



# **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 DE ENERGÍA PRODUCIDA EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 560W PARA LA OBTENCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA**

**Autor:**

Moscoso Villarroel Carlos Miguel

**Tutor Académico:**

Ing. M. Sc Cruz Panchi Luis Rolando

Latacunga – Ecuador

2023



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Moscoso Villarroel Carlos Miguel** portador del número de cedula **050345986-9**, declaro ser autor de la Propuesta Tecnológica: “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE ENERGÍA PRODUCIDA EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 560W PARA LA OBTENCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA**”, siendo el MSc. Ing. Cruz Panchi Luis Rolando tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 1 de marzo del 2023.

.....

**Moscoso Villarroel Carlos Miguel**

C.C. 050345986-9



## **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 DE ENERGÍA PRODUCIDA EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 560W PARA LA OBTENCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA”**, del ponente Moscoso Villarroel Carlos Miguel, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicha Propuesta Tecnológica cumple con los requisitos metodológicos y aporte científico-técnicos suficiente para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 1 de marzo del 2023.

.....  
**MSc. Ing. Cruz Panchi Luis**  
**C.C. 050259517-6**



## 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 CIYA; por cuanto, el postulante **MOSCOSO VILLARROEL CARLOS MIGUEL**, con el título de Proyecto de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE ENERGÍA PRODUCIDA EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 560W PARA LA OBTENCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para sersometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 1 de marzo del 2023.

Para constancia firman:

.....  
Lector 1 (presidente)  
CC:

.....  
Lector 2  
CC: .....

.....  
Lector 3  
CC: .....



## **AVAL DE IMPLEMENTACION**

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 DE ENERGÍA PRODUCIDA EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 560W PARA LA OBTENCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA”**. El postulante **Moscoso Villarroel Carlos Miguel**, 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. M. Sc Gallardo Molina Cristian Fabián

C.I. 050284769-2

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE  
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

## **AGRADECIMIENTO**

## **DEDICATORIA**

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DEIMPLEMENTACION.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	3
2.2. EL PROBLEMA .....	5
2.2.1. Planteamiento del problema.....	5
2.2.2. Formulación del problema .....	5
2.2.3. Esquema de Ishikawa .....	5
2.3. BENEFICIARIOS .....	6
2.4. JUSTIFICACIÓN .....	6
2.5. OBJETIVOS.....	7
2.5.1. General .....	7
2.5.2. Específicos.....	7
2.6. VARIABLES DE ESTUDIO.....	7
2.6.1. Variable independiente.....	7
2.6.2. Variable dependiente.....	8
2.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADO.....	8
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	9
3.1. ANTECEDENTES.....	9
3.2. MARCO REFERENCIAL.....	11
3.2.1. Definiciones Eléctricas .....	11
3.2.2. Radiación solar.....	11
3.3. ENERGIA SOLAR .....	12
3.5. CELULA FOTOVOLTAICA.....	14
3.6. PANEL FOTOVOLTAICO.....	15
3.7. CURVA CARACTERISTICA .....	15
3.8. ESTACION FOTOVOLTAICA.....	17

3.9. PARAMETROS DE UNA CELULA SOLAR.....	18
3.10. HORA SOLAR PICO (HSP).....	19
3.11. ENERGÍA FOTOVOLTAICA .....	19
3.12. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	19
3.13. FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA EN EL PANEL FV .....	22
3.14. MEDIDORES DE IRRADIANCIA.....	22
3.15. CELDAS FV PARA MEDIR IRRADIANCIA.....	23
3.15.1. Calibración de celdas FB para medir irradiancia .....	23
3.16. Pérdidas de energía en una estación fotovoltaica.....	24
3.16.1. Pérdidas por cableado.....	25
3.16.2. pérdidas por reflexión.....	25
3.16.3. pérdidas por sombreado.....	26
3.16.4. pérdidas por Resistencia interna .....	26
3.16.5. Pérdidas por temperatura ambiente.....	27
3.16.6. Pero y 10 por suciedad o contaminación .....	27
3.16.7. Pérdidas en el inversor .....	27
3.17. Sistemas de adquisición de datos .....	28
3.18. Sensores.....	30
3.19. Equipos master.....	30
3.20. Bus de comunicación .....	31
3.20.1. Modbus.....	32
3.20.2. Bus rs 485.....	33
3.21. OPC.....	34
3.22. Software scada.....	35
3.23. HMI.....	36
4. Desarrollo de la propuesta.....	36
4.1. Metodología.....	36
4.2. METODOS DE INVESTIGACIÓN .....	35
4.2.1. Bibliográfico .....	35
4.2.2. De campo .....	35
4.2.3. Método inductivo.....	35
4.2.4. Método deductivo .....	39
4.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....	36
4.3.1. Técnicas de observación.....	36
4.3.2. Técnicas de medición.....	36
4.4. Instrumentos .....	39

