de <https://autosolar.es/portafusibles#:~:text=Un%20portafusible%20es%20un%20dispositivo,debera%20elegir%20el%20portafusible%20conveniente.>
- Blaz Lazo, A. (5 de Abril de 2021). *Faneci*. Obtenido de ¿Qué es la Altura Manométrica?: <https://www.faneci.com/que-es-la-altura-manometrica/>
- Camarena Rojas, M. R., & Lozano Vilcarano, M. Á. (2016). *Determinación del ángulo de inclinación óptimo de un panel fotovoltaico en el Valle del Mantaro*. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3747#:~:text=El%20%C3%A1ngulo%20de%20inclinaci%C3%B3n%2C%20CE%2B2,de%20la%20superficie%20del%20panel.>
- Castañeda, C. (2020). Prototipo didáctico de sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica - UNSCH - 2020. *Programa de Investigación en Agua y Energía* , 57-64.
- Choque , D., & Ramos , W. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo solar monitorizado para pruebas de performance en el laboratorio de control y automatización de la EPIME* . Puno.

- Electric Option. (2024). *Resistencia shunt para medición de corrientes elevadas DC-15A*.  
Obtenido de [www.electricon.com.pe](http://www.electricon.com.pe)
- Fajardo Passo, E. E., & Puentes Garcerán, R. E. (24 de 11 de 2021). *Repositorio UAN*.  
Obtenido de Diseño e implementación de un laboratorio de sistemas solares  
fotovoltaicos en la Universidad Antonio Nariño sede Riohacha:  
<https://repositorio.uan.edu.co/items/69341e41-ebd1-4607-b328-79bf9cde77a4>
- Flores Meléndez , T. A. (2009). *Avaliação de sistemas fotovoltaicos de bombeamento*. São  
Paulo, Brasil.
- Google maps. (2022). *Google Maps*. Obtenido de  
[https://www.google.com/maps/place/Instituto+de+Investigaci%C3%B3n+de+Energ%C3%ADas+renovables/@-15.4094795,-70.0906828,129m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x9167edb7e7b54999:0x9bcb4e7a93139b78!8m2!3d-15.4094183!4d-70.0906665!16s%2Fg%2F11lj98\\_7mh?entry=ttu](https://www.google.com/maps/place/Instituto+de+Investigaci%C3%B3n+de+Energ%C3%ADas+renovables/@-15.4094795,-70.0906828,129m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x9167edb7e7b54999:0x9bcb4e7a93139b78!8m2!3d-15.4094183!4d-70.0906665!16s%2Fg%2F11lj98_7mh?entry=ttu)
- HelioEsfera. (2021). *HelioEsfera*. Obtenido de <https://www.helioesfera.com/como-instalar-paneles-fotovoltaicos/>
- Hilcu, M. (2021). *OTOVO*. Obtenido de <https://www.otovo.es/blog/energia/impacto-energias-renovables-medioambiente/>
- Maldonado, Y. (12 de Marzo de 2021). *Geologiaweb: Blog de Geología, sus ramas y aplicaciones*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/nivel-freatico/>
- Naylamp Mechatronics - Perú. (2023). *Conversor USB a RS485*. Obtenido de  
<https://naylampmechatronics.com/conversores-ttl/230-conversor-usb-a-rs485-ch340-max485.html>
- ni. (29 de febrero de 2024). *Compatibilidad de LabVIEW y Microsoft Windows*. Obtenido  
de [www.ni.com/es/support/documentation/compatibility/17/labview-and-microsoft-windows-compatibility.html](http://www.ni.com/es/support/documentation/compatibility/17/labview-and-microsoft-windows-compatibility.html)
- Ortiz Quispe, E. J. (2022). *Desarrollo de una Interfaz de Monitoreo y Análisis de Parámetros Fotovoltaicos de un SFCCR con Microinversor*. Juliaca, San Román, Perú.
- Paredes Vázquez, C. P., Fletes Camacho, N. G., & Dibene Arreola, L. M. (30 de marzo de 2019). Banco de prueba y entrenamiento para sistemas híbridos y bombeo solar fotovoltaico. *Revista de Energías Renovables*, 3(8).

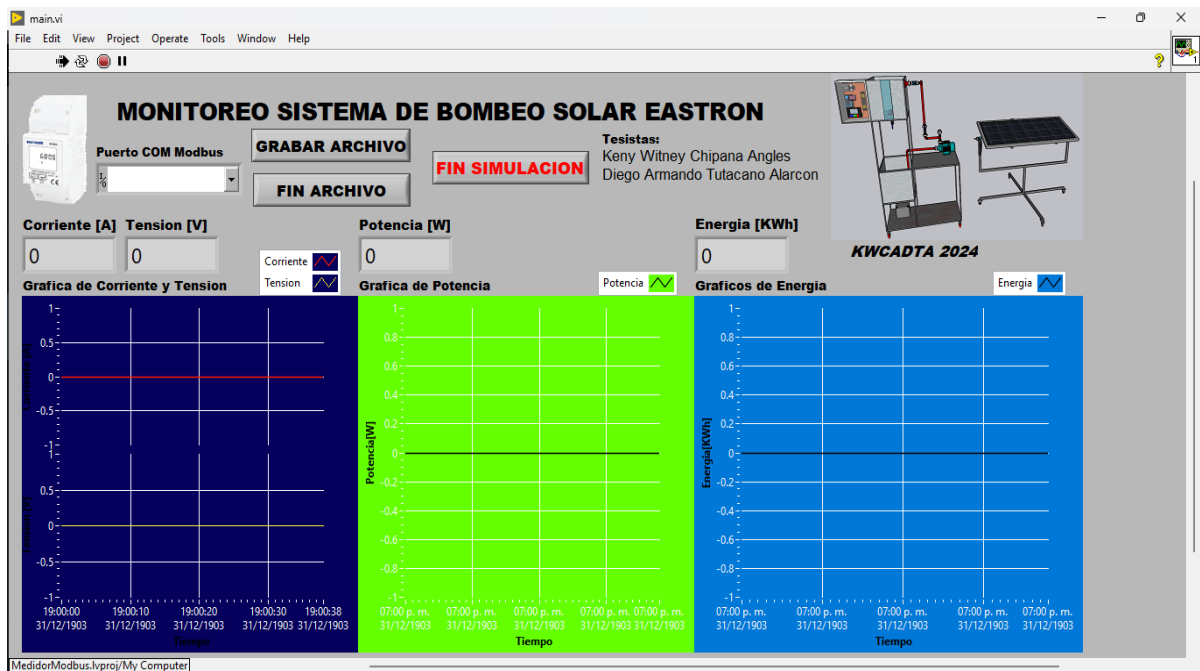
- Reyes, E. (2014). Prototipo didáctico de sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica. *Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*(12), 69-78.
- Rúa Ramírez, E., Mendoza Jiménez, I. D., Torres Suarez, E., Flórez Serrano, E. G., & Serrano Rico, J. C. (2020). Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos. *20*(2), 1-10. Recuperado el 11 de 07 de 2023, de <https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>
- SICO SOL S.R.L. (2024). *Controlador de carga solar 20A KW1210*. Obtenido de <https://sicosolsrl.com/producto/controlador-de-carga-solar-20a-kw1210/>
- World Economic Forum. (June de 2024). *Fostering Effective Energy Transition* . Gineva, Switzerland.
- Zamtsu. (2024). *Flujómetro tipo turbina para combustibles y aceites*. Obtenido de <https://zamtsu.com/flujometro-tipo-turbina-cx-wltfm-25/>
- ZheJiang Eastron Electronic Co. (2023). *Compañía Electrónica Eastron, Ltd*. Obtenido de [www.eastrongroup.com](http://www.eastrongroup.com)

## ANEXOS

**Anexos 1.** Diseño 3D de prototipo didáctico de sistema de bombeo solar (Elaboración propia).



**Anexos 2.** Interfaz de monitoreo de bombeo solar Eastron KWCADTA 2024 (Elaboración propia).



### Anexos 3. Manual de configuraciones del controlador de velocidad PWM.

#### **Manual de operaciones del controlador de velocidad PWM**

#### **MANUAL DE CONFIGURACION DEL CONTROLADOR DE VELOCIDAD PWM**

##### **Descripción**

###### Características

Manual de modo dual inteligente Dos modos completamente automáticos están disponibles.

Pantalla LCD con retroiluminación capaz de mostrar el porcentaje de velocidad del tiempo de trabajo modo de corriente rotación hacia adelante estado inverso El inicio y el tiempo de ralentización lentos se pueden configurar con el límite superior de velocidad.

##### Parámetros del producto

<b>Especificaciones</b>	Speed controller
Dimensiones	136*89*37mm
Voltaje de entrada	10-55V
Voltaje de salida	línea bajo carga
Controlador de velocidad	0-100%
Corriente continua	30A
Corriente instantánea	40A
Tipo de control de velocidad	ajuste de corriente
Modo de control de velocidad de ajuste	jog+-
Rango de velocidad	0-100%
Tiempo	si
Frecuencia de control	15KHZ
Tipo de cableado	bloque terminal de valla
Motor de soporte	motor cepillo
Pantalla digital de velocidad	porcentaje de 0-100%

#### **La Configuración de la función 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9 es la siguiente**

Selección automática de modo manual Función 0:

1 es el modo manual 2 es el modo automático El valor predeterminado es 1 modo manual.

Configuración de tiempo de inicio lento Función 1:

100 000-El tiempo de inicio lento a 100% velocidad es ajustable entre 0-10 segundos El valor predeterminado es 1 segundo.

Ajuste del tiempo de parada lenta. Función 2:

000-100. El tiempo de parada lenta es ajustable entre 0-10 segundos. El valor predeterminado es 1 segundo.

## **Manual de operaciones del controlador de velocidad PWM**

Ajuste del límite de velocidad inferior Función 3:

000-080 La velocidad mínima es ajustable entre 0-80% y menos que el ajuste de velocidad máxima. El valor predeterminado es 0.

Ajuste de límite superior de velocidad Función 4:

000 - 100. La Velocidad máxima es ajustable entre 0-100% y es mayor que el ajuste de velocidad mínima. El valor predeterminado es 100%.

Ajuste del valor de aceleración y desaceleración Función 5:

001 002 005 010 015 020 020 025 cada pulsación de la tecla de suma y resta cambia la velocidad en 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%.

Ajuste del tiempo total de funcionamiento del motor Función 6:

1 segundo mínimo-99 horas 59 minutos 59 segundos máximo El valor predeterminado es 99 horas 59 minutos 59 segundos.

**La siguiente función 7.8.9. Es La configuración de tiempo en el modo completamente automático.**

Ajuste de tiempo de avance Función 7:

1 segundo mínimo-99 horas máximo El valor predeterminado es 10 segundos

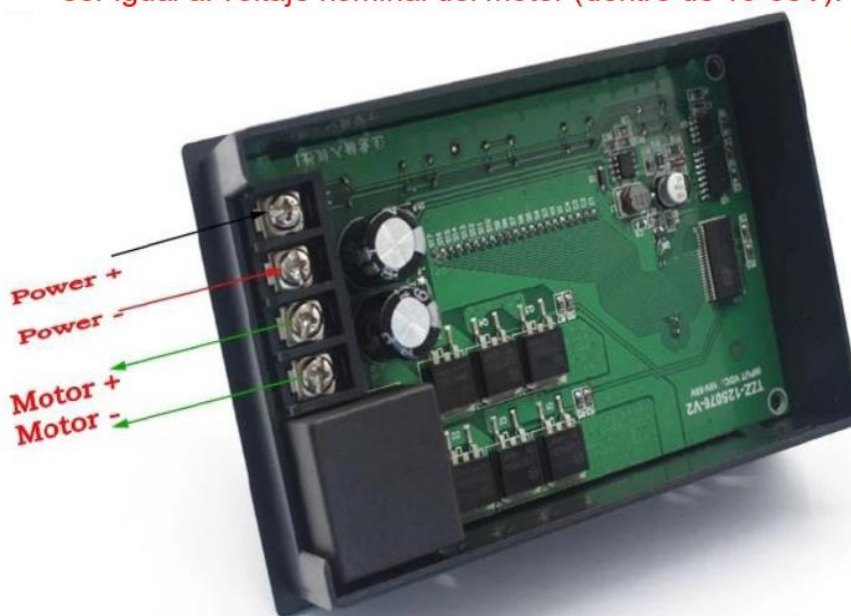
Ajuste del tiempo de parada Función 8:

1 segundo mínimo-99 horas máximo Por defecto es 10 segundos

Ajuste de tiempo inverso Función 9:

1 segundo mínimo-99 horas máximo El predeterminado es 10 segundos





**Nota: La entrada debe dividirse en voltaje de entrada positivo y negativo debe ser igual al voltaje nominal del motor (dentro de 10-55V).**



## Manual de operaciones del controlador de velocidad PWM





### Función 0: Selección de modo automático manual



Presione  MENU 1 vez, para mostrar en configuración 0 Ingresar selección de modo manual y automático 1 es modo manual 2 es Modo Automático  
Presione  (más)  (menos) para cambiar.  
Presione  RUN/STOP para guardar para salir.



### Función 1: Ajuste de tiempo de inicio lento



Presione  MENU 2 veces, para ingresar a la función 1.  
Presione la tecla  (más)  (menos) para subir y bajar el tiempo.  
Presione  (RUN/STOP) para Guardar y Salir.


### Función 2: Configuración de tiempo de parada lenta



Presione  MENU 3 veces, para ingresar a la función 2.  
Presione la tecla  (más)  (menos) para subir y bajar el tiempo.  
Presione  (RUN/STOP) para Guardar y Salir.





### Función 3: Ajuste del límite inferior de velocidad



Presione  MENU 4 veces, para ingresar a la función 3.  
Presione la tecla  (más)  (menos) para configurar.  
Presione  (RUN/STOP) para Guardar y Salir.

### Función 4: Configuración del límite superior de velocidad






Presione  MENU 5 veces, para ingresar a la función 4.  
Presione la tecla  (más)  (menos) para establece el porcentaje.  
Presione  (RUN/STOP) para Guardar y Salir.

## Manual de operaciones del controlador de velocidad PWM

### **Función 5: Configuración del valor de aceleración y desaceleración**




Presione  MENU 6 veces, para ingresar a la función 5.

Presione la tecla  (más)  (menos) para cambiar.

Presione  (RUN/STOP) para Guardar y Salir.


### **Función 6: Ajuste del tiempo total de funcionamiento del motor**



Presione  MENU 7 veces para ingresar a la función 6.

El tiempo máximo predeterminado es de 99 horas, 59 minutos y 59 segundos.


Presione el botón  FWD/REV para cambiar horas, minutos y segundos.

Presione la tecla  (más)  (menos) para aumentar o disminuir.

Presione  (RUN/STOP) para Guardar y Salir.


### **Función 7: Configuración de tiempo modo automático**



Presione  MENU 8 veces para ingresar a la función 7.

El valor predeterminado es el tiempo máximo 0 horas 0 minutos 10 segundos.

Presione el botón  FWD/REV para cambiar horas, minutos y segundos.

Presione la  tecla  (más) (menos) para aumentar o disminuir.

Presione  (RUN/STOP) para Guardar y Salir.

### **Función 8: Modo de rotación automática. Ajuste del tiempo de rotación.**



Presione el botón  MENÚ 9 para ingresar a la función 8.

El valor predeterminado es el tiempo máximo 0 horas 0 minutos 10 segundos.

Presione el botón  FWD/REV para cambiar horas, minutos y segundos.

Presione la tecla  (más)  (menos) para aumentar o disminuir.


Presione  (RUN/STOP) para Guardar y Salir.



### **Función 9: Modo automático de ajuste de tiempo inverso**



Presione el botón  MENÚ 10 para ingresar a la función 9.

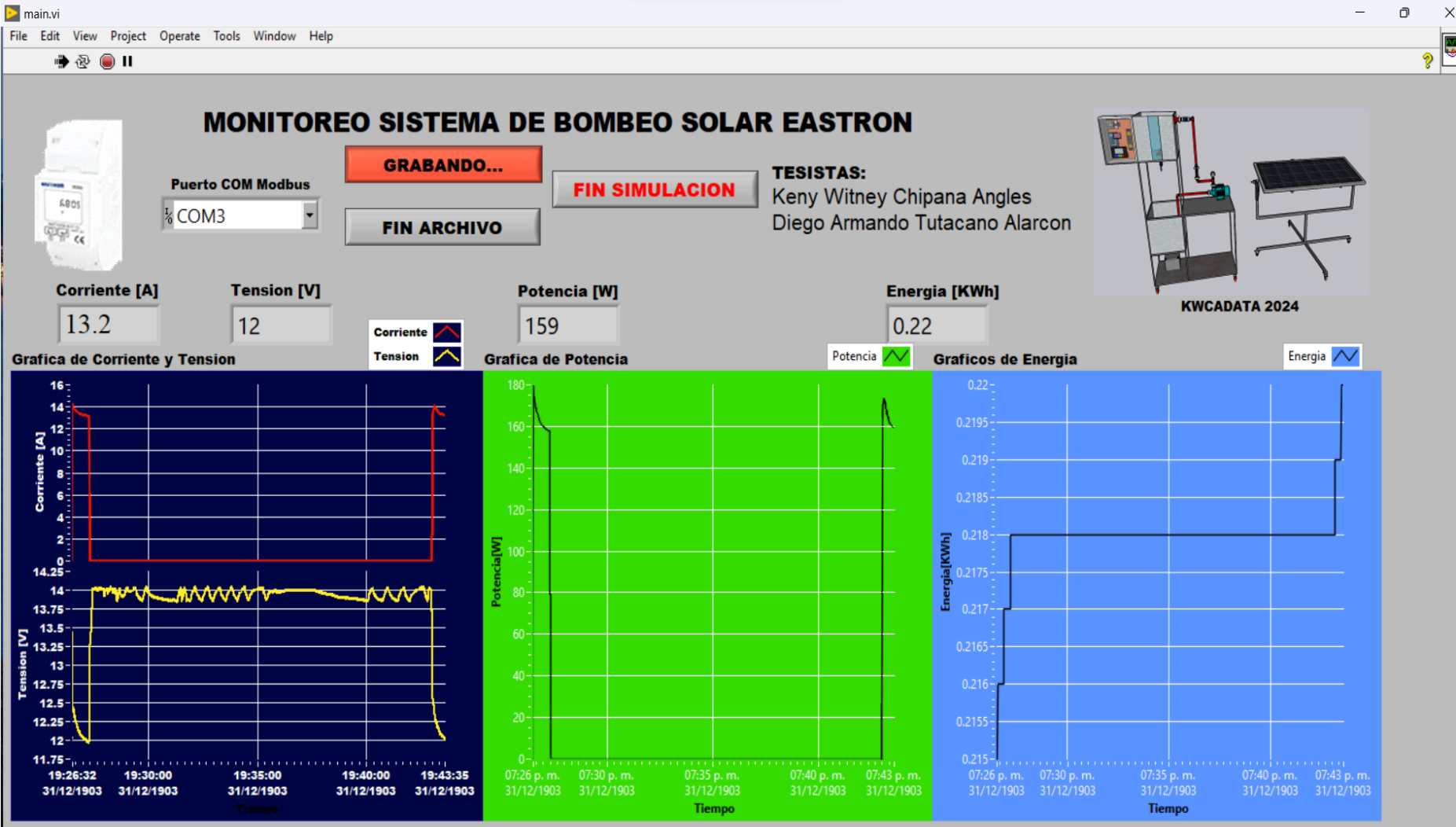
El valor predeterminado es el tiempo máximo 0 horas 0 minutos 10 segundos.

