



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE  
DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE  
OPERACIÓN DE UN REGULADOR DE CARGA TIPO MPPT”**

Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero  
en Electromecánica

**Autores:**  
Chicaiza Barrera Steven Alexander  
Martínez Martínez Edison Joel

**Tutor:**  
Ing. Cruz Pachi Luis Rolando M.Sc.


**LATACUNGA - ECUADOR**  
**MARZO – 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORIA

**CHICAIZA BARRERA STEVEN ALEXANDER**, con cédula de ciudadanía No. 0504124975, **MARTÍNEZ MARTÍNEZ EDISON JOEL**, con cédula de ciudadanía No. 0550238745, declaramos ser autores de la presente **PROPUESTA TECNOLÓGICA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE UN REGULADOR DE CARGA TIPO MPPT”**, siendo el Ing. Cruz Panchi Luis Rolando M.Sc., tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a su representante legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, febrero 23 del 2024



---

Chicaiza Barrera Steven Alexander  
C.C: 0504124975



---

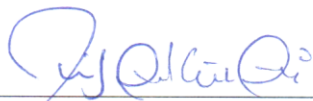
Martínez Martínez Edison Joel  
C.C: 0550238745

## AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE UN REGULADOR DE CARGA TIPO MPPT”**, de Chicaiza Barrera Steven Alexander; Martínez Martínez Edison Joel, de la carrera de Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, febrero 23 del 2024



Ing. Cruz Panchi Luis Rolando M.Sc.

C.C: 0502595176

**TUTOR**

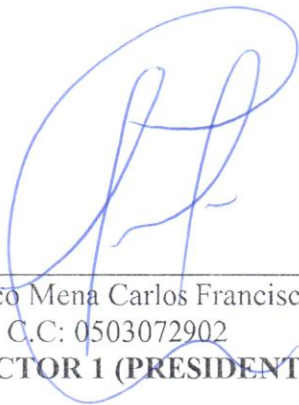
## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente Propuesta Tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto los postulantes: Chicaiza Barrera Steven Alexander y Martínez Martínez Edison Joel, con el título del Proyecto de Titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE UN REGULADOR DE CARGA TIPO MPPT”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero 23 del 2024

Para constancia firman:



---

Ing. Pacheco Mena Carlos Francisco M.Sc.  
C.C: 0503072902  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



---

Ing. Moreano Martínez Edwin Homero M.Sc.  
C.C: 0502607500  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



---

Ing. Freire Andrade Verónica Paulina M.Sc.  
C.C: 0502056229  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## AVAL DE LA IMPLEMENTACIÓN

En calidad de Universidad Técnica de Cotopaxi, ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia San Felipe, certifico que mediante la Propuesta Tecnológica: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE UN REGULADOR DE CARGA TIPO MPPT”**. Los postulantes Chicaiza Barrera Steven Alexander y Martínez Martínez Edison Joel, implementaron el proyecto antes mencionado, entregando en óptimo funcionamiento, de acuerdo con las especificaciones vertidas en el presente documento de investigación.

Autorizo para que el postulante, use el presente Aval de implementación de la Propuesta Tecnológica, para cualquier fin legal pertinente de la Universidad Técnica de Cotopaxi.



Ing. Gallardo Molina Cristian Fabián M.Sc.  
C.I. 0502847692

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE  
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

## **AGRADECIMIENTO**

*A mis padres, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sacrificio han sido fundamentales en mi vida y en la realización de este trabajo.*

*Desde el principio, han sido mi mayor inspiración y motivación. Siempre han creído en mí, alentándome a perseguir mis sueños y superar cualquier obstáculo que se interponga en mi camino.*

*A mi familia y a mi novia Alaina por su apoyo incondicional, su paciencia y su comprensión durante este proceso.*

***Steven Chicaiza***

## **DEDICATORIA**

*Quiero dedicar este trabajo a mis padres, familiares y seres queridos, cuyo amor, aliento y apoyo incondicional han sido mi mayor motivación a lo largo de este viaje académico.*

***Steven Chicaiza***

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por permitir cumplir esta meta, a mi madre por darme la vida y ser el motor que impulsa mis sueños, quien me ha apoyado en todo momento y ha estado a mi lado para guiarme en el camino de la vida.*

*A mi abuela por su apoyo incondicional y sus constantes ánimos, los cuales me brindaron la fuerza necesaria para afrontar los desafíos con determinación.*

*Agradezco infinitamente a mi padre por su constante motivación y los sabios consejos que me ha brindado día tras día. También quiero expresar mi gratitud a toda mi familia por estar siempre pendiente de mí y por sus palabras de aliento inquebrantable.*

*A los docentes de los Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme impartido sus conocimientos y experiencias para el bien de mi formación profesional.*

***Edison Martínez***



## **DEDICATORIA**

*A mis padres y a mi abuela por ser pilares fundamentales en mi vida, siempre brindándome su incondicional apoyo y ayuda para superar las dificultades que he enfrentado a lo largo de mi camino.*

***Edison Martínez***

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERA Y APLICADAS

### TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE UN REGULADOR DE CARGA TIPO MPPT”

#### **Autores:**

Chicaiza Barrera Steven Alexander  
Martínez Martínez Edison Joel

#### **RESÚMEN**

Ante el crecimiento exponencial de la demanda energética y el imperativo de transición hacia fuentes más sostenibles, la energía almacenada en baterías emerge como un componente crucial en la matriz energética moderna. Esta realidad pone de relieve la importancia de una gestión eficiente y el monitoreo del estado de carga de las baterías para optimizar el rendimiento de los sistemas de energía independientes. En respuesta a esto, se presenta una solución tecnológica: la implementación de un sistema de adquisición de datos, diseñado específicamente para integrarse con tecnología fotovoltaica. El objetivo principal de esta iniciativa es el monitoreo del estado de carga de las baterías, permitiendo así una mejor gestión energética. Este sistema propuesto se especializa en el seguimiento en tiempo real de variables operativas claves del regulador seguidor del punto de máxima potencia, como la tensión de entrada y salida, la corriente de carga y la potencia generada, aplicando una metodología que combina la investigación bibliográfica con estudios de campo y el uso de dispositivos de medición de alta precisión. El regulador va registrando el proceso de carga y descarga de las baterías, mientras que el instrumento Fluke-367 FC, se utiliza para verificar la precisión de estos datos. En la implementación del sistema, se verifica la transmisión de datos en tiempo real, logrando compartir las variables del sistema fotovoltaico y así finalmente se determina el rango de error de 0,15 % entre los datos del sistema implementado con los datos de un equipo patrón.

**Palabras clave:** Fotovoltaica, monitoreo, estado de batería, adquisición, energía.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE: “IMPLEMENTATION OD A DATA ACQUISITION SYSTEM TO OBTAIN  
THE OPERATION PARAMETERS OF AN MPPT TYPE CHARGE REGULATOR”**

**AUTHORS:**

Chicaiza Barrera Steven Alexander  
Martinez Martinez Edison Joel

**ABSTRACT**

Amidst the exponential growth in energy demand and the imperative transition towards more sustainable sources, energy stored in batteries emerges as a crucial component in the modern energy matrix. This reality underscores the importance of efficient management and monitoring of battery charge status to optimize the independent energy systems performance. In response to this, a technological solution is presented: the implementation of a data acquisition system specifically designed to be integrated with photovoltaic technology. The primary goal of this initiative is to monitor the battery charge status, thus allowing for better energy management. This proposed system specializes in real-time monitoring of key operational variables of the maximum power point tracker regulator, such as input and output voltage, load current, and generated power, applying a methodology that combines literature research with field studies and the use of high-precision measurement devices. The regulator records the battery charging and discharging process, while the Fluke-367 FC instrument is used to verify the accuracy of these data. During system implementation, real-time data transmission is verified, enabling the sharing of photovoltaic system variables, ultimately determining a 0.15 % error range between the implemented system data and those of a reference device.

**Keywords:** Photovoltaic, monitoring, battery status, acquisition, energy.

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés de la Propuesta Tecnológica cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE UN REGULADOR DE CARGA TIPO MPPT”** presentado por: **Chicaiza Barrera Steven Alexander** con número de cédula: 0504124975 y **Martínez Martínez Edison Joel** con número de cédula: 0550238745, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 23 de febrero del 2024

Atentamente,



CENTRO  
DE IDIOMAS

Mg. María Fernanda Aguaiza  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC  
CI: 0503458499

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORIA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
AVAL DE LA IMPLEMENTACIÓN .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
RESÚMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
ÍNDICE GENERAL .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xix
INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. EL PROBLEMA .....	4
1.1.1. Situación problemática .....	4
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.2. BENEFICIARIOS.....	5
1.2.1. Beneficiarios directos .....	5
1.2.2. Beneficiarios indirectos .....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	5
1.4. OBJETIVOS .....	6
1.4.1. Objetivo general .....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.4.3. Sistema de tareas .....	6

2.	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.	ANTECEDENTES .....	8
2.2.	CONCEPTOS ELÉCTRICOS .....	10
2.2.1.	Tensión de circuito abierto del panel .....	10
2.2.2.	Corriente máxima .....	10
2.2.3.	Corriente de carga.....	10
2.2.4.	Corriente de cortocircuito del panel .....	11
2.2.5.	Potencia eléctrica.....	12
2.2.6.	Potencia total del sistema fotovoltaico .....	12
2.3.	CONCEPTOS TEÓRICOS.....	13
2.3.1.	Energía solar fotovoltaica.....	13
2.3.2.	Sistemas fotovoltaicos .....	13
2.3.3.	Sistema fotovoltaico on grid.....	14
2.3.4.	Sistema fotovoltaico off grid .....	15
2.3.5.	Panel solar.....	16
2.3.5.1.	Panel policristalino.....	17
2.3.6.	Regulador de carga .....	17
2.3.6.1.	Tipos de reguladores de carga .....	19
2.3.6.2.	Funcionamiento del regulador de carga tipo MPPT.....	19
2.3.6.3.	Variables de carga y descarga del regulador MPPT .....	20
2.3.7.	Batería.....	20
2.3.7.1.	Principio de funcionamiento de la batería.....	21
2.3.7.2.	Tipos de baterías.....	21
2.3.7.3.	Modos de operación de la batería.....	22
2.3.8.	Inversor de carga.....	23
2.3.9.	Algoritmo MPPT .....	24
2.3.10.	Bus de comunicación.....	25

2.3.11.	Protocolo Modbus.....	26
2.3.12.	Protocolo Modbus TCP/IP.....	27
2.3.13.	Protocolo ethernet.....	28
2.3.14.	Protocolo MeterBus.....	29
2.3.15.	HMI .....	31
3.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS .....	31
3.1.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	32
3.1.1.	Bibliográfico.....	32
3.1.2.	De campo.....	33
3.2.	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.2.1.	Técnica de observación .....	33
3.2.2.	Técnica de medición.....	33
3.2.3.	Técnica de simulación .....	33
3.3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	34
3.3.1.	Estado actual de los equipos .....	34
3.3.2.	Selección de equipos .....	35
3.3.3.	Topología del sistema .....	37
3.3.4.	Configuración de comunicación.....	39
3.3.5.	Comunicación MODBUS TCP/IP.....	39
3.3.6.	Comunicación del equipo TS-MPPT- 60 mediante protocolo ethernet.....	40
3.4.	TRANSMISIÓN DEL SISTEMA .....	41
3.4.1.	Conexión de los equipos TS-MPPT-60, sensor RTS y medidor remoto .....	41
3.4.2.	Selectores de calibración (DIP) .....	43
3.4.3.	Funciones MODBUS soportadas.....	44
3.4.4.	Software MSVIEW.....	46
3.4.5.	Interfaz del usuario .....	47
3.4.5.1.	Historical Graph.....	47

3.4.5.2.	Logger .....	48
3.4.5.3.	State.....	49
3.4.5.4.	Configuración de SetPoint .....	49
3.4.5.5.	Acceso a LiveView.....	50
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	51
4.1.	CURVAS DE OPERACIÓN (REGISTRO HISTÓRICO) .....	51
4.1.1.	Máximo voltaje diario de la batería.....	51
4.1.2.	Mínimo voltaje diario de la batería.....	52
4.1.3.	Máximo voltaje de entrada diario.....	54
4.1.4.	Carga total de amperios hora (Ah) diaria .....	55
4.1.5.	Carga total de Wh diaria y tiempo de ecualización diario.....	57
4.1.6.	Tiempo de flotación, absorción, alarmas y flags. ....	58
4.2.	ERROR DEL SISTEMA .....	59
4.3.	PRESUPUESTO .....	62
4.3.1.	Costos directos.....	63
4.3.2.	Costos indirectos.....	63
4.4.	EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN .....	65
4.5.	ANÁLISIS DE IMPACTOS .....	67
4.5.1.	Impacto Tecnológico .....	67
4.5.2.	Impacto Social .....	67
4.5.3.	Impacto Ambiental .....	67
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1.	CONCLUSIONES .....	67
5.2.	RECOMENDACIONES.....	69
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
7.	ANEXOS .....	1



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama Ishikawa causa-efecto del problema.....	4
Figura 2.2. Representación del comportamiento de la corriente de carga.....	11
Figura 2.3. Sistema fotovoltaico.....	14
Figura 2.4. Sistema fotovoltaico en línea .....	15
Figura 2.5. Sistema fotovoltaico aislado .....	16
Figura 2.6. Funcionamiento del panel solar .....	16
Figura 2.7. Panel policristalino.....	17
Figura 2.8. Indicadores de descarga de una celda electroquímica [19].....	18
Figura 2.9. Principio de funcionamiento de la batería.....	21
Figura 2.10. Etapas de carga del TriStar MPPT .....	22
Figura 2.11. Esquema de funcionamiento del inversor .....	24
Figura 2.12. Punto de Máxima Potencia (MPP) [27]. .....	24
Figura 2.13. Diagrama de flujo del algoritmo MPPT [29]. .....	25
Figura 2.14. Esquema general de un sistema de adquisición de datos. ....	26
Figura 2.15. Funcionamiento del protocolo Modbus. ....	27
Figura 2.16. Protocolo Modbus TCP/IP .....	28
Figura 2.17. Protocolo ethernet. ....	29
Figura 2.18. Cuadro de ventajas y desventajas de la comunicación.....	29
Figura 2.19. Protocolo MeterBus. ....	30
Figura 2.20. Interfaz HMI.....	31
Figura 3.21. Diagrama de flujo del desarrollo del sistema de adquisición de datos. ....	32
Figura 3.22. Esquema de los elementos disponibles del sistema. ....	34
Figura 3.23. Esquema del sistema de adquisición de datos.....	37
Figura 3.24. Visor digital del medidor remoto [38].....	38
Figura 3.25. Sistema de comunicación ethernet. ....	39
Figura 3.26. Terminales eléctricos del regulador de carga. ....	41

Figura 4.27. Conectores de red del regulador MPPT.....	42
Figura 3.28. Esquema de conexión de equipos al regulador. ....	42
Figura 3.29. Esquema de conexión de puertos del regulador. ....	43
Figura 3.30. Selectores de calibración del regulador.....	43
Figura 3.31. Configuración de selectores de calibración del regulador.....	44
Figura 3.32. Selección de interfaz del HMI.....	47
Figura 3.33. Función Historical Graph.....	47
Figura 3.34. Variables de la función gráfica. ....	48
Figura 3.35. Función Logger del HMI. ....	48
Figura 3.36. Variables de las funciones Logger y State.....	49
Figura 3.37. Función State de la interfaz.....	49
Figura 3.38. Función State del software MSView. ....	50
Figura 3.39. Configuración LiveView del regulador.....	50
Figura 4.40. Máximo voltaje diario. ....	52
Figura 4.41. Mínimo voltaje diario de la batería. ....	53
Figura 4.42. Máximo voltaje de entrada.....	55
Figura 4.43. Amperios horas diarios.....	56
Figura 4.44. Carga total de Wh y tiempo de ecualización diarios. ....	57
Figura 4.45. Tiempo de absorción, flotación, flags y alarmas.....	59
Figura 4.46. Voltaje de la batería en tiempo 10:24:51.....	60
Figura 4.47. Voltaje del panel en tiempo 10:35:11.....	60
Figura 4.48. Tensión del sistema (batería) y Fluke 376 FC.....	61
Figura 4.49. Tensión del sistema (panel) y Fluke 376 FC.....	62
Figura 4.50. Costo del kWh para comercialización [39].....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Descripción del sistema de tareas y actividades .....	6
Tabla 3.2. Equipos disponibles .....	34
Tabla 3.3. Corrientes de carga del sistema .....	35
Tabla 3.4. Selección de equipos del sistema.....	36
Tabla 3.5. Parámetros de comunicación TCP .....	40
Tabla 3.6. Parámetros de comunicación del TS-MPPT-60 .....	40
Tabla 3.7. Configuración del interruptor DIP del regulador. ....	44
Tabla 3.8. Direcciones Modbus soportadas. ....	45
Tabla 3.9. Características de software MSView. ....	46
Tabla 4.10. Parámetros de operación obtenidos del sistema. ....	51
Tabla 4.11. Puntos máximos y mínimos del voltaje máximo diario.....	51
Tabla 4.12. Datos puntuales del voltaje mínimo de la batería. ....	52
Tabla 4.13. Picos de la curva de voltaje máximo de entrada del regulador. ....	54
Tabla 4.14. Picos de la carga total de amperios hora. ....	55
Tabla 4.15. Picos de la carga total y tiempo de ecualización.....	57
Tabla 4.16. Picos del tiempo de flotación, absorción, alarmas y flags. ....	58
Tabla 4.17. Cálculo del error para el voltaje de la batería, día 26/01/2024. ....	61
Tabla 4.18. Cálculo del error para el voltaje de entrada, 26/01/2024.....	62
Tabla 4.19. Costos directos del sistema de adquisición de datos. ....	63
Tabla 4.20. Costos indirectos del sistema.....	64
Tabla 4.21. Costo total de la propuesta tecnológica. ....	64
Tabla 4.22. Cálculo de valor de la potencia por día.....	65
Tabla 4.23. Requerimientos para el cálculo del ahorro energético.....	66
Tabla 4.24. Proyección del ahorro energético. ....	66

## **INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del proyecto:**

“Implementación de un sistema de adquisición de datos para la obtención de los parámetros de operación de un regulador de carga tipo MPPT.”

**Fecha de inicio:** octubre 2023

**Fecha de finalización:** marzo 2024

**Lugar de ejecución:** Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Barrio San Felipe, Parroquia Eloy Alfaro, Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Facultad:** CIYA

**Carrera:** Ingeniería Electromecánica.

**Equipo de trabajo:**

**Docente tutor de la propuesta tecnológica:**

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando M.Sc.

C.I: 050259517-6

Correo electrónico: luis.cruz@utc.edu.ec

**Ponente 1:**

Chicaiza Barrera Steven Alexander

C.I. 0504124975

Correo electrónico: steven.chicaiza4975@utc.edu.ec

**Ponente 2:**

Martínez Martínez Edison Joel

C.I. 0550238745

Correo electrónico: edison.martinez8745@ utc.edu.ec

**Área de Conocimiento:**

07 Ingeniería, Industria y Construcción.

071 Ingeniería y Profesiones Afines.

0714 Electrónica y Automatización.

**Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables, procesos industriales.

**Sub líneas de investigación:**

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

## 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de la demanda de energía y la búsqueda continua de fuentes más sostenibles han catapultado a la energía almacenada en baterías como un componente fundamental en la matriz energética moderna. En este contexto, los sistemas de energía autónomos, especialmente aquellos basados en tecnologías fotovoltaicas, se han destacado como soluciones prometedoras. Sin embargo, la eficacia de estos sistemas depende en gran medida de la capacidad para gestionar y monitorear de manera precisa la fase de carga de las baterías.

El estado de carga de la batería, refleja la cantidad de energía que es almacenada en un momento dado, es un factor crítico para garantizar un suministro eléctrico continuo y confiable. La introducción de reguladores de carga se ha vuelto fundamental para mejorar el rendimiento de las baterías en sistemas autónomos aislados. Estos reguladores desempeñan un papel esencial al controlar la descarga y la carga de las baterías, garantizando su operación dentro de los límites seguros [1].

Esta tesis se centra en la investigación e implementación de un regulador de carga diseñado para monitorear el estado de carga de las baterías en sistemas autónomos, con un enfoque particular en la integración con tecnologías fotovoltaicas. El objetivo fundamental es facilitar el monitoreo del estado de carga, permitiendo una gestión más efectiva de la energía almacenada.

Un controlador MPPT desempeña la función de regular la carga, siendo responsable de ajustar la cantidad de energía eléctrica proporcionada a una batería. Su función principal consiste en optimizar la generación de energía solar mediante el monitoreo constante de la tensión de la batería, buscando aprovechar al máximo la potencia de los paneles solares. Este enfoque se fundamenta en la relevancia de maximizar la producción de energía solar y potenciar la eficiencia de los sistemas de energía renovable [1].

Al implementar un sistema de adquisición de datos para obtener los parámetros de operación del regulador de carga MPPT, se podrán realizar ajustes dinámicos en los parámetros de operación del regulador. Al mejorar la gestión de la carga eléctrica, este estudio busca impulsar la adopción y la eficacia de los sistemas fotovoltaicos, acercándonos a un futuro energético más sostenible y autosuficiente.

## 1.1. EL PROBLEMA

### 1.1.1. Situación problemática

El problema radica en la ausencia de información sobre el estado operativo de la batería ya que puede llevar a una serie de problemas, como una carga insuficiente o excesiva de la batería. Si la batería no se carga adecuadamente, puede resultar en una reducción de la vida útil de la batería y una disminución de su capacidad de almacenamiento de energía. Por otro lado, una descarga excesiva de la batería puede dañarla y reducir su rendimiento.

La falta de información sobre el estado de la batería también puede dificultar la optimización del sistema de energía solar, ya que un regulador de carga está diseñado para garantizar una carga óptima de la batería. Sin embargo, si no se conoce el estado operativo de la batería, el regulador puede no ajustar correctamente la tensión y corriente de carga, lo que puede resultar en una pérdida de energía y un rendimiento subóptimo del sistema.

Los paneles solares generan electricidad en diferentes condiciones de iluminación y temperatura. La cantidad de energía que pueden producir varía según varios factores, y hay un punto específico, llamado Punto de Máxima Potencia, en el cual un panel solar genera la máxima cantidad de energía para las condiciones ambientales dadas. Con la ausencia del regulador de carga tipo MPPT, se tendrá complicaciones ya que el controlador ayuda a maximizar la eficiencia de los sistemas de energía solar al asegurarse de que los paneles solares estén operando en su Punto de Máxima Potencia en todo momento.

En la figura 1.1 se presenta el diagrama causa efecto del problema, para sintetizar la información de este.

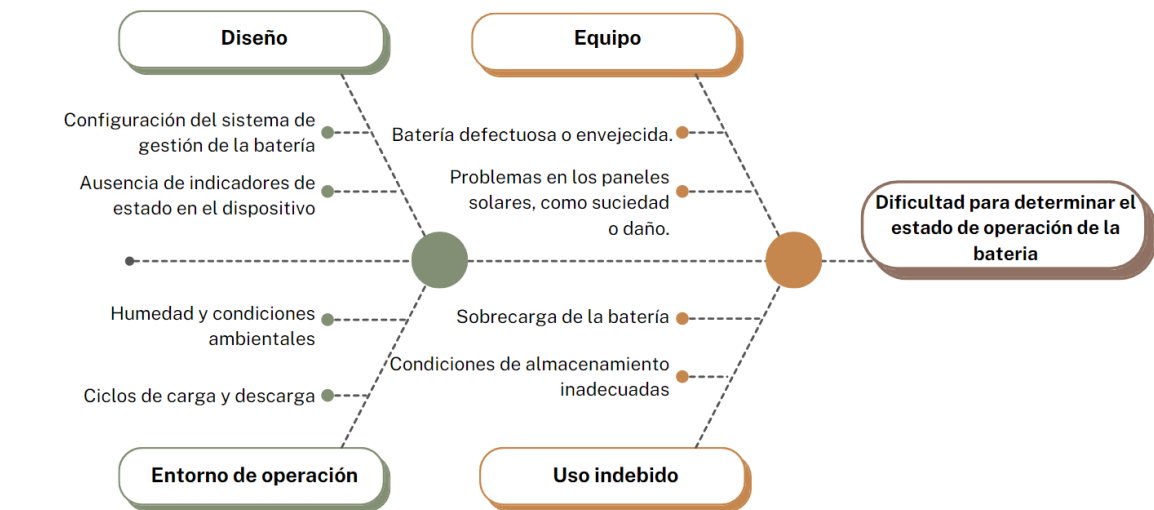


Figura 1.1. Diagrama Ishikawa causa-efecto del problema

### **1.1.2. Formulación del problema**

La falta de un sistema de adquisición de datos dificulta la obtención en tiempo real de los parámetros de operación de las baterías, lo que limita la capacidad de evaluar su rendimiento.

## **1.2. BENEFICIARIOS**

### **1.2.1. Beneficiarios directos**

Docentes y estudiantes de la Facultad de CIYA (Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas) de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **1.2.2. Beneficiarios indirectos**

Comunidad científica del Ecuador, el MERNNR, el sector residencial, el sector comercial y el sector agrícola en sistemas autónomos.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El sistema de adquisición de datos permite monitorear en tiempo real los parámetros de operación del regulador MPPT, como la tensión de entrada y salida, la corriente de carga y la potencia generada. Esto proporciona información precisa sobre el rendimiento del regulador y ayuda a identificar posibles problemas o anomalías que puedan afectar la eficiencia del sistema solar fotovoltaico.

Al obtener datos de operación, se puede ajustar la configuración del regulador MPPT para aumentar al máximo la eficiencia del arreglo fotovoltaico y optimizar la carga de la batería. Esto resulta en una mayor producción de energía y un uso más eficiente de los recursos disponibles, sin embargo, el sistema de adquisición de datos permite detectar y diagnosticar posibles fallas o problemas en el regulador MPPT. Al monitorear constantemente los parámetros de operación, se pueden identificar desviaciones o comportamientos anormales que podrían indicar la presencia de una falla o un mal funcionamiento. Esto permite tomar medidas correctivas de manera oportuna y minimizar el tiempo de inactividad del sistema por último al recopilar datos sobre el rendimiento y el funcionamiento del regulador MPPT, se puede establecer un programa de mantenimiento preventivo basado en el análisis de los datos recopilados. Esto ayuda a identificar patrones de desgaste o degradación y permite programar el mantenimiento de manera más eficiente, evitando interrupciones no planificadas y prolongando la vida útil del regulador [1].



## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1. Objetivo general

Implementar un sistema de adquisición de datos que permita obtener los parámetros de operación de un regulador de carga tipo MPPT mediante comunicación con protocolo ethernet en el Laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Técnica de Cotopaxi

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar una búsqueda de información referente a las variables de operación del regulador para determinar los instrumentos de campo necesarios.
- Implementar un sistema para la adquisición de datos, para el monitoreo del estado del banco de baterías en el proceso de carga.
- Realizar pruebas de operación para determinar el porcentaje de error de los datos recopilados a través del software y el regulador, para validar el sistema.

### 1.4.3. Sistema de tareas

Estas son actividades que se realizan para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados.

En la Tabla 1.1 se muestran las tareas realizadas para el desarrollo del trabajo.

Tabla 1.1: Descripción del sistema de tareas y actividades.

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
- Realizar una búsqueda de información referente a las variables de operación del regulador para determinar los instrumentos de campo necesarios.	- Análisis de información sobre variables de carga y descarga de las cargas de las baterías. - Recopilación y análisis de información sobre el algoritmo MPPT, en el cual se basa el regulador.	- Conocimientos teóricos sobre el funcionamiento y comportamiento de las baterías. - Comprensión acerca del funcionamiento del regulador de carga.	- Fuentes bibliográficas. - Artículos científicos. - Manuales de operación.

<p>- Implementar un sistema para la adquisición de datos, para el monitoreo del estado del banco de baterías en el proceso de carga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensionamiento del sistema.</li> <li>- Selección del equipo.</li> <li>- Elaboración de planos.</li> <li>- Selección de tipo de protocolo de comunicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructuración del diseño eléctrico.</li> <li>- Selección de un sistema de comunicación.</li> <li>- Selección de componentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación de disponibilidad de equipos mediante el software.</li> <li>- AutoCAD.</li> <li>-Protocolo ethernet.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parametrizar la comunicación.</li> <li>- HMI para presentación de datos.</li> <li>- Aplicación de protocolos de comunicación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimiento de la conexión.</li> <li>- Obtención de datos o variables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Conexiones y cables.</li> <li>-Software MS View.</li> </ul>
<p>- Realizar pruebas de operación para determinar el porcentaje de error de los datos recopilados a través del software y el regulador, para validar el sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ejecución de pruebas de funcionamiento mediante el software MS View.</li> <li>- Verificación de datos y obtención de curvas junto a la operación del software.</li> <li>- Cálculo del error de los datos de medida en relación a los datos adquiridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Funcionamiento del software MS VIEW.</li> <li>- Visualización de datos de los parámetros en la interfaz del software.</li> <li>- Determinación de error del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software MS View.</li> <li>- Teoría del error.</li> <li>- FLUKE (instrumento patrón).</li> <li>- Sistema.</li> </ul>

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

Con el fin de independizarse paulatinamente de los combustibles fósiles, y la obligación de cada vez entregar un suministro de energía eléctrica limpia, las energías renovables y la electrónica de potencia, cumplen un rol de gran importancia; rol que consiste en desarrollar estrategias mejores de eficiencia y de control de los sistemas de generación eléctrica, basados en arreglos de paneles solares y convertidores DC/DC [2].

Una de estas estrategias, es brindar al diseñador, la opción que elimine la necesidad de realizar un estudio de campo, para el panel solar con el que se va realizar el sistema de generación eléctrica. Esta opción se logra por medio de la debida emulación y acondicionamiento de potencia del sistema, con base a los datos característicos del tipo de panel solar que se implementaría en el arreglo fotovoltaico y la debida información atmosférica del sitio [2].

La energía solar fotovoltaica es aquella que utiliza el efecto fotovoltaico para poder generar energía, mediante el flujo de electrones que genera un material semiconductor al incidir la luz sobre él [3].

Este medio de generación de electricidad es muy útil en zonas aisladas que no tengan acceso a la red eléctrica; Sin embargo, su expansión como fuente de generación de energía para la red eléctrica ha ido en crecimiento muy rápido durante los últimos años, encontrándose como sistemas de generación conectados a red [4].

En los últimos años, el sistema de energía que se basa en el carbón, petróleo, gas natural y otros combustibles no renovables han permitido el desarrollo de la sociedad humana. La demanda actual y creciente de energía barata y limpia, motiva a usar tecnologías nuevas para aprovechar la energía proveniente de la naturaleza, hoy en día el 92 % de la energía del país proviene de centrales de generación hidroeléctricas, el 7 % proviene de la energía térmica y solamente el 1 % proviene de fuentes de energía renovables (fotovoltaica, eólica, biomasa, biogás, geotérmica) [5].

Los sistemas fotovoltaicos autónomos se utilizan generalmente para cargas aisladas o fines domésticos, Las fuentes de energía convencionales tienen una duración limitada, pero las fuentes renovables como la energía solar son infinitas y respetuosas con el medio ambiente. Con el aumento de la eficiencia de los dispositivos de electrónica de potencia se puede aprovechar al máximo la energía solar [5].

La potencia de generación de un sistema fotovoltaico depende de algunos factores, como la temperatura e irradiancia del ambiente en donde se encuentre, lo que provoca que existan fluctuaciones, por lo tanto, es importante tener un control adecuado que permita que la generación de nuestro panel sea totalmente independiente de las condiciones meteorológicas. Actualmente existen algunos métodos para el control MPPT como inductancia incremental, perturbar y observar, lógica difusa, voltaje y corriente constante [6].

Las fuentes de energía renovables son una necesidad tanto en el presente como en el futuro. Entre los diversos sistemas de energía renovable, el papel más importante lo desempeñan los sistemas fotovoltaicos como fuente de energía limpia para hacer frente a la demanda de electricidad en el futuro [6].

Los sistemas fotovoltaicos se utilizan ampliamente para producir energía eléctrica a partir de la energía solar. De todos los sistemas renovables, los sistemas fotovoltaicos son la solución energética más ecológica para generar energía.

En la actualidad, es indispensable realizar el seguimiento y control de la información, es decir, transmitir y recibir datos entre una estación de monitoreo y los puntos de producción (controladores, actuadores, sensores). Por lo tanto, surge la necesidad de tener dispositivos de comunicación que puedan interpretar información con protocolos de nivel de campo para enviarla al nivel de gestión.

Es por eso que se tiene como objetivo principal el monitoreo y captura de las variables eléctricas del sistema en el que se encuentra. Para lograr esto, se utilizan instrumentos especializados que son capaces de captar señales de tensión, corriente y temperatura. Estas señales son luego enviadas a un computador personal (PC) para su posterior análisis y observación [7].

La finalidad de esta implementación es permitir una visualización y análisis detallado del comportamiento y la relación entre estas variables en distintos estados de operación del sistema. De esta manera, se obtiene una valiosa herramienta de laboratorio que facilita el estudio y comprensión del comportamiento de las máquinas eléctricas rotativas.

Además, es importante destacar que esta implementación no sólo tiene aplicaciones en el área de estudio específica, sino que también promueve el uso de formas alternativas en los procesos de enseñanza en ámbitos como la programación gráfica e instrumentación. Esto se debe a que el sistema de adquisición de datos brinda la posibilidad de explorar y experimentar con diferentes configuraciones y parámetros, lo que enriquece el aprendizaje y fomenta el desarrollo de habilidades técnicas.