4.4.1. Sensor met Rs 485 .....	40
4.4.2. Medidor de tensión y corriente MTR 25 .....	41
4.4.3. TRH16-RS485 .....	42
4.4.4. Gestor energético PV monitor m .....	44
4.4.5. Powerstudio scada.....	47
4.4.6. Cable de comunicación rs-485 .....	49
4.4.7. Panel solar Simax SP636-140 .....	50
4.5. DISEÑO DEL EXPERIMENTO.....	51
4.5.1. Transmisión en el sistema .....	53
4.5.2. Conexión de los equipos TRH16 Y MTR-25 .....	53
4.5.3. Conexión RS 485 para bus de comunicación .....	54
4.5.4. Conexión del sensor de temperatura datasol met rs 485 .....	54
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	56
5.1. RESULTADOS .....	56
5.1.2. Ecuaciones para cálculo de eficiencia energética .....	58
5.1.3. Ecuaciones para cálculo pérdidas .....	59
5.1.4. Análisis de resultados de potencia .....	61
5.1.5. Análisis de temperatura.....	62
5.1.6. Análisis de resultados de eficiencia .....	63
5.1.7. Análisis de resultados de pérdidas de energía.....	64
5.2. IMPACTOS.....	66
5.2.2. Impacto económico .....	70
5.3. Presupuesto.....	71
5.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	67
5.4.1. Conclusiones.....	67
5.4.2. Recomendaciones .....	68
6. BIBLIOGRAFÍA .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Matriz causa - efecto .....	5
Figura 3.1: Radiación Solar .....	12
Figura 3.2: Energía solar .....	14
Figura 3.3: El átomo de silicio y sus niveles de energía.....	15
Figura 3.4: Panel solar.....	16
Figura 3.5: Curva característica del máximo punto de potencia de un panel fotovoltaico .....	17
Figura 3.6: Curvas características I-V y P-V de una celda fotovoltaica.....	18
Figura 3.7: Efectos de la temperatura e irradiancia en una celda fotovoltaica .....	19
Figura 3.8: Planta fotovoltaica.....	20
Figura 3.9: Equipos de un sistema de adquisición de datos .....	29
Figura 3.10: Bus de comunicación.....	32
Figura 3.11: Comunicación modbus .....	33
Figura 3.12: Ejemplo de comunicación OPC .....	35
Figura 4.1: Diagrama de flujo del proceso implementación del sistema de adquisición de datos .....	37
Figura 4.2: Direcciones para configurar comunicación .....	46
Figura 4.3: Aplicación para prestación en PowerStudio .....	52
Figura 4.4: Pantalla para monitorización de variables .....	52
Figura 4.5: Modelo practico de proyecto .....	56
Figura 4.6: Esquema que muestra la conexión del sistema en el modelo experimental.....	58
Figura 4.7: Conexión de medidores de corriente y voltaje .....	59
Figura 4.8: Conexión del bus de comunicación de TRH-16 y Equipo maestro.....	60
Figura 4.9: Conexión Rs-485 entre Datasol Met - Pv Monitor.....	61
Figura 5.1: Pantalla de datos emitidos en tiempo real.....	62
Figura 5.2: Pantalla de variables emitidas en tiempo real .....	63
Figura 5.3: Potencia generada en la estación FV .....	66
Figura 5.4: Temperatura medida con sonda PT100 .....	67
Figura 5.5: Eficiencia de energía producida.....	69
Figura 5.6: Pérdidas de energía.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Sistema de tareas en relación con los objetivos.....	8
Tabla 4.2: Características técnicas de SENSOR MET RS-485 .....	40
Tabla 4.3: Datos técnicos del sensor Met .....	41
Tabla 4.4: Medidos de voltaje y corriente M/tr-25.....	42
Tabla 4.5: Datos del medidor de voltaje y corriente.....	42
Tabla 4.6: Datos técnicos del TRH-16 .....	43
Tabla 4.7: Direcciones del equipo en la comunicación Modbus.....	44
Tabla 4.8: Datos del Analizador.....	44
Tabla 4.9: Tabla técnica del PV-Monitor-M.....	45
Tabla 4.10: Datos del gestor PV Monitor.....	45
Tabla 4.11: Equipos necesarios para sistema en función de PV Monitor.....	46
Tabla 4.12: Tabla de relación de bornes en el equipo PV MONITOR.....	46
Tabla 4.13: Comunicación RS-485 PV-Monitor-M.....	47
Tabla 4.14: Tabla técnica de software Powerstudio scada.....	47
Tabla 4.15: tabla informativa del software Powerstudio .....	48
Tabla 4.16: Direcciones utilizadas en la comunicación del protocolo Modbus.....	50
Tabla 4.17: Direcciones del equipo en la comunicación Modbus.....	51
Tabla 4.18: Datos del conductor rs-485.....	54
Tabla 4.19: Datos del panel solar Simax .....	55
Tabla 5.20: Datos de potencia generada .....	66
Tabla 5.21: Datos de Temperatura ambiente .....	68
Tabla 5.22: Datos de eficiencia.....	69
Tabla 5.23: Datos de porcentaje de pérdidas .....	70
Tabla 5.24: Costos directos de la propuesta tecnológica.....	72