Presione el  botón FWD/REV para cambiar horas, minutos y segundos.

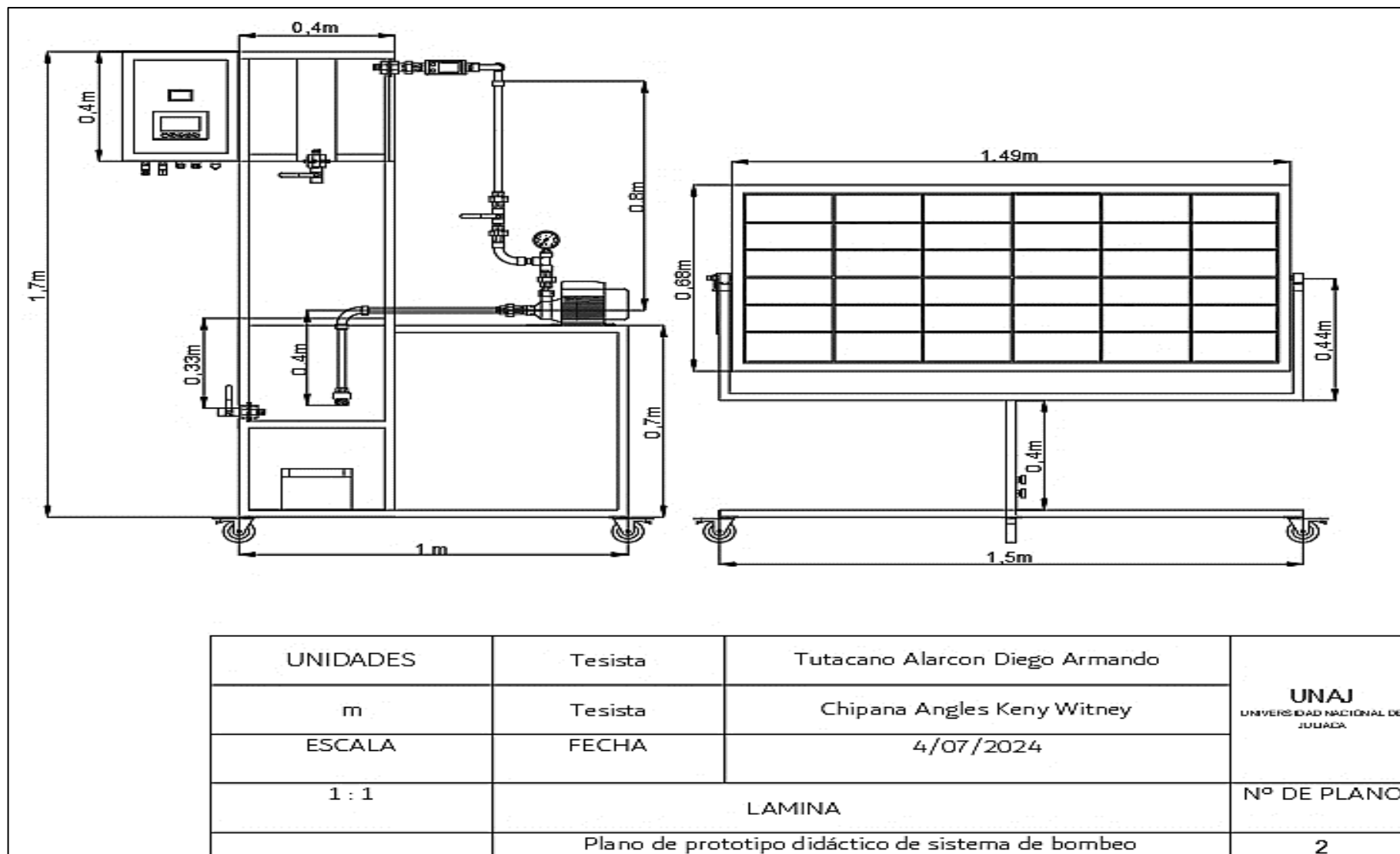
Presione la tecla  (más)  (menos) para aumentar o disminuir.

Presione  (RUN/STOP) para Guardar y Salir.

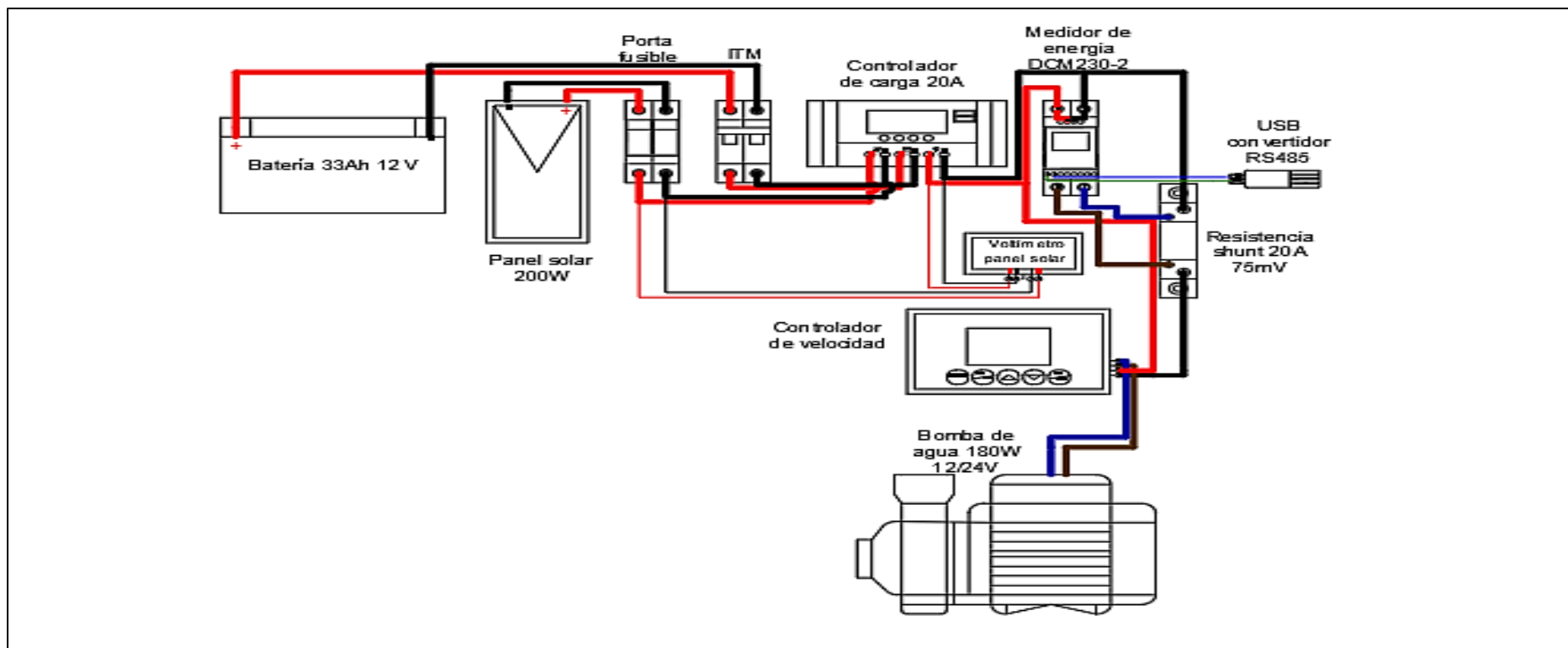
Anexos 4. Interfaz LabVIEW de monitoreo de parámetros (Elaboración propia).



Anexos 5. Plano de prototipo didáctico de sistema de bombeo solar (Elaboración propia).



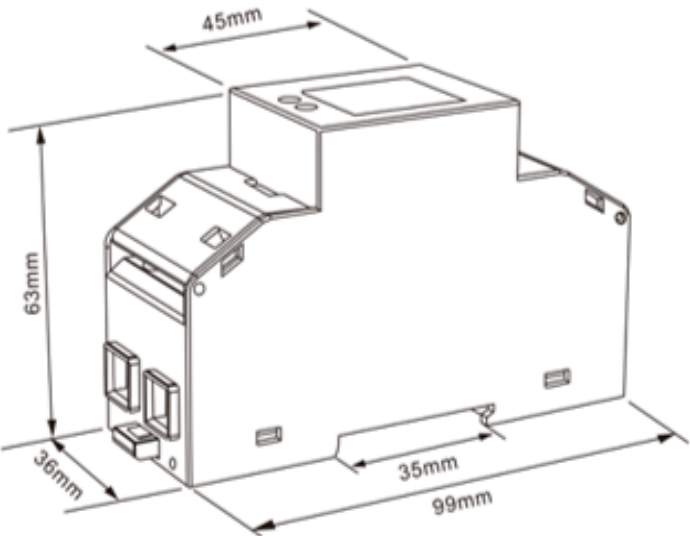
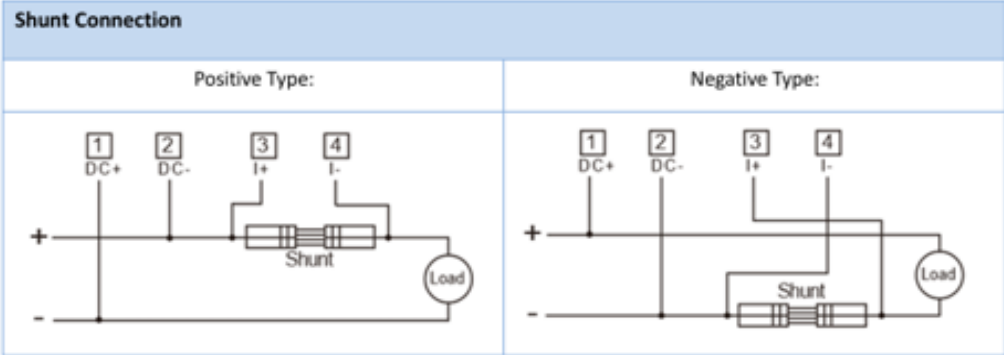
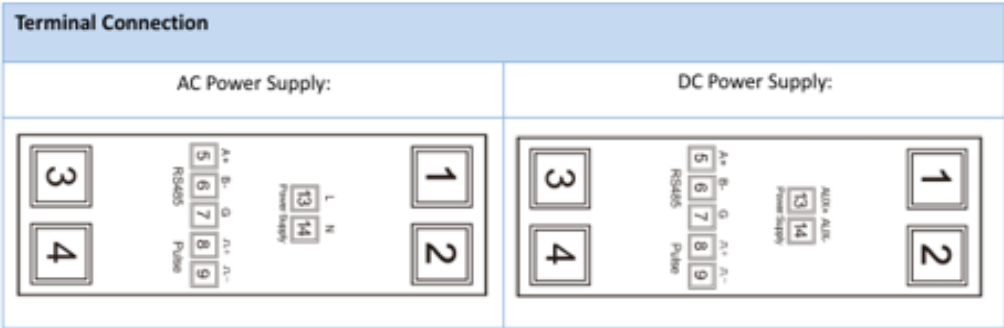
Anexos 6. Plano de diagrama de conexiones eléctricas (Elaboración propia).



UNIDADES	Tesista	Tutacano Alarcon Diego Armando	UNAJ UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
cm	Tesista	Chipana Angles Keny Witney	
ESCALA	FECHA	4/07/2024	
1 : 100	LAMINA		Nº DE PLANO
	Diagrama de conexiones eléctricas del sistema eléctrico		1

Anexos 7. Manual de usuario de medidor de energía Eastron DCM230.

Wiring diagram



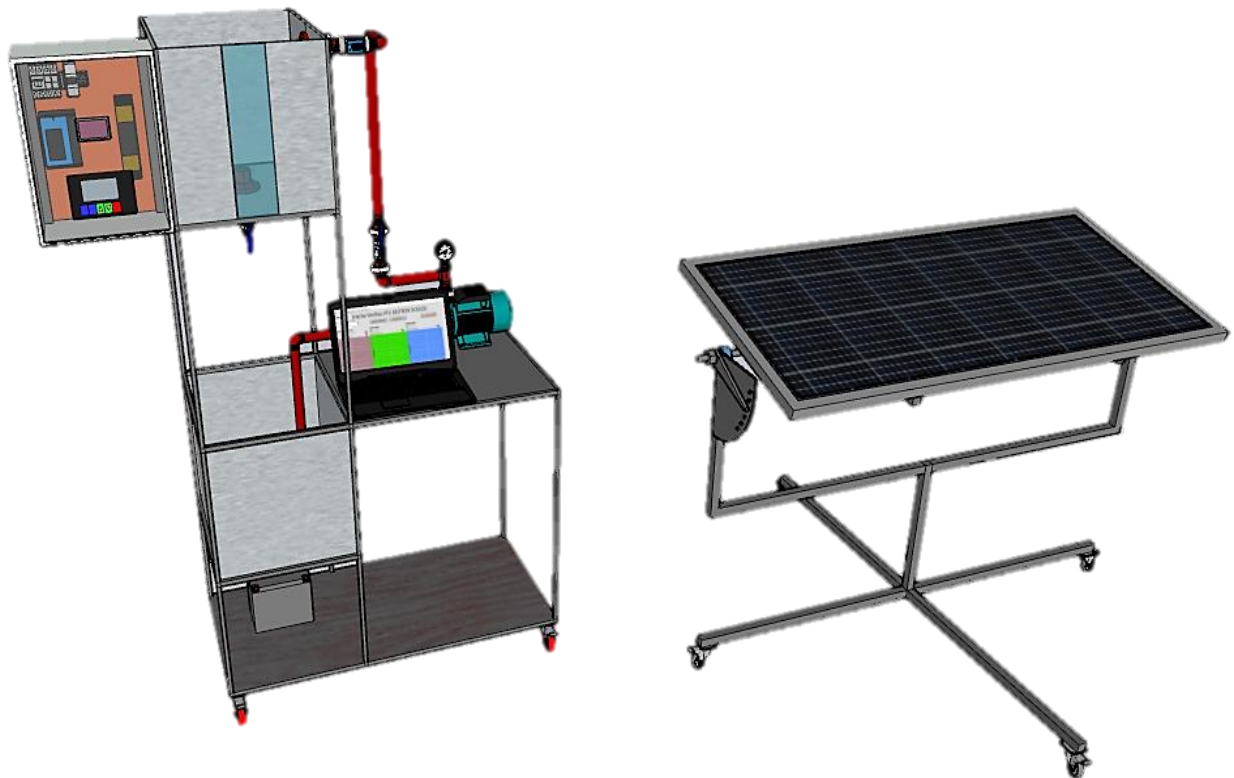
## MANUAL DE OPERACIONES Y GUIA DE PRACTICAS

EASTRON KCADTA2024

Versión 1.0

07/2024

ES



**INSTRUCCIONES DE USO DEL PROTOTIPO DIDACTICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO EN CC DE 1/4 HP**

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>4</b>
<b>2. DESCRIPCION DEL SISTEMA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Componentes principales del sistema .....	5
2.2. Funcionalidad y principio de operación.....	6
2.2.1. Descripción general .....	6
2.2.2. Funcionalidades clave .....	8
2.2.3. Diagramas y esquemas del sistema.....	8
<b>3. ESPECIFICACIONES TECNICAS .....</b>	<b>10</b>
3.1. Detalles técnicos de cada componente.....	10
3.1.1. Panel solar.....	10
3.1.2. Características del panel solar.....	10
3.1.3. Batería.....	11
3.1.4. Características de la batería.....	11
3.1.5. Controlador de carga .....	12
3.1.6. Características del controlador de carga PWM.....	12
3.1.7. Portafusibles y fusible .....	13
3.1.8. Interruptor termomagnético.....	13
3.1.9. Medidor de energía EASTRON DCM-230 DC.....	14
3.1.10. Características del medidor de energía EASTRON DCM-230-2DC .....	14
3.1.11 Resistencia shunt.....	15
3.1.12. Características de la resistencia shunt .....	15
3.1.13 Voltímetro digital.....	15
3.1.14. Características del voltímetro digital .....	15
3.1.15. Controlador de velocidad PWM 12V (speed controller) .....	16
3.1.16. Características del controlador de velocidad PWM-LCD.....	16
3.1.17. Modulo convertidor RS485 USB.....	16
3.1.18. Características del módulo convertidor.....	17
3.1.19. Bomba de agua 180W .....	17
3.1.20. Características de la bomba de agua 180W .....	17
3.1.21. Caudalímetro.....	18
3.1.22. Manómetro.....	19