## **2.2. CONCEPTOS ELÉCTRICOS**

### **2.2.1. Tensión de circuito abierto del panel**

La tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ , por sus siglas en inglés, *Open Circuit Voltage*) es una medida de la fuerza electromotriz (FEM) o el voltaje que una fuente de energía, como una batería o un panel solar, proporciona cuando no hay carga conectada a ella. En otras palabras, es el voltaje máximo disponible en los terminales de la fuente de energía cuando no hay flujo de corriente a través de ella [8].

Para un panel solar, la tensión de circuito abierto es la tensión que se produce cuando los terminales del panel están expuestos a la luz solar pero no están conectados a ningún dispositivo o carga. Es un parámetro importante para el diseño de sistemas fotovoltaicos, ya que determina la máxima tensión que el panel puede proporcionar.

### **2.2.2. Corriente máxima**

En el ámbito de los cables eléctricos, la corriente máxima admisible juega un papel fundamental al determinar la capacidad del cable para transportar corriente sin que se produzca un sobrecalentamiento. Existe un límite máximo de corriente que un cable puede soportar sin sufrir daños o representar un riesgo de incendio [9].

Es esencial tener en cuenta la corriente máxima admisible al seleccionar el tamaño adecuado del cable para una aplicación específica. Además, al calcular la sección del cable, también se considera la máxima caída de tensión, ya que a lo largo del conductor se produce una diferencia de voltaje debido a sus características físicas.

Es esencial tener en cuenta la corriente máxima admisible al seleccionar el tamaño adecuado del cable para una aplicación específica. Además, al calcular la sección del cable, también se considera la máxima caída de tensión, ya que a lo largo del conductor se produce una diferencia de voltaje debido a sus características físicas.

### **2.2.3. Corriente de carga**

La corriente de carga se define como el desplazamiento de carga eléctrica a través de un material conductor. Este movimiento organizado de electrones o iones se produce en diferentes medios, como sólidos, líquidos o gases. En la mayoría de los casos, la corriente de carga se origina por el flujo de electrones en un conductor [10].

Es importante destacar que la corriente de carga se mide en amperios (A) y se representa con la letra  $I$ . La intensidad de corriente eléctrica se refiere a la cantidad de corriente que atraviesa un punto específico en un intervalo de tiempo determinado. En la figura 2.2 se visualiza el comportamiento de la corriente en el conductor.

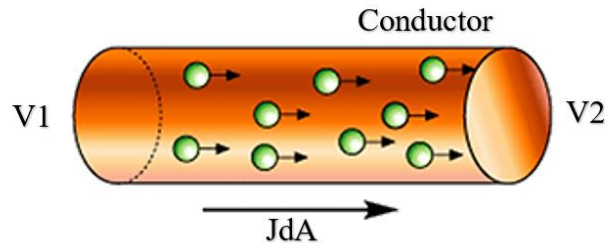


Figura 2.2. Representación del comportamiento de la corriente de carga

En el cálculo de la corriente de carga para el regulador, se procede dividiendo la potencia total de los paneles entre la tensión de la batería, lo que nos proporciona la intensidad máxima de carga, como se muestra en la ecuación (2.1):

$$I_{\max} = \frac{P_t}{V} \quad (2.1)$$

Donde:

$I_{\max}$  : Corriente máxima.

$P_t$ : Potencia total

$V$ : Voltaje nominal

La corriente de carga tiene un papel fundamental en la transmisión de energía eléctrica desde las centrales hasta los consumidores. Se utiliza tanto en corriente continua (CC), donde el flujo de carga no cambia de dirección, como en corriente alterna (CA), donde la dirección de la carga se invierte periódicamente [10].

#### 2.2.4. Corriente de cortocircuito del panel

La corriente de cortocircuito, también conocida como corriente de cortocircuito máxima ( $I_{sc}$ , por sus siglas en inglés, *Short-Circuit Current*), es la corriente eléctrica máxima que puede fluir a través de un circuito cuando los terminales de la fuente de energía (por ejemplo, una batería o un panel solar) están conectados directamente entre sí con un cable conductor de muy baja resistencia, lo que crea un camino de baja impedancia [11].

Cuando se produce un cortocircuito, la resistencia del circuito se reduce a prácticamente cero ohmios, lo que permite que una cantidad muy grande de corriente fluya a través del circuito. La corriente de cortocircuito es el valor máximo que esta corriente puede alcanzar y está determinada principalmente por la capacidad de suministro de la fuente de energía y la resistencia interna de la misma [11].

La corriente de cortocircuito es un parámetro importante para el diseño y la protección de circuitos eléctricos, ya que puede causar sobrecalentamiento y daños a los componentes del circuito si no se limita adecuadamente.

### 2.2.5. Potencia eléctrica

La potencia se refiere a la cantidad de energía que puede generar un sistema en un determinado período de tiempo. En el contexto de los paneles solares y los reguladores de carga, la potencia total se refiere a la cantidad total de energía que los paneles solares pueden generar y suministrar al regulador de carga.

### 2.2.6. Potencia total del sistema fotovoltaico

La potencia total se refiere a la cantidad total de energía que los paneles solares pueden generar y suministrar al regulador de carga. Esta potencia total es utilizada como referencia para determinar qué regulador es necesario para el sistema [12].

En el cálculo de la potencia total, se procede multiplicando número total de paneles del sistema por la potencia máxima del panel, como se indica en la ecuación (2.2):

$$P_t = N * P_m \quad (2. 2)$$

Donde:

**P<sub>t</sub>**: Potencia total

**N**: Número de paneles

**P<sub>m</sub>**: Potencia máxima del panel

En el contexto de la implementación de un sistema de adquisición de datos, la potencia total es importante porque permite saber qué capacidad debe tener el regulador de carga para gestionar la energía generada por los paneles solares. Al conocer la potencia total, se puede seleccionar un controlador adecuado que pueda manejar eficientemente la energía y optimizar su rendimiento. La potencia máxima del panel varía en función del modelo y el tipo de panel [12].

## 2.3. CONCEPTOS TEÓRICOS

### 2.3.1. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se refiere a la generación de electricidad mediante la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica. Este proceso se lleva a cabo utilizando dispositivos llamados celdas solares o paneles fotovoltaicos, que contienen materiales semiconductores capaces de liberar electrones al ser expuestos a la luz. Estos generan corriente eléctrica, que luego se puede utilizar para alimentar aplicaciones eléctricas o almacenarse en baterías para su uso posterior. La energía solar fotovoltaica es una forma sostenible y renovable de obtener electricidad, ya que aprovecha la luz del sol, una fuente inagotable de energía [13].

### 2.3.2. Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos son instalaciones que utilizan celdas solares o paneles fotovoltaicos para convertir la radiación solar en electricidad. Estos sistemas aprovechan la energía del sol de manera directa, convirtiendo la luz solar en corriente eléctrica mediante el efecto fotovoltaico [14].

- **Paneles Fotovoltaicos (o Celdas Solares):** Son dispositivos compuestos por células fotovoltaicas que convierten la luz solar en electricidad. Estos paneles son la parte fundamental de un sistema fotovoltaico.
- **Inversor:** La corriente continua (CC) generada por los paneles solares se convierte en corriente alterna (CA) para su uso doméstico o en la red eléctrica mediante un inversor.
- **Estructura de Montaje:** Se utilizan para fijar los paneles solares en una ubicación específica, como techos, estructuras en el suelo o seguidores solares.
- **Baterías (en sistemas autónomos):** Almacenan la energía generada durante el día para su uso en momentos en que no hay suficiente luz solar, como durante la noche o en días nublados.
- **Sistema de Monitoreo y Control:** Permite supervisar el rendimiento del sistema, recopilando datos sobre la generación de energía y el estado de los componentes para un mantenimiento eficiente.

La energía solar fotovoltaica es una fuente sostenible y renovable ayuda a la reducción de las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero y a la diversificación de la matriz energética.



Los sistemas fotovoltaicos son instalaciones que constan de diversas partes, las cuales varían según el tipo de sistema. Sin embargo, generalmente se emplea la estructura descrita en la figura 2.3 como la más comúnmente utilizada.

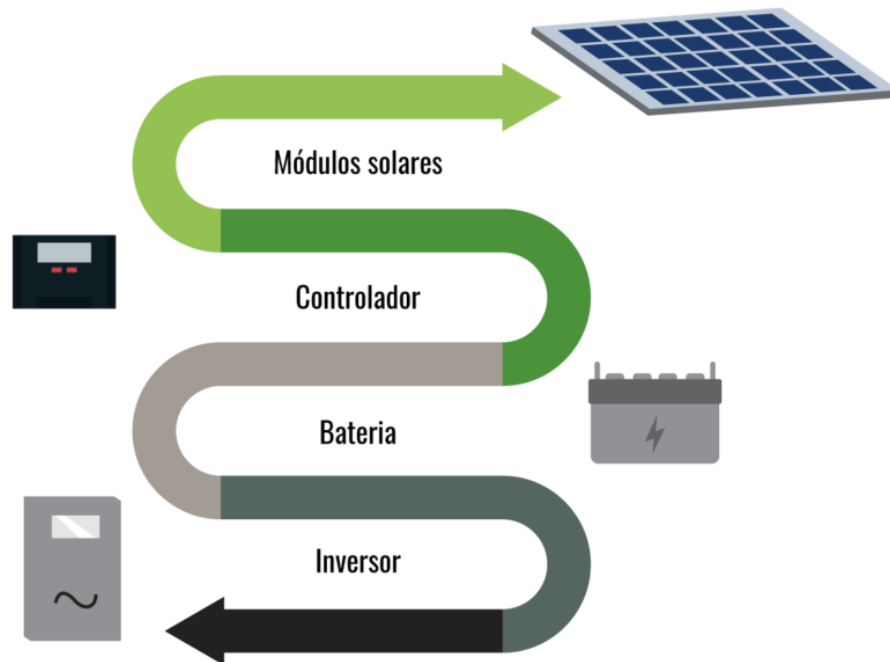


Figura 2.3. Sistema fotovoltaico

### 2.3.3. Sistema fotovoltaico on grid

Es un sistema conformado por energía fotovoltaica, producida a través de paneles solares, soportes de fijación, cables, un inversor, protecciones eléctricas y un medidor bidireccional, en donde se convierte la energía solar en un integrador de energía dirigida adicionalmente a la red eléctrica convencional [15].

Como se sabe la producción de energía solar es variable dependiendo del clima y la estación del año, por lo que el sistema en red permite inyectar la energía proveniente del sistema fotovoltaico a la red tradicional, de modo que esta supla el déficit restante. Por lo anterior, se concluye que este tipo de sistema es indicado para el consumo de zonas donde la red local de energía cuenta con infraestructura y además reduce los costos de instalación en la medida que no se hace necesario contar con baterías, en general estos sistemas se componen de [15]:

- Módulo Fotovoltaico o Paneles Solares: Capta y transforma la radiación solar en energía eléctrica.
- Inversor de Corriente: Convierte la corriente directa generada por los módulos a el voltaje de corriente alterna, utilizada para el funcionamiento de cualquier dispositivo.

- Medidor Bidireccional: Contabiliza la energía generada por los módulos fotovoltaicos.
- Consumo eléctrico: El uso de la energía aplicada en los dispositivos.
- Conexión a la red eléctrica: Es la conexión que permite la utilización de la energía proveniente tanto de los módulos fotovoltaicos como de la red pública de energía.

Por consiguiente, la figura 2.4 ilustra que la energía fotovoltaica conectada a la red implica la instalación de un sistema que convierte la energía para integrarla de forma subsidiaria a la red eléctrica convencional, lo que resulta en la disminución de costos y en la satisfacción de las necesidades de consumo energético

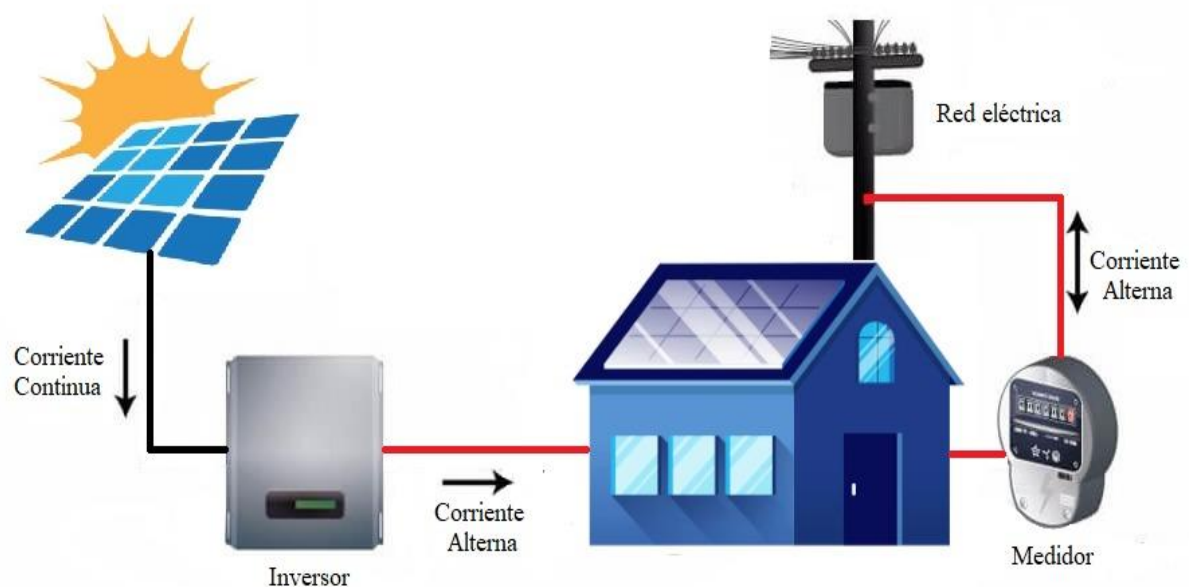


Figura 2.4. Sistema fotovoltaico en línea

#### 2.3.4. Sistema fotovoltaico off grid

Es un sistema de autoabastecimiento independiente de la red eléctrica principal, en donde toda la energía consumida, es directamente suministrada por el sol y almacenada en un banco de baterías. Su funcionamiento consiste en la captación de energía solar mediante los paneles solares (monocristalinos o policristalinos), esta energía es enviada a un controlador de carga que se encarga de controlar la energía que circula entre las baterías y los módulos solares fotovoltaicos, dirigiendo a un banco de baterías en donde se almacena, para después llegar al inversor en donde este transforma de 12/24/48 VDC (dependiendo de las baterías instaladas en el sistema fotovoltaico) a 120/208/220/240 VAC [16].

Este tipo de sistema es comúnmente utilizado en zonas aisladas donde no se dispone de una conexión a la red eléctrica o en situaciones donde se prefiere la autosuficiencia energética.

Este sistema funciona de manera autónoma, operando independientemente de la red eléctrica convencional, tal como se representa en la figura 2.5.

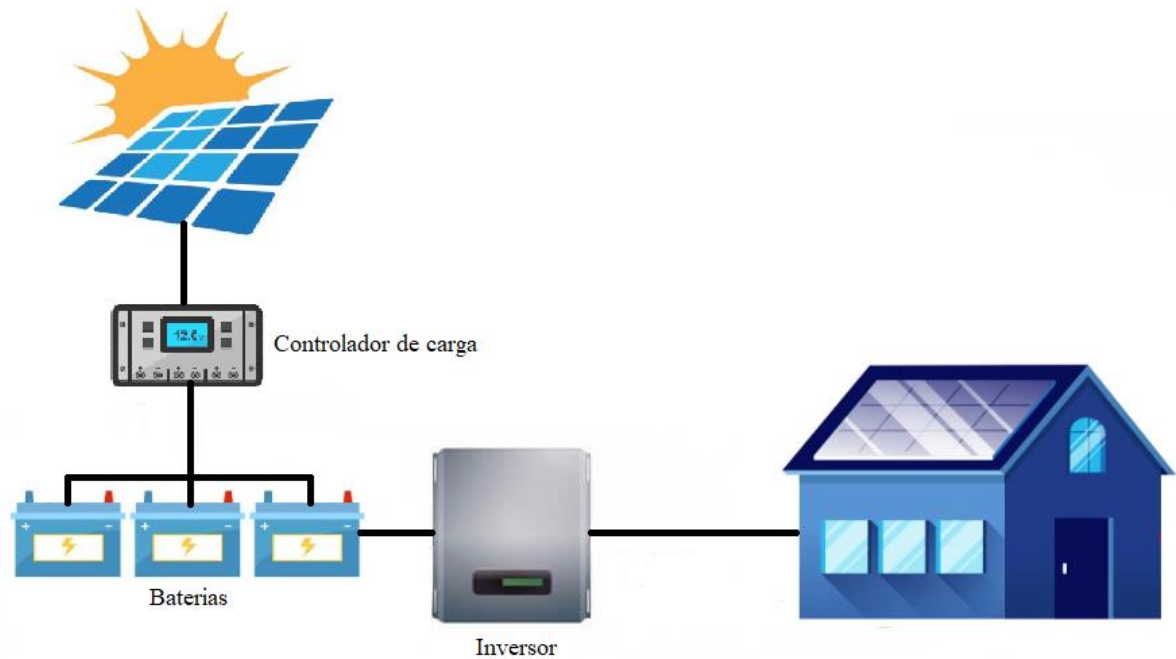


Figura 2.5. Sistema fotovoltaico aislado

### 2.3.5. Panel solar

Los paneles solares son estructuras creadas a partir de células de silicio y un marco de aluminio, en el cual mediante el proceso fotovoltaico se convierte la radiación solar en energía eléctrica, como se indica en la figura 2.6.

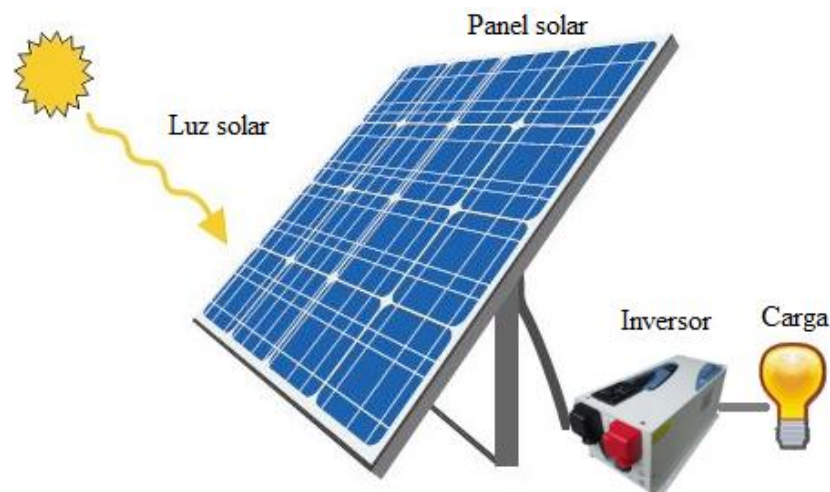


Figura 2.6. Funcionamiento del panel solar

Existen dos tipos de paneles utilizados en la producción de energía fotovoltaica los cuales son monocristalinos y policristalinos.

### 2.3.5.1. Panel policristalino

Se realizan igualmente que los paneles monocristalinos, a diferencia de estos, los policristalinos el silicio se funde con las impurezas por tal motivo su rendimiento es menos eficiente, se derrite el silicio en su forma bruta, con impurezas, y luego se vierte en un molde de forma cuadrada [17].

Debido a esto, todas las láminas son cuadradas. Al tener impurezas, se forman policristales que disminuyen la eficiencia, tal y como se representa en la figura 2.7.

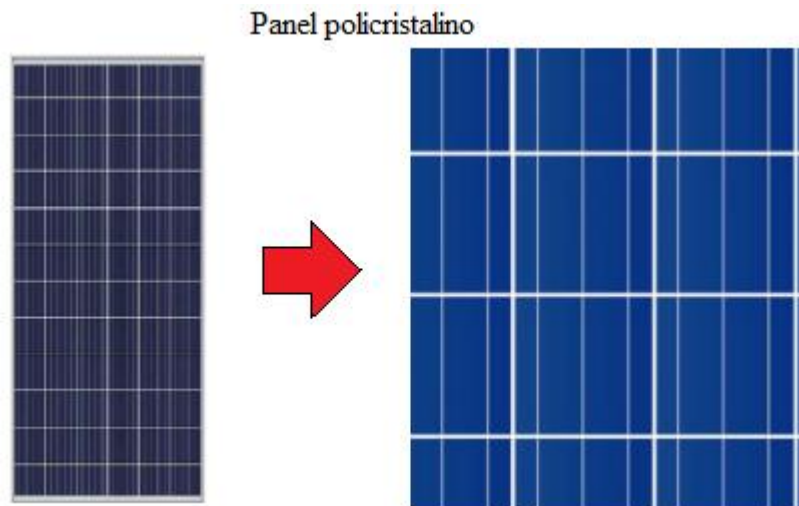


Figura 2.7. Panel policristalino

Es importante mencionar que la radiación y la temperatura de las células fotovoltaicas inciden en los parámetros de trabajo eléctrico del módulo fotovoltaico, por lo que para incrementar la energía generada se debe utilizar más de un módulo solar fotovoltaico que forma lo que se conoce como campo solar fotovoltaico el cual permitiría la generación de energía necesaria para cualquier aplicación [17].

### 2.3.6. Regulador de carga

El dispositivo regulador de carga forma parte integral del sistema fotovoltaico y su propósito es proteger la batería contra sobrecargas, optimizar la energía captada por los paneles solares y garantizar que la profundidad de descarga de la batería sea adecuada. Este enfoque resalta que una función crucial del regulador de carga es supervisar cuidadosamente el estado de la batería, considerando variables físicas que a menudo son ignoradas por los reguladores convencionales. Su función principal es controlar la cantidad de energía que se transfiere desde los paneles solares a las baterías de almacenamiento evitando sobrecargas que podrían dañar las baterías y optimizando la carga para prolongar su vida útil [18].

El progreso tecnológico de los reguladores de carga ha sido impulsado por la introducción de microprocesadores y microcontroladores, lo que ha facilitado la mejora de los sistemas de control al incorporar algoritmos que actúan como el núcleo de operación, gestionando la regulación de la energía en el sistema fotovoltaico. Esta integración tecnológica incluye algoritmos diseñados para supervisar los estados de carga de una batería acumuladora [18].

La figura 2.8 muestra las curvas de descarga de una celda electroquímica.

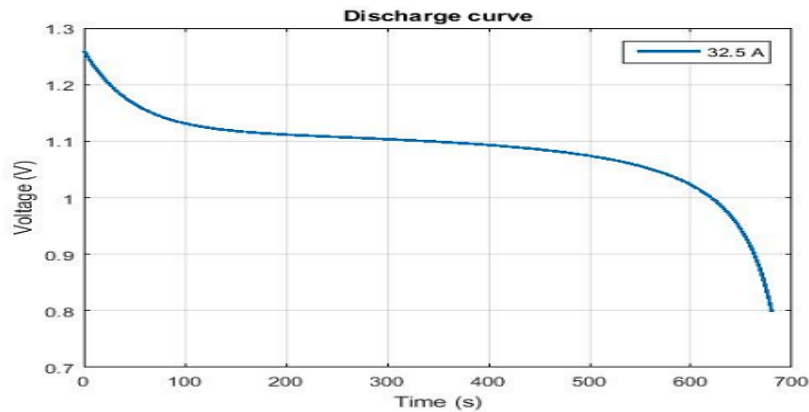


Figura 2.8. Indicadores de descarga de una celda electroquímica [19]

En el gráfico se observa que el voltaje de los terminales de una celda, que actúa como indicador del nivel de carga, varía con el tiempo, la corriente de carga y la temperatura ambiente. Esta última, a su vez, está influenciada por la corriente y la temperatura de operación. La información proporcionada por las diferentes curvas lleva a concluir que la gestión de la energía en el sistema fotovoltaico está condicionada por la capacidad de corriente de los paneles solares, la temperatura ambiente, la demanda de corriente del circuito de carga y la cantidad de energía almacenada en las baterías [20].

Dado que el regulador de carga administra el flujo de energía dentro del sistema, resulta prudente que la toma de decisiones dependa de variables que no permanecen constantes durante los ciclos de carga y descarga, y que son modificadas mediante cambios no lineales. Estas variables están interconectadas a través de expresiones complicadas que presentan cierto nivel de complejidad, especialmente si se pretende incorporarlas en un microcontrolador, considerando las limitaciones inherentes del mismo [20].

Es por ello que la construcción de un regulador que actúe en función de variables que pertenecen al sistema fotovoltaico implica, elaborar un algoritmo de control sencillo cuya lógica se pueda incorporar a un microcontrolador, ésta debe comandar los circuitos de potencia que conectan los elementos del sistema y contener información del comportamiento de la batería [20].

### 2.3.6.1. Tipos de reguladores de carga

Reguladores de carga solar PWM: Los reguladores PWM, son una opción común para la carga de baterías en sistemas solares. Aunque no son idénticos al regulador MPPT, son una alternativa más económica, ya que los reguladores PWM ajustan la tensión de salida del panel solar para que coincida con la tensión de la batería. Sin embargo, no maximizan la eficiencia de los paneles solares como lo hace el regulador MPPT [21].

Reguladores de carga solar con tecnología MPPT: Los reguladores MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) son considerados más eficientes que los reguladores PWM. Estos reguladores aprovechan al máximo el rendimiento de los módulos fotovoltaicos, permitiendo que los paneles solares trabajen en su punto de máxima potencia [21].

Esto se logra ajustando la tensión y corriente de salida del panel solar para maximizar la producción de energía. Aunque los reguladores MPPT son más caros y más grandes que los reguladores PWM, ofrecen un mayor rendimiento y garantía. Es importante tener en cuenta que, aunque estos reguladores son similares al regulador MPPT, cada uno tiene sus propias características y ventajas. La elección del regulador dependerá de las necesidades y requerimientos específicos de la instalación solar [21].

### 2.3.6.2. Funcionamiento del regulador de carga tipo MPPT

El principio de funcionamiento de un regulador de carga tipo MPPT es maximizar la eficiencia de carga de una batería utilizando la máxima potencia disponible de los paneles solares, a diferencia de los reguladores de carga PWM, que simplemente regulan la tensión de salida de los paneles solares que coincidan con la tensión de la batería, estos reguladores utilizan un algoritmo de seguimiento del máximo punto de potencia para ajustar la corriente y el voltaje de los paneles solares de manera óptima [22].

Este regulador mide constantemente la tensión y corriente de los paneles solares y calcula el punto de máxima potencia en el que los paneles pueden generar la mayor cantidad de energía. Luego, ajusta la tensión y corriente de entrada para mantener el panel solar en ese punto de máxima potencia, independientemente de la tensión de la batería.

Esto permite que los paneles solares operen a su máxima eficiencia, incluso en condiciones de baja radiación solar o temperaturas extremas. Además, los reguladores MPPT pueden aumentar la tensión de los paneles solares para que coincida con la tensión de carga de la batería, lo que reduce las pérdidas de energía y aumenta la eficiencia general del sistema [22].

En conclusión, el regulador de carga tipo MPPT, maximiza la eficiencia de carga de una batería al ajustar la tensión y corriente de entrada de los paneles solares para mantenerlos en su punto de máxima potencia, esto posibilita la maximización de la energía producida por los paneles solares.

### **2.3.6.3. Variables de carga y descarga del regulador MPPT**

Las variables de carga y descarga de un regulador de carga tipo MPPT son:

- Estado de carga: Indica el nivel de carga de la batería en relación con su capacidad máxima.
- Tensión de carga: Ajusta la tensión de carga de la batería para maximizar la eficiencia de carga y obtener el máximo rendimiento de la energía producida por los paneles.
- Corriente de carga: Controla la corriente de carga que fluye desde los paneles solares hacia la batería, asegurando una carga segura y eficiente.
- Tensión de descarga: Monitorea la tensión de la batería y puede desconectar la carga cuando la tensión alcanza un nivel mínimo predefinido para evitar la descarga excesiva y proteger la vida útil de la batería.
- Corriente de descarga: Algunos reguladores también pueden controlar la corriente de descarga de la batería, limitando la cantidad de energía que se extrae de la batería en determinadas condiciones [23].
- Algoritmo MPPT: El regulador MPPT emplea un algoritmo que rastrea el punto óptimo de potencia para ajustar de manera constante la tensión y la corriente de entrada de los paneles solares, con el fin de maximizar la generación de energía [23].
- Configuración y ajuste de parámetros: Los reguladores suelen tener opciones de configuración y ajuste de parámetros, como la tensión de carga y descarga, la compensación de temperatura, etc., que permiten adaptar el funcionamiento del regulador a las necesidades específicas del sistema.

### **2.3.7. Batería**

Las baterías han sido un invento que ha revolucionado la forma de pensar en la energía, ha permitido la portabilidad de equipos, el almacenamiento y la energización eléctrica en zonas remotas con una energía limpia.

### 2.3.7.1. Principio de funcionamiento de la batería

El principio de funcionamiento de las baterías es un proceso químico reversible llamado reducción-oxidación (redox), en este proceso, uno de los componentes de la batería se oxida (pierde electrones) y el otro se reduce (gana electrones), esta transferencia de electrones permite que la batería convierta la energía química en energía eléctrica [24].

Durante la descarga de la batería, se cierra el circuito externo y se produce una reacción química que libera electrones y genera corriente eléctrica, durante la carga de la batería, se aplica una corriente externa que invierte la reacción química, restando los componentes originales de la batería, como se ilustra en la figura 2.9.

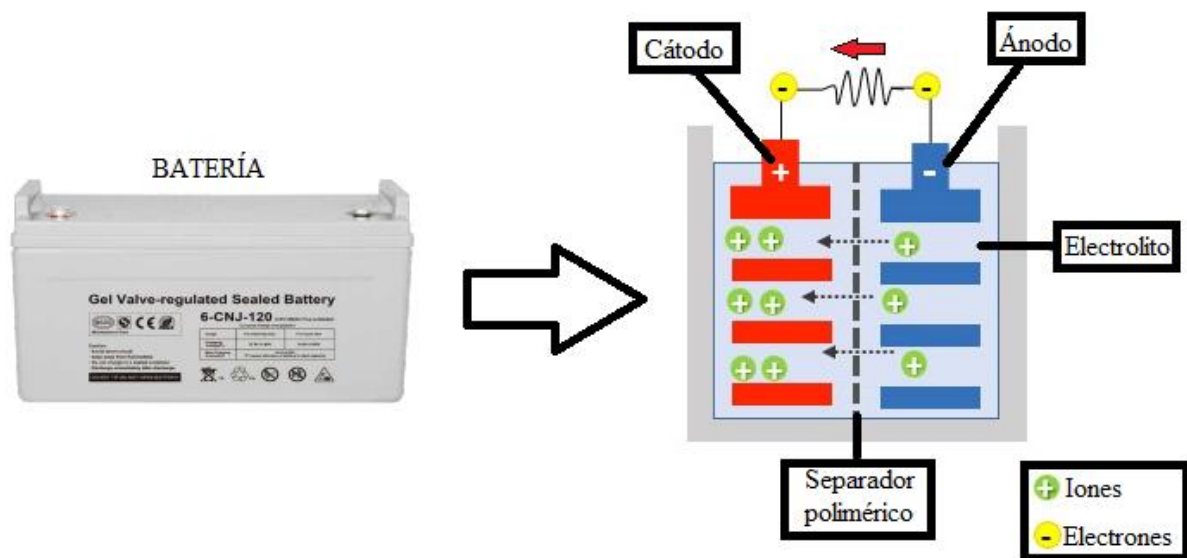


Figura 2.9. Principio de funcionamiento de la batería

Las baterías modernas, como las de plomo-ácido utilizadas en vehículos, son recargables, esto se debe a que la composición original de los electrodos puede ser restaurada mediante corriente inversa, lo que permite que la batería se descargue y cargue varias veces.

### 2.3.7.2. Tipos de baterías

- Baterías de litio: Son ampliamente utilizadas debido a su capacidad de carga rápida, alta densidad energética y larga vida útil.
- Baterías de plomo-ácido: Son las baterías más comunes y se utilizan en vehículos, sistemas de energía solar y otras aplicaciones.
- Baterías de gel: Utilizan un electrolito en forma de gel, lo que las hace más seguras y menos propensas a fugas.



- Baterías de níquel-cadmio (NiCd): Son uno de los tipos más antiguos de baterías recargables, aunque su uso se ha reducido debido a su contenido de cadmio, que es un metal tóxico.
- Baterías alcalinas: Son comúnmente desechables y se utilizan en dispositivos electrónicos de consumo.
- Baterías de polímero de litio (LiPo): Son similares a las baterías de litio, pero utilizan un electrolito en forma de polímero, lo que les permite ser más delgadas y flexibles.
- Baterías de níquel-metal hidruro (NiMH): Son recargables y se utilizan en dispositivos electrónicos como cámaras digitales y juguetes.
- Baterías de iones de sodio: Son una alternativa a las baterías de litio y se están investigando para su uso en sistemas de almacenamiento de energía a gran escala [24].
- Baterías de zinc-aire: Utilizan zinc y oxígeno del aire como componentes principales y se utilizan en aplicaciones como audífonos y dispositivos médicos.

### 2.3.7.3. Modos de operación de la batería

Los modos de operación de una batería pueden variar según el tipo y la aplicación específica; no obstante, la mayoría de ellas seguirá un patrón distintivo. En este caso, dicho patrón se caracteriza por la relación entre el voltaje y el tiempo, comúnmente denominada como la carga de la batería. En la Figura 2.10 se describen las diversas etapas que conforman el proceso de carga de la batería.