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

**TÍTULO:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE ENERGÍA PRODUCIDA EN UNA ESTACIÓN FOTOVOLTAICA DE 560W PARA LA OBTENCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA”

**Autor:**

Moscoso Villarroel Carlos Miguel

**RESUMEN**

Los factores ambientales como la temperatura, la suciedad y las sombras. Así como las pérdidas en los componentes eléctricos, pueden afectar a la eficiencia de un sistema fotovoltaico, proporcionar una instalación óptima resultaría en la prevención de la mayoría de las pérdidas. Para obtener las pérdidas de un sistema fotovoltaico, se puede implementar un sistema de adquisición de datos de energía solar. La presente propuesta tecnología tiene como objetivo la implementación de un sistema de adquisición de datos de energía para la obtención de las pérdidas, mediante la instalación de equipos que midan la radiación, temperatura ambiente, temperatura propia de la célula, voltaje y corriente de los paneles fotovoltaicos, así como se utilizará el software PowerStudio SCADA que permitirá mediante el diseño de un HMI la visualización de la producción energética de su operatividad en tiempo real. El estudio surge por el desconocimiento de las pérdidas de energía que se genera en una estación fotovoltaicas, por lo cual se ha visto la necesidad de utilizar dispositivos eléctricos que ayuden a visualizar los datos de energía generados. La metodología utilizada es de carácter aplicativo con el uso de los métodos bibliográficos, estudio de campo inductivo y deductivo. Los resultados obtenidos durante su operación nos ha dado que las pérdidas en el sistema de generación eléctrica en el primer día fue un promedio de 92,71%, en segundo día fue un promedio de 93,61%, para el tercer día el promedio de pérdidas fue de 93,14%. Después de haber realizado las pruebas de campo durante tres días con puntos temporales definidos evaluaron el porcentaje de pérdidas del sistema. Los resultados muestran que hay un porcentaje promedio de 93,15% de pérdidas en el sistema durante su estudio.

**Palabras Clave:** Pérdidas, Energía, Temperatura.

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

**TITLE:** "Implementation of an Energy Data Acquisition System in a 560W Photovoltaic Station for Energy Loss Analysis"

**Author**

Moscoso Villarroel Carlos Miguel

**ABSTRACT**

**KEYWORDS:**

Environmental factors such as temperature, dirt, and shadows, as well as losses in electrical components, can affect the efficiency of a photovoltaic system. Achieving an optimal installation would result in preventing most of the losses. To quantify the losses of a photovoltaic system, a solar energy data acquisition system can be implemented. The aim of this proposed technology is the implementation of an energy data acquisition system to determine the losses by installing equipment that measures radiation, ambient temperature, cell temperature, voltage, and current of the photovoltaic panels. Additionally, the PowerStudio SCADA software will be used, allowing the visualization of energy production and real-time operation through the design of an HMI. The study arises from the lack of knowledge about the energy losses that occur in photovoltaic stations, which is why there is a need to use electrical devices to visualize the generated energy data.

The methodology used is application-based, employing bibliographic methods, inductive and deductive field studies. The results obtained during its operation have shown that the losses in the electrical generation system were an average of 92.71% on the first day, 93.61% on the second day, and for the third day, the average loss was 93.14%. After conducting field tests for three days at defined time points, the system's loss percentage was evaluated. The results show an average loss percentage of 93.15% in the system during its study.

Keywords: Losses, Energy, Temperature.

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título:**

Implementación de un sistema de adquisición de datos de energía producida en una estación fotovoltaica de 560W para la obtención de las pérdidas de energía.

**Fecha de inicio:** abril del 2022

**Fecha de finalización:** julio del 2023

### **Lugar de ejecución:**

Zona 3, parroquia Eloy Alfaro. barrio san Felipe, Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi, Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

### **Carrera que auspicia:**

Carrera de Ingeniería Electromecánica

### **Equipo de Trabajo:**

Tutor del proyecto de investigación

Nombre: Ing. Luis Rolado Cruz Panchi. MSc.