3.1.23.	Software de monitoreo LabVIEW .....	19
<b>4.</b>	<b>INSTALACION .....</b>	<b>21</b>
4.1.	Preparación del sitio.....	21
4.2.	Consideraciones de ubicación.....	21
4.3.	Conexiones eléctricas .....	21
4.4.	Verificación del sistema.....	22
<b>5.</b>	<b>GUIA DE PRACTICAS DE OPERACION.....</b>	<b>23</b>
5.1.	Procedimientos para el encendido, apagado y guardar archivo del sistema. ....	23
5.2.	Procedimiento de bombeo a diferentes alturas. ....	28
5.3.	Procedimiento de bombeo en simulación de alturas.....	30
5.4.	Procedimiento de bombeo en residencias o instituciones.....	32
<b>6.</b>	<b>MANTENIMIENTO .....</b>	<b>35</b>
6.1.	Mantenimiento diario.....	35
6.2.	Mantenimiento semanal .....	35
6.3.	Mantenimiento mensual.....	35
6.4.	Mantenimiento anual .....	36
6.5.	Frecuencia de las tareas de mantenimiento.....	36
<b>7.</b>	<b>SOLUCION DE PROBLEMAS .....</b>	<b>37</b>
7.1.	Problemas comunes y soluciones .....	37
7.2.	Contactos para soporte técnico .....	38
<b>8.</b>	<b>SEGURIDAD .....</b>	<b>39</b>
8.1.	Advertencias generales .....	39
8.2.	Medidas de seguridad para el personal .....	39
8.3.	Procedimientos de emergencia .....	39
8.4.	Recomendaciones .....	39
<b>9.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>
9.1.	Diagramas eléctricos y mecánicos detallados.....	41
9.2.	Registro de mantenimiento y operación .....	43
<b>10.</b>	<b>GLOSARIO.....</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente manual está diseñado para proporcionar una guía detallada sobre instalación, operación y mantenimiento del prototipo didáctico de un sistema de bombeo solar de  $\frac{1}{4}$  de HP en CC. Este prototipo ha sido desarrollado con el propósito de facilitar la enseñanza y el aprendizaje sobre tecnologías de energías renovable, específicamente en el área de bombeo solar, en entornos educativos y de formación técnica.

El sistema de bombeo solar aprovecha la energía del solar para generar electricidad del sol para generar electricidad a través de paneles solares fotovoltaicos, la cual es utilizada para accionar una bomba de agua en corriente continua de 180 watts que equivalen a  $\frac{1}{4}$  de HP aproximadamente. Esta tecnología es especialmente útil en zonas rurales y remotas donde el acceso a la red eléctrica convencional es limitado o inexistente, permitiendo el suministro de agua para diversas aplicaciones como el riego agrícola el abastecimiento de agua potable y otros usos domésticos y comerciales.

El propósito de este manual es proporcionar una guía comprensible y practica para el montaje, operación y mantenimiento del sistema, asegurando su correcto funcionamiento y prolongando su vida útil. Además, se incluyen recomendaciones de seguridad y procedimientos para la resolución de problemas comunes.

Este prototipo didáctico no solo pretende demostrar el principio de funcionamiento de un sistema de bombeo solar, sino también incentivar el interés y la comprensión de las tecnologías sostenibles y renovables, promoviendo un aprendizaje activo y practico en el campo de las energías limpias.

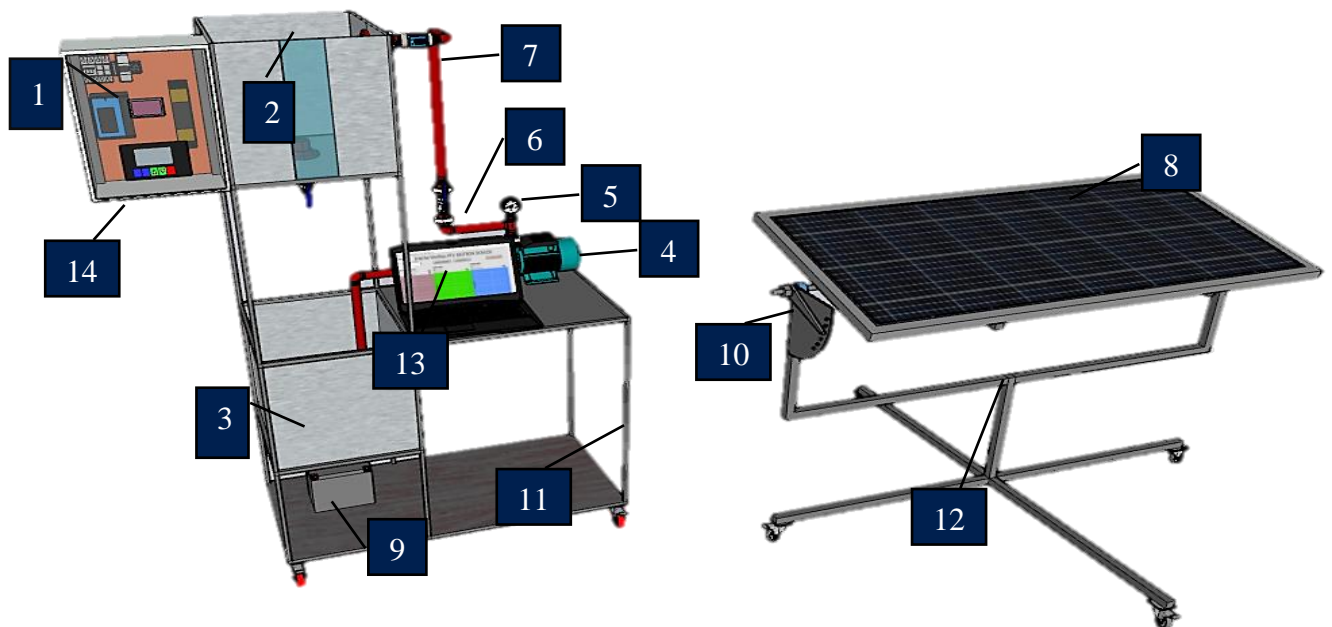
## 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El prototipo didáctico consiste en bombear el agua de forma cíclica que va desde la cisterna hacia el reservorio utilizando tuberías de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, impulsado con una bomba de agua de 180W, a su vez se puede monitorear los parámetros principales del sistema de bombeo solar que son: voltaje, corriente, potencia y energía, estos parámetros se pueden observar en gráficas y pueden ser almacenadas en un archivo con formato (.csv) y poder analizar dichos parámetros. Por otro lado, encontramos el caudalímetro y el manómetro para poder realizar anotaciones a diferentes pruebas.

El sistema tiene al controlador de velocidad PWM, que regula la velocidad del motor, así como arranque y parada suave.

En la siguiente figura podemos observar los elementos que componen el prototipo de sistema de bombeo solar fotovoltaico de forma general.

### 2.1. Componentes principales del sistema



- 1) Tablero de control.
- 2) Reservorio superior.
- 3) Cisterna inferior.
- 4) Bomba de agua de 180 W 12/24V.
- 5) Manómetro.
- 6) Llave de paso de  $\frac{3}{4}$ .
- 7) Flujómetro.

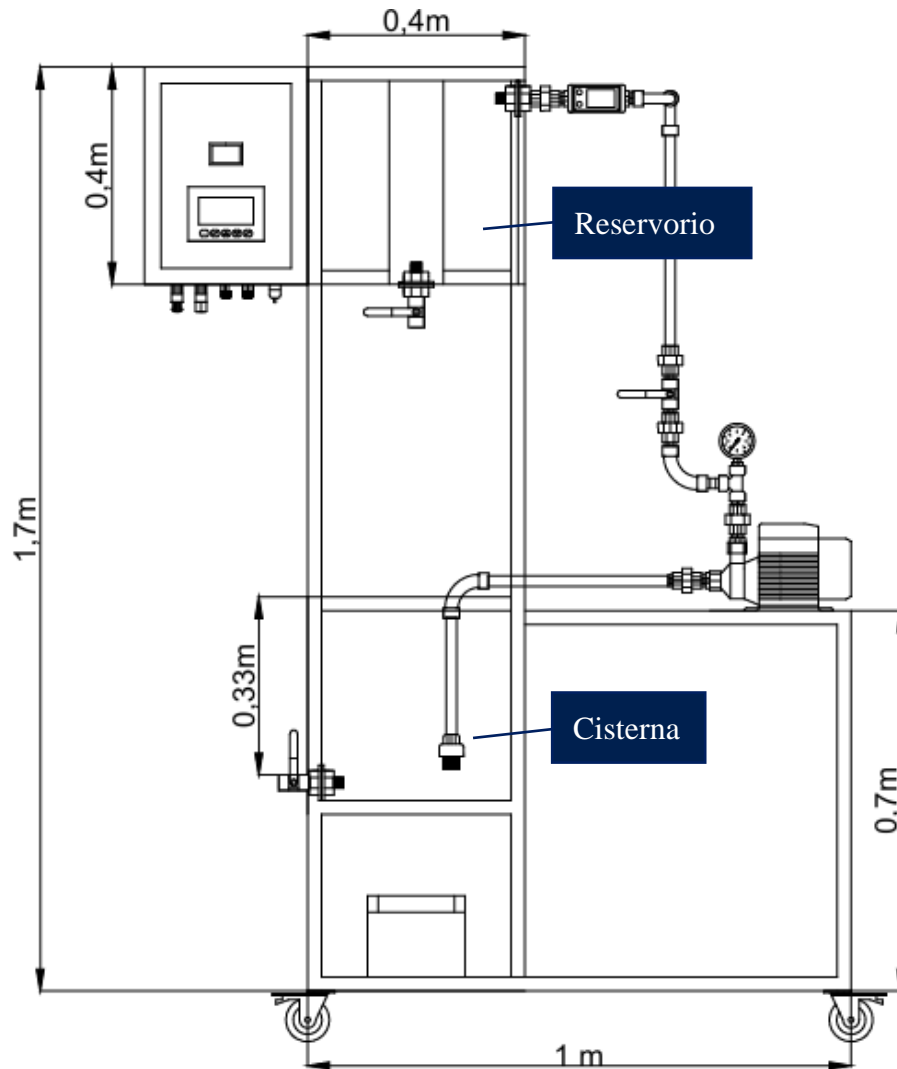
- 8) Panel solar 200 W.
- 9) Batería 33Ah 12V.
- 10) Regulador de ángulos de 0° a 55°
- 11) Estructura de sistema de bombeo.
- 12) Estructura de panel solar.
- 13) Ordenador portátil y software LabVIEW.
- 14) Entradas y salidas de conexión eléctrica del panel, batería, bomba de agua y salida de datos USB.

## **2.2. Funcionalidad y principio de operación**

### **2.2.1. Descripción general**

El sistema de bombeo solar está diseñado para extraer agua utilizando energía solar de forma cíclica, que va desde la cisterna hasta el reservorio, que están en la misma estructura. El diámetro de las tuberías hidráulicas es de ¾” en hidro IPS. Las especificaciones técnicas del prototipo se muestran en la siguiente tabla.

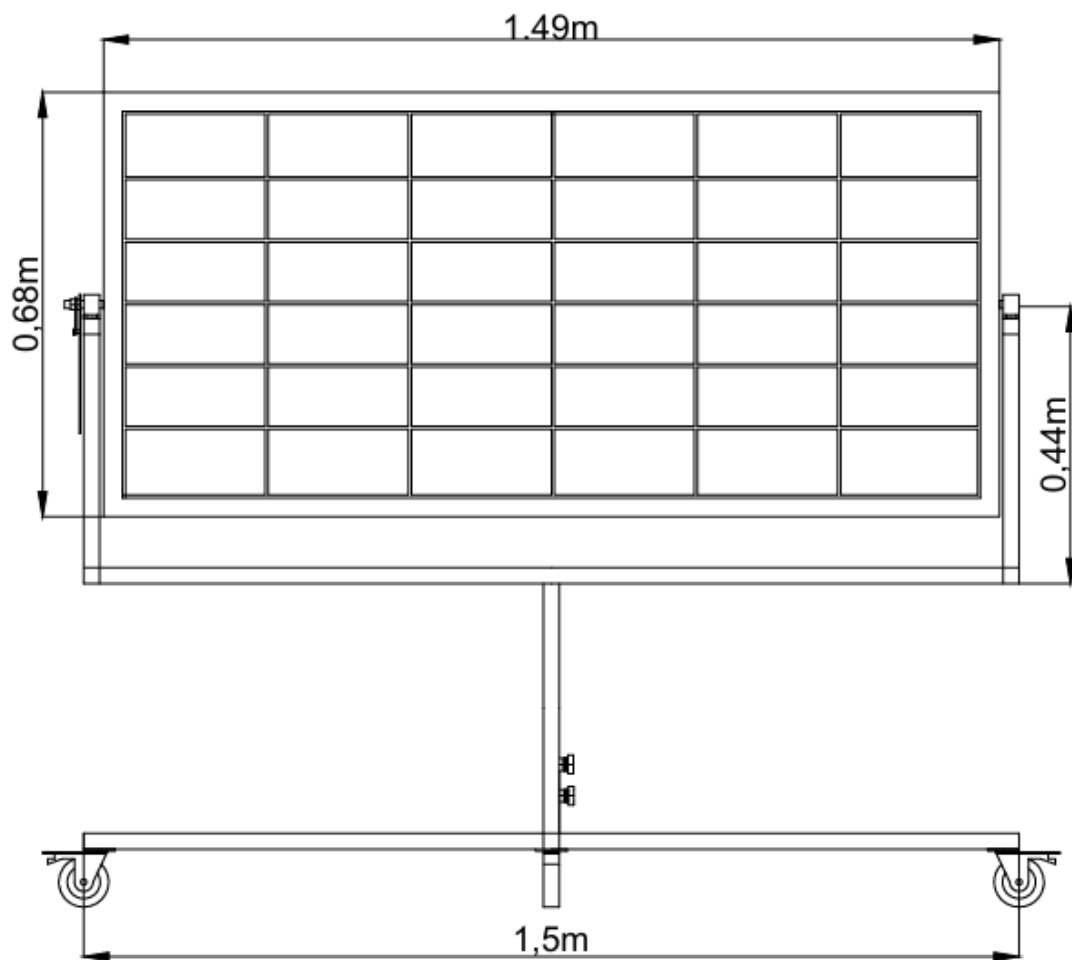
<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Dimensiones</b>
Largo	m	1
Ancho	m	0.5
Altura	m	1.7
Peso teórico estructura	kg	45
Volumen reservorio	L	66
Volumen cisterna	L	60
Potencia del motor	W	180



**Figura 1.** Dimensiones del sistema de bombeo.

Por otro lado, podemos observar las dimensiones del soporte del panel solar fotovoltaico que puede variar sus ángulos según sea la necesidad de las practicas, lo normal es usar a  $15^\circ$  que son próximos al ángulo de inclinación optimo.

Descripción	Unidades	Dimensiones
Largo	m	1.5
Ancho	m	1.5
Altura	m	84
Peso teórico estructura	kg	45
Regulador de ángulos	°	0-55°
Potencia panel	W	200



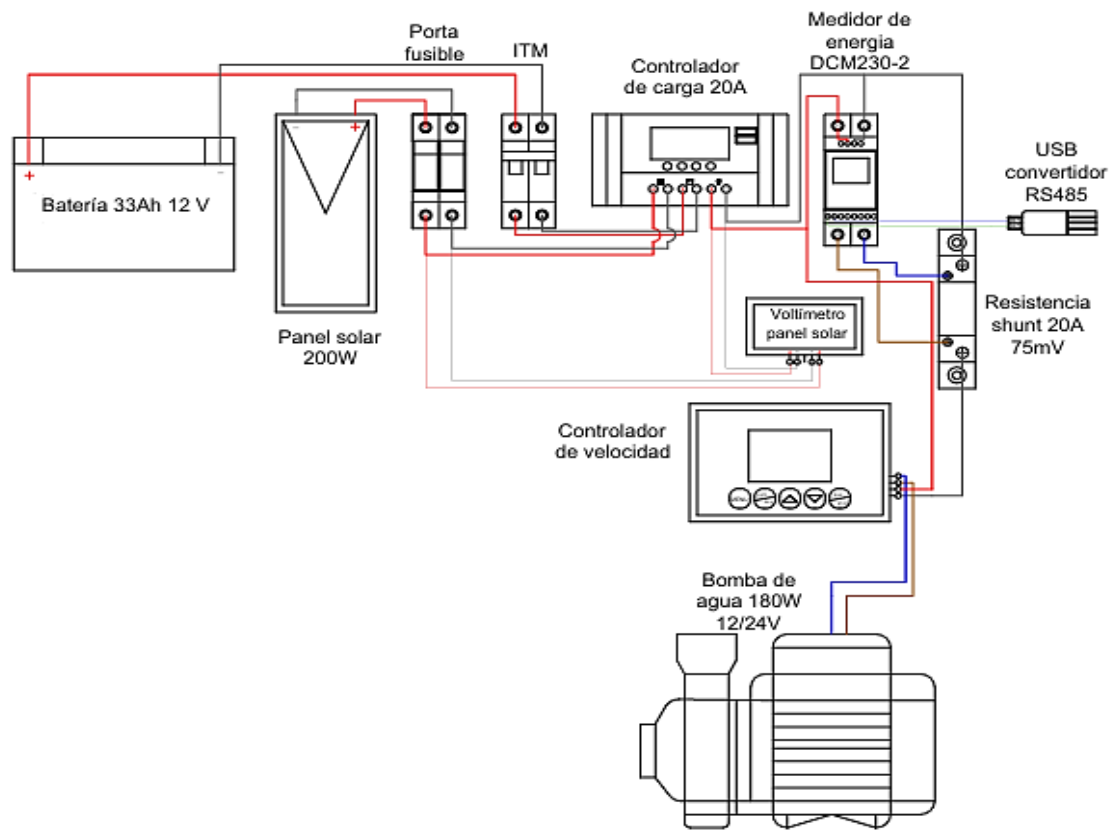
**Figura 2.** Dimensiones del sistema fotovoltaico.