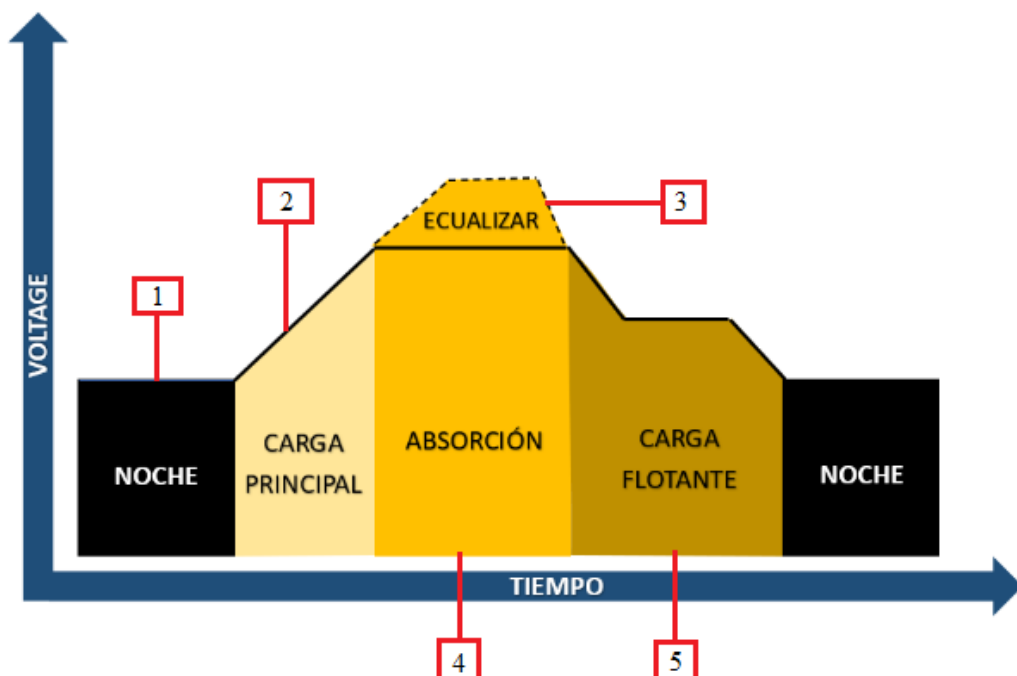


Figura 2.10. Etapas de carga del TriStar MPPT

Donde:

**Noche:** Durante la noche, cuando no hay disponibilidad de energía fotovoltaica, el regulador de la batería no ejecuta la función de carga activa.

**Carga principal:** En esta fase, la batería no ha alcanzado su carga completa al 100%, y su voltaje aún no ha llegado al nivel de voltaje de absorción. En consecuencia, el regulador reunirá la máxima energía solar disponible para recargar la batería.

**Ecualizar:** Algunos tipos de baterías experimentan beneficios al recibir periódicamente una carga que agita el electrolito, iguala el voltaje de celda y completa la reacción química. Durante la carga de ecualización, el voltaje se eleva por encima del nivel de la etapa de absorción, lo que provoca la gasificación del electrolito.

**Absorción:** Cuando el dispositivo eléctrico alcanza el voltaje de absorción, se mantiene en un valor constante para asegurarse de que esté con el nivel calibrado. Este procedimiento previene el sobrecalentamiento y la formación de gases. Este proceso evita el sobrecalentamiento y la generación de gases. Mientras se encuentra en la fase de absorción, el indicador LED verde de estado de carga se iluminará intermitentemente, encendiéndose cada segundo.

**Carga flotante:** Después de que la batería alcanza su carga total en la fase de absorción, se ajusta el voltaje al nivel correspondiente a la carga flotante. En este punto, al haberse completado la carga, no se producen más reacciones químicas, y toda la corriente de carga se transforma en calor y gases. La etapa flotante mantiene un nivel de carga bajo para reducir la generación de calor y gases en una batería completamente cargada.

### 2.3.8. Inversor de carga

Un inversor es un dispositivo electrónico que convierte la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). Este dispositivo es comúnmente utilizado en sistemas de energía solar fotovoltaica, sistemas de almacenamiento de energía, sistemas de respaldo de energía y en aplicaciones de electrónica de potencia en general [25].

En el contexto de sistemas de energía solar, un inversor es esencial porque los paneles solares generan corriente continua (CC) cuando la luz solar incide sobre ellos, pero la mayoría de los dispositivos funcionan con corriente alterna. En consecuencia, la figura 2.11 ilustra la conexión donde el inversor transforma la energía generada por los paneles solares en una forma utilizable, que puede ser suministrada a la red eléctrica o empleada directamente por los dispositivos eléctricos en el hogar o negocio [25].

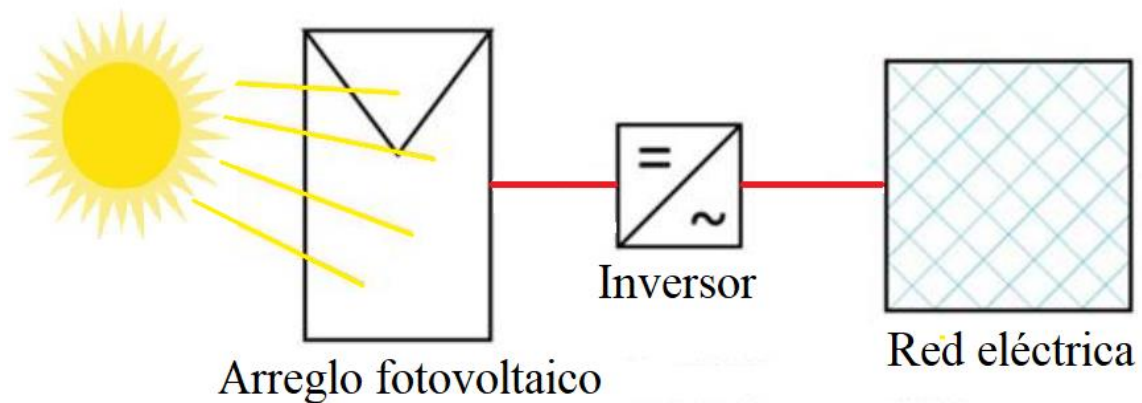


Figura 2.11. Esquema de funcionamiento del inversor

Los inversores están disponibles en diferentes capacidades de potencia y configuraciones, desde inversores pequeños para aplicaciones de electrónica de consumo hasta grandes inversores utilizados en instalaciones comerciales o industriales.

### 2.3.9. Algoritmo MPPT

El algoritmo de *Maximum Power Point Tracking* es una técnica empleada en sistemas de energía solar con el fin de optimizar la eficiencia de conversión de energía al rastrear y mantener el máximo punto de potencia de los paneles solares [26].

El punto de máxima potencia es el punto en el que un panel solar produce la mayor cantidad de energía eléctrica para una determinada intensidad de luz solar y temperatura. En la Figura 2.12 se muestra el punto de máxima potencia (MPP) alcanzado por los paneles solares.

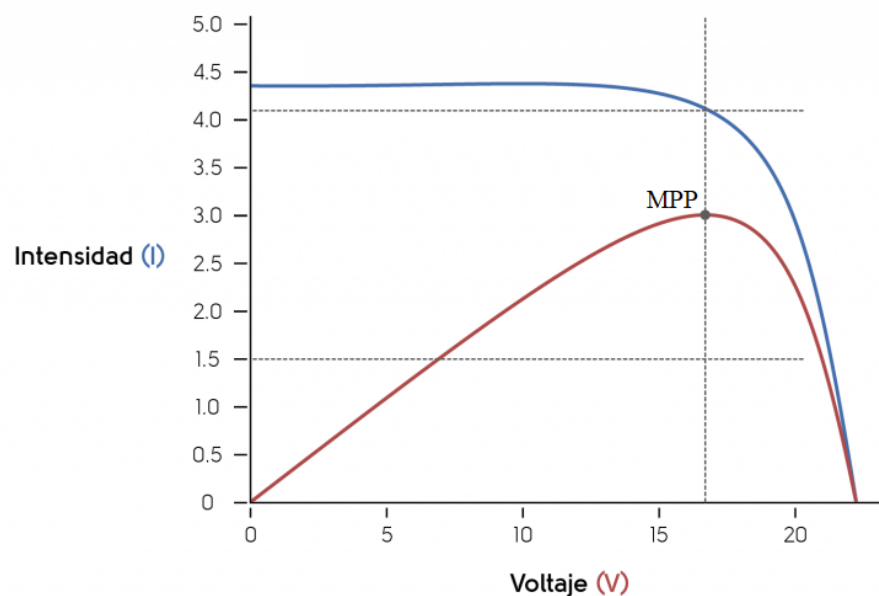


Figura 2.12. Punto de Máxima Potencia (MPP) [27].

El algoritmo MPPT ajusta continuamente la carga eléctrica conectada a los paneles solares para mantener la operación en o cerca del punto de máxima potencia. Esto se logra variando la resistencia eléctrica de la carga para garantizar que la potencia entregada a la carga sea la máxima posible en todo momento, incluso cuando las condiciones de luz solar cambian debido a factores como la nubosidad, el sombreado o el ángulo de incidencia del sol [28].

Este algoritmo MPPT puede implementarse en controladores de carga o inversores solares para optimizar la eficiencia de conversión de energía en sistemas fotovoltaicos y maximizar la producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar disponible.

Donde el funcionamiento del algoritmo se ilustra en la figura 2.13.

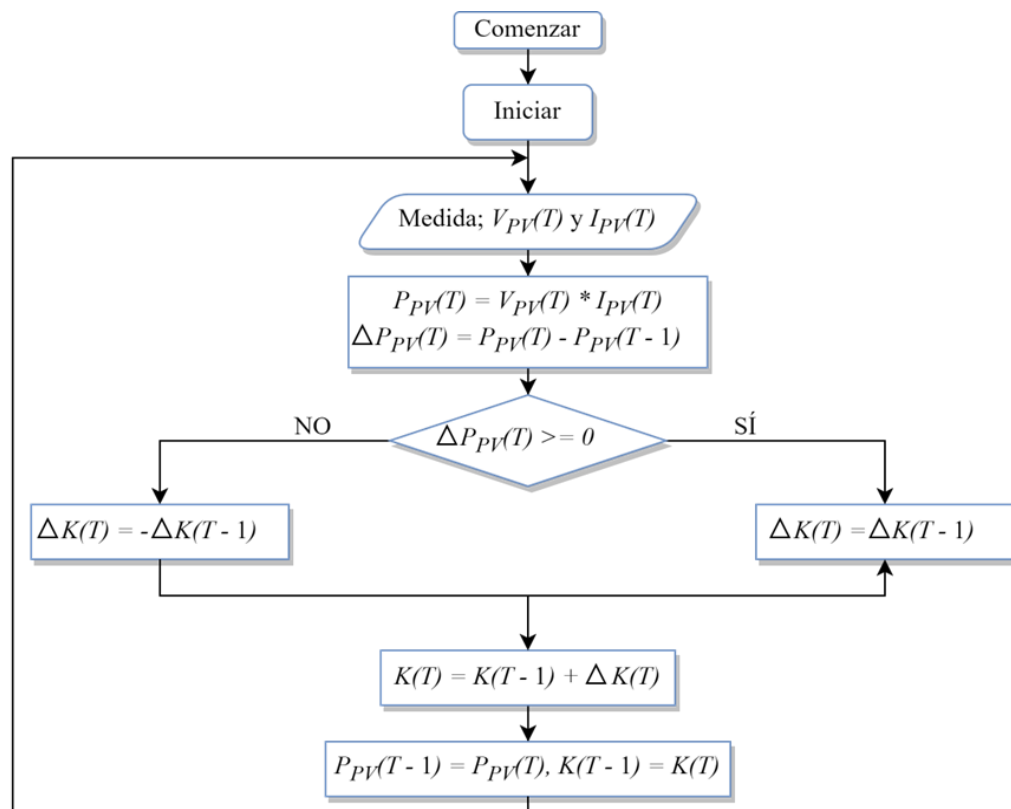


Figura 2.13. Diagrama de flujo del algoritmo MPPT [29].

### 2.3.10. Bus de comunicación

El bus de comunicación desempeña un papel fundamental en los sistemas de adquisición de datos al proporcionar la estructura necesaria para la transmisión de información entre los distintos dispositivos del sistema, como los sensores, el equipo maestro y otros dispositivos periféricos. El bus de comunicación facilita la transferencia de datos en tiempo real y permite la sincronización y coordinación de las operaciones en todo el sistema de adquisición de datos.

Además, posibilita la configuración, control y supervisión remota de los dispositivos conectados [30].

Como se establece en la figura 2.14 los sistemas de adquisición de datos se utilizan diversos tipos de buses de comunicación, como el bus CAN (Controller Area Network), el bus Ethernet, el bus USB (Universal Serial Bus), el bus RS-485 y el bus Modbus, entre otros [30].

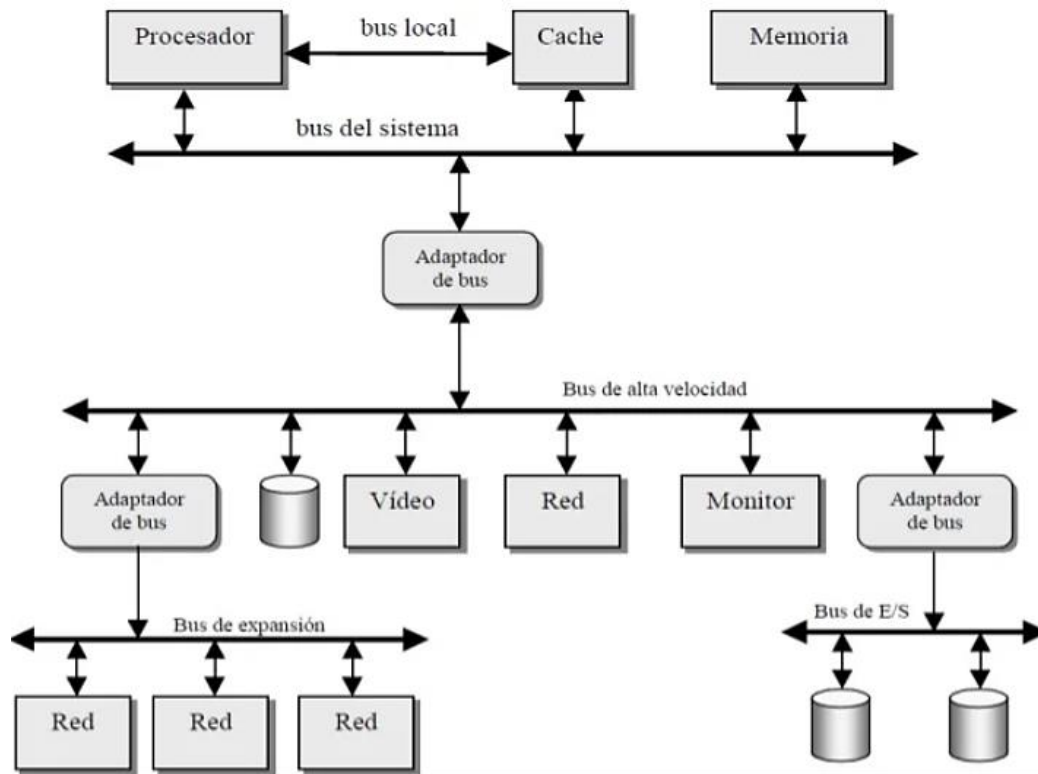


Figura 2.14. Esquema general de un sistema de adquisición de datos.

### 2.3.11. Protocolo Modbus

El protocolo Modbus define la estructura de mensajes y las reglas de comunicación utilizadas por los sistemas de control de procesos para intercambiar información de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) para operar y controlar procesos industriales. Las especificaciones de protocolo abierto de Modbus y la extensión TCP han contribuido a su popularidad, especialmente en el sector del petróleo y el gas, donde es el protocolo de control predominante para las operaciones de oleoductos [31].

El protocolo Modbus tiene dos variantes principales, Modbus Serial y Modbus TCP. En el protocolo Modbus Serial, los mensajes se transmiten entre un maestro y esclavos (dispositivos de campo) a través de líneas seriales utilizando los modos de transmisión ASCII o RTU. El protocolo Modbus TCP más nuevo proporciona conectividad dentro de una red Modbus

(maestro y sus esclavos), así como para redes Modbus interconectadas por IP (múltiples maestros, cada uno comunicándose con conjuntos de esclavos posiblemente superpuestos) [31].

La variante TCP permite que un maestro tenga múltiples transacciones pendientes y permite que un esclavo participe en comunicaciones simultáneas con múltiples maestros. La figura 2.15 muestra un diagrama general del funcionamiento del protocolo.

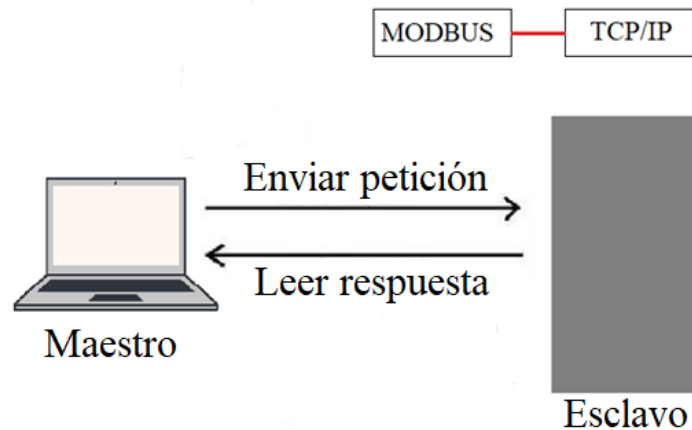


Figura 2.15. Funcionamiento del protocolo Modbus.

### 2.3.12. Protocolo Modbus TCP/IP

La ausencia prolongada de un estándar único para las comunicaciones industriales ha llevado a que los múltiples protocolos existentes en esta área pierdan relevancia, sin embargo, ante la penetración de tecnologías de comunicación maduras en el ámbito de la oficina, pero emergentes en el ámbito de la planta, como Ethernet. La aceptación global de Ethernet en entornos administrativos y de oficina ha suscitado interés en su expansión hacia la planta. Ethernet está experimentando una rápida adopción en el mercado de sistemas de control de procesos y automatización para la interconexión de sensores y actuadores a nivel de campo, sustituyendo así a los buses de campo en las industrias [32].

Se han creado y aplicado varios protocolos para la comunicación en entornos industriales a través de Ethernet. No obstante, no existe una única norma de aplicación con un modelo común. Modbus TCP es un protocolo estándar ampliamente utilizado y aceptado, pero también existen otros protocolos Ethernet diferentes, tales como [32]:

Profibus (combina el protocolo ProfiNet, OPC para control de procesos OLE y TCP/IP), Ethernet/IP (básicamente objetos ControlNet y DeviceNet sobre TCP/IP y UDP), y Fieldbus fundación high-speed Ethernet HSE (incorpora el protocolo H1 de fundación Fieldbus sobre TCP/IP, además de OPC y el lenguaje XML).[32].

Es posible que con el aumento de velocidad de Ethernet (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet) se pueda usar también en el manejo de aplicaciones críticas de control [33].

Los buses de campo, una variante especializada de LAN (Red de Área Local), están diseñados para funciones específicas de adquisición de datos y control de dispositivos finales en entornos industriales. Generalmente, se despliegan utilizando cables de par trenzado económicos. A diferencia de Ethernet, donde la llegada de paquetes no puede garantizarse, los diseñadores de buses de campo priorizan la transmisión de mensajes cortos de comando y control, asegurando alta fiabilidad y estricta temporización [34].

La Figura 2.16 ilustra un ejemplo del funcionamiento del protocolo TCP/IP.

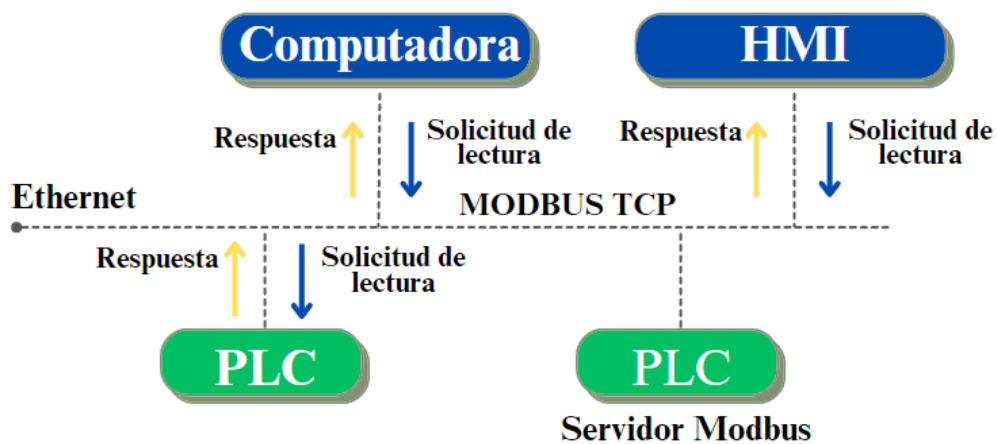


Figura 2.16. Protocolo Modbus TCP/IP

### 2.3.13. Protocolo ethernet

Ethernet, también conocido como IEEE 802.3, representa el estándar más ampliamente utilizado para LAN. Emplea un método de transmisión de datos llamado (acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones). Antes de que un nodo envíe datos a través de una red Ethernet, escucha primero para detectar si otro nodo está transmitiendo información. En caso negativo, el nodo procede a transferir la información a través de la red. Todos los demás nodos están atentos y el nodo designado recibe la información. En el caso de que dos nodos intenten enviar datos simultáneamente, cada uno detecta la colisión y espera un período de tiempo aleatorio antes de intentar nuevamente, cada paquete enviado contiene la dirección de la estación destino, la dirección de la estación de envío y una secuencia variable de bits que representa el mensaje transmitido, el dato transmitido procede a 10 millones de bits por segundo

y el paquete varía en una longitud de 64 a 1518 bytes, así el tiempo transmisión de un paquete Ethernet está en un rango de 50 a 1200 microsegundos dependiendo de su longitud [35].

La Figura 2.17 muestra un esquema de conexión Ethernet.

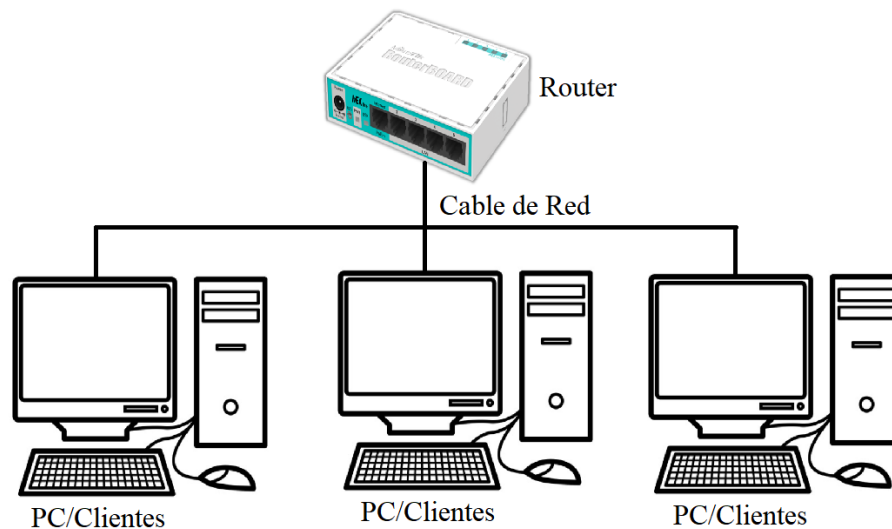


Figura 2.17. Protocolo ethernet.

En la figura 2.18 se exponen las ventajas y desventajas del protocolo Ethernet, lo que contribuye a su popularidad y amplio uso en redes de computadoras.

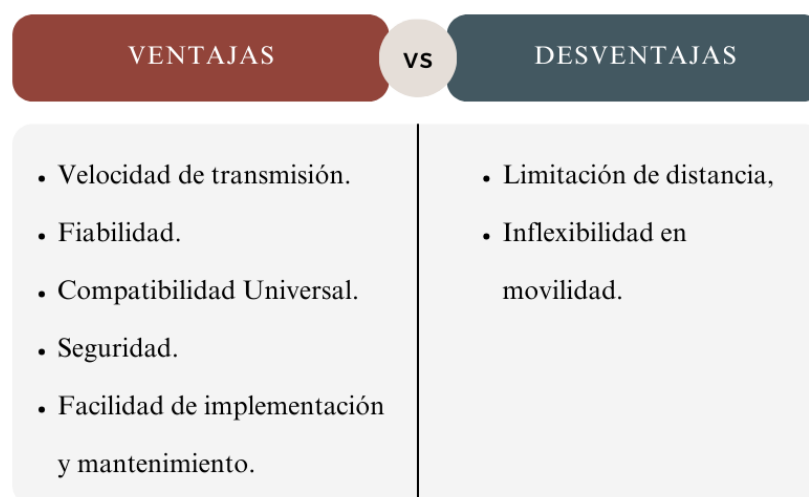


Figura 2.18. Cuadro de ventajas y desventajas de la comunicación.

### 2.3.14. Protocolo MeterBus

MeterBus es un estándar europeo que surge como respuesta a la necesidad de establecer un sistema de redes y monitoreo de medidores de consumo, tales como los de agua, luz y gas que se encuentran en los hogares [36].



Esta topología de Bus cumple con requisitos necesarios para lograr un bajo consumo. Cuando los medidores reciben un pedido, envían los datos a un sistema maestro, que puede ser otro contador. Históricamente, la lectura de los contadores ha sido manual por parte de los proveedores de servicios, y la implementación de MeterBus facilita eficaz y rápidamente la recopilación de datos. Además, Mbus puede utilizarse para controlar otras instalaciones en los hogares, como la iluminación, tomacorrientes, los sensores de temperatura y los sistemas de apertura de ventanas [36].

Aquí se presentan algunas de las características que este protocolo puede ofrecer para las lecturas:

- La recolección de datos se realiza de forma electrónica.
- Cada medidor cuenta con un número único.
- Se posibilita la lectura remota.

A continuación, se detallan algunas de las ventajas que tanto los usuarios como las empresas pueden obtener [36]:

- Lecturas rápidas y libres de errores.
- Lecturas a distancia.
- Ahorro de personal.
- Evita la intrusión en la privacidad del cliente.
- Permite la instalación de medidores en lugares de remotos o de difícil acceso [36].
- Intervalos cortos de lectura para una mejor gestión tarifaria y control del gasto [36].

Se presenta en la figura 2.19 la comunicación e instalación de un sistema que emplea el protocolo MeterBus.

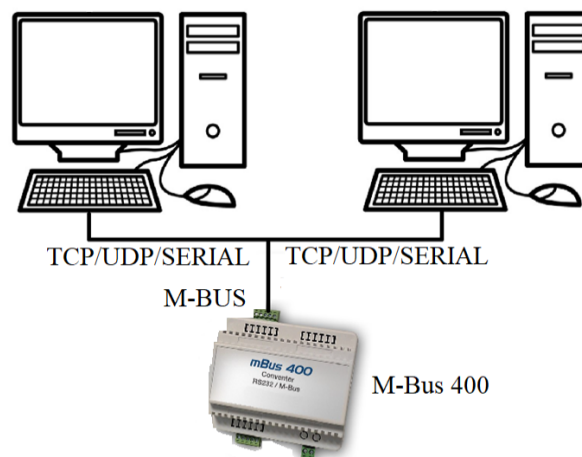


Figura 2.19. Protocolo MeterBus.

### 2.3.15. HMI

Actualmente, las interfaces humano-máquina, que se ejecutan en computadoras personales, se utilizan para representar de manera práctica y real los procesos industriales, permitiendo a los operadores interactuar con los equipos físicos de la planta a través de las interfaces gráficas de usuario virtuales. Además, el HMI posibilita la inclusión de eventos, principalmente mediante el uso del ratón de la PC y los comandos de configuración, para llevar a cabo acciones de control y protección en el sistema. También permiten la lectura de información de las variables de los PLC, accediendo a las memorias que contienen el estado de dichas variables del proceso, y utilizar este estado para representar, a través de cambios de color en los equipos virtuales, la condición correspondiente en el proceso real, facilitando así la toma de decisiones por parte del operador del sistema [37].

El sistema típico de control supervisorio y adquisición de datos (SCADA), que integra HMI y PLC, incluye interfaces de operación, sistemas de comunicación y equipos de instrumentación y control. Con el propósito de proporcionar una estructura de trabajo común para los desarrolladores de equipos de control y monitoreo de procesos, la Organización Internacional de Normalización ha creado un modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI) [37].

La figura 2.20 muestra un esquema de desarrollo de la interfaz hombre-máquina.

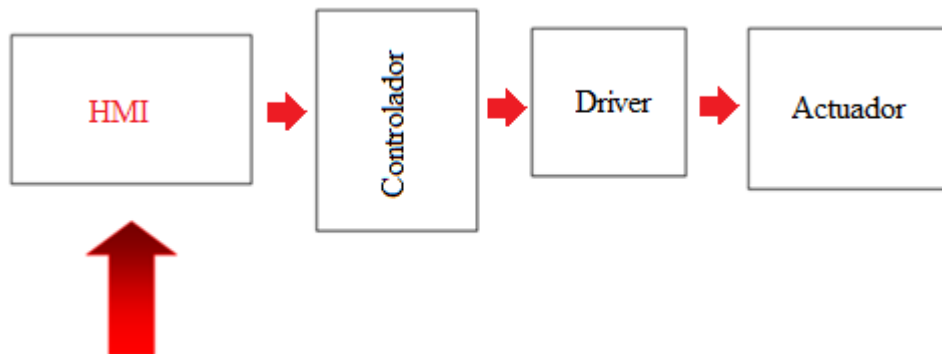


Figura 2.20. Interfaz HMI.

## 3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El flujograma que se presenta en la figura 3.21 da a conocer de manera resumida el proceso realizado para la implementación del sistema.

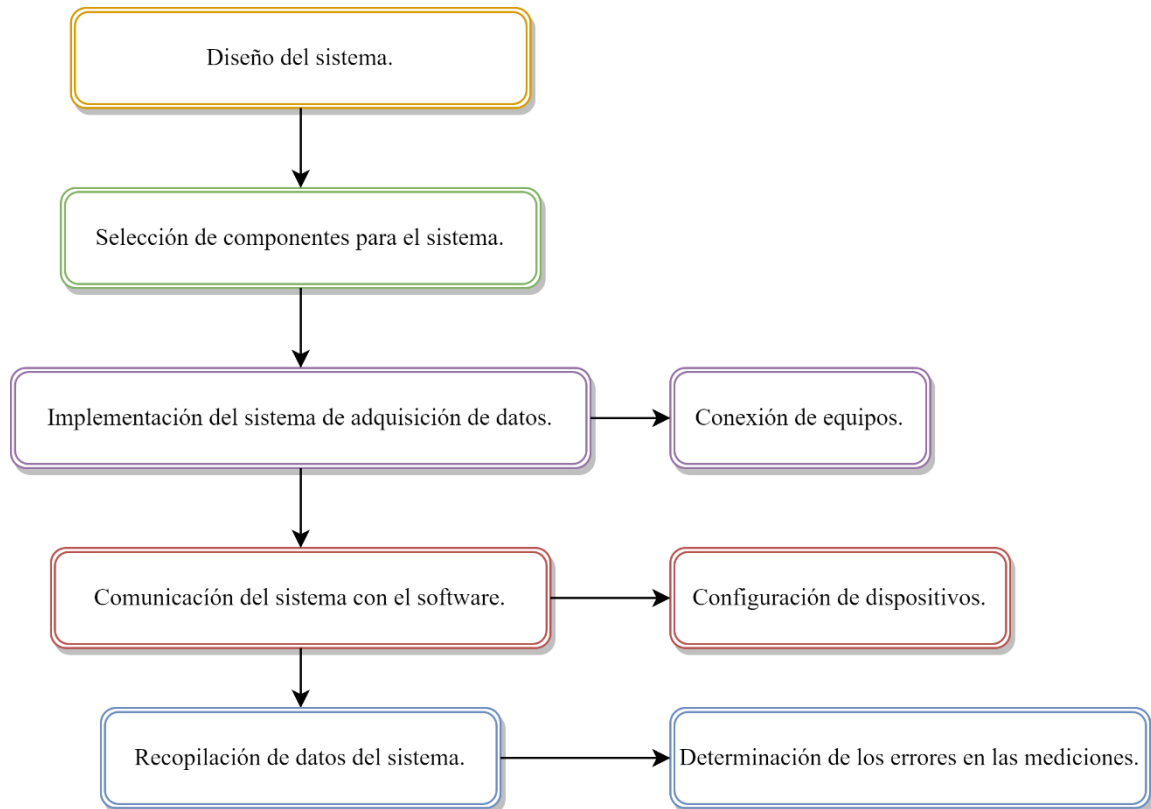


Figura 3.21. Diagrama de flujo del desarrollo del sistema de adquisición de datos.

### 3.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

La propuesta tecnológica planteada se centra en la implementación de un sistema de adquisición de datos para la estación fotovoltaica la cual se encuentra ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi (la matriz), para dicha instalación se cuenta con un sistema 9 de paneles conectados en paralelo cuya potencia de manera individual es de 140 Watts, a su vez se cuenta con un banco de baterías.

#### 3.1.1. Bibliográfico

Esta táctica permite la recopilación de información relevante y precisa, la cual es fundamental para el desarrollo de las actividades planteadas en las diferentes etapas previstas. Se realizó una investigación en la cual se recopiló información sobre las variables de carga y descarga en las baterías y el funcionamiento del regulador de carga tipo MPPT. Se consideró investigar sobre los diferentes equipos a utilizar, así como las características de operación de los mismos. Para recopilar la información de operación de empleo un regulador de carga tipo MPPT de la marca Morningstar, cuya comunicación es vía ethernet esta misma se mostrará en tiempo real.

### **3.1.2. De campo**

Se aplicó una estrategia la cual consiste en la investigación de las instalaciones presentes con el fin de obtener los datos necesarios para el desarrollo del sistema. Estos antecedentes fueron proporcionados por uno de los encargados de manejar esta planta fotovoltaica. Luego se precedió a la inspección de los equipos que se encontraban instalados, para de esta manera definir las características de trabajo en las cuales va a operar el equipo, dentro de estos factores se detalla la cantidad y el tipo de panel solar instalado, el inversor y a su vez las baterías, esto determinará el tipo de equipo a emplear.