Correo electrónico: [luis.cruz@utc.edu.ec](mailto:luis.cruz@utc.edu.ec)

Coordinador uno del proyecto de investigación

Nombre: Moscoso Villarroel Carlos Miguel

Correo electrónico: [carlos.moscoso9@utc.edu.ec](mailto:carlos.moscoso9@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.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

El proyecto estriba en la extracción de datos de energía producida en una estación fotovoltaica para poder determinar sus variantes y conocer el porcentaje de pérdidas en el sistema.

La generación de energía mediante sistemas fotovoltaicos ha experimentado una expansión significativa en las últimas décadas, propiciada por la búsqueda de fuentes energéticas limpias y sostenibles (Razykov et al., 2011). A lo largo de la investigación en este campo, se ha subrayado la importancia de la monitorización y adquisición de datos en los sistemas fotovoltaicos para una comprensión más profunda de su rendimiento y comportamiento (Chen et al., 2020; Di Leo et al., 2022). La creciente adopción de la energía solar fotovoltaica como fuente de generación de energía ha generado un enfoque renovado en la monitorización y adquisición de datos en sistemas fotovoltaicos. Autores como García et al. (2017) han destacado cómo esta tecnología puede contribuir a la optimización y el análisis en tiempo real del rendimiento de los paneles solares, lo que resulta esencial para garantizar la eficiencia y la confiabilidad de la generación de energía.

La monitorización y adquisición de datos en sistemas fotovoltaicos resultan esenciales para evaluar la producción energética y el funcionamiento de los paneles solares en tiempo real (Santos et al., 2018). Esta tecnología ha sido empleada en diversos contextos, abarcando tanto sistemas de gran envergadura como instalaciones más pequeñas, con el objetivo de recabar información precisa sobre la generación de energía y los posibles factores de pérdida. En este contexto, la implementación de sistemas de adquisición de datos ha demostrado ser una herramienta fundamental. En el contexto de la adquisición de datos en sistemas fotovoltaicos, Martínez et al. (2019) han enfocado su investigación en la implementación de sistemas de monitoreo que permitan una evaluación precisa de la producción energética en condiciones cambiantes. Su enfoque en la detección de pérdidas energéticas y desgastes en los paneles solares resalta la importancia de un sistema de adquisición de datos robusto para la detección temprana de problemas y el mantenimiento proactivo.

La necesidad de integrar la adquisición de datos con la gestión y el control de sistemas fotovoltaicos ha sido explorada por autores como Wang et al. (2018). Han investigado cómo la retroalimentación en tiempo real proporcionada por los sistemas de adquisición de datos puede influir en la toma de decisiones, permitiendo ajustes precisos en la operación de los paneles solares y optimizando la producción de energía en función de las condiciones ambientales.

En el ámbito de sistemas de menor capacidad, como estaciones fotovoltaicas de 560W, la implementación de sistemas de adquisición de datos se presenta como un área de interés en constante desarrollo. La efectividad de estos sistemas radica en su capacidad para recopilar datos en tiempo real relacionados con la producción energética y otros parámetros relevantes (Marini et al., 2019). A través de esta monitorización detallada, se puede obtener una visión completa del rendimiento de los paneles solares y las variaciones en la producción de energía. La implementación de sistemas de adquisición de datos implica la integración de sensores, adquirentes y software de registro que permitan la recopilación y almacenamiento eficiente de los datos (Guler et al., 2015). Investigadores como López et al. (2020) han estudiado la implementación de sistemas de monitoreo y adquisición de datos en entornos descentralizados, resaltando cómo la recopilación de datos en sistemas de menor escala puede contribuir a la mejora general de la eficiencia y a la identificación de patrones de generación y consumo.

En esta área, los desarrollos tecnológicos y la evolución de los protocolos de comunicación han jugado un papel crucial, facilitando la transmisión de datos y la visualización de la información en tiempo real. La monitorización y adquisición de datos en sistemas fotovoltaicos continúan siendo un área de investigación dinámica y relevante. La optimización y el análisis en tiempo real del rendimiento, la detección temprana de problemas y la integración con sistemas de gestión son aspectos esenciales explorados por diversos autores. La adquisición de datos también ha evolucionado con la tecnología, aprovechando las ventajas de la conectividad internet y abriendo nuevas posibilidades para el monitoreo eficiente de sistemas fotovoltaicos.