### 2.2.2. Funcionalidades clave

El sistema puede funcionar siempre y cuando la batería este cargada más del 50% de carga de no ser así deberá recargar conectando el panel solar por 3 horas aproximadamente.

### 2.2.3. Diagramas y esquemas del sistema

En la siguiente figura se puede observar las conexiones del sistema de bombeo solar que se encuentra dentro del gabinete.



**Figura 3.** Diagrama de conexiones del sistema eléctrico.

### 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

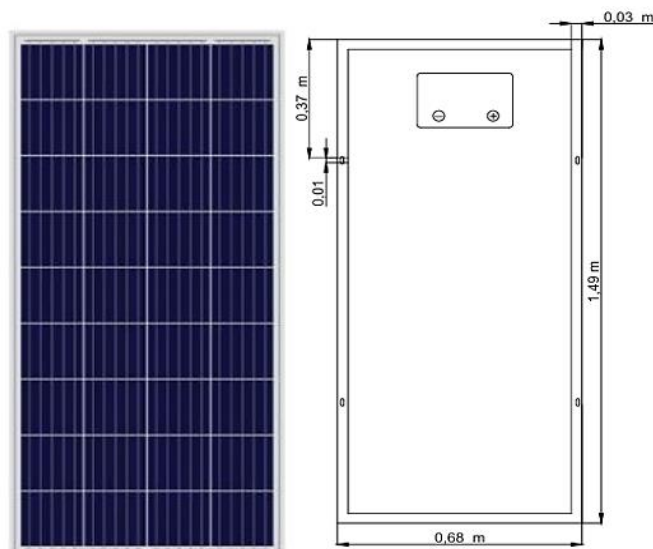
#### 3.1. Detalles técnicos de cada componente

##### 3.1.1. Panel solar

Son dispositivos que convierten la luz solar en electricidad. Están compuestos por celdas fotovoltaicas de silicio que generan corriente continua (CC) cuando son expuestas a la luz solar. Su principal función en el sistema es la de cargar a la batería.

##### 3.1.2. Características del panel solar

Especificaciones				
Tipo de modelo	TAI-M200W			
Tipo de celda solar	Mono 158.75*158.75cell			
Numero de celdas	36			
Fecha	May.2020			
Pm	Vmp	Imp	Voc	Isc
200w	18.89v	10.59a	22.58V	11.33A
Tensión máxima del sistema	1000V(IEC)			
Clasificación máxima del fusible en serie	15A			
Dimensiones	1490*680*35mm			
Peso	11.5kg			
Tolerancia de salida	0-3%			
Condición de prueba estándar	1000W/m2 AM1.5,25°C			
temperatura de funcionamiento	- 40 °C to + 85°C			
garantía de fabricación	12 años			



**Figura 4.** Dimensiones panel solar 200 W.

### 3.1.3. Batería

Es un componente esencial en el sistema de bombeo solar fotovoltaico, especialmente si requiere almacenamiento de energía para uso durante periodos de baja radiación solar o en horas nocturnas. Su función principal es almacenar la energía generada por los paneles, permitiendo que la bomba de agua opere de manera continua, independientemente de la disponibilidad inmediata de la luz solar.

### 3.1.4. Características de la batería

La batería del grupo Sumacinti SU12-33 es una batería monobloc sellada de tecnología AGM (absorbed Glass Mat) 12V 33Ah libre de mantenimiento.

#### Especificaciones

Dimensiones	195*130*180mm
Voltaje	12V
Capacidad	33Ah
Peso	Aprox.10.2 kg
Rango de temperatura de funcionamiento normal	25°C±5°C
Terminal	Terminal F7/F11

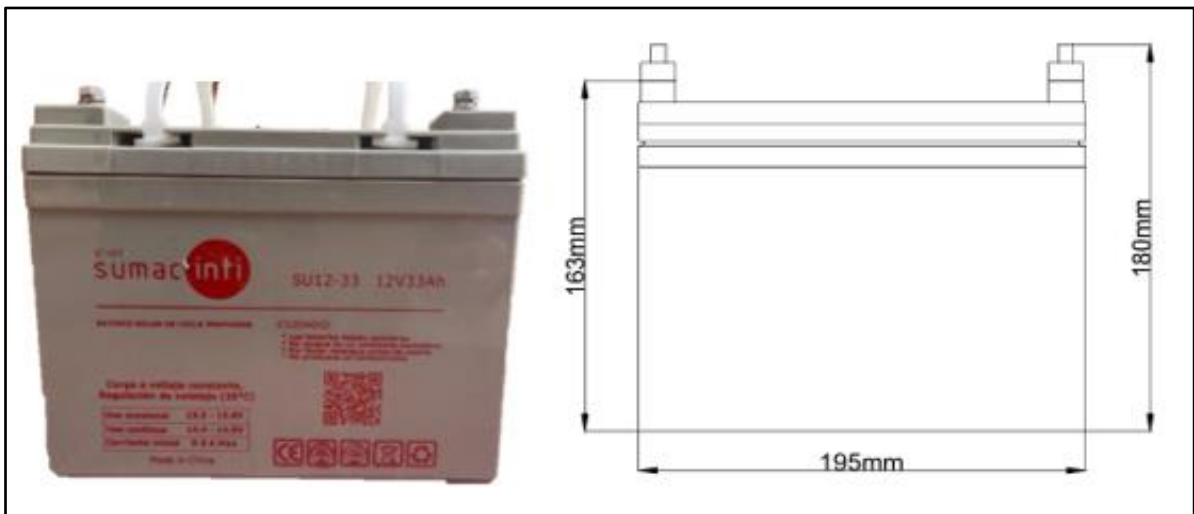


Figura 5. Dimensiones Batería 12V 33 Ah.

### 3.1.5. Controlador de carga

Es un dispositivo esencial en un sistema de energía solar. Su principal función es regular la cantidad de energía que fluye desde los paneles solares hacia la batería. Esto evita que las baterías se sobrecarguen en exceso, protegiéndolas y prolongando su vida útil, además, el controlador de carga puede gestionar la distribución de energía hacia otros componentes del sistema, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro.

### 3.1.6. Características del controlador de carga PWM

Especificaciones	Controlador de carga PWM-E-20A
Voltaje de batería	12V 24V auto
Corriente de carga	20 A
Descarga actual	10 A
Entrada solar máx.	48V (para batería de 24V) 24V (para batería de 12V)
Ecualización	14.4V (sellado) 14.2V(Gel) 14.6V (inundación)
Carga flotante	13.7V(por defecto, ajustable)
Parada de descarga	10.7V(por defecto, ajustable)
Reconexión de descarga	12.6V(por defecto, ajustable)
Reconexión de carga	13V
Voltaje DE LA LUZ abierta	Panel solar 8V (Retardo de luces)
Voltaje de luz cercana	Panel solar 8V (Retraso del apagado)
Salida USB	5V/3A
Autoconsumo	<10mA
Temperatura de funcionamiento	-35°C; +60°C
Tamaño	133.5*70*35mm



**Figura 6.** Dimensiones controlador de carga 20A.

### 3.1.7. Portafusibles y fusible

Contiene fusibles de 20A que protegen los componentes eléctricos de sobre corrientes. Está instalado después del panel solar a su vez funciona con un interruptor al deshabilitar los fusibles cortando la energía proveniente de los paneles.

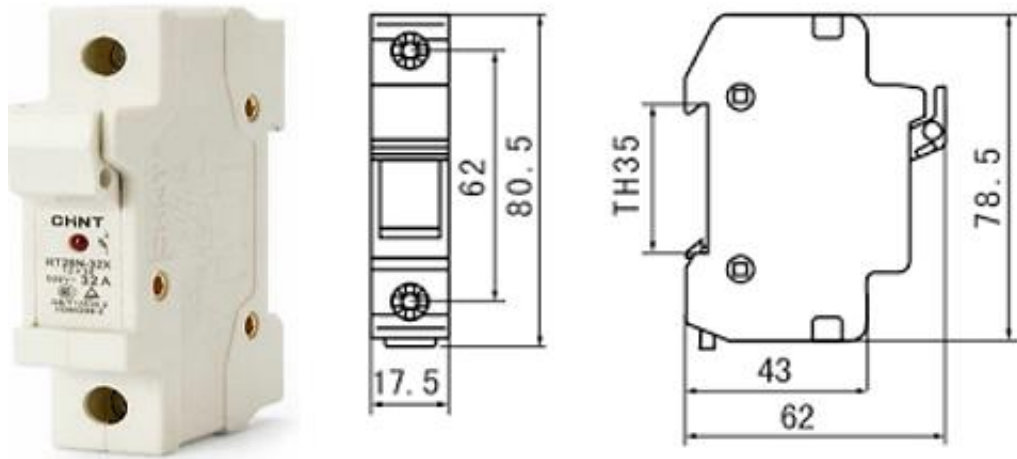


Figura 7. Dimensiones portafusiles 20A.

### 3.1.8. Interruptor termomagnético

Este es un dispositivo de protección utilizado en sistemas eléctricos para proteger circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos.

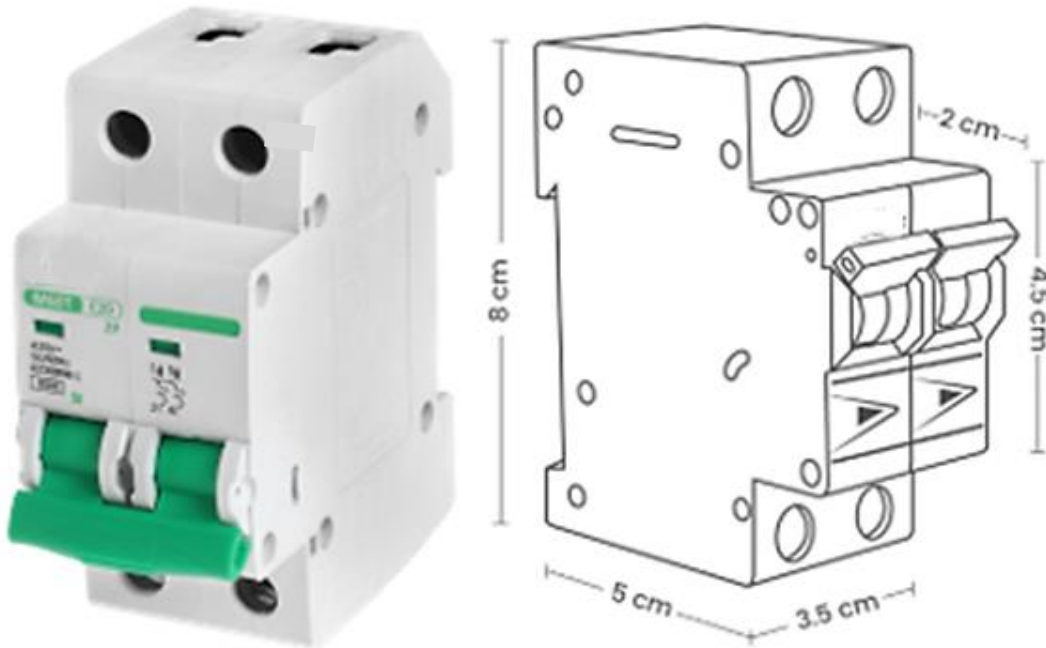


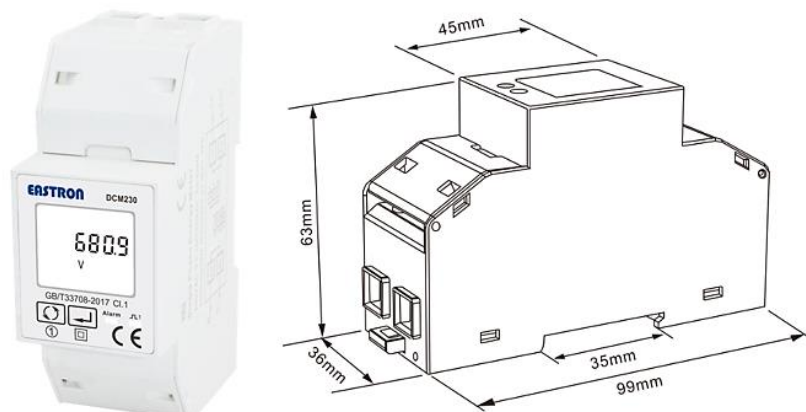
Figura 8. Dimensiones interruptor termomagnético 20A.

### 3.1.9. Medidor de energía EASTRON DCM-230 DC

Monitoriza el consumo de energía del sistema ya sea potencia, tensión, corriente y energía esta se conecta junto a la resistencia shunt de 20A 75mV para su correcto funcionamiento.

### 3.1.10. Características del medidor de energía EASTRON DCM-230-2DC

Especificaciones generales	DCM-230-2
Entrada de voltaje DC	5-300V DC, 5-600V DC, 5-1000V DC
Suministro Auxiliar	9-60V DC(DCM230-2)
Entrada de derivación de DC	75mV (por defecto)
Alcance actual	0-2000A
Consumo de energía	≤ 2W/5VA
Resistencia de voltaje AC	4400V/1min
Tensión de impulso	6.4kV-1.2/50μS forma de onda
Duración de salida de impulsos	1,10,100,1000imp/kWh (por defecto)
Duración del pulso	60,100 (por defecto), 200mS
Indicador de salida de pulso	total, kWh/importación kWh/exportación kWh
Display	LCD con retroiluminación
Max. Lectura	999999.9kWh
Peso	220g
Estándar	GB/T33708-2017
Clase de precisión	1 (desviación de medición máx. 1%)



**Figura 72.** Dimensiones del medidor de energía Eastron DCM230DC.

### 3.1.11. Resistencia shunt

Mide la corriente que pasa por el sistema, este dispositivo se conecta en serie con la carga, asimismo trabaja con el medidor de energía DCM-230 DC

### 3.1.12. Características de la resistencia shunt

Especificaciones generales	Resistencia shunt
Voltaje	75mV
Corriente	20A
Precisión	clase 0.5
Dimensiones	12x2,5x1,5 cm (largo, ancho, alto)
Peso neto	60g



**Figura 10.** Resistencia shunt 20A 75mV.

### 3.1.13. Voltímetro digital

Este dispositivo mide el voltaje de salida del panel solar además de ellos, se alimenta con 12 voltios que proviene de la salida del controlador de carga.

### 3.1.14. Características del voltímetro digital

Especificaciones	Voltímetro JY5135-V
Modelo	JY5135-V
Voltaje de alimentación	A/DC12V
Voltaje máximo de testeo	0-100V DC
Display	100,0
Power	1; 2 PIN
Input	4; 5 PIN



**Figura 1173.** Voltímetro digital 12V DC JY5135-V.

### 3.1.15. Controlador de velocidad PWM 12V (speed controller)

Regula la velocidad de la bomba controlando el voltaje de entrada, este dispositivo va conectado de la salida del controlador de carga y la resistencia hacia la bomba de agua, puede trabajar en automático y manual, así como también la inversión de giro FWD a REV programando con tiempos si es necesario.

### 3.1.16. Características del controlador de velocidad PWM-LCD

Especificaciones	Speed controller
Dimensiones	136*89*37mm
Voltaje de entrada	10-55V
Voltaje de salida	línea bajo carga
Controlador de velocidad	0-100%
Corriente continua	30A
Corriente instantánea	40A
Tipo de control de velocidad	ajuste de corriente
Modo de control de velocidad de ajuste	jog+-
Rango de velocidad	0-100%
Tiempo	si
Frecuencia de control	15kHz
Tipo de cableado	bloque terminal de valla
Motor de soporte	motor cepillo
Pantalla digital de velocidad	porcentaje de 0-100%



**Figura 12.** Controlador de velocidad PWM (speed controller) 30A.

### 3.1.17. Modulo convertidor RS485 USB

Es un dispositivo esencial que permite la comunicación entre una PC(USB) y un microcontrolador RS485 que proviene del medidor estos datos pueden mostrarse en el software LABVIEW según su programación.

### 3.1.18. Características del módulo convertidor

Especificaciones generales	Modulo convertidor RS485-USB
Sistema de apoyo	Windows XP, Vista, Windows 7, Linux, MacOS, WinCE5.0 drive
Admite rango de velocidades en baudios	75bps-115200bps, hasta 6Mbps
Rango de temperatura de trabajo	-40°C_+85°C
Distancia de comunicación	1200m (máx.)
Dimensiones	53.5*17.9*13mm
Peso	7.55g



**Figura 74.** Dimensiones modulo convertidor RS485 a USB.

### 3.1.19. Bomba de agua 180W

La bomba de agua es el componente que realiza el trabajo de mover el agua desde la cisterna hasta el reservorio del prototipo en otros casos del pozo o cisterna hacia el tanque elevado de una vivienda, el cual bombea el agua con la potencia necesaria para alcanzar la altura y distancias requeridas.