## **3.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Técnica de observación**

Se establecen las circunstancias actuales como modelo de visualización en el cual se determinarán las causas y efectos que se pueden presentar. Esta técnica ayudará a obtener una percepción general sobre la situación de los sistemas y a su vez entender el funcionamiento de estos.

### **3.2.2. Técnica de medición**

Se utilizan dispositivos de medición con el propósito de corroborar la información obtenida con el regulador de carga, de este modo calcular el porcentaje de error existente en el sistema de adquisición de datos. El dispositivo encargado de la recolección de datos es el TRISTAR MPPT 60, este dispositivo es fundamental para la obtención de datos ya que registra datos de carga y descarga de las baterías. El dispositivo con el cual se va a corroborar la información adquirida es el Fluke con el cual se obtienen valores los cuales serán usados como muestra para de esta manera identificar el error que se presente en el sistema.

### **3.2.3. Técnica de simulación**

La simulación en tiempo real mediante el software MSView permite a los usuarios visualizar cómo evolucionan las variables del sistema y cómo interactúan entre sí a lo largo del tiempo. Además, este software facilita el monitoreo y la configuración de los controladores de carga solar a través de una interfaz gráfica de usuario. Con esta herramienta, los usuarios pueden supervisar el rendimiento de sus sistemas solares, acceder a datos de producción de energía, ajustar la configuración del controlador y diagnosticar posibles problemas de manera remota.

### 3.3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 3.3.1. Estado actual de los equipos

Para la instalación del sistema de adquisición de datos, se procedió a recopilar los equipos disponibles en el Laboratorio de Energías Renovables ubicado en bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi., todos los dispositivos disponibles se detallan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Equipos disponibles

Equipo	Tipo	Modelo	Cantidad
Paneles solares	Simax (Suzhou) Green New Energy	SP636-140	9
Batería	Gel	6-CNJ-120	4
Inversor	PowerStar	W7	1

A continuación, en la Figura 3.22, se presenta un esquema que ilustra los elementos de disponibles que conforman el sistema.

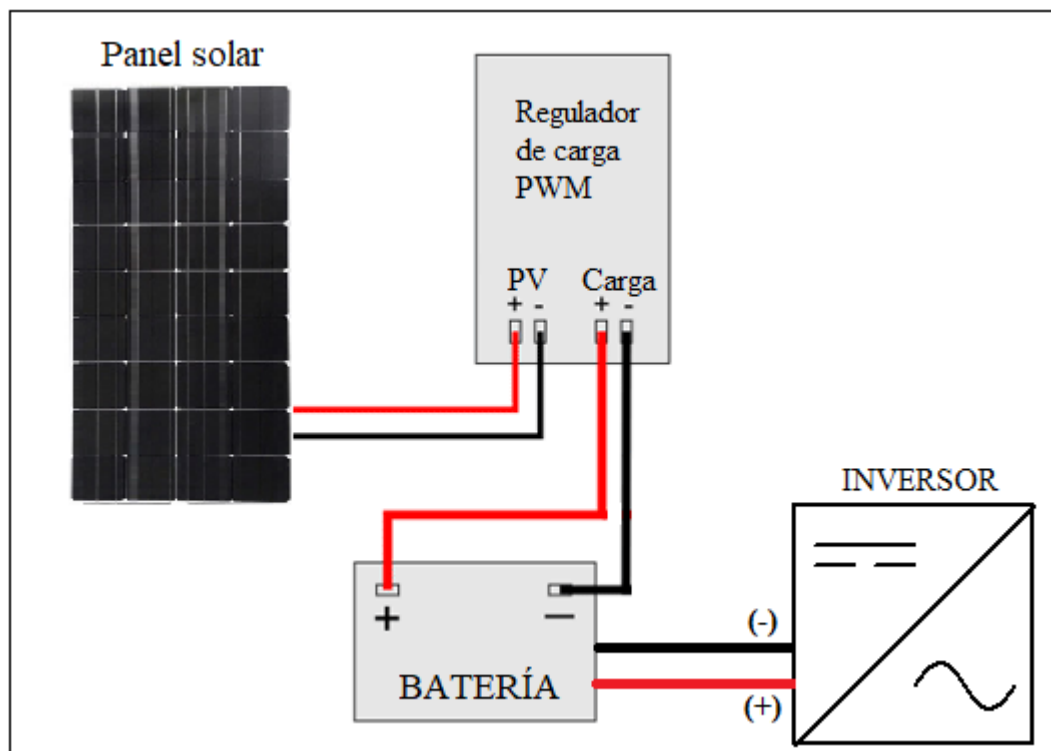


Figura 3.22. Esquema de los elementos disponibles del sistema.

Una vez realizado el levantamiento de información se establecen las condiciones de operación del sistema de adquisición de datos. De primera forma se procede a calcular la potencia total que se puede generar en la instalación solar mediante la ecuación (2.2), para ello se emplean los datos del panel, estos se especifican en el Anexo B.

Donde optemos la potencia total del sistema:

$$P_t = 1260 \text{ W}$$

En el cálculo de la corriente de carga para el regulador, se aplica la ecuación (2.1), para determinar el rango de trabajo al cual se va a encontrar sometido el instrumento. Los rangos de carga del regulador se encuentran especificados en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Corrientes de carga del sistema

Sistema Fotovoltaico			
Tensión de la batería	Unidad	Corriente máxima	Unidad
12	V	105.00	A
24	V	52.50	A
36	V	35.00	A
48	V	26.26	A

De este modo, se evidencia la capacidad de carga de la instalación fotovoltaica, al mismo tiempo que se destaca que la relevancia del regulador de carga reside en su habilidad para gestionar eficientemente el flujo de energía en un sistema solar, salvaguardar los componentes y optimizar la duración de las baterías.

Una vez determinado los rangos de operación del sistema hay que considerar las protecciones requeridas del mismo en este caso:

La configuración se establece para 48 V y 26.26 A.

### 3.3.2. Selección de equipos

La selección de equipos dependerá de las variables a medir, el entorno en el cual se va a implementar el regulador y la comunicación establecida para el sistema. Estos instrumentos se presentan en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Selección de equipos del sistema

Equipo	Marca	Elementos de consideración	Razón
TS-MPPT-60	Morningstar	<p>Voltaje de la batería</p> <p>Corriente de carga</p> <p>Corriente del panel solar</p> <p>Potencia de salida</p> <p>Temperatura</p>	<p>Eficiencia MPPT.</p> <p>Capacidad de corriente.</p> <p>Diseño robusto.</p> <p>Flexibilidad en la configuración.</p> <p>Monitoreo y control remoto.</p> <p>Reputación del fabricante.</p> <p>El algoritmo patentado de seguimiento minimiza las pérdidas de energía.</p>
Medidor remoto	Morningstar	<p>El voltaje.</p> <p>La corriente.</p> <p>La temperatura.</p> <p>Los datos registrados.</p> <p>Los parámetros.</p> <p>Las alarmas.</p>	<p>Monitorización remota.</p> <p>Información en tiempo real.</p> <p>Facilidad de uso.</p> <p>Compatibilidad con productos morningstar.</p> <p>Capacidad de configuración.</p> <p>Fácil de instalar.</p>
Sensor de temperatura RTS	Morningstar	<p>El sensor está encapsulado.</p> <p>El RTS está protegido contra sobretensiones y cortocircuitos.</p> <p>La temperatura.</p>	<p>Medición de la temperatura.</p> <p>Compensación de la carga.</p> <p>Ajuste del punto de ajuste de carga.</p> <p>Compensación de la descarga.</p> <p>Compatibilidad con productos morningstar.</p>
Software MSView	Morningstar	<p>Estado del sistema.</p> <p>niveles de batería.</p> <p>Corriente de carga y descarga.</p> <p>Voltajes.</p> <p>Historial de carga y descarga.</p> <p>Condiciones ambientales.</p> <p>Estadísticas de generación de energía.</p> <p>Alarmas y notificaciones.</p> <p>Control del regulador MPPT.</p>	<p>Monitorización remota.</p> <p>Gestión eficiente.</p> <p>Análisis histórico.</p> <p>Diagnóstico de problemas.</p> <p>Ajustes remotos.</p> <p>Optimización de la eficiencia energética.</p> <p>Informes y documentación.</p> <p>Integración con otros sistemas.</p>

La meticulosa elección de instrumentos en un sistema de adquisición de datos es esencial para asegurar mediciones precisas y confiables que se ajusten a las condiciones de operación.

### 3.3.3. Topología del sistema

En la figura 3.23 se indica un esquema sobre la propuesta tecnológica, en este se muestran las conexiones entre equipos con el fin de crear un sistema de adquisición de datos.

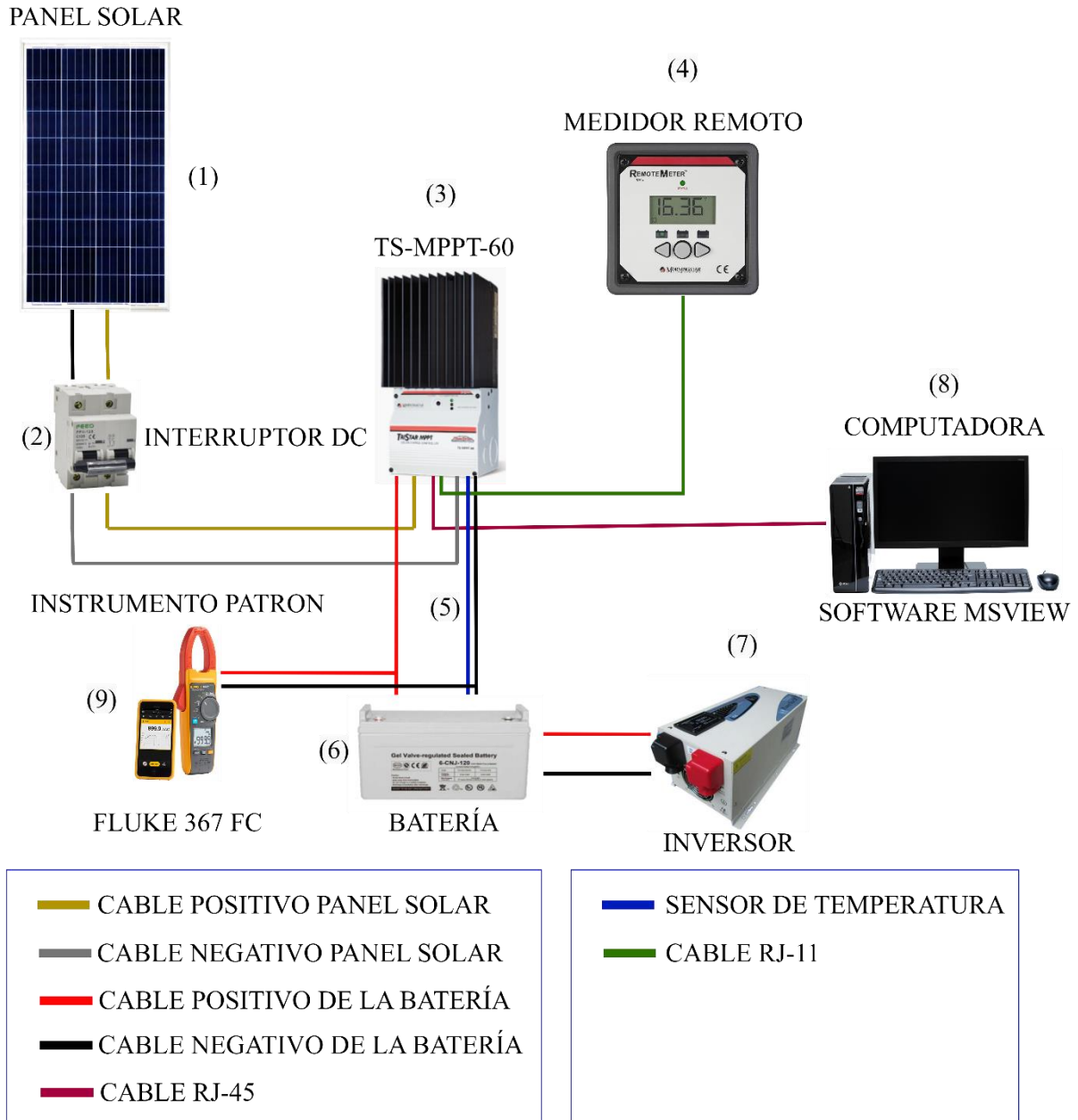


Figura 3.23. Esquema del sistema de adquisición de datos.

Un sistema de adquisición de datos emplea diversos instrumentos para recolectar información proveniente de sensores y dispositivos. A continuación, se presenta una descripción de algunos de los instrumentos utilizados en este sistema.



Donde:

La función del panel (1) es convertir la energía solar en electricidad.

EL interruptor DC (2) controla el flujo de corriente eléctrica en el circuito de corriente continua.

El regulador de carga TS-MPPT-60 (3) es un dispositivo diseñado para controlar y gestionar la carga de baterías en sistemas fotovoltaicos. Este instrumento monitorea constantemente las variables de carga y descarga, las cuales son:

- Voltaje de entrada.
- Corriente de entrada.
- Potencia de entrada.
- Tensión de la batería.
- Corriente de carga.
- Potencia de carga.
- Estado de carga de la batería.
- Temperatura de la batería.

El medidor remoto (4) es un dispositivo que se utiliza para monitorear el controlador de carga solar desde una ubicación remota. La conexión se realiza mediante el puerto RJ-11 y una comunicación mediante protocolo MeterBus [38]. Los datos que presenta el medidor remoto son:

- Voltaje de la batería.
- Voltaje del panel solar.
- Corriente de carga.
- Potencia de carga.
- Estado de carga de la batería.

En la figura 3.24 se presenta el visor digital del medidor remoto.

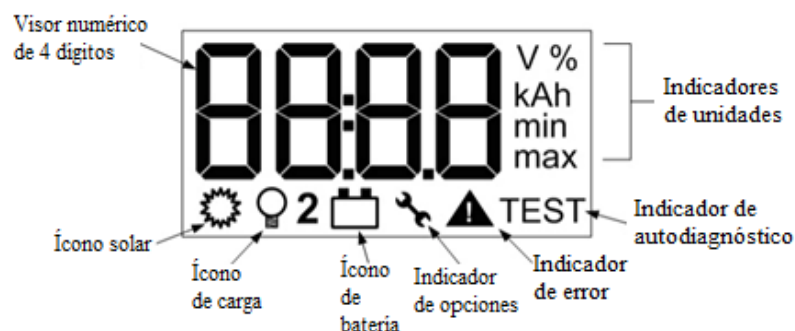


Figura 3.24. Visor digital del medidor remoto [38]

El sensor de temperatura RTS (5) es el encargado de monitorear la temperatura de la batería y proporcionar esta información al controlador de carga para que pueda ajustar sus operaciones de carga. Este elemento no cuenta con polaridad.

La batería 6-CNJ-120 (6) tiene la función de almacenar la energía generada por el sistema.

El inversor (7) tiene como objetivo convertir la corriente continua en corriente alterna.

El software MSView (8) cumple la función de monitorear el controlador de carga, el cual está conectado mediante el puerto RJ-45 utilizando el protocolo Modbus TCP/IP.

El instrumento patrón Fluke 367 FC (9) su función es la de proporcionar mediciones de referencia precisas para garantizar la fiabilidad del sistema de recopilación de datos.

### 3.3.4. Configuración de comunicación

Para determinar el tipo de comunicación, es esencial definir el modelo de trabajo que se pretende llevar a cabo. Una vez identificados los elementos que se emplearán en el proceso, se puede establecer claramente que el protocolo Ethernet facilita la integración del regulador MPPT en sistemas de monitoreo energético más amplios. Puedes centralizar la supervisión de múltiples dispositivos y componentes de energía renovable en un sistema de gestión centralizado. La figura 3.25 presenta el diagrama de bloques del sistema de comunicación.

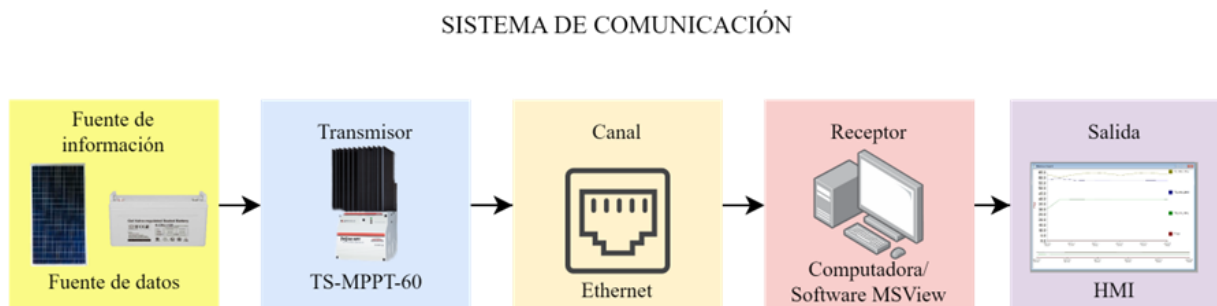


Figura 3.25. Sistema de comunicación ethernet.

El protocolo Ethernet permite el monitoreo y control remoto del regulador MPPT a través de una red. Puedes acceder a los datos del sistema, ajustar configuraciones y recibir notificaciones desde una ubicación remota utilizando una interfaz de usuario basada en la web.

### 3.3.5. Comunicación MODBUS TCP/IP

La comunicación MODBUS TCP/IP se destaca como un protocolo ampliamente empleado en sistemas de automatización industrial y adquisición de datos, facilitando la interacción entre

dispositivos dentro de una red. Las especificaciones de esta comunicación se detallan de manera precisa en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Parámetros de comunicación TCP

PARÁMETROS	
DHCP	Activada
Puerto	502
MODBUS ID	1
Dirección NETBIOS	tsmppt + número serial (sin espacios)
Dirección IP	172.16.43.51

### 3.3.6. Comunicación del equipo TS-MPPT- 60 mediante protocolo ethernet.

El regulador MPPT se comunica a través de un bus Ethernet, por lo que es esencial que los equipos cuenten con una configuración adecuada. Los parámetros de configuración necesarios se detallan en la tabla 3.6 para garantizar una correcta interoperabilidad.

Tabla 3.6. Parámetros de comunicación del TS-MPPT-60

Parámetros de comunicación	
Bus de campo	Ethernet
Velocidad	9600 BPS
Protocolo de comunicación	MODBUS TCP/IP
Bits de datos	8
Bits de stop	1 o 2
Paridad	Ninguna

La comunicación del equipo TS-MPPT-60 mediante Ethernet ofrece una solución efectiva para la supervisión y control en entornos industriales y de energía solar. Al utilizar el protocolo Ethernet, este equipo logra una conexión confiable y de alto rendimiento, permitiendo una transmisión eficiente de datos para la recopilación en tiempo real.

### 3.4. TRANSMISIÓN DEL SISTEMA

La transmisión del sistema está compuesta de 9 paneles solares encargados de suministrar la energía al sistema. Posteriormente cuenta con un interruptor DC el cual es el encargado de proteger los elementos contra sobrecargas y cortocircuitos, luego se encuentra ubicado el regulador de carga TS-MPPT-60 cuya función es la recopilación de datos. El sensor de temperatura RTS está encargado de recopilar información, el medidor remoto mostrará dichas cifras. Estos equipos forman parte de la estructura de la propuesta tecnológica, estos elementos responsables de la recopilación de datos como la temperatura, voltaje, corriente. La conexión se ilustra en la figura 3.23.

#### 3.4.1. Conexión de los equipos TS-MPPT-60, sensor RTS y medidor remoto

La ubicación de montaje juega un papel crucial en el rendimiento y funcionamiento óptimo del controlador MPPT. Es esencial seleccionar un lugar que se mantenga seco y resguardado contra la entrada de agua. En caso de requerirse, se recomienda instalar el controlador en un compartimiento ventilado que garantice una adecuada circulación de aire.

Antes de conectar los elementos al regulador se tienen que tomar en cuentas las indicaciones del fabricante, ya que mediante esas recomendaciones se previene fallos o accidentes. Este equipo cuenta con diferentes terminales de conexión, los cuales se muestran en la figura 3.26.

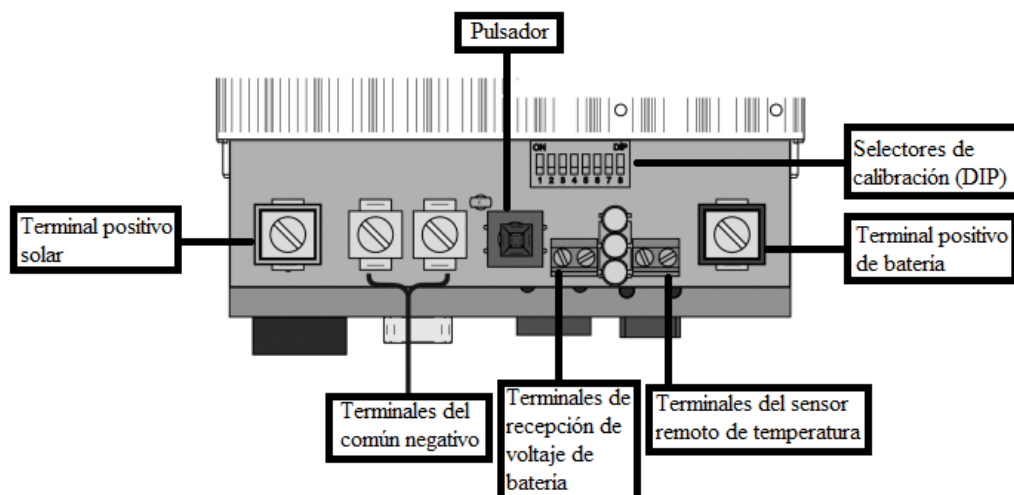


Figura 3.26. Terminales eléctricos del regulador de carga.

Asimismo, el regulador cuenta con diversos conectores de red, detallados en la Figura 3.27 para una referencia clara.

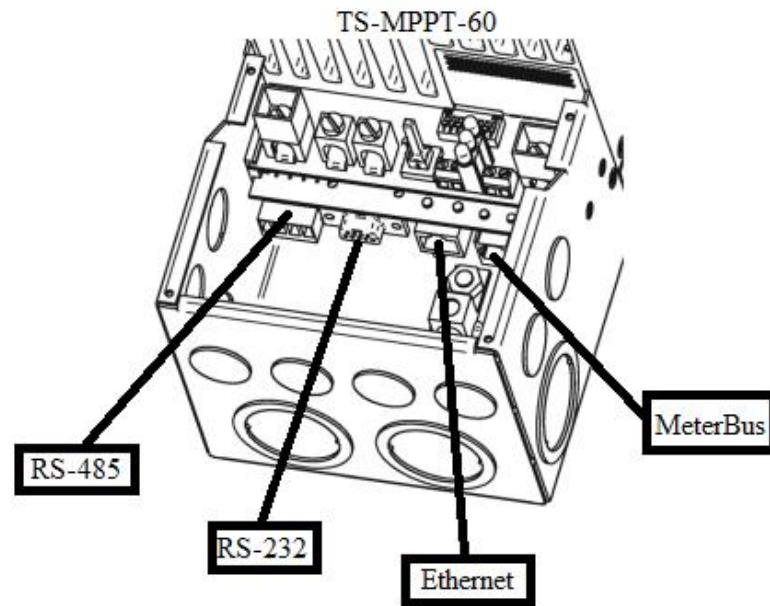


Figura 4.27. Conectores de red del regulador MPPT.

Una vez identificados los terminales del TS-MPPT-60, se procede a conectar los equipos, teniendo en cuenta la polaridad de estos, a excepción del sensor de temperatura, el cual no posee polaridad. En la Figura 3.28 se presenta el esquema de conexión para una referencia visual.

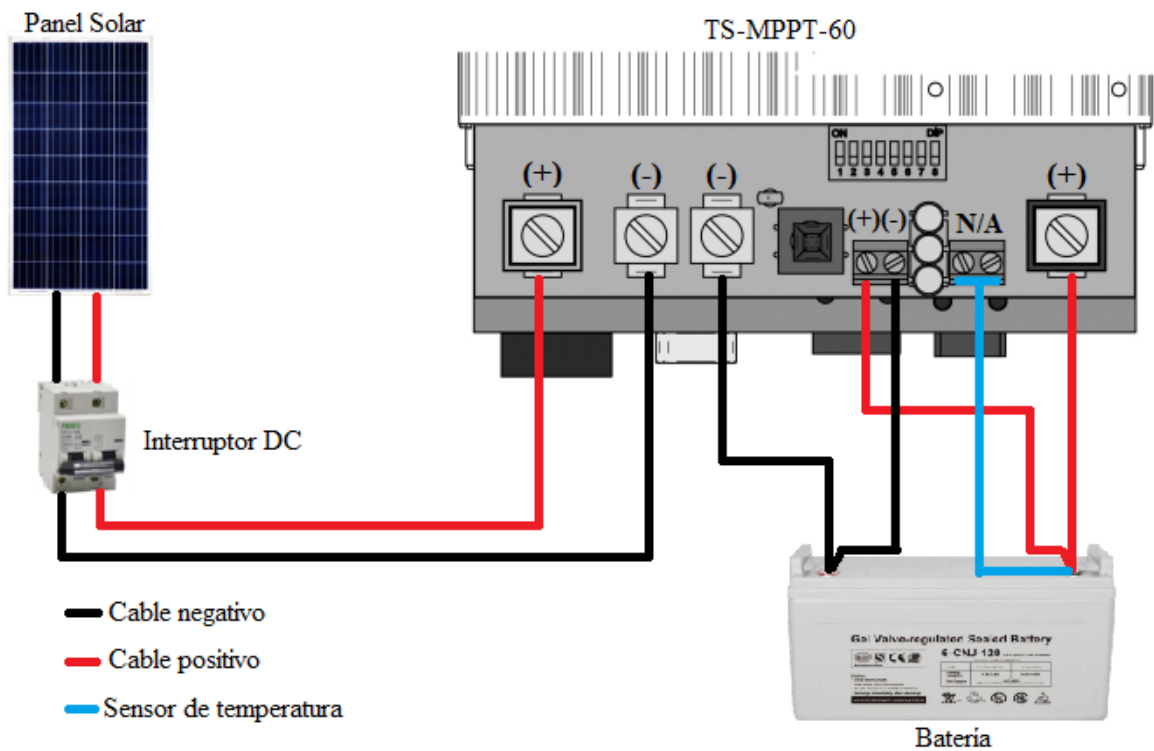


Figura 3.28. Esquema de conexión de equipos al regulador.

El equipo cuenta con varios conectores de red, de los cuales se utilizaron dos: el puerto Ethernet para la comunicación entre el regulador y el ordenador, y el puerto MeterBus para la conexión con el medidor remoto. La aplicación de estos conectores se ilustra en la figura 3.29.

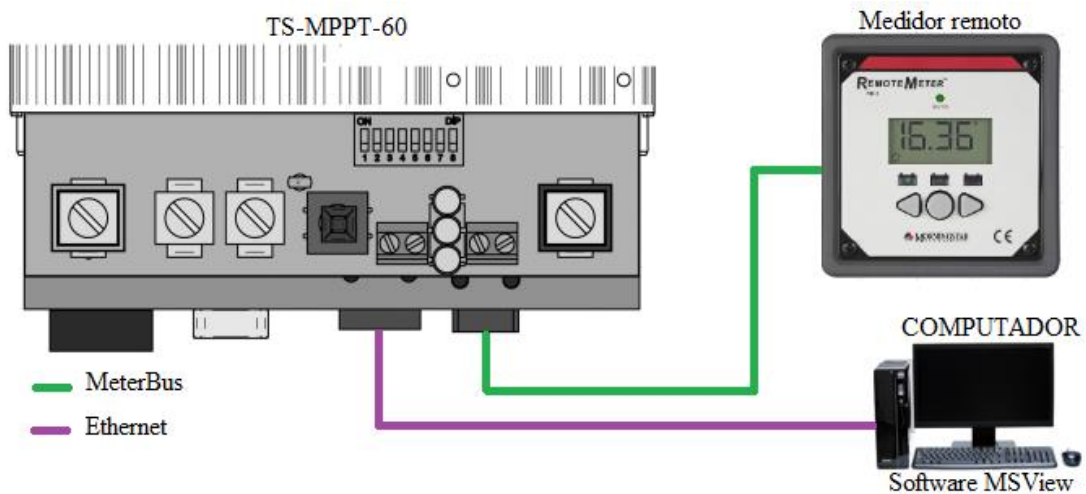


Figura 3.29. Esquema de conexión de puertos del regulador.

### 3.4.2. Selectores de calibración (DIP)

Los selectores de calibración en un controlador de carga solar MPPT son configuraciones que posibilitan ajustar el rendimiento del dispositivo según las características particulares del sistema solar al cual está conectado. Las opciones de configuración se presentan en la figura 3.30.

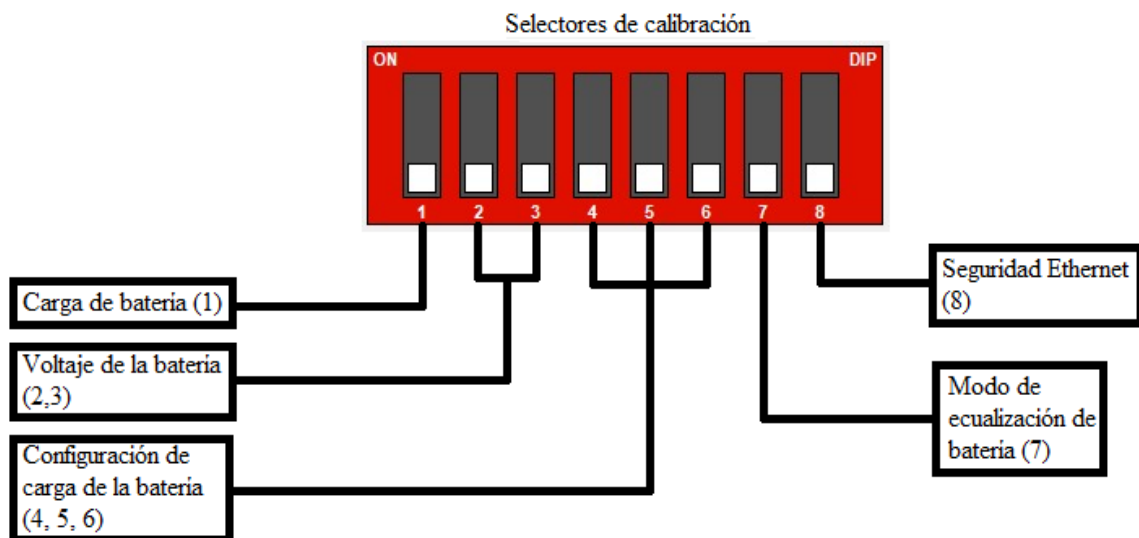


Figura 3.30. Selectores de calibración del regulador.

Una vez que se han identificado los diversos selectores, se procede a la parametrización del equipo, teniendo en cuenta los elementos del sistema. Esta configuración se ilustra en la figura 3.31.

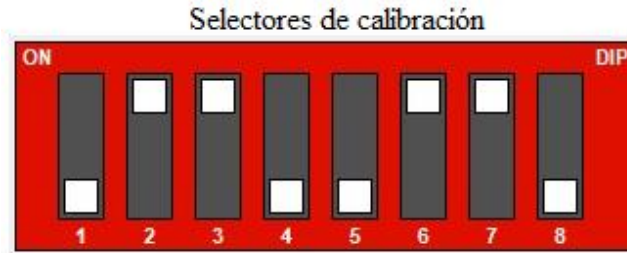


Figura 3.31. Configuración de selectores de calibración del regulador.

A continuación, se detalla la configuración de los ocho selectores de calibración en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Configuración del interruptor DIP del regulador.

DIP	Denominación	Modo	Especificación
1	Carga de batería	OFF (NO)	Carga solar
2	Voltaje de la batería	ON (SÍ)	48 V
3		ON (SÍ)	
4	Configuración de carga de la batería	OFF (NO)	Batería Tipo Sellada
5		OFF (NO)	
6		ON (SÍ)	
7	Modo de ecualización de batería	ON (SÍ)	Automática
8	Seguridad Ethernet	OFF (NO)	Desactivado

Una medida de precaución para garantizar la seguridad de los equipos es cambiar los interruptores DIP sólo cuando el regulador carece de energía.

### 3.4.3. Funciones MODBUS soportadas

Las funciones MODBUS admitidas pueden variar según el firmware específico del dispositivo y las actualizaciones proporcionadas por el fabricante. No obstante, estas funciones nos permiten realizar lecturas de los registros de entrada y retención, así como la escritura de estos, y nos facilita los registros de diagnóstico del dispositivo.

Las funciones empleadas en el sistema de recopilación de datos se muestran en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Direcciones Modbus soportadas.

Dirección PDU	Dirección lógica	Nombre de la variable	Descripción de la variable	Unidades
0x0040	65	vb_min_daily	Mínimo voltaje diario de la batería	V
0x0041	66	vb_max_daily	Máximo voltaje diario de la batería	V
0x0042	67	va_max_daily	Máximo voltaje de entrada diario	V
0x0043	68	Ahc_daily	Carga total de Ah diaria	Ah
0x0044	69	whc_daily	Carga total de Wh diaria	Wh
0x0045	70	flags_daily	Campo de bits de banderas diarias	—
0x004B	76	alarm_daily HI	Campo de bits de alarmas diarias	—
0x004C	77	alarm_daily LO	Campo de bits de alarmas diarias	—
0x004D	78	time_ab_daily	Tiempo acumulado en absorción, diario	s
0x004E	79	time_eq_daily	Tiempo acumulado en igualar, diario	s
0x004F	80	time_fl_daily	Tiempo acumulado en flotación, diario	s



Estas variables son las que se encontrarán graficadas en el HMI del software.