La implementación de sistemas de adquisición de datos en sistemas fotovoltaicos ha sido un enfoque de investigación y desarrollo constante. La capacidad de recopilar y registrar datos sobre la producción energética y otros parámetros clave ha demostrado ser valiosa para la comprensión del rendimiento y el comportamiento de los paneles solares en diversos entornos. Los avances en la tecnología de sensores y comunicación continúan contribuyendo al refinamiento y la eficacia de estos sistemas en la captura y análisis de datos energéticos.

## **2.2. EL PROBLEMA**

### **2.2.1. Planteamiento del problema**

La eficacia de un panel solar denota la proporción de energía solar que recibe en su superficie y se transforma en electricidad. Los avances recientes en tecnología de células solares han incrementado la eficacia de conversión promedio de paneles del 15% alrededor del 20%, generando un aumento en la potencia nominal de paneles estándar, de 240-260W a 300-330W. La potencia nominal de salida de paneles solares, medida en watts (W), se calcula en condiciones de prueba estándar, considerando una temperatura de celda de 25°C. No obstante, en aplicaciones reales, la temperatura de la celda suele superar los 25°C debido a factores como la temperatura ambiente, la hora del día y la radiación solar. Por lo general, la temperatura de la celda excede en unos 25-35°C a la temperatura ambiente, ocasionando una disminución de alrededor del 8-14% en la potencia total, dependiendo del tipo de célula fotovoltaica utilizada.[1]

La eficiencia del coeficiente de rendimiento se estima en aproximadamente un 61 %. Esto implica que alrededor del 39 % de la energía irradiada durante el período analizado no se ha aprovechado debido a diferentes factores como pérdidas en el cableado, pérdidas térmicas o posibles fallos en componentes. En esta situación, el coeficiente de rendimiento actúa como un indicador crucial, motivando un análisis más detallado de la instalación fotovoltaica, permitiendo medidas como la limpieza de los módulos fotovoltaicos o la reparación y sustitución de componentes con problemas.[2]

### **2.2.2. Formulación del problema**

Carecer de un sistema para la adquisición de datos que permita obtener las pérdidas de energía en una estación fotovoltaica de 560W.

### **2.2.3. Esquema de Ishikawa**

En la figura 2.1 se observa el diagrama causa efecto del problema. En la cual se aprecia que el problema que objeta la investigación es la falta de conocimiento y equipamiento para determinar las pérdidas que generan los sistemas fotovoltaicos, esto para determinar los factores mal aprovechados de la energía solar. Otra de las líneas de investigación del problema son las condiciones meteorológicas, ambientales y la falta de registro de datos para su análisis debido a la falta de equipos de comunicación y monitoreo para determinar las pérdidas de energía en la estación

fotovoltaica, las cuales son producidas por efectos ambientales como la radiación solar, temperatura, orientación, apantallamiento de las nubes, captación de energía de los módulos fotovoltaicos entre otros, siendo estos los factores que obstaculizan el correcto funcionamiento en el sistema y aprovechamiento en el sistema.