### 3.1.20. Características de la bomba de agua 180W

Especificaciones generales	Bomba solar YSQB12V
Voltaje	12V
Potencia	180W
Caudal máximo	1.5m <sup>3</sup> /h
Máxima altura de succión	5 m
Máxima altura de elevación	15 m
Diámetro de entrada y salida de agua(pulgada)	1"
Dimensiones	12*16*26 cm



**Figura14.** Electrobomba 180W 12/24V.

### 3.1.21. Caudalímetro

Es un dispositivo capaz de medir el caudal del agua que bombea el sistema, este dispositivo está instalado en la tubería de salida de la bomba de agua, exactamente donde ingresa el agua hacia el reservorio.

<b>Especificaciones generales</b>	Medidor de flujo de turbina digital
Voltaje de funcionamiento	2,3-3,3 V
Calibre de conexión	1 "NPT
Presión máxima de trabajo	20bar
Unidad	L, gal, PT, Qt
Recuento único	0,00-9999,9
Temperatura de trabajo	-10 °C - 60 °C (-14 °F - 140 °F)
Tipo de batería	2 pilas AAA (incorporadas)
Precisión de la medida	± 1%
Rango de flujo	10-120 l/min
Repetibilidad	± 0.5%
Recuento acumulado total	0 - 99999
Líquido aplicable	diésel, urea, queroseno, gasolina
Peso del paquete	0.430 kg
Tamaño del paquete (largo x ancho x Alto)	11,00x7,50x6,00 cm/4,33x2,95x2,36 pulgadas



**Figura 15.** Flujómetro digital.

### 3.1.22. Manómetro

Este dispositivo mide la presión del agua en el sistema.

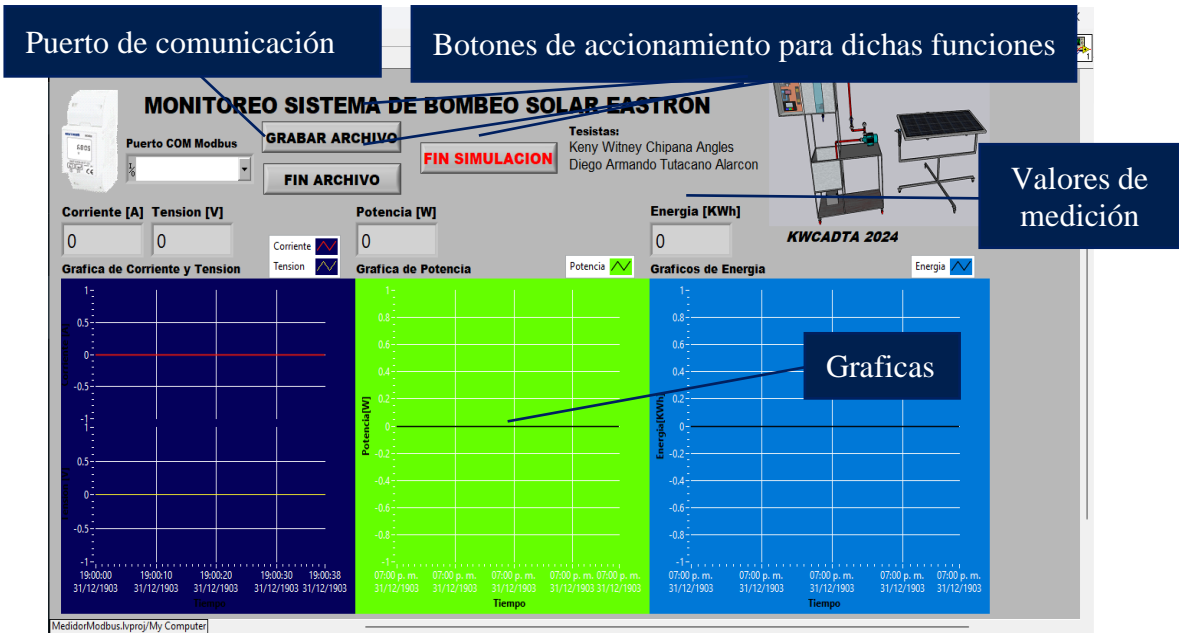
<b>Especificaciones generales</b>	<b>Manómetro 90psi glicerina</b>
Material	Metal
Rango	Rango 1/ rango 2(opcional)
Medición	Rango 2: 0 ~ 90psi / 0 ~ 6bar
Diámetro de la placa del dial	50mm
Tipo de rosca	1/4 "NPT
Peso del artículo	58g
Peso del paquete	65g



**Figura 16.** Manómetro 90PSI.

### 3.1.23. Software de monitoreo LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es una plataforma de desarrollo y un entorno de programación grafica creada por National Instruments (NI). Es ampliamente utilizada en ingeniería, investigación y desarrollo para la adquisición de datos como se aplicó para este sistema de bombeo solar, el control de instrumentos y análisis de señales entre otros, asi mismo en este prototipo se ve aplicado para adquirir datos de Voltaje, corriente, potencia y energía, los cuales son muy importantes para poder realizar investigaciones y determinar la eficiencia de su componente principal que es la bomba de agua de 180W.



**Figura 17.** Interfaz labVIEW de monitoreo de bombeo solar.

## 4. INSTALACIÓN

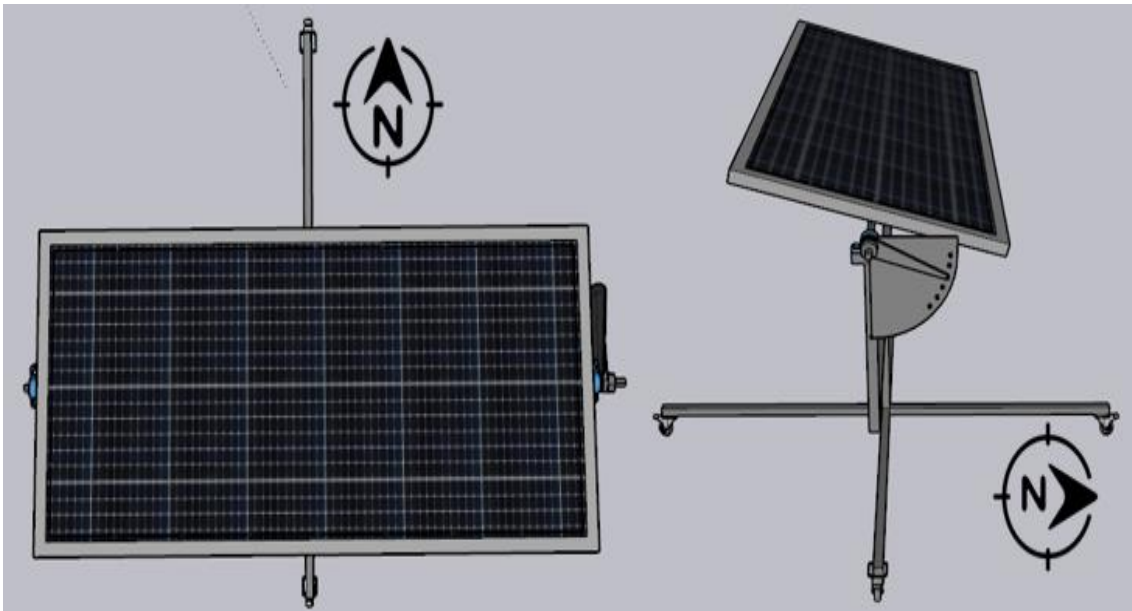
### 4.1. Preparación del sitio

El lugar de trabajo debe disponer de un área de  $0.5 m^2$  para el sistema de bombeo y para la estructura del panel solar se necesita un área  $2.25 m^2$  además de ello la estructura del sistema fotovoltaico debe estar en el exterior libre de sombras.

### 4.2. Consideraciones de ubicación

El sistema de bombeo puede estar dentro de un ambiente o también en el exterior, el sistema fotovoltaico que compone de una estructura para el panel solar debe estar orientado hacia el norte, la inclinación del panel se recomienda poner en  $15^\circ$  ya que es el próximo al Angulo óptimo para la ciudad de Juliaca.

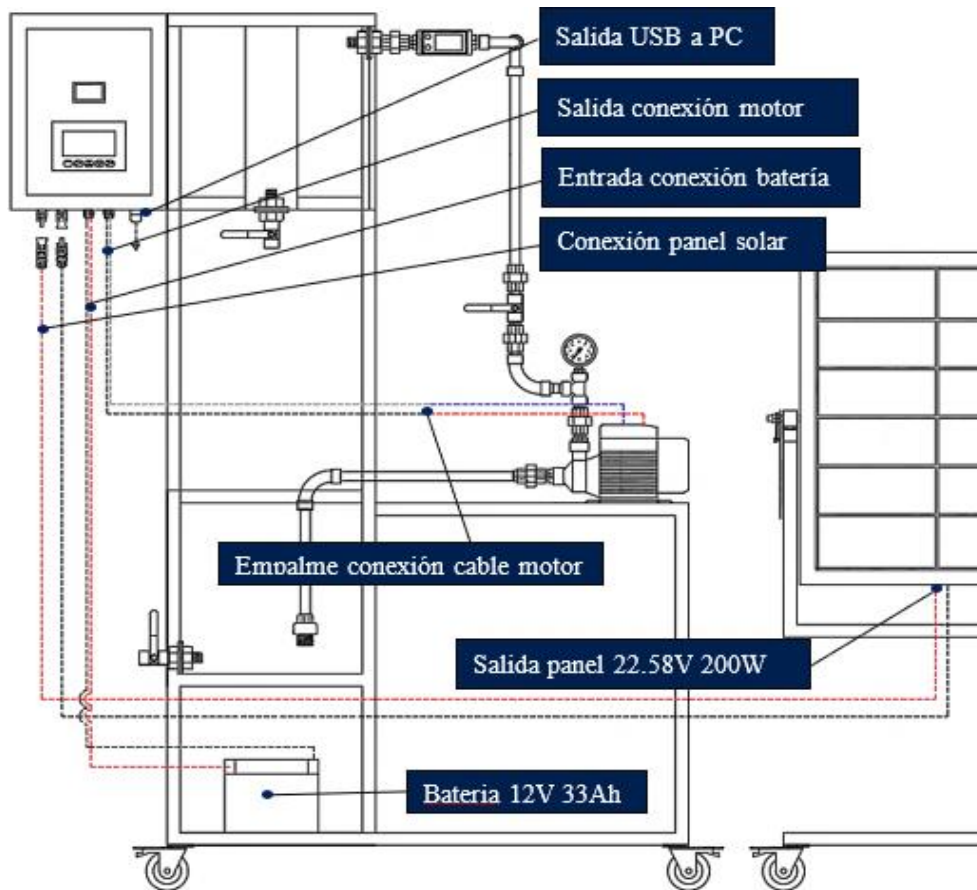
Si la estructura ya se encuentra orientado hacia el norte accionar los frenos de las garruchas para evitar movimiento o deslizamiento de la estructura del panel.



**Figura 18.** Orientación Norte del panel solar 200W.

### 4.3. Conexiones eléctricas

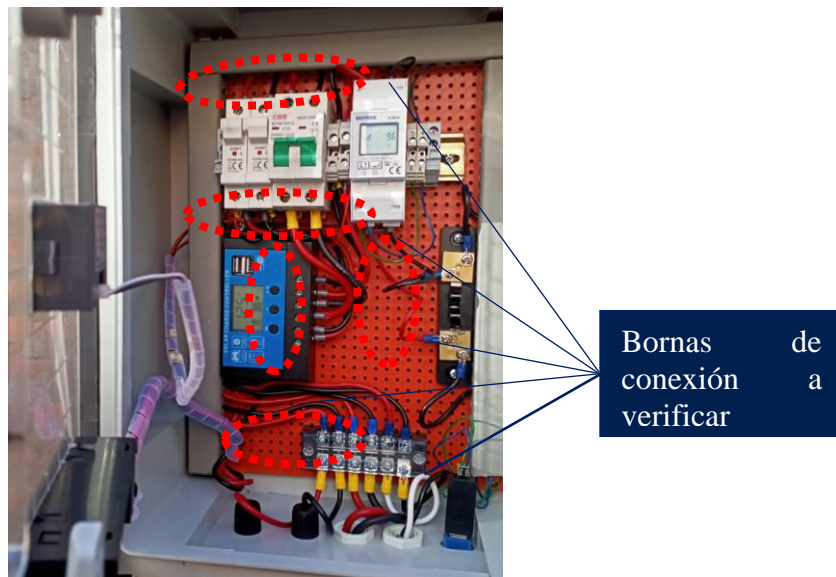
Las conexiones eléctricas están conectadas hacia el gabinete de control, la batería conectada con cable calibre 10 AWG GPT Rojo (+) y negro (-), el panel conectado con cable calibre 12 AWG vulcanizado blanco (+) y negro (-), la conexión de salida hacia el motor cable calibre 12 AWG vulcanizado blanco (+) y negro (-) conectar con los cables del motor azul(-) y rojo (+) configurar blanco con azul y negro con rojo del motor para tener en giro normal para la circulación del agua, y la salida USB a PC.



**Figura 19.** Descripción de conexiones eléctricas del sistema de bombeo.

#### 4.4. Verificación del sistema

Por seguridad verifica que las bornas de conexión de cada dispositivo estén bien ajustadas y evita falsos contactos, así como también cables sueltos o mal conectados.

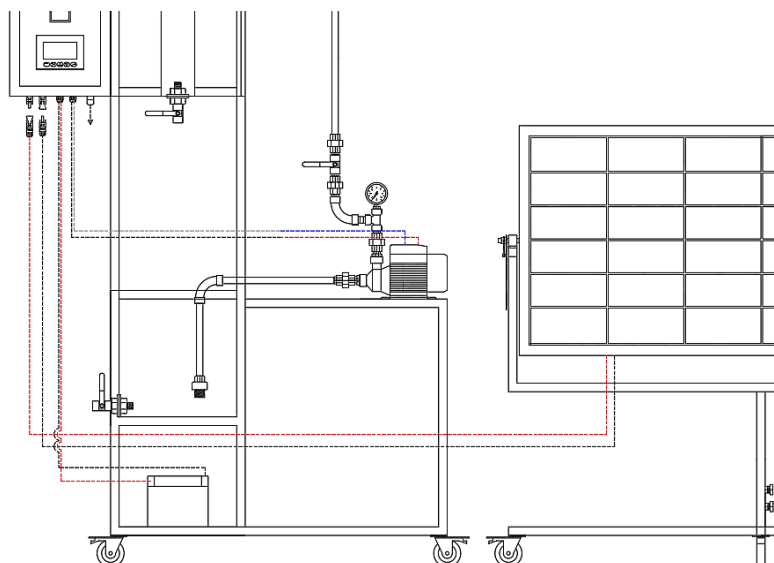


**Figura 20.** Indicador de bornas de conexión.

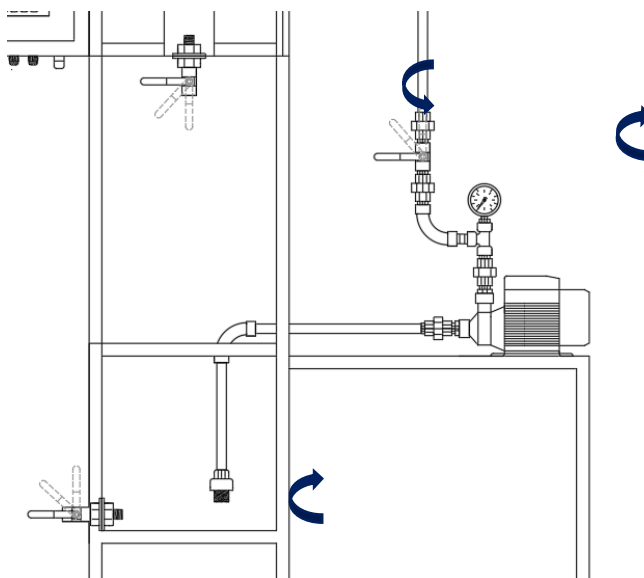
## 5. GUÍA DE PRACTICAS DE OPERACIÓN

### 5.1. Procedimientos para el encendido, apagado y guardar archivo del sistema.

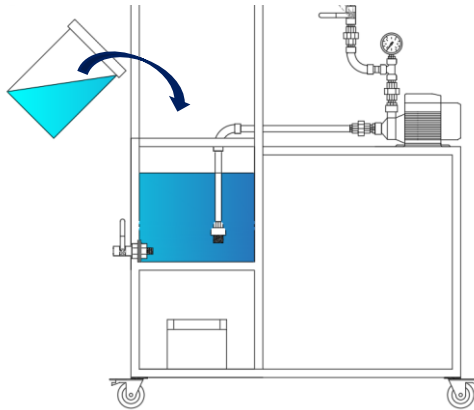
- **Paso 1:** Realizar la conexión del panel, batería y bomba de agua hacia el gabinete de control para el encendido del sistema.



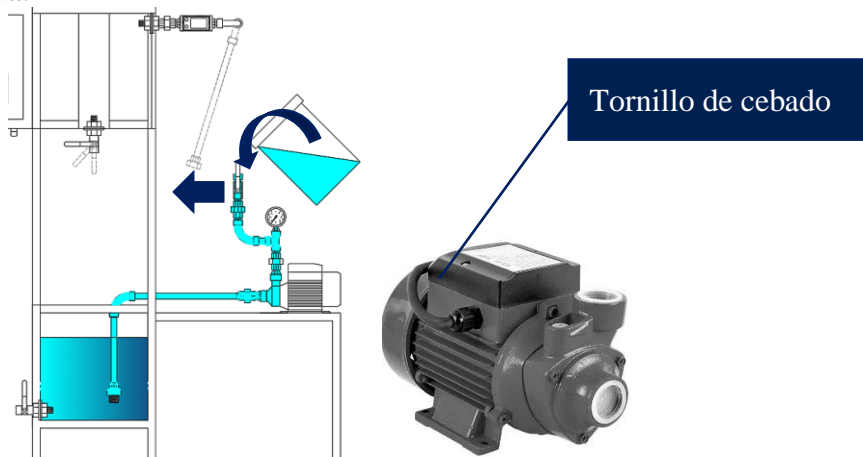
- **Paso 2:** Abrir la llave de paso de la tubería de elevación del agua, abra también la llave de paso del reservorio para ejercer el flujo del agua continuo y cierre para medir caudales tiempo de llenado y otros, por otro lado, cierre las llaves de paso de la cisterna para el llenado del agua en el mismo y abra la llave para desfogar el agua.