#### 3.4.4. Software MSVIEW

MSView destaca como una solución de software de vanguardia ampliamente utilizada en el ámbito industrial para la recopilación y almacenamiento en tiempo real de datos operativos. Ofrece una interfaz gráfica intuitiva y establece conexiones efectivas con dispositivos en el campo, además de contar con avanzadas capacidades para la generación de informes y el análisis de datos. Este software desempeña un papel crucial en la adquisición de información en entornos industriales al proporcionar una supervisión efectiva de variables clave en el proceso de carga y descarga de las baterías. Sus características se presentan en la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Características de software MSView.

Característica	Elemento
Registro de datos diarios y en tiempo real	Corrientes y voltajes de matriz/batería/carga Estados de carga y carga Temperaturas de la batería y del disipador de calor Fallos y alarmas
Programación de ajustes personalizado	Absorción, flotación y ecualización de carga, voltaje y tiempo. Activar/desactivar flotación y ecualización LVD/LVR
Control en tiempo real	Activar/desactivar cargas y cargas Iniciar o detener la ecualización Borrar fallos y alarmas Borrar contadores Ah/Wh Restablecer control Restablecer la configuración predeterminada de fábrica
Requisitos	Windows 95 en adelante. Puerto serie, puerto USB o RJ-45 Todos los productos Morningstar deben actualizarse al firmware más reciente
Interfaz gráfica de usuario	Intuitiva y fácil de usar.

### 3.4.5. Interfaz del usuario

La interfaz de usuario (HMI) dispone de tres formatos de presentación de datos, de los cuales dos son de tipo textual y el restante es de tipo gráfico, tal como se detalla en la figura 3.32. Para emplear estas opciones lo que se hace es seleccionar y arrastrar las variables del archivo de registro de la barra Edge, estos elementos variarán en función del tipo de display que se va a usar.

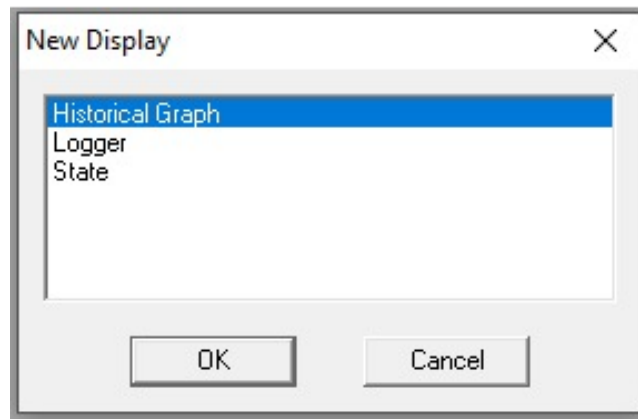


Figura 3.32. Selección de interfaz del HMI.

#### 3.4.5.1. Historical Graph

Esta función permite una representación visual de diversas variables operativas. La ventana correspondiente brinda al operador la capacidad de personalizar la presentación de estas variables, incluyendo el número de gráficas, su tamaño y los elementos específicos que se mostrarán en ellas. El esquema base de esta opción se muestra en la figura 3.33.

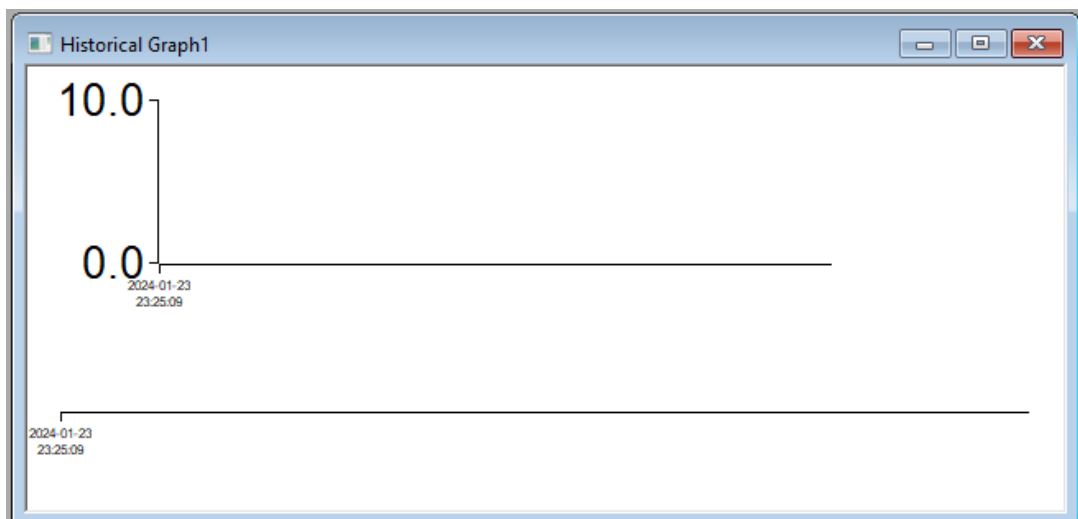


Figura 3.33. Función Historical Graph.

Las variables disponibles para dicha función se presentan en la figura 3.34.

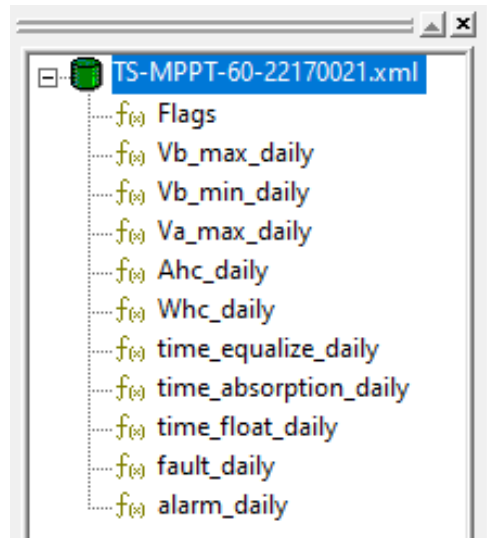


Figura 3.34. Variables de la función gráfica.

### 3.4.5.2. Logger

Esta funcionalidad posibilita la recopilación de datos en tiempo real. Para llevar a cabo la recolección de información, es posible establecer un intervalo de tiempo, que puede variar desde 1 segundo hasta 23 horas, 59 minutos y 59 segundos. Los datos recopilados se almacenarán en un archivo dentro del sistema informático (ordenador). El formato de la función logger se ilustra en la figura 3.35.

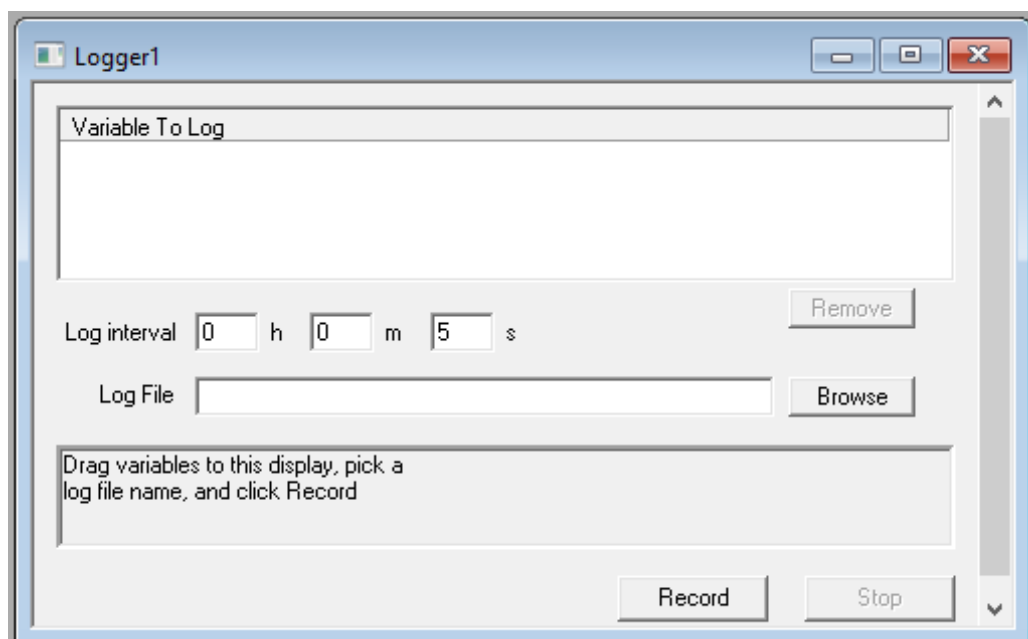


Figura 3.35. Función Logger del HMI.

Las variables disponibles para esta función, al igual que la función Logger, se muestran detalladamente en la figura 3.36.

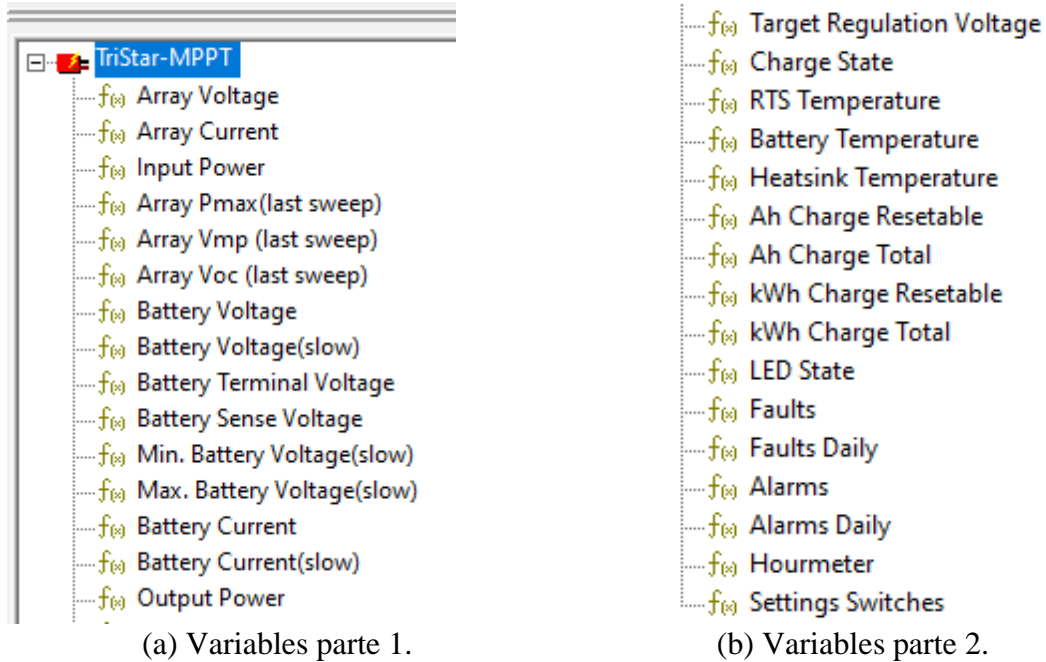


Figura 3.36. Variables de las funciones Logger y State.

### 3.4.5.3. State

Esta opción permite al usuario observar en tiempo real las variables y sus respectivos cambios. La estructura de esta función se indica en la figura 3.37.

The screenshot shows a window titled 'State1' with a table containing the following columns: Device, Variable, Value, and Units. The table is currently empty.

Device	Variable	Value	Units

Figura 3.37. Función State de la interfaz.

Las variables que pueden ser empleadas en esta función se especifican en la figura 3.36.

### 3.4.5.4. Configuración de SetPoint

Para obtener informes sobre la configuración del Tristar MPPT 60, es esencial configurar la comunicación del software con el regulador. Aspectos como el tipo de conexión, puerto TCP y la dirección IP se especifican en la figura 3.38. Aunque estos campos suelen estar preconfigurados, si se requiere una configuración diferente a la predeterminada, se pueden modificar según las necesidades del usuario, para conocer a detalle sobre la comunicación del sistema el manual se encuentra en el Anexo L.

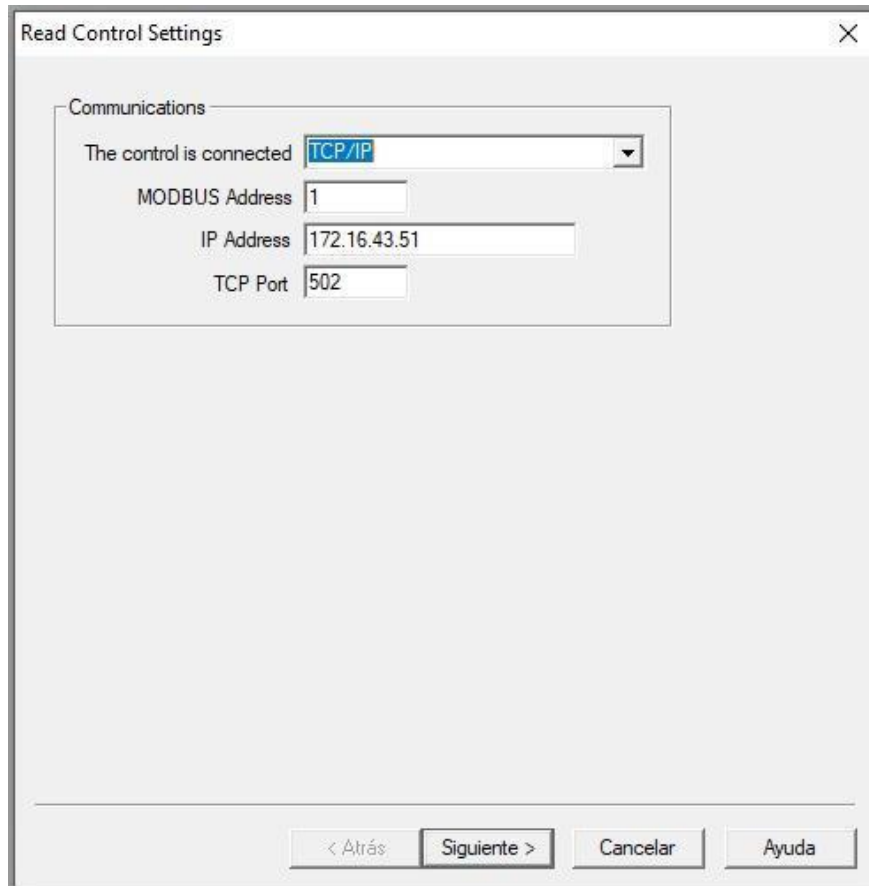


Figura 3.38. Función State del software MSView.

Este informe es sumamente relevante, ya que brinda la posibilidad de conocer la configuración del sistema desde una ubicación remota, en este caso, a través del ordenador. Este reporte se encuentra ubicado en el Anexo L.

#### 3.4.5.5. Acceso a LiveView

Para establecer el acceso a la vista en vivo desde el ordenador es necesario conocer el número de serie del regulador, ya que este actúa como una dirección única. La forma de utilizar este código se indica en la figura 3.39.

<https://tsmpptXXXXXXXX/test.html>  
 ┆  
 Número de serie.

Figura 3.39. Configuración LiveView del regulador.

Para acceder al sitio web es necesario reemplazar las “X” por el número de serie del equipo, el cual consta de 8 dígitos, también hay que considerar que este sitio no sea compatible con algunos sistemas operativos.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis constituye una etapa crucial en la evaluación de nuestro sistema de adquisición de datos. Aquí, examinaremos los datos recolectados para comprender el rendimiento general del sistema. Los parámetros obtenidos en esta sección se muestran en la tabla 4.10.

Tabla 4.10. Parámetros de operación obtenidos del sistema.

Ítem	VARIABLES	UNIDADES
1	Máximo voltaje diario de la batería	V
2	Mínimo voltaje diario de la batería	V
3	Máximo voltaje de entrada diario	V
4	Carga total de amperios hora (Ah) diaria	Ah
5	Carga total de Wh diaria y tiempo de ecualización diario.	Wh, s
6	Tiempo de flotación, absorción, alarmas y flags	s, -, -, -.

### 4.1. CURVAS DE OPERACIÓN (REGISTRO HISTÓRICO)

La recopilación de la información de registro histórico se presenta de manera detallada en el Anexo J.

#### 4.1.1. Máximo voltaje diario de la batería

Al examinar los registros de voltaje máximo diario, se logró identificar patrones y tendencias significativas que podrían tener implicaciones para el mantenimiento, la eficiencia del sistema y la vida útil de la batería. El registro detallado se encuentra en el Anexo J. Dentro de estos datos, algunos sobresalen debido a que poseen valores notablemente más altos o más bajos que el resto. Estos puntos se presentan en la tabla 4.11.

Tabla 4.11. Puntos máximos y mínimos del voltaje máximo diario

Máximo voltaje diario de la batería		
Puntos	Fecha	Unidad (V)
1	15/12/2023	59.38
2	31/12/2023	57.95
3	04/01/2024	61.90
4	19/01/2024	61.67
5	26/01/2024	11.03
6	27/01/2024	61.04

Este registro se muestra en la figura 4.40 de manera gráfica.

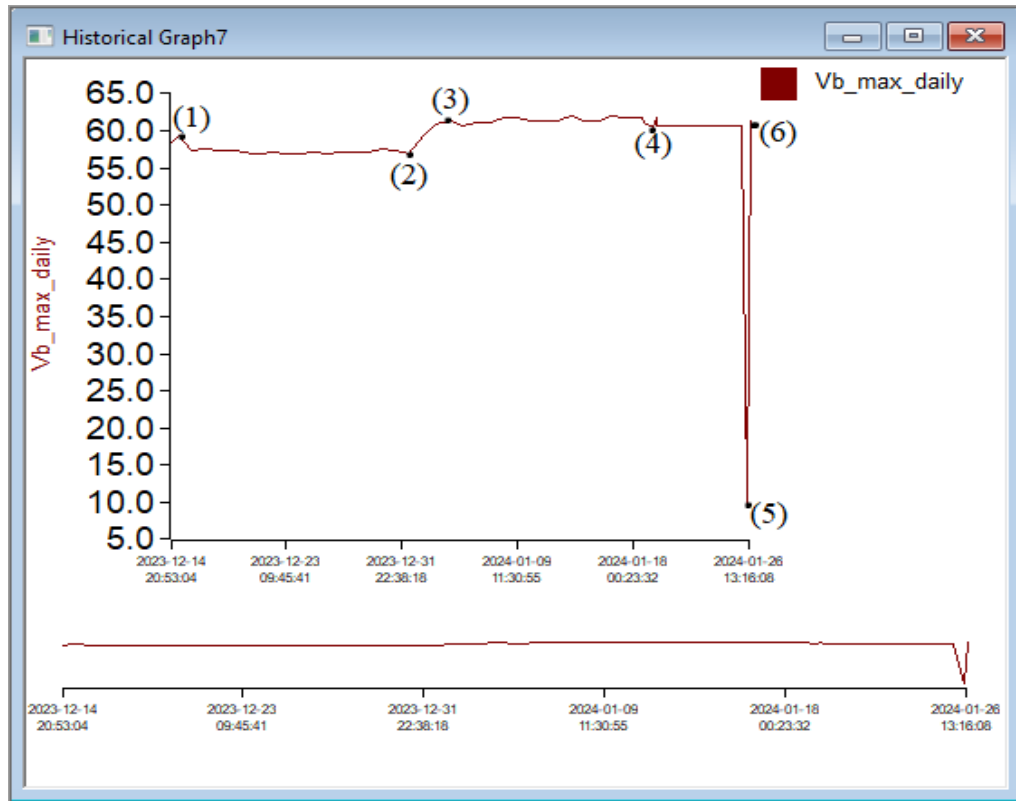


Figura 4.40. Máximo voltaje diario.

Esta curva registró datos desde el 14 de diciembre del 2023 hasta el 27 de enero del 2024, fechas en las que se tomaron los datos. Durante este período, se observó un aumento en el punto 1, lo que indica el inicio de la operación del regulador. Posteriormente, la curva se mantuvo relativamente constante con pequeñas variaciones hasta el punto 2, donde experimentó un ascenso hasta alcanzar el punto 3, debido a las condiciones ambientales presentes durante la generación de energía solar. El cambio más significativo ocurrió entre los puntos 4 y 6, en el punto 5 se produjo una disminución masiva de voltaje, este evento fue causado por la desconexión del regulador, ya que se llevó a cabo un mantenimiento en los paneles solares, lo que implicó su desconexión del sistema.

#### 4.1.2. Mínimo voltaje diario de la batería

Al llevar a cabo un análisis detallado del mínimo voltaje diario de la batería, se obtiene una visión más completa del rendimiento del sistema, permitiendo tomar medidas preventivas para garantizar un funcionamiento óptimo a lo largo del tiempo. Los datos específicos de esta sección se presentan en la tabla 4.12, mientras que la información completa se encuentra disponible en el Anexo J.

Tabla 4.12. Datos puntuales del voltaje mínimo de la batería.

Mínimo voltaje diario de la batería		
Puntos	Fecha	Unidad (V)
1	15/12/2023	39.33
2	20/12/2023	39.23
3	29/12/2023	38.99
4	17/01/2024	9.07
5	20/01/2024	8.58
6	26/01/2024	8.06

En la figura 4.41 se muestra el comportamiento del voltaje mínimo de la batería.

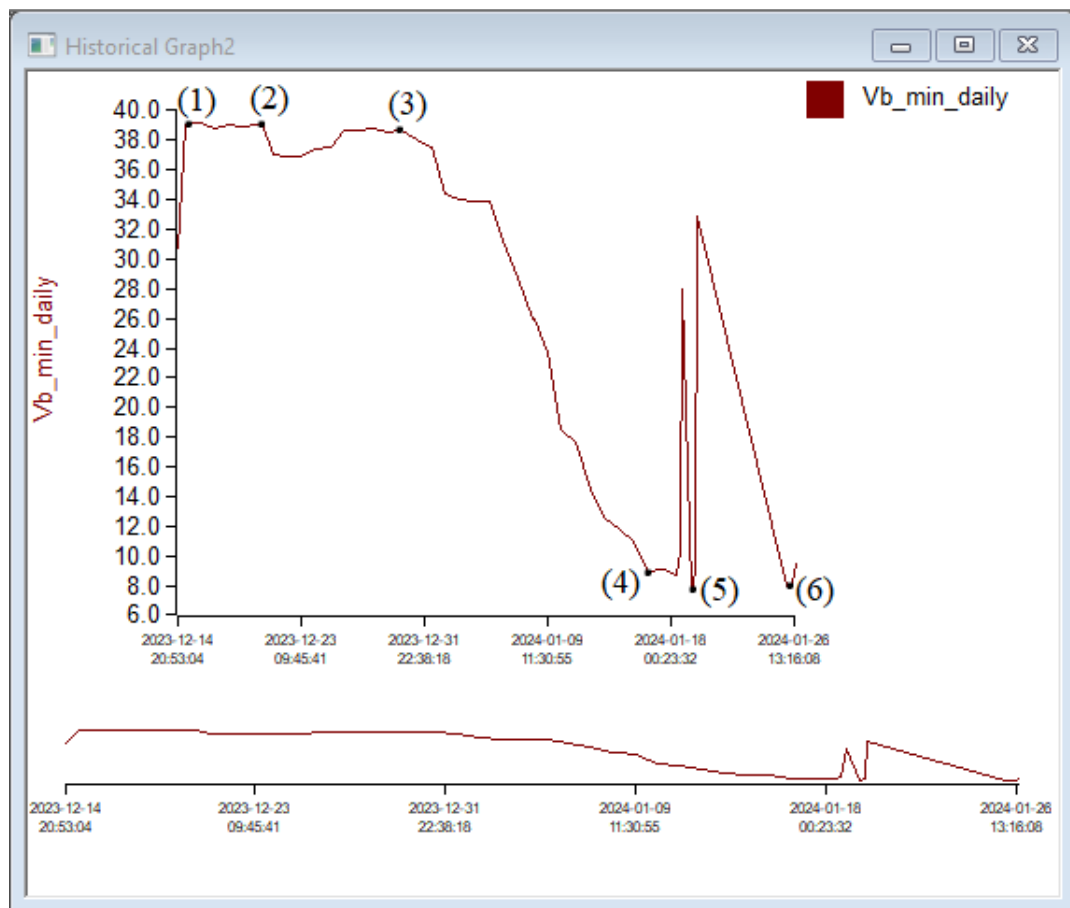


Figura 4.41. Mínimo voltaje diario de la batería.

La variabilidad en el comportamiento de la curva se debe a las diferentes condiciones climáticas que se experimentaron a lo largo de los días. En el punto 1, se observó un aumento significativo, lo que indica el inicio de la operación del sistema. Desde el punto 1 hasta el 2, la curva se



mantuvo relativamente estable, con ligeras perturbaciones. Sin embargo, del punto 2 al 3, se observaron cambios más notables en la curva, aunque dentro del rango esperado para la generación de energía.

Los cambios más significativos se produjeron entre los puntos 3 y 6, pero el cambio más sustancial ocurrió entre la sección 3 y la 4, donde se apreció una disminución gradual del voltaje. Este descenso estuvo relacionado con la desconexión de los paneles fotovoltaicos debido a mantenimiento. Los picos registrados entre los puntos 4 y 5, y entre los puntos 5 y 6, indicaron anomalías en el sistema. Estas anomalías fueron provocadas por defectos en las baterías o en el sistema, como la desconexión de los paneles sin tener en cuenta el controlador de carga.

#### 4.1.3. Máximo voltaje de entrada diario

Este análisis proporciona una visión del desempeño del regulador de carga solar, ya que permite identificar relaciones entre el máximo voltaje de entrada diario y el estado de carga de las baterías debido a la recopilación de información diaria. La recopilación detallada de datos se encuentra en el Anexo J. A continuación, se presentan los picos máximos y mínimos en la tabla 4.13.

Tabla 4.13. Picos de la curva de voltaje máximo de entrada del regulador.

Máximo voltaje diario de la batería		
Puntos	Fecha	Unidad (V)
1	18/12/2023	63.43
2	25/12/2023	65.05
3	05/01/2024	64.82
4	13/01/2024	64.84
5	19/01/2024	66.96
6	26/01/2024	13.44

Estos datos se muestran en la figura 4.42.

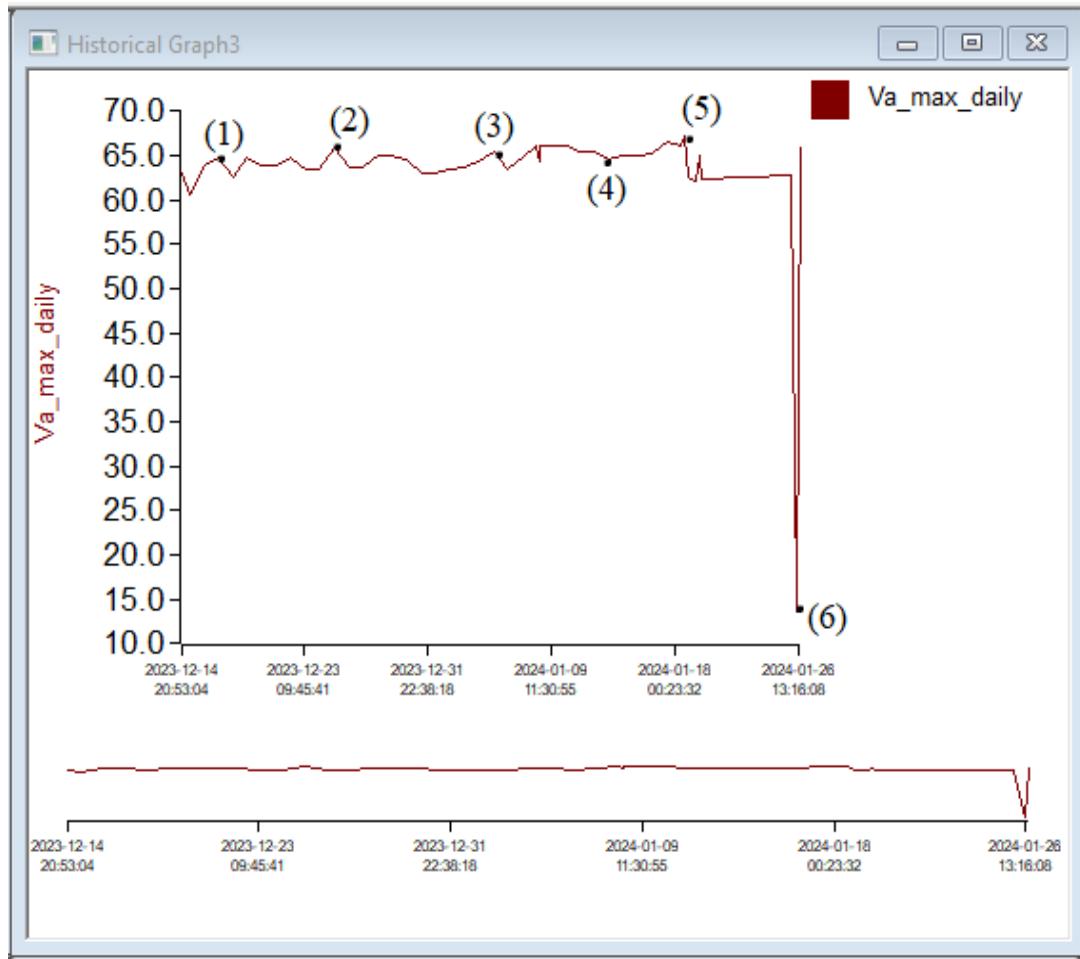


Figura 4.42. Máximo voltaje de entrada.

La variación en la curva está vinculada a las condiciones ambientales a las que los equipos estuvieron expuestos, ya que estas condicionaron su funcionalidad. En los puntos 1, 2, 3, 4 y 5, se observó un registro constante con variaciones no tan significativas, lo que indica la variabilidad en la generación del panel solar. Posteriormente, del punto 5 al 6, se registró una disminución notable debido a la pérdida de conexión de los paneles con el regulador. Después del punto 6, se observó un aumento, lo cual fue provocado por la reconexión de los paneles fotovoltaicos.

#### 4.1.4. Carga total de amperios hora (Ah) diaria

Los puntos más altos y más bajos de la curva cumplen la función de indicar cambios representativos en la operación.

Estos puntos se reflejan en la tabla 4.14, mientras que la recopilación detallada se presenta en el Anexo J.

Tabla 4.14. Picos de la carga total de amperios hora.

Máximo voltaje diario de la batería		
Puntos	Fecha	Unidad (V)
1	17/12/2023	19.90
2	20/12/2023	17.61
3	22/12/2023	28.06
4	02/01/2024	24.51
5	09/01/2024	2.05
6	26/01/2024	0.00

La figura 4.43 muestra la carga total de Amperios hora (Ah) diaria del sistema fotovoltaico la cual proporciona información crucial sobre el consumo eléctrico diario en el sistema.

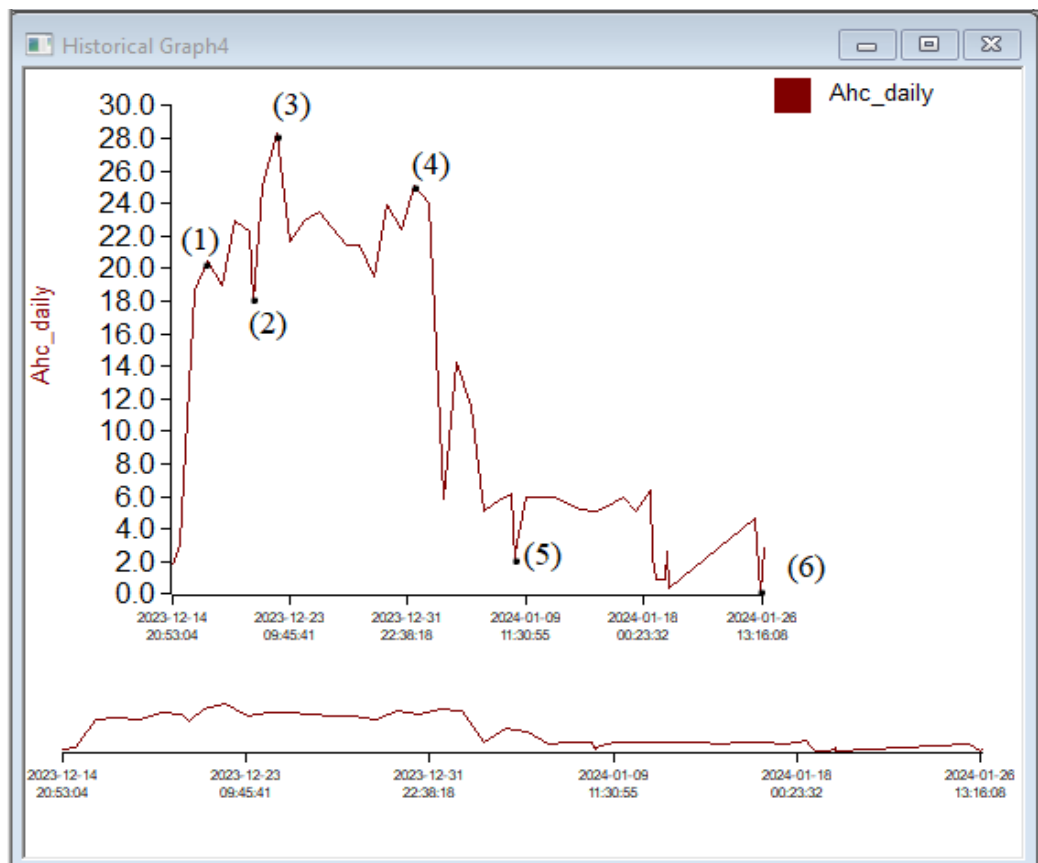


Figura 4.43. Amperios horas diarios.

La curva mostró grandes perturbaciones debido al estado de las baterías. Se observó un aumento constante hasta el punto 1, seguido de cambios evidentes en los puntos 2, 3 y 4. La disminución registrada en los puntos 4, 5 y 6 se debió a la desconexión de los paneles y a la descarga de las baterías.

#### 4.1.5. Carga total de Wh diaria y tiempo de ecualización diario.

El registro histórico presenta puntos máximos y mínimos los cuales indicadores del sistema, como se ilustra en la tabla 4.15.