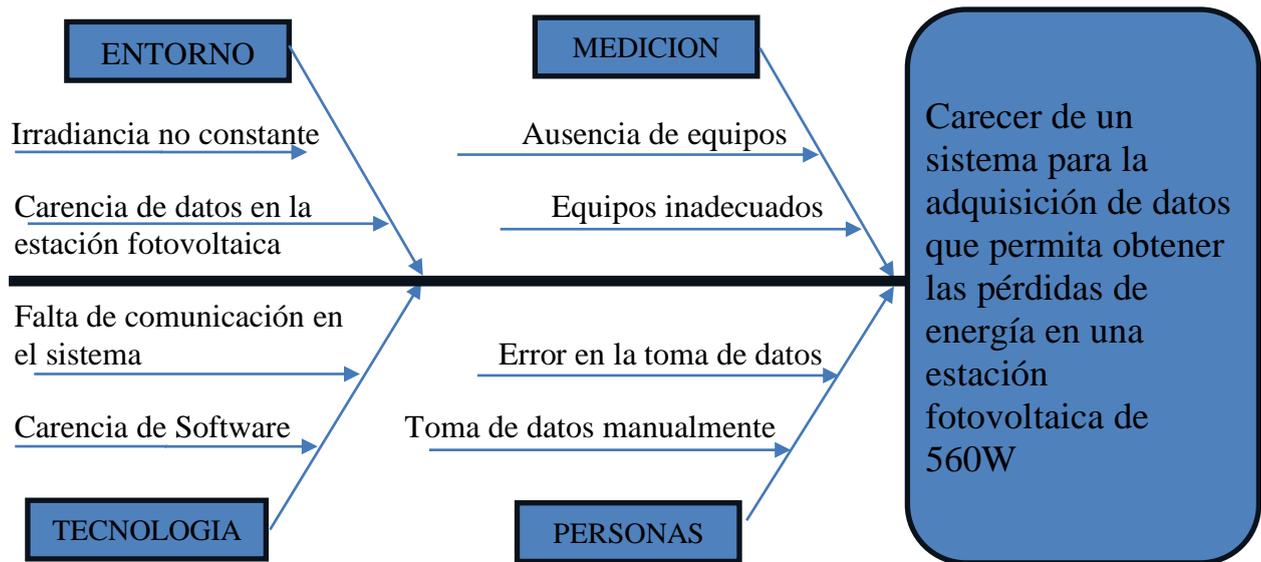


Figura 2.1: Matriz causa - efecto

### 2.3. BENEFICIARIOS

**Beneficiario directo:**

El postulante de la propuesta tecnológica.

**Beneficiarios indirectos:**

Los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica

### 2.4. JUSTIFICACIÓN

La propuesta será implementar un sistema de adquisición de datos para cálculo de pérdidas en una estación fotovoltaica de autoconsumo de 560Wp, esta cuenta con equipos encargados de monitorear los diferentes parámetros como el voltaje, potencia eléctrica, irradiancia, temperatura ambiente y temperatura en los paneles fotovoltaicos, con estos parámetros se calculara las pérdidas en el sistema, la salida de voltaje de los paneles cuenta con una potencia de 140Wp cada uno, esta puede variar dependiendo del tipo de panel que se esté manejando, el porcentaje total contara con un

sistema de protección, canalización y conductor adecuado para su estudio. Con este precedente analizará la utilización de energía fotovoltaica. La energía solar fotovoltaica se ha convertido en una alternativa altamente relevante y sostenible en el panorama energético actual. Sin embargo, para maximizar su eficiencia y rentabilidad, se hace necesario abordar el tema de las pérdidas en una estación fotovoltaica. La obtención de datos precisos sobre estas pérdidas se vuelve fundamental para identificar las áreas de mejora y potenciar el rendimiento de estas instalaciones. Actualmente, existen desafíos en la medición y evaluación de las pérdidas en las estaciones fotovoltaicas. Estos desafíos radican, en gran medida, en la falta de un sistema adecuado de adquisición de datos. Por lo tanto, es necesario implementar un sistema de adquisición de datos que permita recopilar información en tiempo real sobre las pérdidas presentes en una estación fotovoltaica. El objetivo de esta tesis es abordar esta problemática y contribuir al campo de la energía solar y la eficiencia energética. A través del diseño y desarrollo de un sistema de adquisición de datos, se pretende proporcionar una herramienta eficaz para la obtención de información relevante sobre las pérdidas en una estación fotovoltaica. Este estudio sobre un sistema de adquisición de datos para la obtención de pérdidas en una estación fotovoltaica aborda un desafío tecnológico en el campo de la energía solar. Contribuirá a la identificación de pérdidas de las instalaciones fotovoltaicas.

## **2.5. OBJETIVOS**

### **2.5.1. General**

Implementar un sistema de adquisición de datos de energía producida en una estación fotovoltaica de 560W para la obtención de las pérdidas de energía.

### **2.5.2. Específicos**

- Buscar información sobre la obtención de pérdidas de energía mediante sistemas para adquisición de datos de energía que se produce en instalaciones fotovoltaicas.
- Implementar un sistema que permita obtener variables como temperatura ambiente, voltaje, corriente e irradiancia, acompañado de un HMI que permita visualizarlas.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema implementado con instrumentos de medida.
- Calcular el porcentaje de pérdida en puntos temporales definidos utilizando ecuaciones.

## **2.6. VARIABLES DE ESTUDIO**

**2.6.1. Variable independiente:** Implementación del sistema de adquisición de datos de energía producida en la estación fotovoltaica de 560W