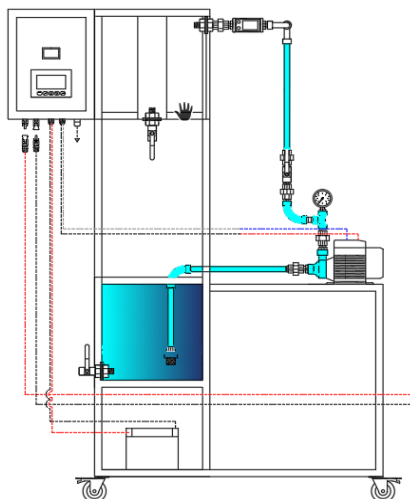
- **Paso 3:** Llenar de agua la cisterna hasta su máximo nivel si es necesario dependiendo de las pruebas que se realizara.



- Paso 4:** Purgar o cebado de la bomba de agua, para ello desenroscar el universal de 3/4" que se encuentra después de la llave de paso de la tubería de succión para luego con un recipiente verter agua en el tubo hasta que se llene a su tope de igual forma destornillar su tornillo de cebado de la bomba de agua.




- Paso 5:** Luego realizar los pasos anteriores, asegúrese de que este todo conectado y bien ajustado para evitar fugas en las tuberías o conexiones.  
 Nota: si derramo agua en la mesa de trabajo secar con una franela.



- **Paso 6:** Programar el controlador de velocidad en la función 6 para ajustar el tiempo en modo manual el tiempo de funcionamiento y establecer por 1 minuto o más dependiendo de la operación que va realizar.

**Nota:** Puede encontrar más formas de configuración en su manual de instrucciones.

Presione MENU 7  veces, para ingresar a la función 6. El tiempo máximo predeterminado es de 99 horas, 59 minutos y 59 segundos.

Presione el botón  FWD/REV para cambiar horas, minutos y segundos

Presione la tecla (más) (menos)  para  aumentar o disminuir

Presione  (RUN/STOP) para guardar y salir.

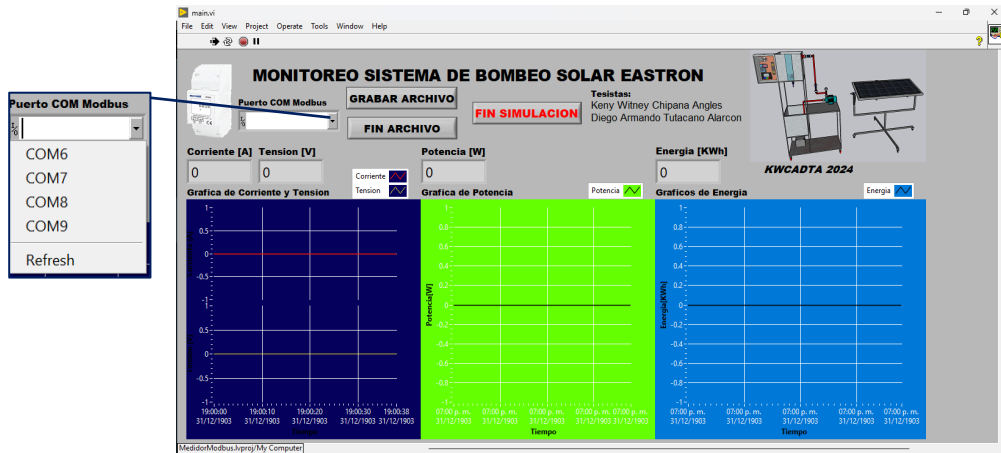


- **Paso 7:** Una vez programado el tiempo de funcionamiento conectar la salida USB del sistema de monitoreo hacia la laptop en donde debe estar abierto el software LABVIEW con el programa.

**Nota:** Acomodar el ordenador en un lugar seco, donde no pueda llegarle la salpicadura del agua.



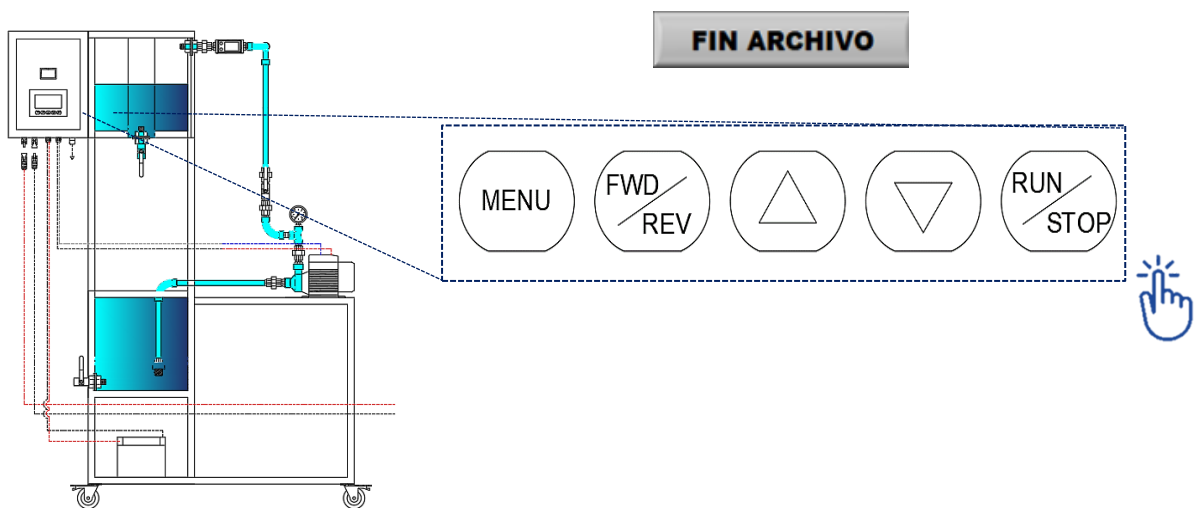
- **Paso 8:** En la interfaz de monitoreo de LabVIEW, podemos ver diferentes acciones para el proceso de observar y archivar los parámetros de tensión, corriente, potencia y energía. En el siguiente paso a realizar debe deslizar las opciones de conexión del puerto COM4 o 5.



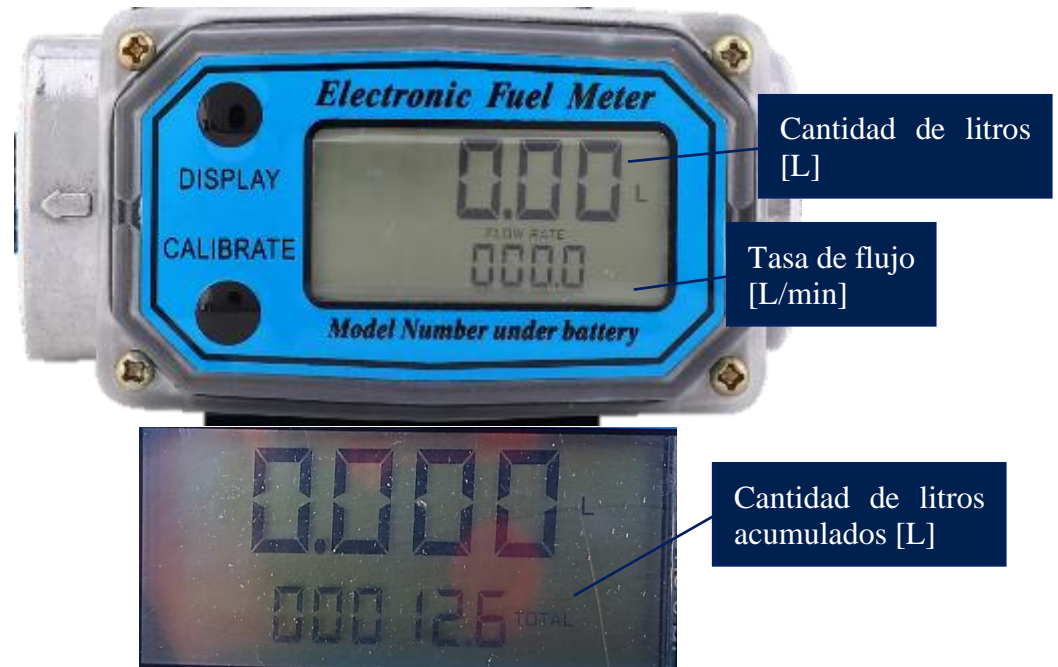
- Paso 9:** Luego de conectar para empezar a grabar el archivo antes de entrar en funcionamiento el bombeo, debe presionar grabar archivo hasta que el bombeo llegue a su tiempo de funcionamiento que en este caso es programado en 1 min luego de eso, presionar fin archivo para que automáticamente se guarde el archivo.



- Paso 10:** A continuación, para el encendido deberá presionar el botón RUN/STOP para bombear el agua de la cisterna al reservorio de manera cíclica y al finalizar el tiempo de operación presionar botón fin archivo, el sistema se apagará de acuerdo al tiempo de programación que configuro anteriormente en el paso 6.



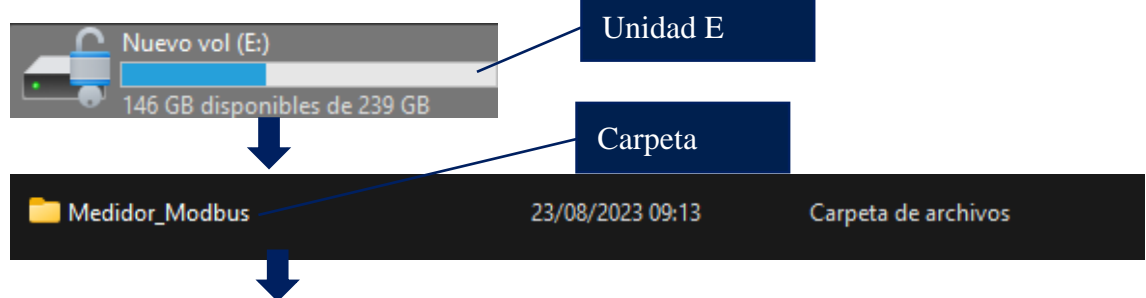
- Paso 11:** Anotar los datos obtenidos del caudalímetro, a cada altura que se está midiendo, anotar la cantidad acumulada y los litros por minuto que fluyen internamente.



- **Paso 12:** Anotar la presión que va aumentando de a cada altura testeada.



- **Paso 13:** Una vez que finalice el proceso de obtención de datos en el tiempo establecido de funcionamiento el archivo se guardará automáticamente, para ello deberá dirigirse a la carpeta del mismo programa [E:\ Medidor\_Modbus] en donde podremos encontrar el ultimo archivo medido con la fecha y hora en tiempo real en formato .csv.



Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
23_08_2023 08_06_23 a. m.	23/08/2023 09:06	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_20_45	23/08/2023 09:20	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_20_46	23/08/2023 09:20	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_20_47	23/08/2023 09:20	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_23_20	23/08/2023 09:23	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_43_04	23/08/2023 09:43	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_45_43	23/08/2023 09:45	Archivo de valores...	2 KB
23_08_2023 09_49_10	23/08/2023 09:49	Archivo de valores...	1 KB
23_08_2023 09_49_12	23/08/2023 09:49	Archivo de valores...	1 KB
main	23/08/2023 09:06	LabVIEW Instrume...	114 KB
MedidorModbus.aliases	23/08/2023 08:17	Archivo ALIASES	1 KB
MedidorModbus.lvmps	18/08/2023 10:17	Archivo LVLPs	1 KB
MedidorModbus	18/08/2023 10:17	LabVIEW Project	6 KB

Ultimo  
archivo  
guardado

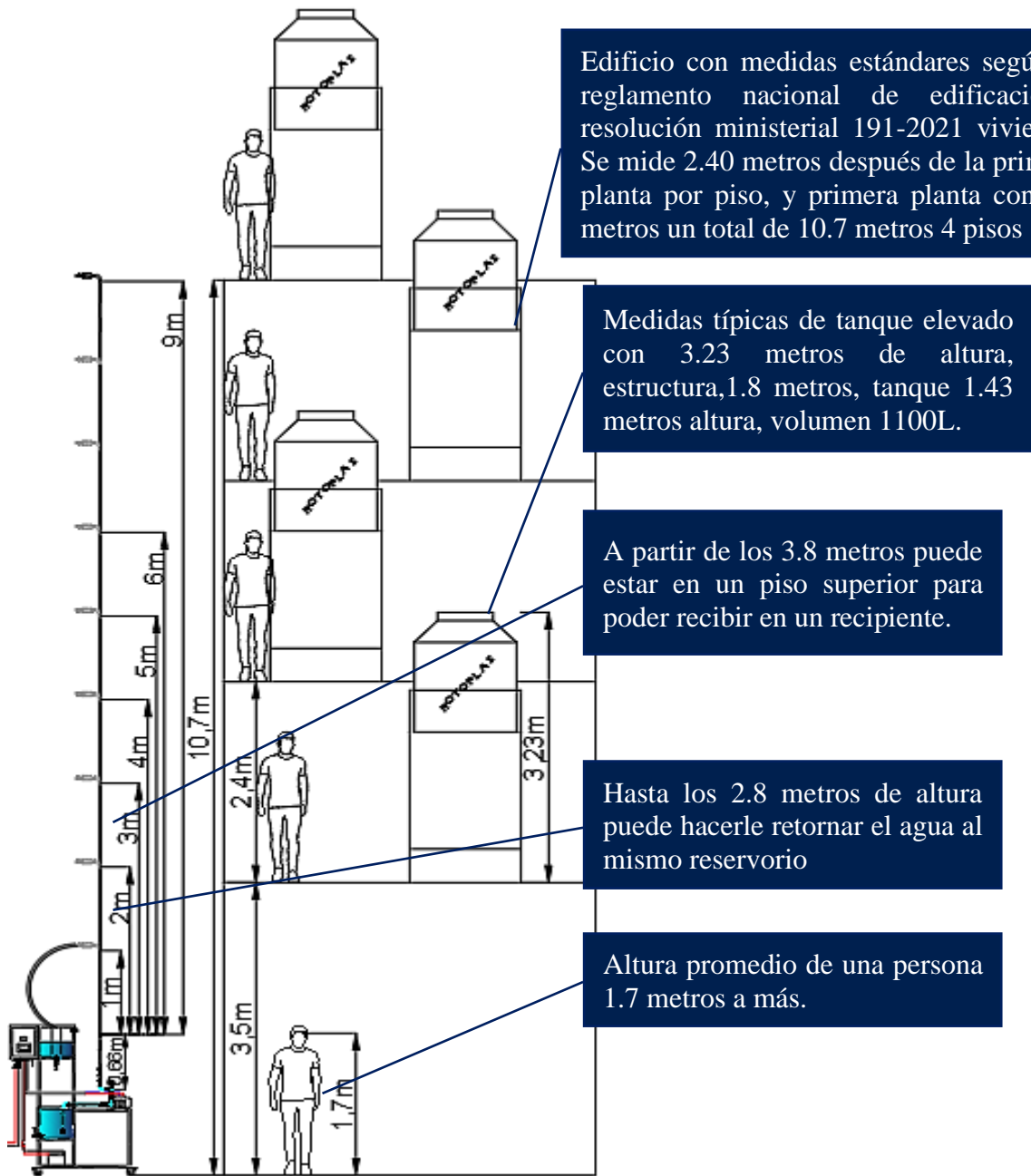
- Paso 14:** Finalmente luego de encontrar el archivo al abrir el mismo podrá observar los datos que están en formato .csv el cual puede hacer tratamiento de datos en cualquier otra plataforma o en el mismo ordenando los datos en texto en columnas delimitados por coma para poder realizar graficas en el mismo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Tiempo,Corriente,Tension,Potencia,Energia								
2	23/08/2023 09:45:07 a. m.,	0,00,12,27,0,00,0,02							
3	23/08/2023 09:45:08 a. m.,	0,00,12,28,0,00,0,02							
4	23/08/2023 09:45:09 a. m.,	0,00,12,27,0,00,0,02							
5	23/08/2023 09:45:10 a. m.,	0,72,12,08,8,30,0,02							
6	23/08/2023 09:45:11 a. m.,	0,98,12,00,11,80,0,02							
7	23/08/2023 09:45:12 a. m.,	0,99,12,00,11,83,0,02							
8	23/08/2023 09:45:13 a. m.,	0,99,11,99,11,84,0,02							
9	23/08/2023 09:45:14 a. m.,	0,99,11,98,11,85,0,02							
10	23/08/2023 09:45:15 a. m.,	0,99,11,98,11,86,0,02							
11	23/08/2023 09:45:16 a. m.,	0,99,11,98,11,86,0,02							
12	23/08/2023 09:45:17 a. m.,	0,99,11,97,11,86,0,02							
13	23/08/2023 09:45:18 a. m.,	0,99,11,97,11,87,0,02							
14	23/08/2023 09:45:19 a. m.,	0,99,11,97,11,88,0,02							
15	23/08/2023 09:45:20 a. m.,	0,99,11,97,11,88,0,02							
16	23/08/2023 09:45:21 a. m.,	0,99,11,96,11,88,0,02							
17	23/08/2023 09:45:22 a. m.,	0,99,11,96,11,88,0,02							
18	23/08/2023 09:45:23 a. m.,	0,99,11,95,11,88,0,02							
19	23/08/2023 09:45:24 a. m.,	0,99,11,95,11,88,0,02							
20	23/08/2023 09:45:25 a. m.,	0,99,11,95,11,88,0,02							
21	23/08/2023 09:45:26 a. m.,	0,99,11,95,11,88,0,02							
22	23/08/2023 09:45:27 a. m.,	0,99,11,95,11,88,0,02							

## 5.2. Procedimiento de bombeo a diferentes alturas.

- Paso 1:** Para realizar esta operación debe tener entendido los pasos mencionados anteriormente, luego llevar el prototipo a una zona donde haiga espacio suficiente para monitorear a diferentes alturas empezando desde 1 metro hasta 15 metros de altura el cual es la máxima altura de

elevación de la bomba de agua, tener en cuenta la descripción de la siguiente figura para no tener inconvenientes en el testeo.