Tabla 4.15. Picos de la carga total y tiempo de ecualización

Carga total de Wh y tiempo de ecualización			
Puntos	Fecha	Carga total (Wh)	Ecualización (s)
1	17/12/2023	1112.03	0.00
2	22/12/2023	1548.54	0.00
3	03/01/2024	355.64	0.00
4	13/01/2024	297.45	58.68
5	18/01/2024	320.64	0.00
6	26/01/2024	0.00	0.00

En la figura 4.44 se muestra el consumo eléctrico diario y el proceso de ecualización que se presentó en el transcurso del tiempo.

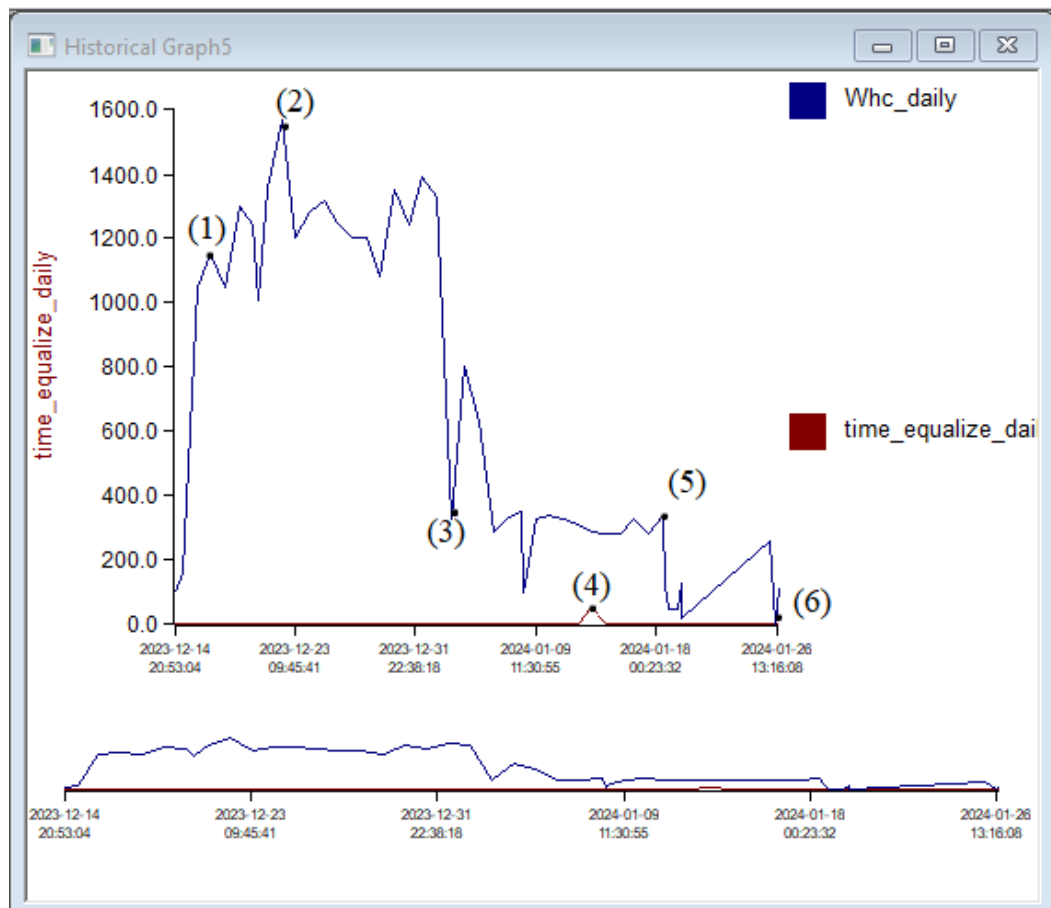


Figura 4.44. Carga total de Wh y tiempo de ecualización diarios.

La gráfica de funcionamiento exhibió cambios significativos, que se evidencian desde el punto 1 hasta el punto 6. Sin embargo, el cambio más notable se observó en las secciones 2, 3 y 5, lo cual indicó una disminución en la potencia por hora consumida. Esta situación se atribuye a la condición del banco de baterías.

En la curva de ecualización, el punto 4 destacó notablemente debido a que el regulador activó esta etapa como parte del proceso de carga de la batería.

#### 4.1.6. Tiempo de flotación, absorción, alarmas y flags.

En la tabla 4.16 se detallan los picos máximos y mínimos de las curvas del estado de operación de la batería.

Tabla 4.16. Picos del tiempo de flotación, absorción, alarmas y flags.

Tiempo de flotación, absorción, alarmas y flags					
Punto	Fecha	Absorción (s)	Alarmas	Flags	Flotación (s)
1	17/12/2023	389.61	0.00	0.00	0.00
2	20/12/2023	526.42	0.00	0.00	0.00
3	08/01/2024	623.13	0.00	0.00	0.00
4	08/01/2024	118.02	0.00	0.00	0.00
5	20/01/2024	66.16	0.00	0.00	0.00
6	26/01/2024	0.00	0.00	0.00	0.00

En relación a las curvas de flags y alarmas, no se evidenciaron en el registro debido a que el sistema no experimentó ninguna falla durante el periodo de tiempo analizado.

En cuanto a la gráfica de flotación, esta no fue graficada dado que la batería permaneció en un estado constante de absorción y no ingresó a esta fase específica del ciclo de carga.

La figura 4.45 indica las 4 curvas de operación que proporciona una comprensión detallada de varios aspectos cruciales del sistema de carga y gestión de baterías en la instalación fotovoltaica.

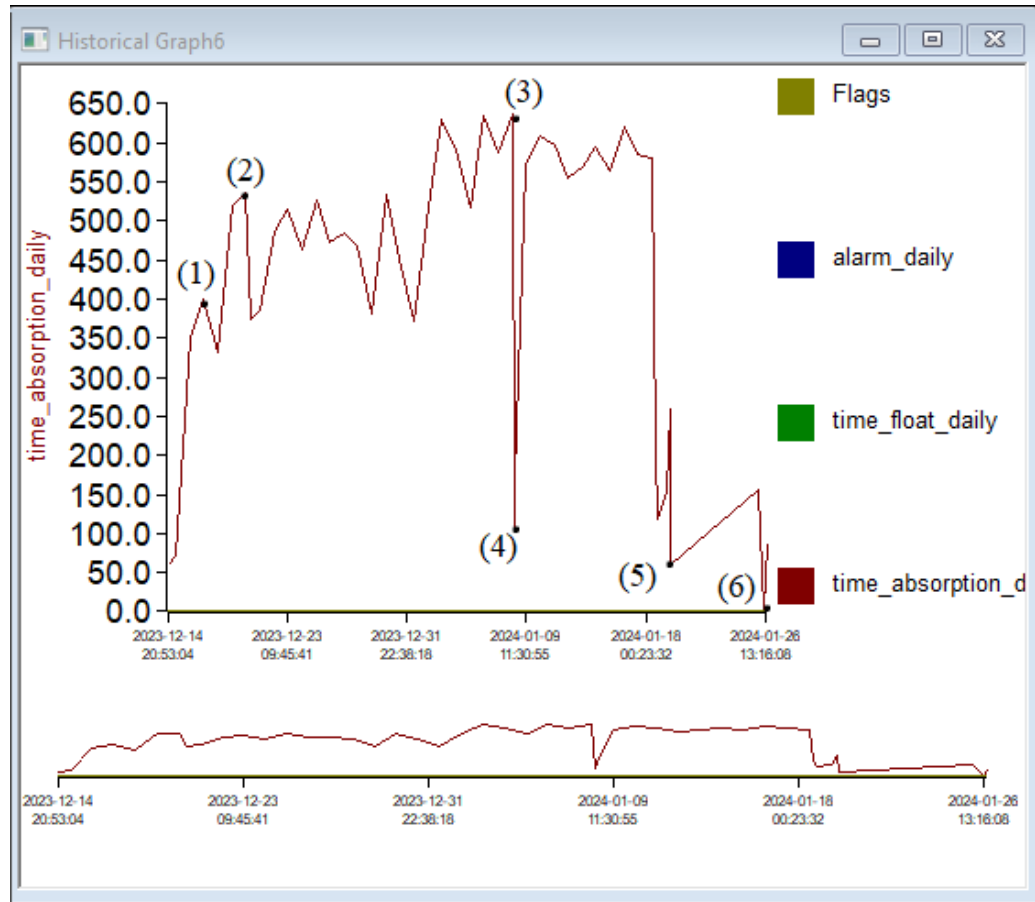


Figura 4.45. Tiempo de absorción, flotación, flags y alarmas.

En el análisis del tiempo de absorción, se observó que esta gráfica experimenta cambios más significativos en comparación con las otras. Esto se debe a que la batería está constantemente absorbiendo energía. Se notó que, desde el punto 1 hasta el punto 2, el tiempo aumenta de manera gradual. En contraste, en las secciones 2 y 3, el tiempo fluctúa considerablemente. Los picos más destacados se encuentran entre las secciones 4, 5 y 6. Estos picos son indicativos del estado de la batería, ya que representan el tiempo necesario para cargar completamente las baterías desde un estado de carga baja hasta el estado de carga máxima.

## 4.2. ERROR DEL SISTEMA

Para realizar el cálculo del error de medición en el sistema, es indispensable contar con un valor de referencia confiable. En este contexto, utilizamos un instrumento certificado, como es la pinza amperimétrica Fluke 376 FC, que sirve como patrón de medición para garantizar la precisión y confiabilidad del proceso.

En las figuras que se presentan a continuación se muestran la toma de datos con el instrumento patrón, cuyos datos se graban en la aplicación del celular. En este caso la figura 4.46 muestra la recopilación de información del voltaje de la batería.

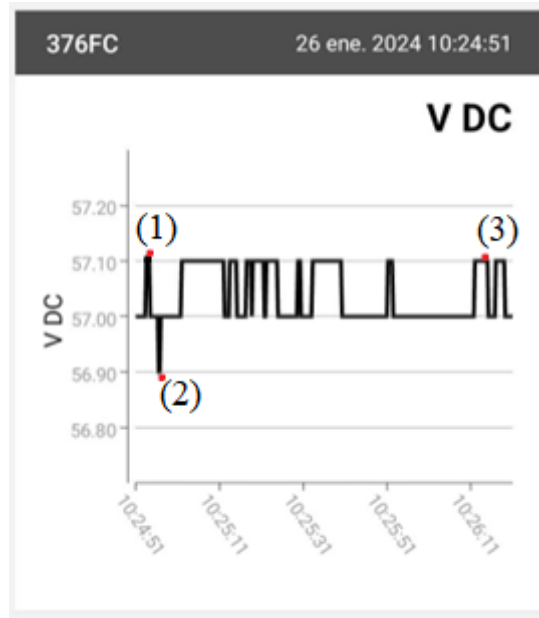


Figura 4.46. Voltaje de la batería en tiempo 10:24:51.

La medición del voltaje de entrada a la batería mostró una variación de  $\pm 0.10$  V con respecto a un voltaje constante de 57 VDC.

Por el contrario, la figura 4.47 presenta los datos recopilados del voltaje del panel.

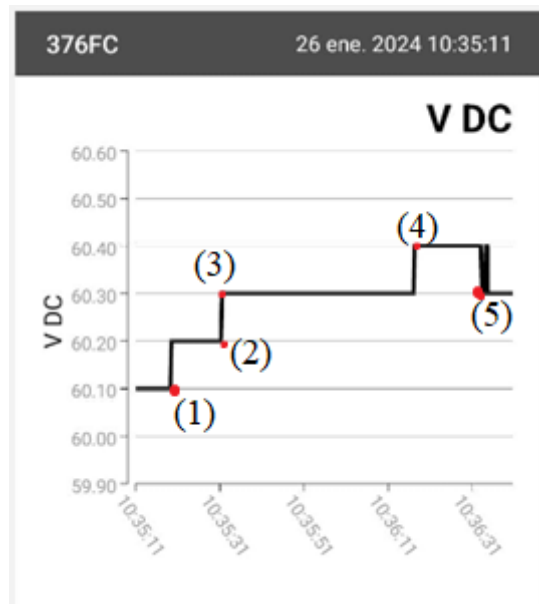


Figura 4.47. Voltaje del panel en tiempo 10:35:11.

La gráfica mostró una variación constante en el panel, atribuible a diversos factores asociados a la generación de energía fotovoltaica, como los cambios climáticos. Del punto 1 al 3, se observaron variaciones regulares, mientras que del 3 al 4 se mantuvieron estables. Sin embargo, a partir del punto 5 en adelante, se mostraron más perturbaciones.

El cálculo del error es esencial para validar el sistema de adquisición de datos. Para ello, utilizamos los datos obtenidos con el instrumento patrón como valor de referencia, y el registro del sistema como los valores medidos. El Fluke 367 FC es un instrumento certificado, la certificación de este se encuentra en el Anexo G.

Para el cálculo del porcentaje de error se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{error \%} = \left( \frac{\text{valor medido} - \text{valor patrón}}{\text{valor patrón}} \right) * 100 \% \quad (4.3)$$

Los datos recopilados, junto con sus respectivos valores de error, se encuentran detallados en el Anexo K. Además, se determinaron los porcentajes de error máximos y mínimos en relación con la medición del voltaje de la batería, como se muestra en la tabla 4.17.

Tabla 4.17. Cálculo del error para el voltaje de la batería, día 26/01/2024.

Voltaje de la batería	
Tipo	Error %
Error mínimo	0.04
Error máximo	0.14

La figura 4.48 representa la comparación de los datos del sistema con los del sistema.

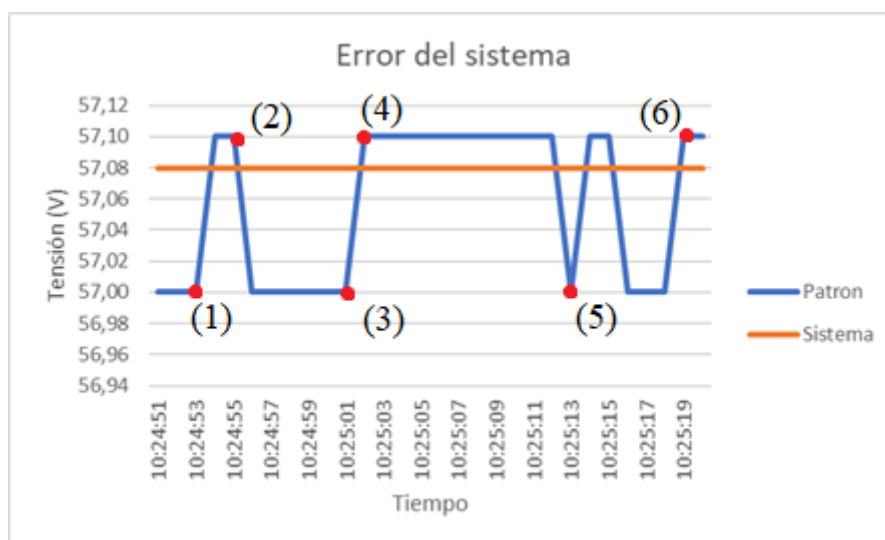


Figura 4.48. Tensión del sistema (batería) y Fluke 376 FC.

La variación de voltaje mostrada indica que el porcentaje de error se mantiene constante. Por ejemplo, los picos 1, 3 y 5 mostraron un rango de variación similar, al igual que los picos 2, 4 y 6, que exhibieron un nivel similar de error.



El porcentaje de error entre los datos de medición y los datos de referencia para el voltaje de entrada del regulador, en este caso, el panel solar, se encuentra detallado en el Anexo K. Asimismo, se determinaron los porcentajes de error mínimo y máximo presentes en estas mediciones como se indica en la tabla 4.18.

Tabla 4.18. Cálculo del error para el voltaje de entrada, 26/01/2024.

Voltaje del panel	
Tipo	Error %
Error mínimo	0.00
Error máximo	0.15

La figura 4.49 ilustra las curvas de medición del sistema y del instrumento patrón.

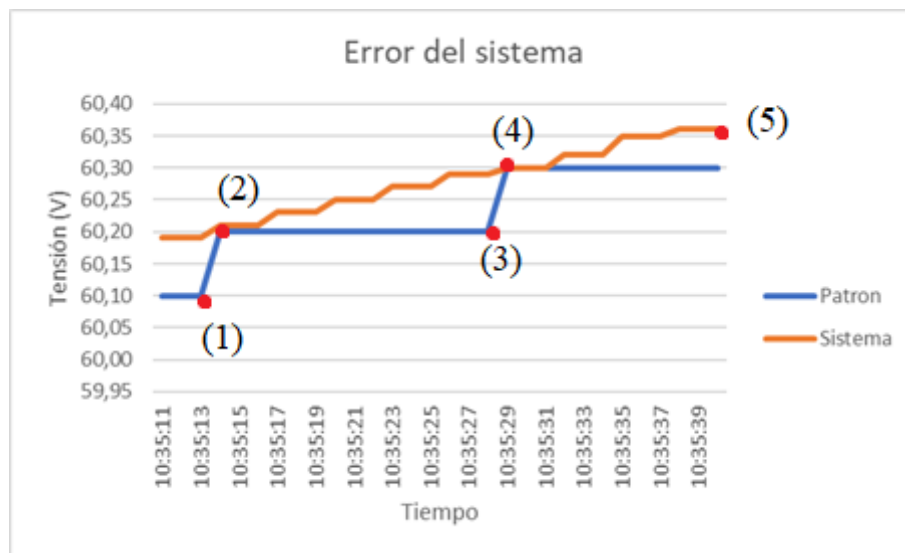


Figura 4.49. Tensión del sistema (panel) y Fluke 376 FC.

El porcentaje de error es mínimo, como se evidenció en la gráfica donde la desviación con respecto a la curva del instrumento patrón no es significativa. En el punto 1 al 2, la diferencia es de 0.10 V, y en el punto 3 al 4, varía en 0.10 V.

### 4.3. PRESUPUESTO

En esta sección, se detallan los costos directos e indirectos que se requirieron para llevar a cabo el proyecto. Dichos costos se encuentran especificados en las tablas 4.18 y 4.19.

#### 4.3.1. Costos directos

Para reconocer los costos directos asociados con la propuesta tecnológica, es necesario tener una comprensión clara de que estos son gastos que pueden ser asignados directamente al desarrollo, implementación y mantenimiento de la tecnología propuesta. Esta información se presenta en la tabla 4.19, que exhibe los componentes eléctricos utilizados en la creación del sistema de adquisición de datos.

Tabla 4.19. Costos directos del sistema de adquisición de datos.

Costos directos			
Elemento	Cantidad	Precio unitario (\$)	Costo (\$)
Medidor remoto Morningstar	1 unidad	\$ 84.00	\$ 84.00
Sensor de temperatura RTS	1 unidad	\$ 33.00	\$ 33.00
TriStar MPPT 60	1 unidad	\$ 698.00	\$ 698.00
USB MeterBus Adapter	1 unidad	\$ 39.00	\$ 39.00
Impuestos	— — —	\$ 59.78	\$ 59.78
Cable RJ-45	3 metros	\$5.00	\$ 5.00
Mano de obra 2 personas	20 horas	\$ 4.67	\$ 186.80
TOTAL			\$ 1105.58

#### 4.3.2. Costos indirectos

En relación con los costos indirectos, es fundamental comprender que estos están vinculados al proceso que facilita la obtención del producto final, tal como ocurre en nuestro caso, reflejándose los costos en la tabla 4.20.

Tabla 4.20. Costos indirectos del sistema.

Costos indirectos			
Elemento	Cantidad	Precio unitario (\$)	Costo (\$)
Transporte	1.00	\$ 95.20	\$ 95.20
Herramienta (Destornillador punta plana)	1.00	\$ 2.50	\$ 2.50
Aduana	— — —	\$ 117.21	\$ 117.21
TOTAL			\$ 214.91

Finalmente, la sumatoria de los diferentes costos revela el presupuesto empleado en la propuesta tecnológica, incluyendo los impuestos. Estos valores económicos están detallados en la tabla 4.21.

Tabla 4.21. Costo total de la propuesta tecnológica.

Costo total		
Ítem	Descripción	Cantidad (\$)
1	Costos directos	\$ 1105.58
2	Costos indirectos	\$ 214.91
TOTAL		\$ 1320.49

El presupuesto asciende a la cantidad de **mil trescientos veinte dólares con cuarenta y nueve centavos**; fondos respaldados por los investigadores.

#### 4.4. EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN

Para la evaluación de la producción se consideró el tiempo de operación del sistema el cual es de 12 hora, puesto que en la noche no existe producción de energía, para ello se estableció un valor estándar de la potencia generada por el sistema.

En la figura 4.50 se muestra el costo de generación por hora que se encuentra establecido en el pliego tarifario de la ARCERNNR.

PERIODO: ENERO - DICIEMBRE

EMPRESAS ELÉCTRICAS: AMBATO - AZOGUES - CNEL BOLÍVAR - CENTROSUR - COTOPAXI - NORTE - RIOBAMBA - SUR

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
CATEGORÍA	RESIDENCIAL		
NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE		
1-50		0,091	
51-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,105	1,414
501-700		0,1285	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	

Figura 4.50. Costo del kWh para comercialización [39].

El costo tarifario es importante para determinar el ahorro energético que se va a obtener en el sistema. Para ello se calculó el valor de la potencia generada por día como se muestra en la tabla 4.22.

Tabla 4.22. Cálculo de valor de la potencia por día.

POTENCIA			
kW	Horas Uso	kW*h	Costo (USD)
0.45	12.00	5.40	0.76

A continuación, se procedió a enumerar los elementos necesarios para el cálculo del ahorro energético, junto con los valores establecidos y calculados a lo largo de la propuesta. Estos se detallan en la tabla 4.23.

Tabla 4.23. Requerimientos para el cálculo del ahorro energético.

Inversión en el proyecto de cero	1320.49	\$
Valor de kilovatio/hora	0.14	\$
kWh promedio de generación* día	0.45	kWh
Valor por día	0.76	\$
Valor por año	277.91	\$
Valor mantenimiento	45.00	\$
Tasa de descuento	5 %	0,05
Flujo de caja neto	232.91	\$

Se realizó la proyección para un período de 10 años hacia el futuro, como se indica en la tabla 4.24. Estos 10 años se consideran en relación con la vida útil del equipo.

Tabla 4.24. Proyección del ahorro energético.

Año	Flujo	$(1 + i)^t$
0	-1320.49	
1	221.82	1.05
2	211.26	1.10
3	201.20	1.16
4	191.62	1.22
5	182.49	1.28
6	173.80	1.34
7	165.53	1.41
8	157.64	1.48
9	150.14	1.55
10	142.99	1.63

Donde como resultado se obtuvo que:

El Valor Actual Neto fue de 477.99 y la Tasa Interna de Retorno del 7 % para la propuesta tecnológica. Un VAN positivo indica que el valor presente de los flujos de efectivo futuros supera la inversión inicial, lo que resulta favorable para el proyecto. Además, el TIR del 7 %

sugiere que el proyecto podría generar un rendimiento significativo en comparación con la tasa de descuento utilizada, que es del 5 %.

#### **4.5. ANÁLISIS DE IMPACTOS**

En esta sección, se examina el impacto resultante de la implementación del proyecto, abordando sus repercusiones en los ámbitos tecnológico, social, ambiental y económico.

##### **4.5.1. Impacto Tecnológico**

Debido a la instauración del sistema de adquisición de datos dotará al laboratorio de energías renovables de la institución con equipos de carácter industrial, potenciando de esta manera la infraestructura tecnológica de la Universidad.

##### **4.5.2. Impacto Social**

Mediante una gestión efectiva de esta propuesta, se busca beneficiar a la comunidad universitaria de la Facultad de CIYA. Esto permitirá que aquellas carreras que incluyan en su plan académico materias relacionadas con las energías renovables puedan aprovechar este espacio, fomentando así la adquisición de conocimientos y habilidades. De esta manera, el proyecto se proyecta a tener un impacto social significativo.

##### **4.5.3. Impacto Ambiental**

La ejecución del proyecto conlleva un impacto ambiental positivo, dado que el sistema de adquisición de datos se instalará en el laboratorio de energías renovables situado en la terraza del bloque B de la Universidad. La incorporación de un sistema MPPT se traduce en una mejora de la eficiencia de los paneles solares al optimizar la entrega de energía. Este enfoque contribuye a maximizar la eficiencia en la captación de energía solar, minimizando así las pérdidas de energía que de otra manera podrían desperdiciarse.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- La recopilación de información a través de la revisión bibliográfica y la inspección visual de la estación fotovoltaica resultó necesaria para diagnosticar el comportamiento de los paneles solares, el banco de baterías y el regulador de carga. Esta evaluación de parámetros permite comprender el funcionamiento integral de la estación fotovoltaica.

Además, facilita la identificación de las variables que afectan el proceso de carga y descarga de las baterías, como la tensión y la corriente del panel, así como la temperatura, el voltaje y la corriente de las baterías.

- Se desarrolló e implementó un sistema diseñado para recopilar y procesar los datos de los parámetros en el sistema fotovoltaico como el voltaje de entrada del regulador, voltaje máximo y mínimo de la batería, lo que permitió la determinación de las condiciones de operación, como la potencia máxima de 1260 Watts pico, la tensión del banco de baterías de 48 voltios y la corriente de carga máxima de 26.26 amperios. La visualización y el monitoreo de las curvas de operación fueron realizados a través de la interfaz hombre-máquina del software MSView, utilizando el protocolo de Modbus TCP/IP.
- Los voltajes máximos registrados tanto en la batería como en la entrada muestran similitudes significativas. Esta relación se debe a su conexión con la producción de energía fotovoltaica del sistema. Se observa que los picos de las gráficas son de 61.90 (V) y 13.03 (V) para la batería y de 66.96 (V) y 13.44 (V) para la entrada. Estos valores no difieren considerablemente, lo que sugiere que los momentos de mayor producción de energía solar están relacionados con los puntos más altos, mientras que los más bajos indican la desconexión de los paneles para mantenimiento.
- Los voltajes máximos de la batería y de entrada registrados comparten una similitud, esto es debido a que ambos poseen una relación con la producción de energía fotovoltaica del sistema, de tal modo se muestra que los puntos picos de las gráficas son; 61.90 (V), 66.96 (V) y 13.03(V), 13.44 (V), siendo estos valores no tan diferentes, por ello se determinó que los puntos más altos son en relación a los mejores momentos de producción de energía, mientras que los más bajos son a causa de la desconexión de los paneles para su mantenimiento.
- La curva del tiempo de absorción es la que presenta la mayor cantidad de cambios, con valores que van desde 0 (s) hasta 623.13 (s), Esta variabilidad se debe al estado de la batería, que únicamente absorbe carga y no la almacena. Cuando la batería se encuentra en este estado, el sistema no muestra ningún dato en la gráfica de flotación, pero sí indica una ligera perturbación en la curva de ecualización de 58.68 (s), resultado de una producción excesiva de energía fotovoltaica hacia el regulador.
- Tras realizar las pruebas de operación del sistema y posteriormente comparar los datos obtenidos del instrumento patrón Fluke 367 FC con los del sistema implementado, se

estableció que el margen de error promedio es de  $\pm 0.15$  % en los datos de voltaje de entrada del panel hacia el regulador de carga y la tensión de salida a la batería.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Desarrollar algoritmos o métodos de análisis para interpretar los datos y obtener conclusiones relevantes sobre el rendimiento del regulador de carga MPPT.
- Para efectuar modificaciones en el sistema, como la cantidad de paneles o el voltaje de carga de las baterías, se requiere ajustar la configuración del DIP, asegurándose de llevar a cabo una desconexión energética completa antes de proceder con la intervención.
- Implementar un servidor para almacenar los datos de lecturas y compartir la información mediante la configuración de usuario y contraseña.
- Para validar el sistema de adquisición de datos, es fundamental considerar la fiabilidad del instrumento patrón que se utilizará. Se debe verificar si este elemento cuenta con certificados de calibración vigentes.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Lizardo, C. Ruiz, M. Berenice, C. Espinosa, y E. Corzo Díaz, «Algoritmos para el Seguimiento del Punto de Máxima Potencia “MPPT”. Estado del Arte», Accedido: 14 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/72306719/Algoritmos\\_para\\_el\\_Seguimiento\\_del\\_Punto\\_de\\_M%C3%A1xima\\_Potencia](https://www.academia.edu/72306719/Algoritmos_para_el_Seguimiento_del_Punto_de_M%C3%A1xima_Potencia)
- [2] N. Henriquez, «Implementación de un MPPT (Maximum Power Point Tracking) para panel fotovoltaico usando PLC Fatek FBs – 20MCR», ago. 2023.
- [3] J. Chito, «SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 8kW INTERCONECTADO A LA RED FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA ELECTRICA», 2011. Accedido: 25 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/d790fbdd-6fc8-4920-bdcf-170cc195e291/content>
- [4] C. Zomer *et al.*, «Energy balance and performance assessment of PV systems installed at a positive-energy building (PEB) solar energy research centre», *Solar Energy*, vol. 212, pp. 258-274, dic. 2020, doi: 10.1016/J.SOLENER.2020.10.080.



- [5] W. Carrera y I. Villa, «DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UNA RESIDENCIA QUE INCLUYE SISTEMAS SMART HOME EN EL CANTÓN PAUTE, SECTOR SAN CRISTOBAL», CUENCA, 2022.
- [6] A. Calderón, «IMPLEMENTACIÓN DE UN CARGADOR DE BATERÍAS CON ALGORITMO MPPT Y CONVERTIDOR BUCK PARA UN SISTEMA FOTOVOLTAICO», Imbabura, 2022.
- [7] D. Carreazo, G. Gómez, y J. Camperos, «Desarrollo de instrumento virtual enfocado en la adquisición de datos para generar perfiles de temperatura en hornos», nov. 2015.
- [8] A. Nuñez, P. Benítez, Y. Proenza, S. Vásquez, y M. Díaz, «Vista de Metodología de diagnóstico de fallos para sistemas fotovoltaicos de conexión a red», *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*. Accedido: 17 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://polipapers.upv.es/index.php/RIAI/article/view/11449/11754>
- [9] E. Mejía, «Vista de Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica», *Revista Pakamuros*, vol. 7, n.º 2, pp. 73-88, 2019, Accedido: 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/81/80>
- [10] C. Ramos, A. Saavedra, y J. Bastidas, «Cargador de baterías fotovoltaico con control por modos deslizantes y limitación de la derivada de corriente de carga Photovoltaic battery charger with sliding mode control and charging current derivative limitation», vol. 21, n.º 42, pp. 129-145, 2018.
- [11] A.-O. Castro, C.-R. Algarín, y A.-D. Pabón, «Modelado y simulación de un panel fotovoltaico empleando técnicas de inteligencia artificial Modeling and simulation of a photovoltaic panel using artificial intelligence techniques», vol. XXXV, pp. 225-233, 2014.
- [12] Caballero, «Filtro activo de potencia para compensar la distorsión armónica de un sistema fotovoltaico autónomo», *Artículo Revista Tecnología e Innovación Diciembre*, vol. 3, n.º 9, pp. 76-84, 2016, Accedido: 16 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [www.ecorfan.org/bolivia](http://www.ecorfan.org/bolivia)

- [13] E. Nicolas y O. Torre, «CARACTERIZACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA UTILIZANDO EL MODELO ANISOTRÓPICO DE MUNEER AUTOR», 2020, Accedido: 3 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19255/1/UPS%20-%20TTS158.pdf>
- [14] B. Velarde y M. Giancarlo, «PROPUESTA DE FACTIBILIDAD ENERGÉTICA HACIENDO USO DE PANELES SOLARES EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA BAJO EL ENFOQUE DEL PMI», Arequipa, 2019.
- [15] M. De Oliveira y L. Alves, «Energía solar : estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid.», Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019. Accedido: 14 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/2019>
- [16] B. Elizabeth *et al.*, «Diseño de un medidor para la gestión de energía eléctrica generada por un sistema fotovoltaico off grid», *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, n.º 1, pp. 2789-2801, feb. 2023, doi: 10.37811/CL\_RCM.V7I1.4626.
- [17] L. W. Sánchez Pérez, «Estudio comparativo entre un panel fotovoltaico fijo y Móvil de 50w policristalino y su incidencia en la captación De energía solar en la ciudad de Ambato», Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016. Accedido: 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/20282>
- [18] C. Pozo, «DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE ENERGÍA Y CONTROL FOTOVOLTAICO PARA LA ALIMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y ANÁLISIS DE SISTEMAS FLUVIALES», Quito, oct. 2022.
- [19] J. M. Bertran, «Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas», Barcelona, abr. 2017.
- [20] R. Farfán y D. Hoyos, «COMPORTAMIENTO DEL PLANO DE CONTROL DE REGULADORES DE CARGA DIFUSOS PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO IMPLEMENTANDO UNO Y DOS NÚCLEOS DE INFERENCIA», *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 13, 2009, Accedido: 14 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.inenco.net>

- [21] L. Serrano, L. Paipa, M. Bustos, y M. Sepulveda, «Comparación del desempeño entre un controlador de carga PWM y un controlador MPPT», *Scientia et Technica*, vol. 24, n.º 01, p. 7, mar. 2019, Accedido: 11 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/849/84959429001/84959429001.pdf>
- [22] L. Bustos, S. Sepúlveda, D. Guevara, y B. Medina, «Controlador de carga MPPT con método de estimación del estado de carga basado en conteo de amperios hora y voltaje a circuito abierto», *Ingeniería*, vol. 28, n.º 2, p. e18722, abr. 2023, doi: 10.14483/23448393.18722.
- [23] MorningStar, «Manual de Tristar MPPT». Accedido: 10 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.morningstarcorp.com/wp-content/uploads/operation-manual-tristar-mppt-es.pdf>
- [24] J. Vega, *Principios y aplicaciones de la energía fotovoltaica y de las baterías*. Santiago, 2018. Accedido: 31 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EmqPDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT13&dq=Principio+de+funcionamiento+de+la+bater%C3%ADa&ots=2sdeijbZkq&sig=PXJxwBG8smlCDxMZ65714CoYCLw#v=onepage&q=Principio%20de%20funcionamiento%20de%20la%20bater%C3%ADa&f=false>
- [25] B. Lopez, J. Abad, J. Avalos, R. Lagunes, J. Flores, y M. Ordaz, «Control para el voltaje de salida de un inversor multinivel de capacitores flotantes Control for the output voltage on a flying capacitor multilevel inverter», *Universidad Tecnológica de la Mixteca*, 2020, doi: 10.17163/ings.n24.2020.07.
- [26] E. Henao, D. Márquez, J. Villegas, S. Serna, Ramos. Carlos, y D. González, «Modelo matemático de sistemas fotovoltaicos para búsqueda distribuida del punto de máxima potencia», *Tecnológicas*, vol. 19, n.º 37, p. 107, jul. 2016, doi: 10.22430/22565337.88.
- [27] J. Eparquio y M. Tibaduiza, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CARGADOR DE BATERÍAS CONTROLADO POR UN ALGORITMO DE MPPT Y ALIMENTADO POR PANELES SOLARES», 2021.
- [28] H. S. Lee y J. J. Yun, «Advanced MPPT algorithm for distributed photovoltaic systems», *Energies (Basel)*, vol. 12, n.º 18, sep. 2019, doi: 10.3390/en12183576.