**2.6.2. Variable dependiente:** Pérdidas de energía en la estación fotovoltaica.

**2.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADO**

<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>ACTIVIDAD (TAREAS)</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>TÉCNICAS, MEDIOS E INSTRUMENTOS</b>
<p>Buscar información sobre la obtención de pérdidas de energía mediante sistemas para adquisición de datos de energía que se produce en instalaciones fotovoltaicas</p>	<p>Reconocer el principio fundamental de operación en los sistemas fotovoltaicos.</p>	<p>Establecer la condición presente de los sistemas fotovoltaicos.</p>	<p>Investigación de sistemas fotovoltaicos y adquisición de datos de energía</p>
	<p>Identificar variables que permitan obtener la eficiencia en la generación FV.</p>	<p>Variables: Voltaje, corriente, irradiancia, temperatura.</p>	<p>Investigación de campo sobre eficiencia energética y sus variables</p>
	<p>Investigar sobre equipos para adquisición de datos de energía</p>	<p>Identificación de sensores, gestores, Analizadores, etc.</p>	<p>Búsqueda sobre sistemas de adquisición de datos e identificación de equipos</p>
<p>Implementar un sistema que permita obtener variables como temperatura ambiente, voltaje, corriente e irradiancia, acompañado de un HMI que permita visualizarlas.</p>	<p>Implementar equipos para adquisición de datos de energía</p>	<p>Implementación de Pv Monitor, Datasol-Met, Sonda pt-100</p>	<p>Montaje y sujeción de equipos</p>
	<p>Comunicar los equipos de adquisición de datos</p>	<p>Comunicación mediante bus rs-485 y Ethernet entre equipos.</p>	<p>Conexión de equipos mediante cable trenzado de comunicación RS-485 y cable de comunicación Ethernet</p>
	<p>Diseñar un Interfaz Hombre-Maquina.</p>	<p>Visualización de interfaz para presentación de variables.</p>	<p>Diseño de pantalla para presentación de variables energía mediante el software PowerStudio Scada</p>

Realizar pruebas de funcionamiento del sistema implementado con instrumentos de medida	Revisar la conexión de equipos del sistema de adquisición de datos	Conexión de equipos optima.	Revisión visual del sistema para asegurar las mediciones
	Verificar la comunicación de los equipos	Comunicación óptima para funcionamiento	Comprobación de disponibilidad de equipos mediante software PowerStudio Scada
	Realización de mediciones de referencia utilizando equipos alternos.	Obtención de variables de corriente y voltaje	Comparación de las mediciones utilizando pinza amperimétrica y voltímetro frente a las mediciones del sistema.
Calcular el porcentaje de pérdida en puntos temporales definidos utilizando ecuaciones	Emplear una ecuación que permita calcular el porcentaje de pérdidas de energía en función de los datos adquiridos por el sistema implementado.	porcentaje de pérdida del sistema	cálculo basado en una ecuación específica.

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1. ANTECEDENTES

En los últimos cinco años, ha habido un creciente interés en el campo de la energía renovable, particularmente en la energía solar fotovoltaica. La creciente conciencia sobre la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de los combustibles fósiles ha impulsado la adopción de tecnologías sostenibles, como la energía solar.

En el ámbito de la energía solar fotovoltaica, el incremento constante de la demanda energética y la búsqueda de alternativas más limpias y sostenibles han impulsado el desarrollo y la implementación de sistemas fotovoltaicos a nivel global. A medida que estos sistemas se vuelven más prominentes en la matriz energética, surge la necesidad de optimizar su rendimiento y minimizar las pérdidas que

pueden afectar su eficiencia y capacidad de generación.[3]

La eficiencia de los paneles solares, que se refiere a la cantidad de energía solar convertida en electricidad, ha sido objeto de mejoras significativas gracias a avances tecnológicos en las células solares. En la última década, la eficiencia promedio de conversión ha aumentado del 15% al 20% e incluso más, lo que ha llevado a un aumento en la potencia nominal de salida de los paneles solares estándar. Sin embargo, este aumento en la eficiencia no está exento de desafíos, ya que las variaciones de temperatura y la radiación solar pueden influir en el rendimiento real de los paneles solares, lo que resulta en pérdidas de energía.

La temperatura es un factor crítico que afecta el rendimiento de los paneles solares. Aunque las pruebas de potencia nominal se realizan a una temperatura de celda de 25°C, en condiciones reales la temperatura de la celda puede aumentar considerablemente debido a la radiación solar y las condiciones ambientales. Se ha observado que, por cada 1°C de aumento en la temperatura de la celda, puede haber una reducción de hasta el 0.5% en la eficiencia de conversión. Esta relación inversa entre temperatura y eficiencia puede llevar a pérdidas sustanciales en la generación de energía.[4]

La monitorización y adquisición de datos en sistemas fotovoltaicos han surgido como soluciones para abordar estas pérdidas. Investigadores han desarrollado sistemas de monitoreo que permiten obtener mediciones en tiempo real de parámetros como la temperatura de la celda, la radiación solar, la corriente y la tensión. Al analizar estos datos, es posible identificar patrones y tendencias que influyen en el rendimiento del sistema, como los efectos de la temperatura y la irradiancia.