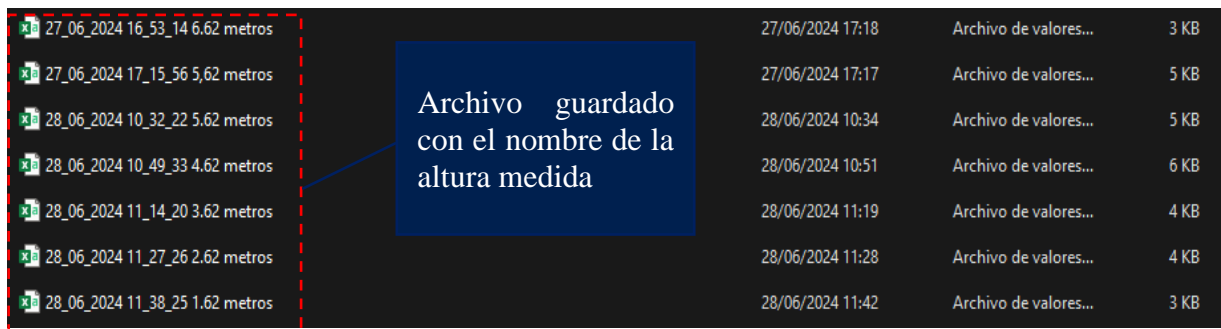
- **Paso 2:** Después de acomodar las tuberías por metros asegurar bien a cada metro y evitar que el tubo se doble o haya algunas curvaturas del mismo de esa forma podrá evitar que el tubo se rompa, por otro lado, no olvide que el motor tiene que estar con agua y bien ajustado las tuberías y componentes.
- **Paso 3:** En seguida ya podrá encender el sistema siguiendo el paso numero 6 descrito anteriormente y presionar el botón RUN/STOP para dar inicio el sistema de bombeo, y no olvide de grabar el archivo para obtener los datos. Es importante anotar las alturas, la presión del manómetro, y del

caudalímetro la tasa de flujo y la cantidad acumulada en litros a cada metro que se haya realizado la prueba anotar en la siguiente tabla.

Altura [m]	Presión [psi]	Presión [bar]	Cantidad de litro [L]	Cantidad de litros acumulados [L]	Tasa de flujo [L/min]
15.8	-	-	-	-	-
14.8	-	-	-	-	-
13.8	-	-	-	-	-
12.8	-	-	-	-	-
11.8	-	-	-	-	-
10.8	-	-	-	-	-
9.8	-	-	-	-	-
8.8	-	-	-	-	-
7.8	-	-	-	-	-
6.8	-	-	-	-	-
5.8	-	-	-	-	-
4.8	-	-	-	-	-
3.8	-	-	-	-	-
2.8	-	-	-	-	-
1.8	-	-	-	-	-

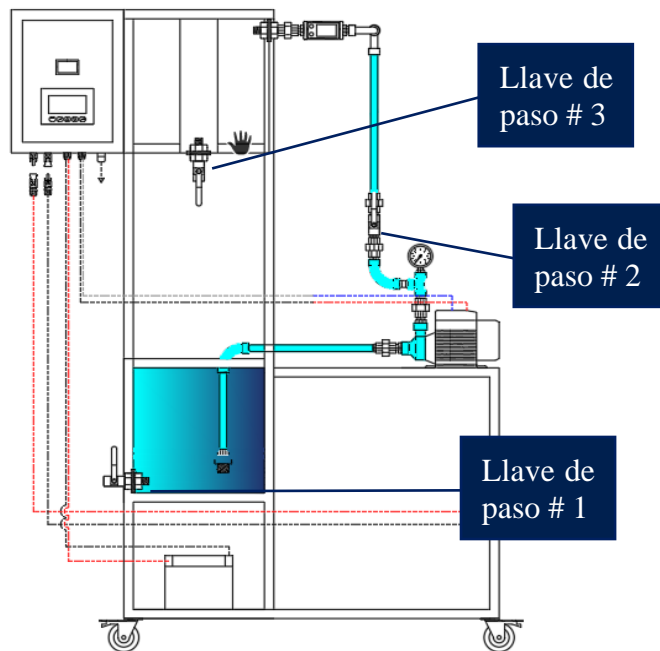
- **Paso 4:** Luego repetir los pasos del **14** al **15** de la anterior descripción, para observar los datos que se hayan medido en un tiempo establecido a diferentes alturas.

**Nota:** Archivar y guardar cada archivo con su altura medida.

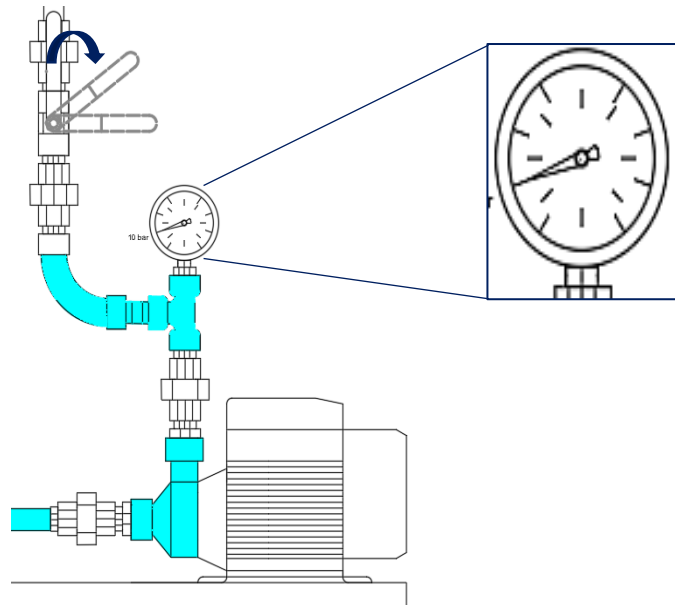


### 5.3. Procedimiento de bombeo en simulación de alturas.

- **Paso 1:** Para realizar este procedimiento deberá conectar las tuberías como estaba en un inicio, en caso de que se haya modificado.



- **Paso 2:** Para simular las alturas deberá estrangular la llave de paso #2 simulando la máxima altura que es 15 metros de altura.



En el siguiente tabal anotar los parámetros según la simulación de alturas teniendo en cuenta las alturas.

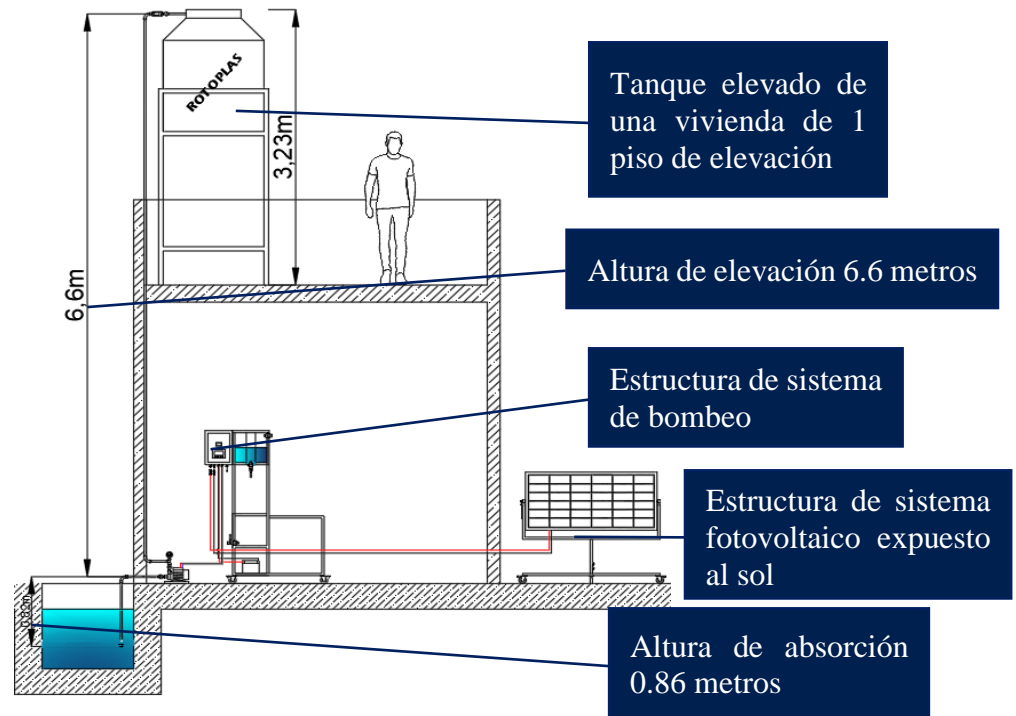
Altura [m]	Anotar Presión [psi]	Anotar Presión [bar]	Cantidad de litro [L]	Cantidad de litros acumulados [L]	Tasa de flujo [L/min]
15.8	-	-	-	-	-
14.8	-	-	-	-	-
13.8	-	-	-	-	-
12.8	-	-	-	-	-
11.8	-	-	-	-	-
10.8	-	-	-	-	-
9.8	-	-	-	-	-
8.8	-	-	-	-	-
7.8	-	-	-	-	-
6.8	-	-	-	-	-
5.8	-	-	-	-	-
4.8	-	-	-	-	-
3.8	-	-	-	-	-
2.8	-	-	-	-	-
1.8	-	-	-	-	-

- **Paso 3:** Guardar el archivo de acuerdo a las alturas simuladas.

27_06_2024 16_53_14 6.62 metros	27/06/2024 17:18	Archivo de valores...	3 KB
27_06_2024 17_15_56 5.62 metros	27/06/2024 17:17	Archivo de valores...	5 KB
28_06_2024 10_32_22 5.62 metros	28/06/2024 10:34	Archivo de valores...	5 KB
28_06_2024 10_49_33 4.62 metros	28/06/2024 10:51	Archivo de valores...	6 KB
28_06_2024 11_14_20 3.62 metros	28/06/2024 11:19	Archivo de valores...	4 KB
28_06_2024 11_27_26 2.62 metros	28/06/2024 11:28	Archivo de valores...	4 KB
28_06_2024 11_38_25 1.62 metros	28/06/2024 11:42	Archivo de valores...	3 KB

#### 5.4. Procedimiento de bombeo en residencias o instituciones

- **Paso 1:** Llevar el prototipo a una vivienda, institución, o zona rural donde se requiera hacer pruebas de bombeo solar con alturas reales que no sea más de 15 metros, para ello deberá desmontar la bomba de agua y conectar a su sistema de bombeo del lugar a medir.  
**Nota:** No exceder a más de 5 metros de altura de absorción y más de 15 metros de impulsión, no conectar en tuberías de 1 pulgada si excede los 10 metros.

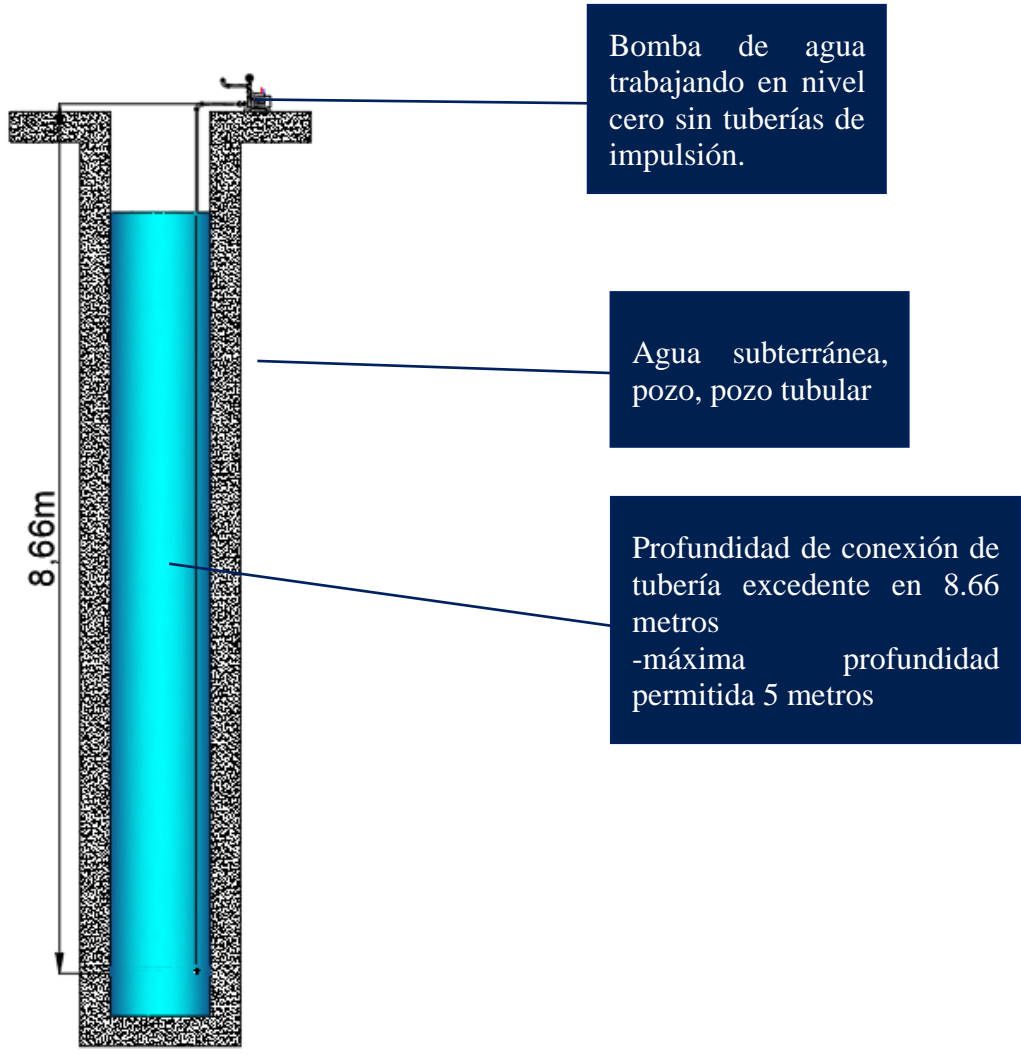


- **Paso 2:** Repetir el procedimiento de encendido y apagado, programar por una hora a más o hasta que llene su tanque elevado.

**Nota:** Grabar el archivo y también anotar los parámetros de presión, caudal, cantidad de litros acumulados, tasa de flujo.

Altura de impulsión [m]	Altura de absorción [m]	Anotar Presión [psi]	Anotar Presión [bar]	Cantidad de litro [L]	Cantidad de litros acumulados [L]	Tasa de flujo [L/min]
8.8	0.86	-	-	-	-	-

- **Paso 3:** Puede realizar el procedimiento con diferentes alturas o diferentes viviendas, instituciones o zonas rurales.  
**Nota:** En caso de las zonas rurales, no conectar tuberías en pozos con más de 8.66 metros de profundidad, si se requiere conectar, realizar la prueba con una tubería de 1 metro de altura de impulsión.



## **6. MANTENIMIENTO**

### **6.1. Mantenimiento diario**

Realizar una inspección visual rápida.

- Verifica que no haya obstrucciones ni suciedad alguna en los paneles.
- Asegúrate de que la bomba de agua funcione sin ruidos inusuales.

### **6.2. Mantenimiento semanal**

Limpieza de los paneles solares.

- Limpia la superficie de los paneles solares con agua y un paño suave para eliminar el polvo y suciedad.
- Evita el uso de detergentes abrasivos que puedan dañar la superficie del panel.

Revisión del sistema de tuberías

- Inspecciona las conexiones de las tuberías para detectar posibles fugas.
- Asegúrate de que las válvulas y conexiones estén bien ajustadas.
- Inspecciona el vidrio del reservorio que no tenga fisuras para evitar la ruptura o fugas del mismo.

### **6.3. Mantenimiento mensual**

Verificación de las conexiones eléctricas

- Revisa todas las conexiones eléctricas para asegurarte de que estén firmes y sin corrosión
- Asegúrate de que los cables estén bien aislados y no presenten signos de desgaste.

Inspección de la bomba

- Revisa la bomba para asegurarte de que no haya obstrucciones en las entradas y salidas.
- Verifica el funcionamiento del motor y escucha cualquier ruido anormal que pueda indicar problemas mecánicos.

Monitoreo del rendimiento

- Registra y analiza los datos de rendimiento del sistema (producción de energía, caudal de agua, etc.) para detectar cualquier disminución en la eficiencia.

#### **6.4. Mantenimiento anual**

Revisión completa del sistema.

- Realiza una inspección completa de todos los componentes del sistema, incluyendo paneles solares, bomba, controlador, batería, fusibles, interruptor termomagnético, controlador de velocidad, bomba de agua, resistencia shunt, modulo convertidor y conexiones eléctricas.
- Reemplaza cualquier componente que presente signos de desgaste o daño.

Verificación de la estructura.

- Inspecciona la estructura de soporte del panel solar y la estructura de los reservorios junto a la bomba de agua y el gabinete o tablero de control, asegurarte de que estén en buen estado y sin corrosión.
- Ajusta cualquier tornillo o soporte que pueda haberse aflojado.