- [29] M. A. Elgendy, B. Zahawi, y D. J. Atkinson, «Evaluation of perturb and observe MPPT algorithm implementation techniques», en *IET Conference Publications*, 2012. doi: 10.1049/cp.2012.0156.
- [30] A. G. Osés, «Diseño de una red CAN bus con Arduino», Universidad Pública de Navarra, Pamplona, 2015. Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/2454/19115>
- [31] P. Huitsing, R. Chandia, M. Papa, y S. Shenoï, «Attack taxonomies for the Modbus protocols», *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, vol. 1, pp. 37-44, dic. 2008, doi: 10.1016/J.IJCIP.2008.08.003.
- [32] A. F. R. Olaya, A. B. López, y F. G. G. Moreno, «Implementación de una Red MODBUS/TCP», *Ingeniería y Competitividad*, vol. 6, n.º 2, pp. 35-44, jun. 2011, doi: 10.25100/iyc.v6i2.2277.
- [33] A. Olaya, A. López, y F. Moreno, «Implementación de una red MODBUS/TCP.» 13 de octubre de 2011. Accedido: 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10893/1574>
- [34] R. Defas y A. Guzmán, «Implementación de un sistema de monitoreo y control de actuadores eléctricos AUMA utilizando protocolos de comunicación industrial Modbus RTU y Modbus TCP/IP», *Revista Anales*, vol. 1, n.º 375, pp. 137-164, jun. 2017, doi: 10.29166/ANALES.V1I375.1592.
- [35] R. Ramos y S. Santos, «Simulador para el protocolo de comunicación industrial Ethernet/IP», 2015. Accedido: 3 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uci.cu/jspui/handle/123456789/7396>
- [36] V. Cubero y J. Bordoll, «Protocolo de Comunicación para AMR», Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2011. Accedido: 2 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2011/hdl\\_2072\\_169741/PFC\\_VictorRamirezCubero.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2011/hdl_2072_169741/PFC_VictorRamirezCubero.pdf)
- [37] J. Quezada, E. García, V. Aguilar, y J. López, «Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable», *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. 15, n.º 1, pp. 41-50, ene. 2014, doi: 10.1016/S1405-7743(15)30005-6.

- [38] MornigStar, «REMOTE METER Manual de instalación y operación», Accedido: 10 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.morningstarcorp.com/wp-content/uploads/operation-manual-remote-meter-es.pdf>
- [39] ARCERNNR, «2.-Pliego-Tarifario-SPEE-2024», 2023. Accedido: 17 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/12/2.-Pliego-Tarifario-SPEE-2024.pdf>

## 7. ANEXOS

### ANEXO A

#### Resumen del informe de antiplagio

**INFORME DE ANÁLISIS**  
magister

## Revision Tesis\_V2

6%

Textos sospechosos

📄

6% Similitudes

1% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas

🗣️

< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Revision Tesis\_V2.docx

ID del documento: c061ee07071cb6cffe58408b54617436d9698040

Tamaño del documento original: 3,68 MB

Depositante: LUIS ROLANDO CRUZ PANCHI

Fecha de depósito: 26/2/2024

Tipo de carga: interface

fecha de fin de análisis: 26/2/2024

Número de palabras: 16.295

Número de caracteres: 105.648

Ubicación de las similitudes en el documento:

### ☰ Fuentes de similitudes

#### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>bibdigital.epn.edu.ec</b> <a href="https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/23299/1/CD_12715.pdf">https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/23299/1/CD_12715.pdf</a> 1 fuente similar	2%	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc; margin: 2px;"></div>	Palabras idénticas: 2% (325 palabras)
2	<b>Documento de otro usuario</b> #6f3227 👤 El documento proviene de otro grupo 9 fuentes similares	< 1%	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc; margin: 2px;"></div>	Palabras idénticas: < 1% (47 palabras)
3	<b>Documento de otro usuario</b> #65b21b 👤 El documento proviene de otro grupo 9 fuentes similares	< 1%	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc; margin: 2px;"></div>	Palabras idénticas: < 1% (47 palabras)
4	<b>sedici.unlp.edu.ar</b> <a href="http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/97205/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?seque...">http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/97205/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?seque...</a>	< 1%	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc; margin: 2px;"></div>	Palabras idénticas: < 1% (92 palabras)
5	<b>Documento de otro usuario</b> #c4b480 👤 El documento proviene de otro grupo 8 fuentes similares	< 1%	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc; margin: 2px;"></div>	Palabras idénticas: < 1% (48 palabras)

#### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>Documento de otro usuario</b> #15d439 👤 El documento proviene de otro grupo	< 1%	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc; margin: 2px;"></div>	Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	<b>Documento de otro usuario</b> #29679f 👤 El documento proviene de otro grupo	< 1%	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc; margin: 2px;"></div>	Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
3	<b>Documento de otro usuario</b> #38b119 👤 El documento proviene de otro grupo	< 1%	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc; margin: 2px;"></div>	Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	<b>bibliotecadigital.univalle.edu.co</b> <a href="https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/1574/Rev.Ing._y_Competitividad_Vol_...">https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/1574/Rev.Ing._y_Competitividad_Vol_...</a>	< 1%	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc; margin: 2px;"></div>	Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
5	<b>es.wikipedia.org</b>   Batería (electricidad) - Wikipedia, la enciclopedia libre <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Batería_(electricidad)">https://es.wikipedia.org/wiki/Batería_(electricidad)</a>	< 1%	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc; margin: 2px;"></div>	Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)

#### Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1 <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/20282>
- 2 <http://www.inenco.net>
- 3 <https://hdl.handle.net/2454/19115>
- 4 <https://hdl.handle.net/10893/1574>
- 5 <https://repositorio.uci.cu/jspui/handle/123456789/7396>

## CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica con el tema: **“Implementación de un sistema de adquisición de datos para la obtención de los parámetros de operación de un regulador de carga tipo MPPT.”**, de Chicaiza Barrera Steven Alexander y Martínez Martínez Edison Joel de la carrera de Ingeniería Electromecánica, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Compilatio, con un porcentaje de coincidencias del 6 %; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

**INFORME DE ANÁLISIS**  
magister

### Revision Tesis\_V2

**6%**  
Textos sospechosos

**6% Similitudes**  
1% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas  
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Revision Tesis\_V2.docx  
ID del documento: c061ee07071cb6cffe58408b54617436d9698040  
Tamaño del documento original: 3,68 MB

Depositante: LUIS ROLANDO CRUZ PANCHI  
Fecha de depósito: 26/2/2024  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 26/2/2024

Número de palabras: 16.295  
Número de caracteres: 105.648

Ubicación de las similitudes en el documento:

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga, 26 de febrero de 2024

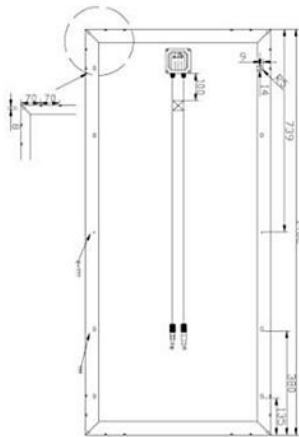
  
Ing. Cruz Panchi Luis Rolando M.Sc.  
C.C: 0502595176  
**TUTOR**

## ANEXO B

### Datasheet de los paneles solares

1 de 1

## SIMAX 156 Polycrystalline Solar Module (SP636-125W-145W)



### Mechanical Characteristics

Solar Cell	Polycrystalline silicon solar cell 156x156(mm)
No. of Cells	36(4x9)
Dimensions	1482x676x50(mm)
Weight	14kg
Front Glass	3.2mm(0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

### Output

Cable Type	$\Phi=4\text{mm}^2$
Lengths	L=900mm
Junction Box	PV-GZX0601 MC3 or MC4

### Temperature Coefficients

Nominal operating cell temperature(NOCT)	$45 \pm 2^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of Pmax	$-0.39\%/^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of Voc	$-0.34\%/^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of Isc	$0.035\%/^\circ\text{C}$

## Electrical Specifications

Parameters	SP636-125	SP636-130	SP636-135	SP636-140	SP636-145
Peak power Pm(W)	125±3%	130±3%	135±3%	140±3%	145±3%
Open circuit voltage Voc(V)	21.7	21.7	22.3	22.3	22.9
Max. power voltage Vmp(V)	17.7	17.5	18	18	18.5
Max. power current Imp(A)	7.14	7.43	7.5	7.78	7.84
Short circuit current Isc(A)	7.57	7.87	7.95	8.25	8.31
Dimensions(L*W*H)	1482*676*50				
Weight(kg)	14				
Max. over-current (A)	14				
Max. system voltage (V)	1000V DC				
Application Class	Class A				
Mono crystalline silicon solar cell	156x156*0.19mm				
No. of cells and connections	36 series				
No. of bypass diodes	6				
Bypass diode rating (A)	10				
Bypass diode max. junction temperature(°C)	200				
Bypass diode thermal resistance(°C/W)	3.0				
STC	Irradiance:1000W/m <sup>2</sup> , Cell temperature:25°C, AM:1.5				
Maximum No. of series connection	43				
Maximum No. of parallel connection	2				



## ANEXO C

### Datasheet del regulador TS-MPPT-60

1 de 2



+1-215-321-4457  
sales@morningstarcorp.com



30, 45 o 60 A a  
hasta 150 voltios  
en circuito abierto

Con medidor opcional en la imagen

### TriStar MPPT™

CONTROLADOR SOLAR CON DETECCIÓN  
DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA

- Maximiza el aprovechamiento de energía
- Fiabilidad muy alta
- Eficiencia muy alta
- Amplia conectividad

El controlador solar TriStar MPPT™ de Morningstar con TrakStar Technology™ es un cargador de batería avanzado con detección del punto de máxima potencia (MPPT) para sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos con una potencia máxima (Pmp) de hasta 4,2 kilovatios. El controlador ofrece la mayor eficiencia máxima del sector, un 99 %, y una pérdida de energía notablemente menor en comparación con otros controladores con MPPT. Las opciones detalladas de programación de la batería permiten hacer un mantenimiento avanzado de los tipos de batería de litio, níquel-cadmio y plomo ácido más novedosos.

El MPPT de TriStar cuenta con un algoritmo de seguimiento inteligente que maximiza el aprovechamiento de energía del sistema FV al encontrar rápidamente el punto de máxima potencia del panel solar con un rápido barrido de toda la curva I-V. Este producto es el primer controlador FV que incorpora Ethernet para una interfaz totalmente habilitada para la web e incluye hasta 200 días de registro de datos.

#### CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS PRINCIPALES

##### Maximiza el aprovechamiento de energía

Características de nuestra tecnología TrakStar MPPT:

- Mejor detección del punto de máxima potencia que otros controladores con MPPT.
- Barrido muy rápido de toda la curva I-V.
- Reconocimiento de varios puntos de potencia durante el sombreado o con paneles FV mixtos.
- Rendimiento excelente en el amanecer y en niveles de radiación solar bajos.

##### Fiabilidad muy alta

- Diseño térmico robusto y sin ventiladores de refrigeración.
- El diseño de los circuitos en paralelo permite reducir la tensión y prolongar la vida útil de los componentes electrónicos.
- Sin relés mecánicos.
- Amplias protecciones electrónicas, incluida la protección del panel FV frente a cortocircuitos.
- Inductores encapsulados en material epoxídico y placas de circuito con revestimiento conformado.

##### Eficiencia muy alta

- Eficiencia máxima de 99 %.
- El algoritmo de seguimiento patentado minimiza las pérdidas de energía.
- Bajo autoconsumo.
- Funcionamiento continuo a máxima potencia hasta los 45 °C sin necesidad de reducción.
- Dispositivos electrónicos seleccionados con mayor potencia para minimizar las pérdidas por calentamiento.

##### Amplias capacidades de conectividad y de comunicaciones

Permite el seguimiento de sistemas, el registro de datos y la ajustabilidad. Utiliza el protocolo estándar abierto MODBUS™ y el software MSView de Morningstar.

- Meterbus: comunicaciones entre productos Morningstar compatibles.
- RS-232: conexión a un ordenador personal.
- EIA-485: comunicaciones entre varios dispositivos en un bus.
- Ethernet: interfaz completamente habilitada para una red local o Internet; visualización desde un navegador web o envío de mensajes de correo electrónico/texto.
- EMC-1: red basada en IP y conectividad a Internet (SNMP incluido).

##### Medición y registro de datos

- El medidor TriStar y el medidor remoto proporcionan datos de funcionamiento detallados, avisos y fallos.
- Tres LED muestran el estado del sistema.
- Hasta 200 días de registro de datos a través de medidores o puertos de comunicaciones.



Estado del sistema:	53,60 V	28 °C	54,2 A
	2867 W		MPPT

Registro de datos:	Hoy	Bat.	Día:-1
	46,4 V (min)		Bat. 47,2 V (min)
	Hoy	Solar	Día:-1
	58,9 A (máx.)		Solar 56,8 A (máx.)
	Hoy	Solar	Día:-1
	107,2 V (máx.)		Solar 105,5 V (máx.)

8 Pheasant Run, Newtown, PA 18940, EE. UU.



www.morningstarcorp.com

## ANEXO C

### Datasheet del regulador TS-MPPT-60

2 de 2



**+1-215-321-4457**  
sales@morningstarcorp.com

#### Especificaciones técnicas

Versiones	TS-MPPT-30	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60	TS-MPPT-60M
<b>Medidor</b>				
TS-M2	Opcional	Opcional	Opcional	Incluido
TS-RM2	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional
<b>Eléctricas</b>				
Corriente máxima de la batería	30 A	45 A	60 A	
Potencia de salida máxima nominal*			Salida máx.	Entrada FV máx.*
12 V	400 W	600 W	800 W	1100 W
24 V	800 W	1200 W	1600 W	2100 W
48 V	1600 W	2400 W	3200 W	4200 W
Entrada solar FV máxima recomendada*	~130 % de potencia de salida máxima nominal (más abajo se muestran modelos de 60 A)			
Eficiencia máxima	99 %			
Voltaje nominal del sistema	CC de 12, 24, o 48 V			
Voltaje máximo del circuito abierto solar FV**	CC de 150 V (sin daños a la unidad)			
Intervalo de voltaje de la batería	CC de 8-72 V			
Autoconsumo máximo	2,7 W			
Protección de sobretensión transitoria	4500 W/puerto			
<b>Carga de batería</b>				
Algoritmo de carga	4 etapas			
Etapas de carga	En masa, absorción, flotación, equalización			
Compensación de temperatura:	Coeficiente Intervalo Puntos de ajuste	-5 mV/°C/celda (ref. 25 °C) -30 °C a +80 °C Absorción, flotación, equalización, HVD		
Sensor de temperatura remoto (RTS)	Incluido			

#### Certificaciones:

- Marcado CE y cumplimiento con RoHS
- Homologado por ETL (UL1741)
- cETL (CSA C22.2 N.º 107.1-01)
- FCC, clase B, parte 15
- Fabricado en una planta con certificación ISO 9001
- IEC 62109-1 (UL/CSA/IEC requiere una temperatura ambiente limitada a 45 °C)

#### Opciones:

- Medidor TriStar Meter-2 (TS-M-2)
- Medidor remoto TriStar Meter-2 (TS-RM-2)
- Concentrador MeterHub (HUB-1)
- Controlador de relé (RD-1)
- EMC-1

#### Notas:

\* El intervalo de potencia del panel FV puede superar la potencia de salida máxima nominal del controlador. El controlador limitará la corriente de la batería y evitará daños. Si se produce un aumento excesivo del tamaño de algún panel, cada caso debe tratarse de manera individual. Consulte nuestra herramienta de cálculo de cadenas para paneles FV y documentación técnica relacionada en <https://www.morningstarcorp.com/array-oversizing>

\*\* El voltaje FV debe ser mayor que el voltaje de la batería +1 voltio para iniciar la carga.

\*\*\* Acepta 75 Vmp, carcasa sin ventilación. Consulte el manual de funcionamiento para obtener más información sobre el rendimiento.

#### Garantía:

**Período de 5 años de garantía.**  
Póngase en contacto con Morningstar o su distribuidor autorizado para conocer las condiciones completas.

Puertos de comunicación	TS-MPPT-30	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60	TS-MPPT-60M
MeterBus	Sí	Sí	Sí	Sí
RS-232	Sí	Sí	Sí	Sí
EIA-485	No	No	Sí	Sí
Ethernet	No	No	Sí	Sí
EMC-1	Sí	Sí	Sí	Sí

#### Medioambientales

Intervalo de temperatura ambiente de funcionamiento	-40 °C a +60 °C
Puede disminuir por encima de la siguiente temperatura***	TS-MPPT-60 = 45 °C TS-MPPT-45 = 50 °C TS-MPPT-30 = 55 °C
Temperatura de almacenamiento	-55 °C a +85 °C
Humedad	100 % sin condensación
Tropicalización	Encapsulado en material epoxídico, revestimiento conformado, terminales con clasificación marina

#### Protecciones electrónicas

FV	Sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje
Batería	Alto voltaje
Exceso de temperatura	
Sobrecargas por rayos y sobretensión transitoria	
Corriente inversa nocturna	

#### Mecánicas

Dimensiones	29,1 x 13,0 x 14,2 cm
Peso	4,2 kg
Tamaño máximo de cable	35 mm <sup>2</sup> AWG
Preperforaciones del conducto	M20; ¼, 1, 1 ¼ pulgadas
Carcasa	Tipo 1 (interior y con ventilación) IP20

8 Pheasant Run, Newtown, PA 18940, EE. UU. [www.morningstarcorp.com](http://www.morningstarcorp.com)

Debido a la política de mejora continua de Morningstar, la disponibilidad, características y especificaciones de los productos están sujetas a cambios sin previo aviso.

Control n.º MS-001901 Revisión: 12/2021.ES  
Copyright 2022



## REMOTE METER™

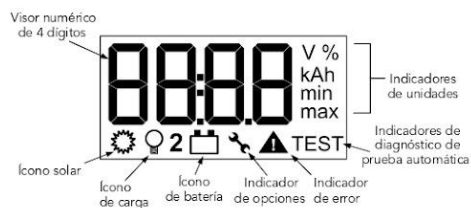
El **Remote Meter (RM-1)** de Morningstar es un visor de cuatro dígitos, universal, con íconos personalizados que es compatible con varios controladores e inversores de Morningstar. Este medidor brinda información de sistema integral para facilitar la supervisión del voltaje, la corriente y la temperatura.



### Principales funciones y beneficios:

#### ■ Proporciona información importante

El medidor digital muestra el voltaje, la corriente, la temperatura, los datos registrados, los parámetros, las alarmas y los informes de errores que facilitan la detección y solución de problemas. Se indican los valores actuales, acumulados, máximos y mínimos. Los LED muestran el nivel de las baterías y el estado de funcionamiento.



Aparecen en el visor uno o más íconos e indicadores de unidades para indicar si la información numérica se refiere a energía solar, carga, batería 1 ó 2, opciones, errores o prueba automática.

#### ■ Opciones de montaje



Montaje en pared



Montaje con marco



Vista posterior

#### ■ Fácil de instalar

Simplemente se conecta en otros productos de Morningstar por un conector RJ-11. Puede montarse en la pared o sobre la pared usando el marco que se incluye. También incluye 10 metros de cable con conectores RJ-11 y tornillos de montaje.

#### ■ Simple de usar

Los tres botones blandos permiten navegar de manera sencilla por los menús del medidor. Los íconos personalizados y la iluminación posterior facilitan la lectura y comprensión del medidor.

#### ■ Bajo consumo propio

Remote Meter está diseñado para bajo consumo propio para evitar el drenaje de las baterías del sistema hasta en sistemas solares pequeños. El consumo propio es de 6 mA con la luz posterior apagada y de 15 mA con la luz posterior encendida.

#### ■ Capacidad de adaptación

La temperatura se puede leer en °C o en °F, el cronómetro de la luz posterior se puede ajustar en el tiempo de funcionamiento que se desee y los valores de amperio-hora y mínimos y máximos pueden ser restablecidos.



## ANEXO D

### Datasheet del medidor remoto RM-1

2 de 2

## REMOTE METER™

### El medidor muestra

	Controlador SunSaverDuo	Controlador MPPT SunSaver	Inversor SureSine
<b>Solar:</b>			
Voltaje		✓	
Corriente	✓		
Amperio-hora	✓		
Corriente máxima	✓		
<b>Batería:</b>			
Voltaje	✓*	✓	✓
Voltaje mínimo	✓*	✓	✓
Voltaje máximo	✓*	✓	✓
Corriente		✓	
Amperio-hora	✓*	✓	
Vatios		✓	
<b>Carga:</b>			
Estado (On / Off)		✓	✓
Corriente		✓	
Amperio-hora		✓	
<b>Temperatura (°C o °F):</b>			
En medidor	✓	✓	✓
En batería	✓**	✓**	
<b>Otras funciones:</b>			
Errores y alarmas	✓	✓	✓
Registro de datos	nada	30 DÍAS	nada

\*para la batería 1 y la batería 2

\*\*cuando se usa el sensor de temperatura remoto

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### Eléctricas

- Consumo propio: 6 mA
- Luz posterior apagada: 15 mA
- Luz posterior encendida: 15 mA
- Voltaje mínimo en funcionamiento: 8 V

#### Mecánicas

- Conector tipo: RJ-11 (6 pines)
- Dimensiones de la placa frontal: 9.5 x 9.5 cm / 3.8 x 3.8 in.
- Material de la placa frontal: acero con acabado en polvo
- Dimensiones de la parte posterior del medidor: 7.4 cm / 2.9 in. diámetro  
2.8 cm / 1.1 in. profundidad  
Se adapta en orificio redondo de 7.6 cm / 3 in.
- Dimensiones del marco: 11.4 x 11.4 x 3.5 cm  
4.5 x 4.5 x 1.4 in.
- Material del marco: plástico PBT (polibutileno)
- Cable del medidor: 10 m / 33 pies (6 conductores)  
Puede prolongarse hasta 30 m / 100 pies
- Capacidad de temperatura del cable del medidor: 60 °C / 140 °F
- Peso del medidor: 135 g / 0.3 libras

#### Ambientales

- Temperatura ambiental: -20 °C hasta +60 °C  
-4 °F hasta +140 °F
- Temperatura de almacenamiento: -30 °C hasta +80 °C  
-22 °F hasta +176 °F
- Humedad: 100% N.C. (no condensada)  
La plaqueta de circuito impreso tiene recubrimiento conformado

#### Certificaciones

- Cumple con CE (directivas de la Unión Europea)
- Cumple con la directiva RoHS (Restricción de ciertas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos)
- Fabricado en una planta con certificado ISO 9001

#### Compatibilidad

- Controlador SunSaver Duo
- Controlador SunSaver MPPT
- Inversor SureSine

**Remote Meter se vende en un paquete con otros productos Morningstar y también se vende por separado.**

**GARANTÍA:** Período de cinco años de garantía. Comuníquese con Morningstar o con un distribuidor autorizado para informarse sobre todas las condiciones.

**DISTRIBUIDOR MORNINGSTAR AUTORIZADO:**



1098 Washington Crossing Road  
Washington Crossing, PA 18977 EE.UU.  
Tel.: +1 215-321-4457 Fax: +1 215-321-4458  
E-mail: [Info@morningstarcorp.com](mailto:Info@morningstarcorp.com)  
Sitio Web: [www.morningstarcorp.com](http://www.morningstarcorp.com)



IMPRESO EN EE.UU. 2215-R1-10/08  
©2008 Morningstar Corporation



## REMOTE TEMPERATURE SENSOR



Morningstar's **Remote Temperature Sensor (RTS)** provides improved battery charging in solar systems that experience temperature variations during the year. The RTS measures temperature at the battery and the controller uses this data for very accurate temperature compensation. Use of the RTS is recommended whenever the temperature at the battery will be more than 5°C (9°F) different than the temperature at the controller. The TriStar has no on-board temperature compensation; therefore the use of the RTS is required for temperature compensated charging. Other Morningstar controllers will default to an on-board temperature sensor if a RTS is not connected.

The RTS is compatible with the following Morningstar controllers:

- ProStar™ (soldering required)
- TriStar™
- SunKeeper™
- SunSaver Duo™
- SunSaver MPPT™
- TriStar MPPT™

For maximum protection from harsh environments, the sensor is encapsulated in epoxy inside a power lug housing. The RTS is also protected from lightning surges and short circuits.

### Standard Features:

- Highly accurate: +/- 1.5°C (2.7°F)
- Cable length: 10 meters (33 feet)
- User may easily extend cable length up to 30 meters (100 feet) using standard cable
- Corrects for temperatures from -30°C (-22°F) to +80°C (+176°F)
- Wires are non-polarized

### Specifications:

- Power lug housing: 9.5 mm (3/8") screw hole
- 2-conductor copper cable with PVC jacket, 0.34mm<sup>2</sup> (#22 AWG)
- Cable rated UL CMR
- UL recognized component when used with TriStar
- CE certified for use with all compatible Morningstar controllers
- Sensor noise is filtered

**WARRANTY:** Five year warranty period. Contact Morningstar or your authorized distributor for complete terms.



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

© 2015 Morningstar Corporation

Printed in USA 05/11/2015.EN

# ANEXO F

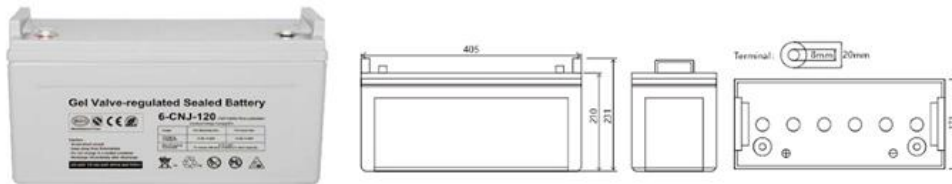
## Datasheet de la batería

1 de 2



### Lithium Iron Phosphate Battery

## 6-CNJ-120 GEL BATTERY



### Technology data

Rated voltage	Capacity (10hr, 1.80V/Cell)	Weight	Max discharge current	Max charging current	Self-discharge (25°C)	Recommended Using temperature	Cover Material
12V	120Ah	32Kg	30I <sub>10</sub> A(3min)	≤0.25C <sub>10</sub>	≤3%/month	15°C~25°C	ABS
Using temperature	Charging Voltage (25°C)	Charging Mode (25°C)		Cycle life	Capacity Affected by Temperature		
Discharge: -45°C~50°C	floating charge:	Float Charge: 2.275±0.025V/Cell		100%DOD 572 times	105% @ 40°C		
Charge: -20°C~45°C	13.5V-13.8V	Temperature parameters: ±3mV/Cell °C		50%DOD 1422 times	80% @ 0°C		
Storage: -30°C~40°C	equalizing charge:	Cycle Charge: 2.45±0.05V/Cell		30%DOD 2218 times	58% @ -20°C		
	14.1V-14.4V	Temperature Compensation Coefficient ±5mV/Cell °C					

### Features

battery, Maintenance free and easy to use, Contemporary advanced technology research and development of new high-performance batteries, It can be widely used in solar energy, wind energy, telecommunication systems, off-grid systems, UPS and other fields. The designed life for the battery could be eight years up for float

### Different discharge time at different terminal Voltage, discharge time(Amps,25)

Termination Voltage (V/Cell)	1H	3H	5H	10H	20H	50H	100H	120H	240H
1.7	53.10	24.14	16.13	10.41	5.38	2.26	1.23	1.09	0.57
1.75	52.04	23.89	15.85	10.26	5.25	2.17	1.15	1.01	0.53
1.8	51.00	23.67	15.60	10.00	5.13	2.10	1.10	0.95	0.51
1.85	48.96	23.53	15.30	9.59	4.88	2.01	1.03	0.89	0.46
1.9	47.01	23.33	15.07	9.39	4.79	1.95	0.99	0.85	0.43
1.95	44.94	22.86	14.76	9.87	4.46	1.81	0.94	0.81	0.41

Constant current discharge coefficient(25°C, A)

### Certificate

ISO9001  
ISO14001  
CE  
CGC  
TLC  
High and NEW  
Technology  
Products Certification

WhatsApp: +86 134 3121 7430

Website: www.sankopower.com

Telephone: +86 0769 8282 6010

sales@sankopower.com





# Certificate of Compliance

Certificate: 70045910

Master Contract: 162029

Project: 70045910

Date Issued: September 18, 2015

Issued to: **Fluke Corp.**  
6920 Seaway Blvd.  
Everett, WA 98203  
USA

Attention: Mr. Joe Swanzy

*The products listed below are eligible to bear the CSA Mark shown with adjacent indicators 'C' and 'US' for Canada and US or with adjacent indicator 'US' for US only or without either indicator for Canada only*



Issued by:

  
Alvin Kuang, Certifier

## PRODUCTS

CLASS 3631 06 - ELECTRICAL MEASUREMENT AND TEST EQUIPMENT

CLASS 3631 86 - ELECTRICAL EQUIPMENT FOR MEASUREMENT USE (Certified to U.S. Standards)

True RMS Clamp Meters, battery operated 3Vdc,  
Fluke Models 374 FC, 375 FC and 376 FC, rated CAT III 1000 V, CAT IV 600 V, 600 A; and  
Fluke Model 376, rated CAT III 1000 V, CAT IV 600 V, 1000 A.

### Note:

1. The above model is Equipment Class II, Pollution Degree 2, Measurement Category: See ratings above.
2. Mode of operation: Continuous
3. Environmental Conditions: Extended as specified by manufacturer

For details related to rating, size, configuration, etc. reference should be made to the CSA Certification Record or the descriptive report.



## ANEXO G

### Certificación del instrumento patrón

2 de 2



**Certificate:** 70045910

**Master Contract:** 162029

**Project:** 70045910

**Date Issued:** September 18, 2015

#### APPLICABLE REQUIREMENTS

- |   |   |  |
|---|---|--|
| CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1-12              | - | Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use, Part 1: General Requirements  |
| CAN/CSA-C22.2 No. 61010-2-032-12          | - | Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use, Part 2-032: Particular requirements for hand-held and hand-manipulated current sensors for electrical test and measurement                            |
| CAN/CSA-C22.2 No. 61010-2-033-12          | - | Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use, Part 2-033: Particular requirements for hand-held multimeters and other meters, for domestic and professional use, capable of measuring mains voltage |
| UL Std. No. 61010-1 (3 <sup>rd</sup> ed.) | - | Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use - Part 1: General Requirements   |
| UL Std. No. 61010-2-032 (3rd Edition)     | - | Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use, Part 2-032: Particular requirements for hand-held and hand-manipulated current sensors for electrical test and measurement                            |
| UL Std. No. 61010-2-033                   | - | Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use, Part 2-033: Particular requirements for hand-held multimeters and other meters, for domestic and professional use, capable of measuring mains voltage |

#### Reference Standards

- |                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| IEC 61010-1:2010     | - | Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use - Part 1: General Requirements  |
| IEC 61010-2-032:2012 | - | Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use, Part 2-032: Particular requirements for hand-held and hand-manipulated current sensors for electrical test and measurement |
| IEC 61010-2-033:2012 | - | Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use, Part 2-033: Safety requirements for hand-held probe assemblies for electrical measurement and test                         |





ANEXO I

Registro fotográfico

1 de 2



Figura I.1. Situación previa a la instalación del regulador MPPT.

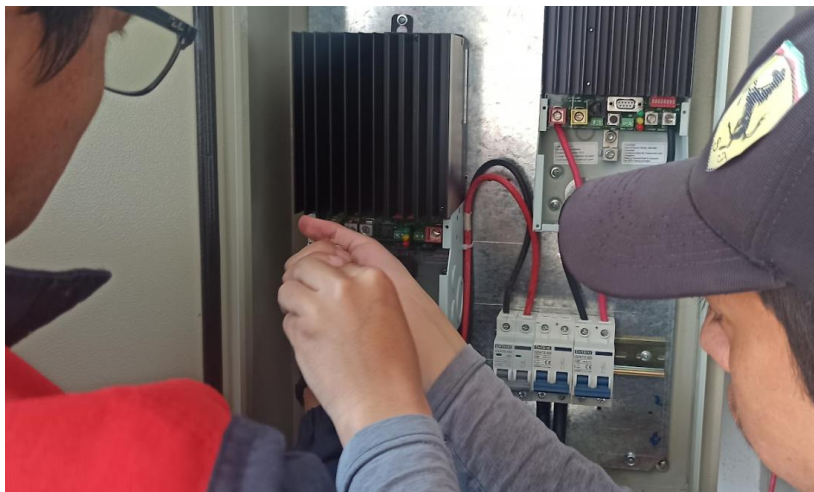


Figura I.2. Instalación del regulador y sus terminales de conexión.



Figura I.3. Verificación de instalación de los terminales del regulador.

ANEXO I

Registro Fotográfico

2 de 2



Figura I.4. Conexión física de los terminales del regulador.

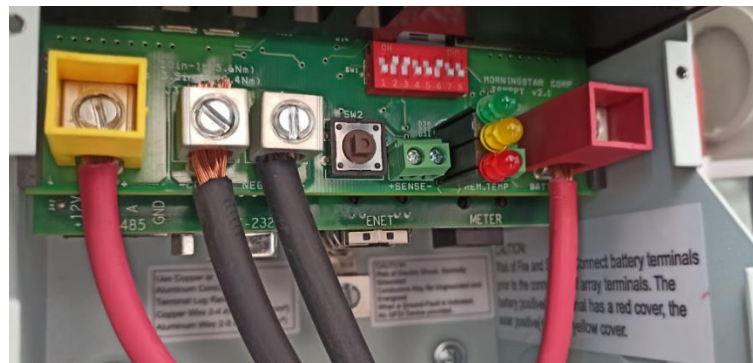


Figura I.5. Configuración del DIP del regulador MPPT.

## ANEXO J

## Datos de las curvas de operación (registro histórico)

Tabla J.1. Máximo voltaje de la batería, datos registrados hasta el 27/01/2024.

Máximo voltaje de la batería	
Fecha	Unidad (V)
14/12/2023	59.08
15/12/2023	60.14
15/12/2023	59.38
16/12/2023	58.24
16/12/2023	58.25
18/12/2023	58.13
19/12/2023	57.97
21/12/2023	57.70
22/12/2023	57.76
24/12/2023	57.70
25/12/2023	57.78
27/12/2023	57.84
28/12/2023	57.89
30/12/2023	58.19
31/12/2023	57.95
2/1/2024	59.06
3/1/2024	61.35
4/1/2024	61.90
6/1/2024	61.82
7/1/2024	62.17
9/1/2024	62.58
10/1/2024	62.21
12/1/2024	62.21
13/1/2024	62.60
15/1/2024	62.19

16/1/2024	62.70
18/1/2024	62.61
19/1/2024	61.67
21/1/2024	61.49
22/1/2024	61.49
24/1/2024	61.49
25/1/2024	61.39
26/1/2024	54.16
26/1/2024	48.53
26/1/2024	46.05
26/1/2024	43.56
26/1/2024	41.08
26/1/2024	38.60
26/1/2024	36.18
26/1/2024	57.51
26/1/2024	21.91
26/1/2024	19.49
26/1/2024	33.75
26/1/2024	31.27
26/1/2024	50.74
26/1/2024	28.79
26/1/2024	26.31
26/1/2024	24.11
26/1/2024	16.84
26/1/2024	14.36
26/1/2024	11.03
27/1/2024	61.04

Tabla J.2. Registro histórico del mínimo voltaje de la batería.

Mínimo voltaje de la batería
------------------------------

Fecha	Unidad (V)
14/12/2023	30.95
14/12/2023	31.87
14/12/2023	33.91
15/12/2023	35.98
15/12/2023	38.24
15/12/2023	39.33
16/12/2023	39.46
17/12/2023	39.24
18/12/2023	39.31
20/12/2023	39.23
21/12/2023	37.40
23/12/2023	37.29
24/12/2023	37.75
26/12/2023	38.59
27/12/2023	39.04
29/12/2023	38.99
30/12/2023	38.88
1/1/2024	38.15
1/1/2024	36.97
2/1/2024	35.36
3/1/2024	34.41
4/1/2024	34.17
5/1/2024	33.69
6/1/2024	32.06
7/1/2024	30.54
7/1/2024	29.09
8/1/2024	27.72
8/1/2024	26.30

	9/1/2024	24.98	
	9/1/2024	23.70	
	10/1/2024	22.00	
	10/1/2024	20.48	
	11/1/2024	18.49	
	11/1/2024	17.57	
	12/1/2024	15.94	
	12/1/2024	14.29	
	13/1/2024	12.74	
	15/1/2024	11.64	
	16/1/2024	10.29	
	17/1/2024	9.07	
	18/1/2024	9.12	
	19/1/2024	18.63	
	19/1/2024	16.80	
	19/1/2024	15.40	
	19/1/2024	25.68	
	19/1/2024	24.27	
	19/1/2024	22.90	
	19/1/2024	20.28	
	19/1/2024	13.77	
	19/1/2024	12.18	
	19/1/2024	10.80	
	19/1/2024	21.60	
	19/1/2024	27.59	
	20/1/2024	8.58	
	20/1/2024	32.18	
	20/1/2024	30.68	
	20/1/2024	29.39	

21/1/2024	27.86
22/1/2024	26.33
22/1/2024	24.74
22/1/2024	23.15
23/1/2024	21.62
23/1/2024	19.99
24/1/2024	18.44
24/1/2024	16.89
24/1/2024	15.25
25/1/2024	13.73
25/1/2024	12.13
25/1/2024	10.54
26/1/2024	8.92
26/1/2024	8.06

Tabla J.3. Registro histórico del voltaje máximo de entrada del regulador.

Máximo voltaje de entrada	
Fecha	Unidad (V)
14/12/2023	63.02
15/12/2023	61.96
17/12/2023	64.32
18/12/2023	63.43
20/12/2023	64.31
21/12/2023	64.06
22/12/2023	64.22
24/12/2023	63.78
25/12/2023	65.05
27/12/2023	63.82



	28/12/2023	64.90	
	30/12/2023	64.70	
	31/12/2023	63.32	
	2/1/2024	63.30	
	3/1/2024	63.80	
	5/1/2024	64.82	
	6/1/2024	64.20	
	8/1/2024	65.21	
	9/1/2024	65.98	
	11/1/2024	65.97	
	12/1/2024	65.45	
	13/1/2024	64.84	
	15/1/2024	65.04	
	16/1/2024	65.47	
	18/1/2024	66.41	
	19/1/2024	66.98	
	19/1/2024	65.82	
	20/1/2024	62.79	
	21/1/2024	62.45	
	23/1/2024	62.61	
	24/1/2024	62.63	
	25/1/2024	62.73	
	26/1/2024	55.69	
	26/1/2024	39.88	
	26/1/2024	23.53	

26/1/2024	50.01
26/1/2024	47.58
26/1/2024	45.15
26/1/2024	42.72
26/1/2024	26.36
26/1/2024	36.97
26/1/2024	34.54
26/1/2024	32.11
26/1/2024	20.62
26/1/2024	18.18
26/1/2024	14.87
26/1/2024	13.44
26/1/2024	58.93
26/1/2024	52.74
26/1/2024	28.98
26/1/2024	64.82
26/1/2024	62.39

Tabla J.4. Registro histórico de la carga total de amperios horas del regulador.

Carga total de Amperios hora	
Fecha	Unidad (Ah)
14/12/2023	1.80
15/12/2023	2.28
15/12/2023	3.98
15/12/2023	5.92
15/12/2023	7.85
15/12/2023	9.79
15/12/2023	11.73

	16/12/2023	13.67	
	16/12/2023	15.61	
	16/12/2023	17.06	
	16/12/2023	18.80	
	17/12/2023	19.90	
	18/12/2023	19.48	
	18/12/2023	20.98	
	19/12/2023	22.49	
	20/12/2023	17.61	
	20/12/2023	20.41	
	21/12/2023	22.70	
	21/12/2023	24.34	
	22/12/2023	25.93	
	22/12/2023	27.20	
	22/12/2023	28.06	
	23/12/2023	24.07	
	23/12/2023	22.44	
	25/12/2023	23.25	
	26/12/2023	22.26	
	28/12/2023	21.39	
	29/12/2023	20.43	
	29/12/2023	19.62	
	30/12/2023	22.62	
	31/12/2023	23.28	
	1/1/2024	23.56	
	2/1/2024	24.51	
	2/1/2024	22.30	
	2/1/2024	21.17	
	2/1/2024	20.04	

	2/1/2024	18.91	
	3/1/2024	17.78	
	3/1/2024	16.65	
	3/1/2024	15.52	
	3/1/2024	14.33	
	3/1/2024	7.25	
	3/1/2024	6.36	
	3/1/2024	8.41	
	3/1/2024	11.94	
	3/1/2024	10.78	
	3/1/2024	9.36	
	4/1/2024	13.38	
	5/1/2024	13.40	
	5/1/2024	12.17	
	5/1/2024	10.99	
	6/1/2024	9.21	
	6/1/2024	7.35	
	7/1/2024	5.51	
	8/1/2024	5.90	
	9/1/2024	2.05	
	9/1/2024	2.75	
	9/1/2024	4.33	
	10/1/2024	5.91	
	12/1/2024	5.83	
	13/1/2024	5.32	
	14/1/2024	5.12	
	16/1/2024	5.63	
	17/1/2024	1.44	
	17/1/2024	5.43	

18/1/2024	5.99
19/1/2024	4.18
19/1/2024	1.31
19/1/2024	2.01
20/1/2024	0.80
20/1/2024	2.54
21/1/2024	1.12
23/1/2024	2.13
24/1/2024	3.14
26/1/2024	4.09
26/1/2024	0.00
27/1/2024	4.56

Tabla J.5. Registro de la carga total y tiempo de ecualización del sistema.

Carga total de Wh y tiempo de ecualización		
Fecha	Carga total (Wh)	Ecualización (s)
14/12/2023	99.55	0.00
15/12/2023	123.49	0.00
15/12/2023	212.78	0.00
15/12/2023	325.64	0.00
15/12/2023	434.21	0.00
15/12/2023	544.22	0.00
16/12/2023	657.08	0.00
16/12/2023	765.65	0.00
16/12/2023	875.66	0.00
16/12/2023	961.37	0.00
16/12/2023	1053.76	0.00
17/12/2023	1112.03	0.00
18/12/2023	1075.66	0.00
18/12/2023	1157.10	0.00

	19/12/2023	1278.05	0.00	
	19/12/2023	1234.53	0.00	
	20/12/2023	1024.23	0.00	
	20/12/2023	1068.52	0.00	
	21/12/2023	1162.33	0.00	
	21/12/2023	1294.72	0.00	
	22/12/2023	1408.53	0.00	
	22/12/2023	1488.82	0.00	
	22/12/2023	1548.54	0.00	
	23/12/2023	1329.96	0.00	
	24/12/2023	1247.62	0.00	
	25/12/2023	1298.79	0.00	
	26/12/2023	1236.94	0.00	
	28/12/2023	1200.08	0.00	
	29/12/2023	1092.81	0.00	
	29/12/2023	1152.81	0.00	
	31/12/2023	1315.67	0.00	
	31/12/2023	1272.34	0.00	
	31/12/2023	1264.24	0.00	
	1/1/2024	1339.01	0.00	
	2/1/2024	1369.01	0.00	
	2/1/2024	1298.53	0.00	
	2/1/2024	1172.81	0.00	
	2/1/2024	1235.67	0.00	
	3/1/2024	1047.09	0.00	
	3/1/2024	1109.95	0.00	
	3/1/2024	921.37	0.00	
	3/1/2024	984.23	0.00	
	3/1/2024	858.51	0.00	

	3/1/2024	355.64	0.00
	3/1/2024	391.83	0.00
	3/1/2024	458.50	0.00
	3/1/2024	767.08	0.00
	3/1/2024	525.17	0.00
	4/1/2024	591.84	0.00
	4/1/2024	658.51	0.00
	4/1/2024	741.37	0.00
	5/1/2024	758.51	0.00
	5/1/2024	694.70	0.00
	5/1/2024	637.08	0.00
	5/1/2024	565.65	0.00
	6/1/2024	479.93	0.00
	6/1/2024	394.21	0.00
	7/1/2024	314.60	0.00
	8/1/2024	339.45	0.00
	9/1/2024	127.06	0.00
	9/1/2024	180.39	0.00
	9/1/2024	253.35	0.00
	10/1/2024	332.78	0.00
	12/1/2024	323.95	33.03
	13/1/2024	297.45	50.68
	14/1/2024	281.87	23.53
	16/1/2024	301.87	0.00
	17/1/2024	298.75	0.00
	18/1/2024	320.64	0.00
	19/1/2024	224.20	0.00
	19/1/2024	100.63	0.00
	20/1/2024	43.06	0.00

20/1/2024	121.27	0.00
21/1/2024	63.68	0.00
23/1/2024	118.75	0.00
24/1/2024	174.33	0.00
25/1/2024	228.36	0.00
26/1/2024	251.58	0.00
26/1/2024	211.35	0.00
26/1/2024	0.00	0.00
27/1/2024	112.00	0.00

Tabla J.6. Registro del tiempo de flotación, absorción, alarmas y flags.

Tiempo de flotación, absorción, alarmas y flags.				
Fecha	Absorción (s)	Alarmas	Flags	Flotación (s)
14/12/2023	56.62	0.00	0.00	0.00
15/12/2023	68.65	0.00	0.00	0.00
15/12/2023	110.85	0.00	0.00	0.00
15/12/2023	154.81	0.00	0.00	0.00
15/12/2023	189.4	0.00	0.00	0.00
16/12/2023	222.81	0.00	0.00	0.00
16/12/2023	257.98	0.00	0.00	0.00
16/12/2023	293.16	0.00	0.00	0.00
16/12/2023	331.26	0.00	0.00	0.00
17/12/2023	368.16	0.00	0.00	0.00
17/12/2023	389.61	0.00	0.00	0.00
18/12/2023	352.87	0.00	0.00	0.00
18/12/2023	414.40	0.00	0.00	0.00
19/12/2023	461.30	0.00	0.00	0.00
19/12/2023	503.77	0.00	0.00	0.00
20/12/2023	526.42	0.00	0.00	0.00
20/12/2023	462.41	0.00	0.00	0.00



21/12/2023	380.64	0.00	0.00	0.00
21/12/2023	406.39	0.00	0.00	0.00
21/12/2023	433.05	0.00	0.00	0.00
22/12/2023	454.13	0.00	0.00	0.00
22/12/2023	484.90	0.00	0.00	0.00
23/12/2023	497.88	0.00	0.00	0.00
24/12/2023	473.49	0.00	0.00	0.00
25/12/2023	521.41	0.00	0.00	0.00
25/12/2023	499.45	0.00	0.00	0.00
27/12/2023	478.01	0.00	0.00	0.00
28/12/2023	468.53	0.00	0.00	0.00
29/12/2023	439.29	0.00	0.00	0.00
29/12/2023	404.58	0.00	0.00	0.00
29/12/2023	384.64	0.00	0.00	0.00
30/12/2023	517.38	0.00	0.00	0.00
30/12/2023	481.12	0.00	0.00	0.00
31/12/2023	440.05	0.00	0.00	0.00
1/1/2024	417.73	0.00	0.00	0.00
1/1/2024	383.63	0.00	0.00	0.00
2/1/2024	470.08	0.00	0.00	0.00
2/1/2024	507.00	0.00	0.00	0.00
2/1/2024	540.41	0.00	0.00	0.00
3/1/2024	572.64	0.00	0.00	0.00
3/1/2024	623.63	0.00	0.00	0.00
4/1/2024	603.55	0.00	0.00	0.00
5/1/2024	569.62	0.00	0.00	0.00
5/1/2024	541.70	0.00	0.00	0.00
5/1/2024	521.53	0.00	0.00	0.00
6/1/2024	619.78	0.00	0.00	0.00

7/1/2024	595.34	0.00	0.00	0.00
8/1/2024	594.46	0.00	0.00	0.00
8/1/2024	623.13	0.00	0.00	0.00
8/1/2024	203.62	0.00	0.00	0.00
8/1/2024	177.83	0.00	0.00	0.00
8/1/2024	152.03	0.00	0.00	0.00
8/1/2024	118.02	0.00	0.00	0.00
8/1/2024	384.98	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	255.21	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	222.38	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	326.74	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	300.94	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	278.08	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	462.75	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	436.96	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	413.51	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	508.48	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	485.62	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	354.48	0.00	0.00	0.00
9/1/2024	542.47	0.00	0.00	0.00
10/1/2024	587.00	0.00	0.00	0.00
11/1/2024	599.96	0.00	0.00	0.00
12/1/2024	569.50	0.00	0.00	0.00
13/1/2024	561.07	0.00	0.00	0.00
14/1/2024	582.44	0.00	0.00	0.00
15/1/2024	574.03	0.00	0.00	0.00
17/1/2024	601.74	0.00	0.00	0.00
18/1/2024	578.74	0.00	0.00	0.00
18/1/2024	540.90	0.00	0.00	0.00

18/1/2024	503.97	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	470.54	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	444.75	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	418.95	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	393.15	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	367.36	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	341.56	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	307.55	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	282.92	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	169.16	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	137.50	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	251.24	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	222.70	0.00	0.00	0.00
19/1/2024	196.91	0.00	0.00	0.00
20/1/2024	116.37	0.00	0.00	0.00
20/1/2024	66.16	0.00	0.00	0.00
20/1/2024	74.42	0.00	0.00	0.00
22/1/2024	91.76	0.00	0.00	0.00
23/1/2024	113.66	0.00	0.00	0.00
25/1/2024	135.77	0.00	0.00	0.00
26/1/2024	143.31	0.00	0.00	0.00
26/1/2024	113.75	0.00	0.00	0.00
26/1/2024	59.20	0.00	0.00	0.00
26/1/2024	80.91	0.00	0.00	0.00
27/1/2024	0.00	0.00	0.00	0.00
27/1/2024	76.83	0.00	0.00	0.00

## ANEXO K

## Cálculo del error del sistema

Tabla K.7. Cálculo del error para el voltaje de salida a las baterías.

26/1/2024				
Ítem	Tiempo	FLUKE 376FC	TS-MPPT-60	% error
		Tensión (V)	Tensión (V)	
1	10:24:51	57.00	57.08	0.14
2	10:24:52	57.00	57.08	0.14
3	10:24:53	57.00	57.08	0.14
4	10:24:54	57.10	57.08	-0.04
5	10:24:55	57.10	57.08	-0.04
6	10:24:56	57.00	57.08	0.14
7	10:24:57	57.00	57.08	0.14
8	10:24:58	57.00	57.08	0.14
9	10:24:59	57.00	57.08	0.14
10	10:25:00	57.00	57.08	0.14
11	10:25:01	57.00	57.08	0.14
12	10:25:02	57.10	57.08	-0.04
13	10:25:03	57.10	57.08	-0.04
14	10:25:04	57.10	57.08	-0.04
15	10:25:05	57.10	57.08	-0.04
16	10:25:06	57.10	57.08	-0.04
17	10:25:07	57.10	57.08	-0.04
18	10:25:08	57.10	57.08	-0.04

19	10:25:09	57.10	57.08	-0.04
20	10:25:10	57.10	57.08	-0.04
21	10:25:11	57.10	57.08	-0.04
22	10:25:12	57.10	57.08	-0.04
23	10:25:13	57.00	57.08	0.14
24	10:25:14	57.10	57.08	-0.04
25	10:25:15	57.10	57.08	-0.04
26	10:25:16	57.00	57.08	0.14
27	10:25:17	57.00	57.08	0.14
28	10:25:18	57.00	57.08	0.14
29	10:25:19	57.10	57.08	-0.04
30	10:25:20	57.10	57.08	-0.04

Tabla K.8. Cálculo del voltaje de entrada del panel hacia el regulador.

26/1/2024				
Ítem	Tiempo	FLUKE 376FC	TS-MPPT-60	% error
		Tensión (V)	Tensión (V)	
1	10:35:11	60.10	60.19	0.15
2	10:35:12	60.10	60.19	0.15
3	10:35:13	60.10	60.19	0.15
4	10:35:14	60.20	60.21	0.02
5	10:35:15	60.20	60.21	0.02
6	10:35:16	60.20	60.21	0.02
7	10:35:17	60.20	60.23	0.05

8	10:35:18	60.20	60.23	0.05
9	10:35:19	60.20	60.23	0.05
10	10:35:20	60.20	60.25	0.08
11	10:35:21	60.20	60.25	0.08
12	10:35:22	60.20	60.25	0.08
13	10:35:23	60.20	60.27	0.12
14	10:35:24	60.20	60.27	0.12
15	10:35:25	60.20	60.27	0.12
16	10:35:26	60.20	60.29	0.15
17	10:35:27	60.20	60.29	0.15
18	10:35:28	60.20	60.29	0.15
19	10:35:29	60.30	60.30	0.00
20	10:35:30	60.30	60.30	0.00
21	10:35:31	60.30	60.30	0.00
22	10:35:32	60.30	60.32	0.03
23	10:35:33	60.30	60.32	0.03
24	10:35:34	60.30	60.32	0.03
25	10:35:35	60.30	60.35	0.08
26	10:35:36	60.30	60.35	0.08
27	10:35:37	60.30	60.35	0.08
28	10:35:38	60.30	60.36	0.10
29	10:35:39	60.30	60.36	0.10
30	10:35:40	60.30	60.36	0.10

ANEXO L

Reporte de estado del regulador

1 de 2

Morningstar Corp. TriStar MPPT Setup Summary

Printed on 26/1/2024 11:17:11

Mode: Solar Charge

Setpoints (set the System Voltage with DIP switches 2 3):

Regulation Voltage: 14.00 V (12V), 28.00 V (24V), 56.01 V (48V)

Temperature Compensation: -0.030 V/degC (12V), -0.060 V/degC (24V), -0.121 V/degC (48V)

Max. Compensation Temp.: 80 deg C

Min. Compensation Temp.: -30 deg C

Absorption Time: 2:30:00 h:m:s

Absorption Ext. Voltage: 12.50 V (12V), 25.00 V (24V), 50.01 V (48V)

Absorption Ext. Time: 3:00:00 h:m:s

Battery Service Reminder: disabled days

Float Voltage: 13.50 V (12V), 27.00 V (24V), 54.01 V (48V)

Float Timeout: 1:00:00 h:m:s

Float Cancel Voltage: 12.30 V (12V), 24.60 V (24V), 49.20 V (48V)

Equalize Voltage: disabled V

HVD: 14.50 V (12V), 29.00 V (24V), 58.01 V (48V)

HVDR: 13.80 V (12V), 27.60 V (24V), 55.20 V (48V)

Maximum Regulation Limit: 0.00 V

Maximum Battery Current: 80.00 A

Array Voltage Fixed Target: disabled V

LED G -> G/Y: 13.30 V (12V), 26.60 V (24V), 53.20 V (48V)

LED G/Y -> Y: 13.00 V (12V), 26.00 V (24V), 52.01 V (48V)

LED Y -> Y/R: 12.65 V (12V), 25.30 V (24V), 50.60 V (48V)

LED Y/R -> R: 12.00 V (12V), 24.01 V (24V), 48.01 V (48V)

Meterbus ID: 1

Modbus ID: 1

Controller name: TSMPPPT

ANEXO L

Reporte de estado del regulador

2 de 2

DHCP enabled: true  
HTTP TCP Port: 80  
Modbus TCP Port: 502  
IP Bridging Enabled: false  
Ethernet Power Save Mode: false  
SMTP server:  
SMTP server port: 0  
SMTP username:  
SMTP password:  
SMTP "To" email address:  
SNMP Trap Receiver IP: 0.0.0.0  
SNMP Trap Receiver port: 162  
SNMP sysLocation:  
Notif. 1 enabled: false  
Notif. 2 enabled: false  
Notif. 3 enabled: false  
Notif. 4 enabled: false  
Log Max Daily Va: true  
Log Max Daily Pout: false  
Log Daily Ah Charge: true  
Log Daily Wh Charge: true  
Log Daily Battery Temp.: false  
Log Daily Regulation Times: true



ANEXO L

Manual de usuario

**MANUAL DE USUARIO**



**SOFTWARE MSVIEW**

## 1. Especificación del software.

El software MSView de Morningstar es una aplicación diseñada específicamente para interactuar con los productos de control de carga solar y otros dispositivos de energía renovable fabricados por Morningstar Corporation. Este software tiene varias funciones clave orientadas a mejorar la configuración, el monitoreo, y la gestión de los sistemas de energía solar.

## 2. Instalación del MSView.

- **Descarga el Software:** Ve al sitio web oficial de Morningstar y localiza la sección de descargas para encontrar el software MSView. Descarga la versión más reciente que sea compatible con tu sistema operativo.

Descargue su versión del software MSView a continuación y vea los requisitos, las notas de la versión y los videos instructivos en esta página:

[MSVIEW-1.6.44.0](#) > (para todos los productos Morningstar excepto [TSMPPPT-600V con firmware anterior a v.19])

[MSVIEW-1.5.22.0](#) > (para [TSMPPPT-600V con firmware anterior a v.19])

MSView es una aplicación de software basada en Windows que permite a los usuarios conectarse a productos Morningstar compatibles para habilitar:

Registro de datos diarios y en tiempo real y pantallas gráficas

- Corrientes y voltajes de matriz/batería/carga
- Estados de carga y carga
- Temperaturas de la batería y del disipador de calor
- Fallos y alarmas

Programación de ajustes personalizados

- Absorción, flotación y equalización de carga, voltaje y tiempo.
- Activar/desactivar flotación y equalización
- LVD/LVR

control en tiempo real

- Activar/desactivar cargas y cargas
- Iniciar o detener la equalización
- Borrar fallos y alarmas
- Borrar contadores Ah/Wh
- Restablecer control
- Restablecer la configuración predeterminada de fábrica
- Alternancia de canal del controlador de retransmisión

Setpoint	12 V	24 V	units
Regulation Voltage	14.10	28.20	V
Float Voltage	13.50	27.00	V
Time Before Float	20.00	20.00	hr:ms
Time Before Float (low battery)	2.00.00	2.00.00	hr:ms
Float Low Battery Threshold	0.00	0.00	V
Float Cancel Threshold	0.00	0.00	V
Exit Float Timer	30.00	30.00	hr:ms
Equalize Voltage	disabled	disabled	V
Reference Charge Limit	disabled	disabled	V
Battery Current Limit	1.50	1.50	A
Temperature Compensation	-0.000	-0.000	V/degC
High Voltage Disconnect	14.50	29.00	V
High Voltage Reconnect	13.45	26.91	V
Max charge reference	15.00	30.00	V
Max Temperature Compensation	80	80	degC
Min Temperature Compensation	-30	-30	degC
Battery Temperature Limit for 100%	disabled	disabled	degC

MSView es compatible con los siguientes productos Morningstar:

- TriStar MPPT 600V
- MPPT TriStar
- triestrella
- MPPT Prostar
- Prostar
- MPPT protector solar

Figura L.6. Características del software MSView

- **Instala el Software:** Una vez descargado, abre el archivo de instalación y sigue las instrucciones en pantalla para instalar MSView en tu PC. Esto generalmente incluye aceptar el acuerdo de licencia y seleccionar una carpeta de destino.



Figura L.7. Logo del software.

### 3. Preparación del Hardware

- Apaga el Dispositivo: Asegúrate de que el dispositivo de Morningstar que deseas conectar está apagado. Esto es importante para evitar cualquier daño potencial durante la conexión física.
- Conexión Física: Conecta el dispositivo Morningstar a tu PC usando el cable adecuado. Esto puede variar dependiendo del dispositivo específico de Morningstar que estés utilizando; algunos pueden requerir un cable USB, mientras que otros pueden necesitar un cable de serie (RS-232) o un adaptador USB a RS-232 si tu PC no tiene un puerto serie.

### 4. Configuración de la comunicación.

- Enciende el Dispositivo: Una vez que el dispositivo esté correctamente conectado a la PC, enciéndelo.
- Abrir MSView: Inicia el software MSView en tu PC.
- Selecciona el Dispositivo: En MSView, busca una opción para seleccionar o buscar dispositivos conectados. Esto puede estar bajo un menú de "Dispositivos", "Configuración", o "Conexión".

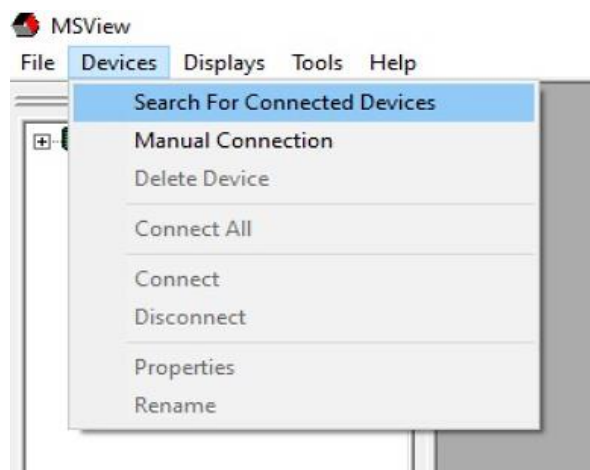


Figura L.8. Menú de opciones de conexión del software MSView.

- Establecer la Conexión: Sigue las instrucciones en MSView para establecer la conexión con tu dispositivo. Esto puede incluir seleccionar el puerto correcto al que está conectado tu dispositivo (por ejemplo, COM3) y ajustar cualquier configuración de comunicación necesaria.

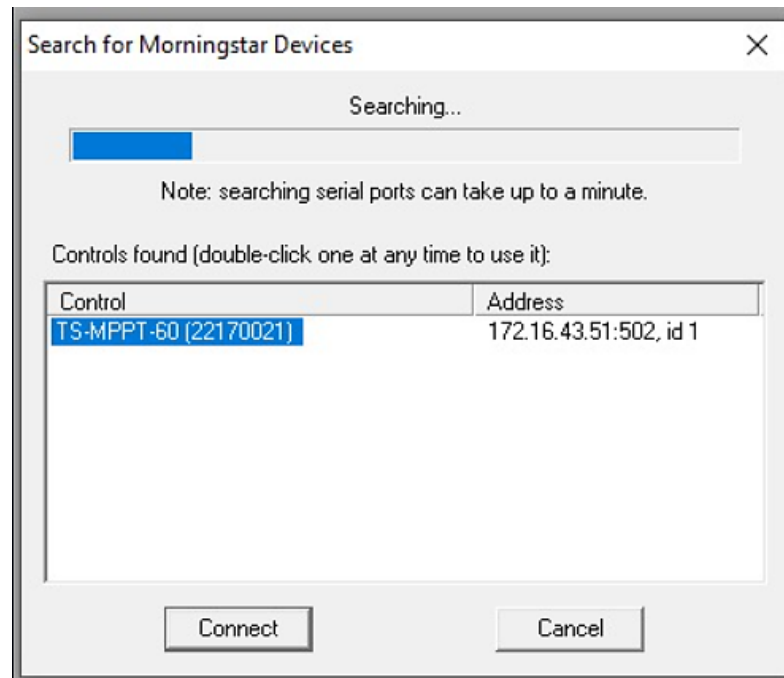


Figura L.9. IP de comunicación del regulador.

## 5. Verificación y Uso.

- Verifica la Conexión: Una vez que MSView indica que el dispositivo está conectado, verifica que puedes ver los datos del dispositivo y controlar sus configuraciones a través del software.

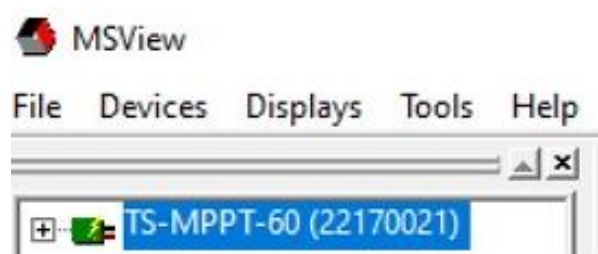


Figura L.10. Conexión del regulador al software.

- Explora MSView: Utiliza las diferentes funciones y herramientas ofrecidas por MSView para configurar, monitorear, o actualizar tu dispositivo de Morningstar.

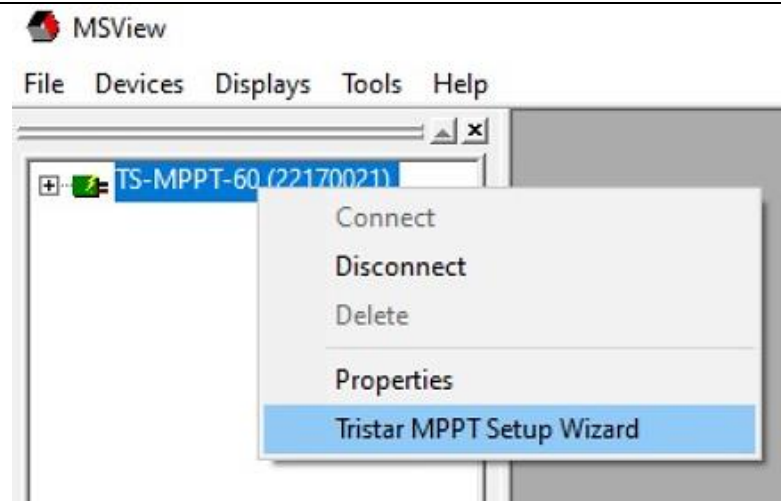


Figura L.11. Opciones de monitoreo del sistema.

### Consejos Adicionales

- Driver USB a RS-232: Si estás utilizando un adaptador USB a RS-232, asegúrate de tener instalado el driver correspondiente para que tu PC pueda comunicarse correctamente con el dispositivo.
- Soporte Técnico: Si encuentras problemas durante la instalación o la conexión, consulta el soporte técnico de Morningstar o los manuales de usuario para solucionar problemas específicos.
- Actualizaciones de Software: Mantén tu software MSView actualizado para aprovechar las últimas características y mejoras.
- Siguiendo estos pasos, podrás conectar y utilizar el software MSView con tu dispositivo Morningstar, facilitando la gestión y monitoreo de tus sistemas de energía solar.

### Precauciones

- Al conectar el dispositivo, tener en cuenta la dirección IP de este ya que si los dominios no coinciden no se realizará una conexión efectiva.
- Para realizar cambios en el dispositivo es necesario realizar una desconexión de energía la cual previene daños en los componentes.