Limpieza profunda de paneles solares.

- Realiza una limpieza más profunda de los paneles solares si es necesario, utilizando agua destilada y con cepillo suave.
- Verifica que no haya acumulación de residuos en los bordes o debajo de los paneles.

#### **6.5. Frecuencia de las tareas de mantenimiento**

Realizar el mantenimiento mínimo 3 veces al año para evitar la corrosión de la estructura y presentar oxido en la bomba de agua.

## 7. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

### 7.1. Problemas comunes y soluciones

Problema	Medida
La bomba no funciona	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Verifique la conexión que alimenta a la bomba</li> <li>*Asegúrese que la batería este cargada y bien conectada.</li> <li>*Verifica con un multímetro si el voltaje es suficiente en la salida del controlador.</li> <li>*Girar el ventilador desde la parte de atrás para despegar en caso haya estado guardado por mucho tiempo</li> </ul>
Flujo de agua insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Falta de agua en la cisterna</li> <li>*Alguna fuga en las tuberías de conexión</li> <li>* obstrucción de aire en la tubería.</li> <li>*Purgar la bomba de agua.</li> </ul>
La bomba funciona, pero no bombea agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Falta de agua (aumentar)</li> <li>*Inversión de giro presione el botón FWD/ REV para invertir el giro o invertir los cables de conexión a la bomba de agua.</li> <li>*Destapar el purgador y dejar salir la obstrucción de burbujas de aire en la bomba.</li> </ul>
El panel no genera energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Presencia de sombras o suciedad en el panel.</li> <li>* Mala conexión de los cables</li> </ul>
No carga la batería	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Controlador de carga con fallas técnicas en sus componentes (Cambiar otro controlador)</li> </ul>

Se apaga el sistema	*Accionamiento del controlador de carga en protección de la batería. Encender nuevamente desde el controlador.
---------------------	--

## 7.2. Contactos para soporte técnico

<b>Nombre y apellido</b>	<b>Celular</b>
Chipana Angles Keny Witney	983 764 164
Tutacano Alarcon Diego	953 431 340

## **8. SEGURIDAD**

### **8.1. Advertencias generales**

Evite la exposición al agua, no manipule componentes eléctricos ni conexiones con las manos mojadas. La humedad puede causar cortocircuitos y choques eléctricos.

Desconexión de energía para ello antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento o inspección, desconecte el sistema de energía para evitar choques eléctricos entre cables.

### **8.2. Medidas de seguridad para el personal**

Equipo de protección personal (EPP): El personal de instalación y mantenimiento debe usar guantes dieléctricos o guantes de cuero, gafas de seguridad, overol o bata.

Capacitación: Asegúrese de que todo el personal involucrado en la instalación, operación y mantenimiento del sistema este adecuadamente capacitado y familiarizado con los procedimientos de seguridad.

### **8.3. Procedimientos de emergencia**

Si existe sobre carga en el motor excediendo la altura a más de 15 metros el motor se sobrecalentará, para ello deberá desactivar el sistema accionando el termomagnético en caso de que no responda el controlador de carga, para eso se le recomiendo no trabajar a su máxima altura ya que ara su máximo consumo y por ende la bomba de agua se sobrecalentara.

Por otro lado, conectar otro panel al sistema que pueda ser superior al sistema ocasionara sobre corriente, para ello se accionara automáticamente los fusibles evitando la sobrecarga en el sistema.

Del sistema eléctrico También se accionará el medidor de energía cuando haya mayor caída del voltaje protegiendo a la batería.

### **8.4. Recomendaciones**

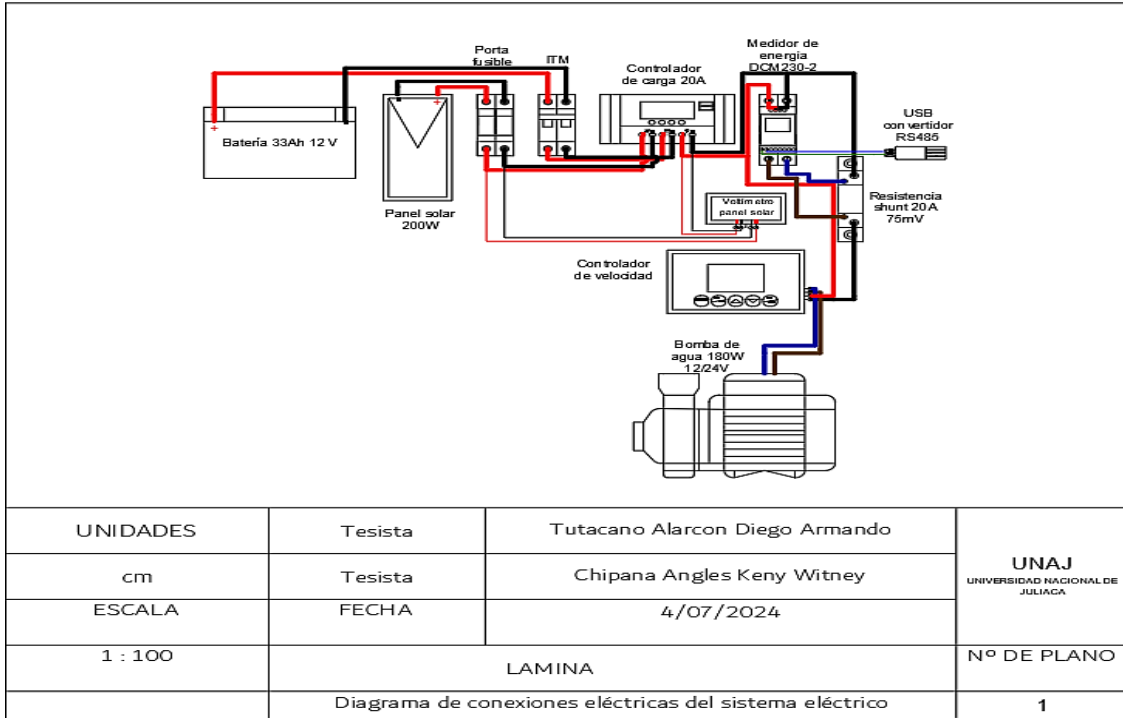
- Realizar su mantenimiento mínimo 3 veces al año para evitar la acumulación de óxido de la bomba de agua.
- Verificar siempre las conexiones eléctricas y el estado de los cables para evitar cortocircuitos o choques eléctricos.
- Leer el manual de operaciones a detalle y seguir las instrucciones.
- Guardar el prototipo en un ambiente seco libre de polvo y humedad.

- No realizar pruebas de bombeo a más de 10 metros de altura por más de 1 hora.
- En pruebas de bombeo a diferentes alturas drenar el agua desenroscando el universal de la tubería de succión y dejar fluir poco a poco si conecto el tubo a más de 1 metro de altura, si está conectado a más de 5 metros habrá presión en la tubería dejar fluir el agua poco a poco desenroscando el universal de  $\frac{3}{4}$ " para evitar salpicaduras en el ambiente de trabajo. • Operar con cuidado con los EPPS adecuados si está realizando pruebas en diferentes alturas de bombeo.
- Drenar el agua siempre y cuando haya finalizado las pruebas.
- Desconectar los cables de conexión externa que son: cables del panel MC4, batería, motor de agua, cuando haya finalizado sus pruebas. • No usar el banco de bombeo en épocas de lluvia.
- Ajustar las todas las tuercas de cada uno de las estructuras 1 vez al mes.
- Tener cuidado con el vidrio del reservorio (evitar romperlo). • Secar la mesa de trabajo o la base de la batería en caso que se haya derramado agua.
- No cambiar la batería que sea inferior a su capacidad.
- No conectar otra batería en paralelo.
- Desconecte la batería cuando finalice sus operaciones de monitoreo.
- Si la de la bomba de agua, su impulsor o ventilador no gira, gire las aletas del ventilador con un desarmador.

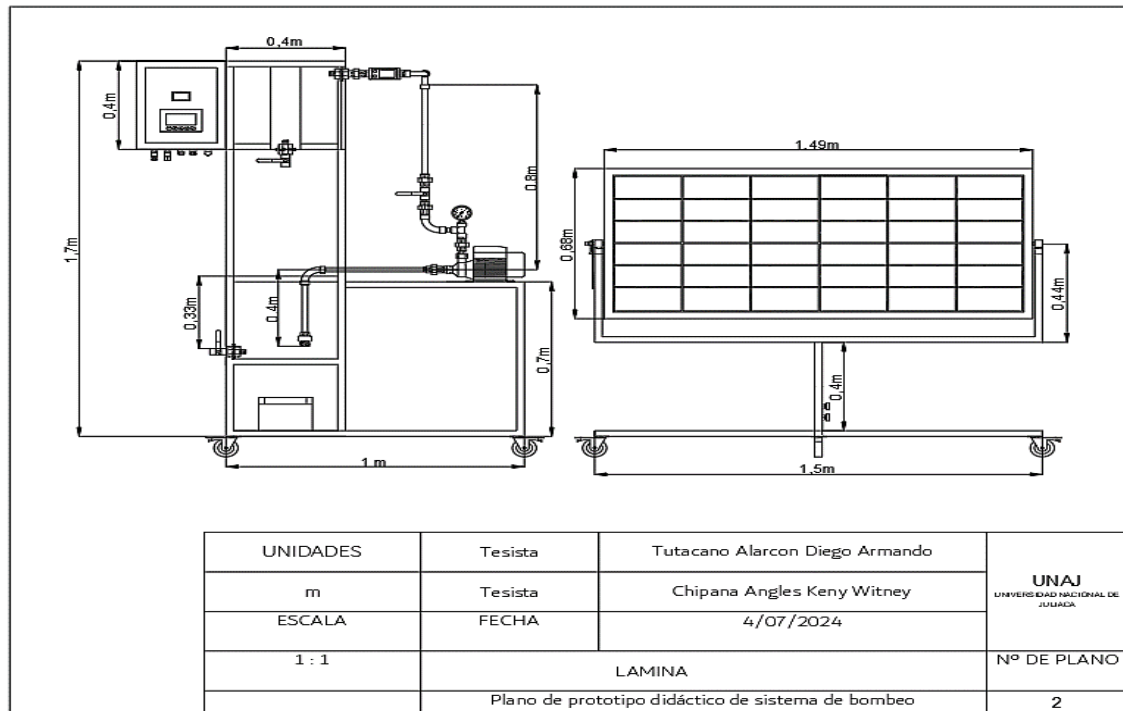
## ANEXOS

### Diagramas eléctricos y mecánicos detallados

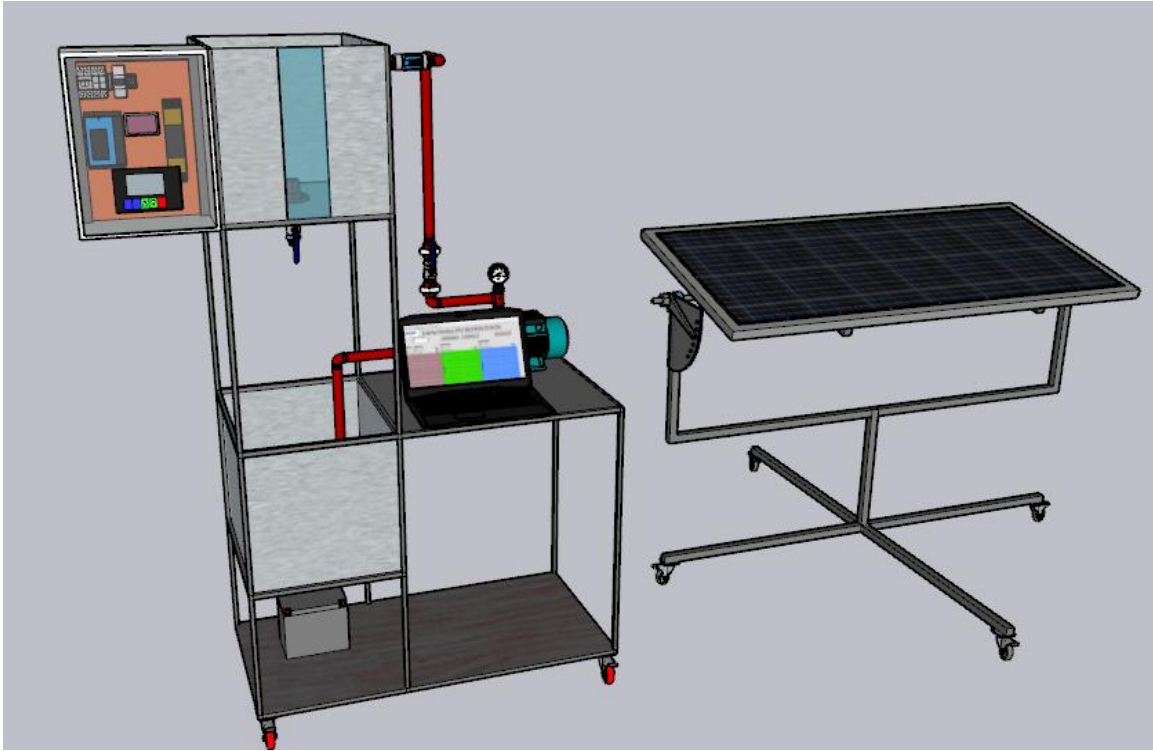
**Anexos 1.** Plano diagrama de conexiones eléctricas del sistema eléctrico y de control.



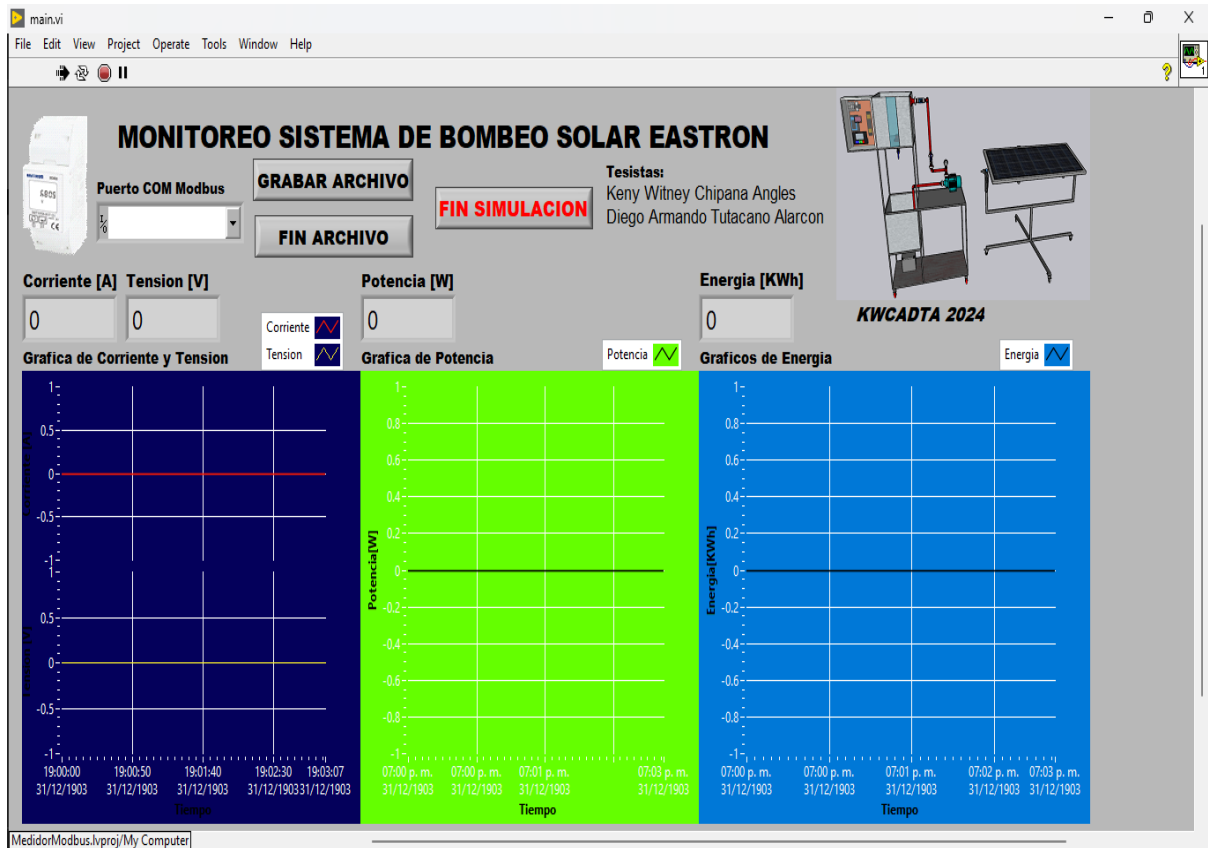
**Anexos 2.** Plano de prototipo didáctico del sistema de bombeo solar.



**Anexos 3.** Diseño 3D del prototipo didáctico de sistema de bombeo solar.



**Anexos 4.** Interfaz labVIEW del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos.



### **Registro de mantenimiento y operación**

En la siguiente tabla deberá anotar la fecha y hora del mantenimiento ya sea preventivo o correctivo.

<b>Fecha y hora</b>	<b>Descripción del mantenimiento</b>	<b>Observaciones</b>
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

## GLOSARIO

**Ha:** Altura de absorción [m].

**Hi:** Altura de impulsión [m].

**Psi:** Libras por pulgada cuadrada [psi].

**Bar:** Unidad de presión [bar].

**Tf:** Tasa de flujo, caudal volumétrico en un tiempo determinado [L/min].

**CLA:** Cantidad de litros acumulados [L].

**CL:** Cantidad de litros con decimales [L].

**FWD:** Forward (adelante).

**REV:** Reversa.

**RUN:** Iniciar.

**STOP:** Parar.

UNW

UW