En este contexto, se han realizado investigaciones específicas sobre la implementación de sistemas de adquisición de datos en estaciones fotovoltaicas para evaluar la producción de energía y analizar las pérdidas asociadas. Se realizó un estudio en el que se diseñó e implementó un sistema de monitoreo y adquisición de datos inalámbrico en un sistema fotovoltaico. Mediante la integración de dispositivos como Raspberry Pi y Arduino Nano, se logró la captura y análisis en tiempo real de parámetros eléctricos y ambientales. Los resultados de este estudio resaltaron la importancia de la monitorización precisa para identificar y minimizar las pérdidas energéticas.[5]

Además, Randy Mikha (2019) propuso una metodología de monitorización de sistemas fotovoltaicos orientada a módulos individuales. Mediante un circuito electrónico de baja potencia, se tomaban medidas parciales de la curva I-V de los módulos de manera continua. Esta metodología

permitía obtener información relevante de cada módulo para determinar su estado y optimizar los procesos de mantenimiento, reduciendo las pérdidas de potencia y prolongando la vida útil de los módulos.[6]

La implementación de sistemas de monitoreo y adquisición de datos en sistemas fotovoltaicos ha evolucionado para abordar las pérdidas de energía causadas por factores como la temperatura y la irradiancia. Investigaciones han demostrado que la monitorización en tiempo real y la obtención precisa de datos pueden contribuir significativamente a mejorar el rendimiento y la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, alineándose con el crecimiento sostenible y la transición hacia fuentes de energía más limpias y eficientes.[7]

## **3.2. MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1. Definiciones Eléctricas**

**Potencia.** – La potencia eléctrica es una medida de la cantidad de energía eléctrica que se consume o se genera por unidad de tiempo.

**Irradiancia.** - Es la cantidad de energía radiante que llega a una superficie por unidad de área y tiempo. La irradiancia se mide en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) y es una medida importante en campos como la energía solar, la meteorología y la física de la radiación.

### **3.2.2. Radiación solar**

La energía radiante, conocida también como radiación solar, se conceptualiza como energía transferida por el sol hacia una superficie cualquiera. La mencionada energía se traslada en forma de ondas, que al chocar con materia libran energía. Esta reacción se manifiesta debido a sus propiedades magnéticas y eléctricas, definidas como ondas electromagnéticas. [8]

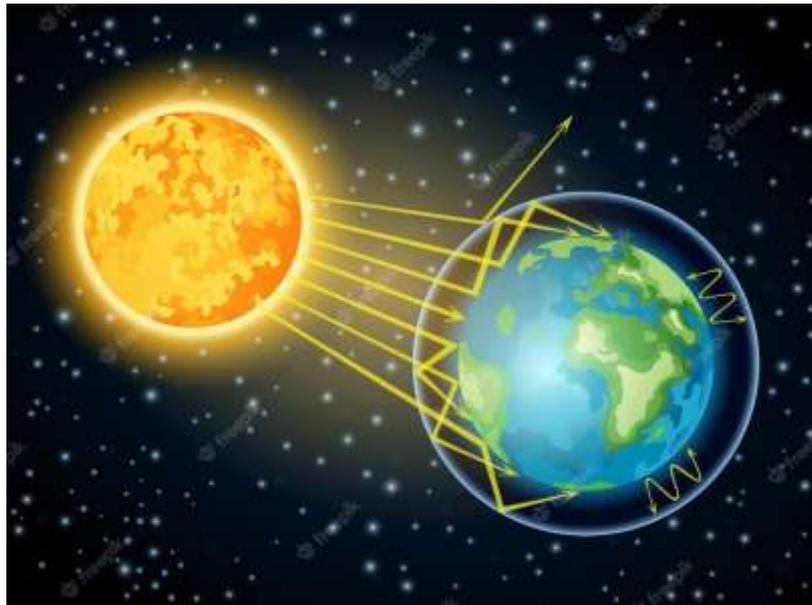
La radiación electromagnética se origina del sol, se constituye en la fuente de energía más abundante apto para cubrir las necesidades energéticas del planeta.

El sol irradia su potencia a la Tierra un promedio de 64 millones  $W/m^2$ . Es decir que la energía originada por el sol en forma de radiación abastece el consumo energético durante un año en todo el planeta y esto en menos de una hora.[8]

La principal fuente para utilizar la energía solar de forma directa es aprovechada mediante sistemas fotovoltaicos. En este tipo de sistemas, la radiación solar se convierte en un voltaje haciendo uso de los paneles solares, a este fenómeno se lo conoce como efecto fotoeléctrico,

descubierto por Einstein.

La radiación solar es un parámetro fundamental para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos. Esta radiación varía geográficamente debido a condiciones climatológicas. Por este motivo, se vuelve relevante contar con un sistema que permita monitorizar la radiación solar de un sitio para poder diseñar óptimamente un sistema fotovoltaico. [9]



**Figura 3.1:** Radiación Solar

### **3.3.ENERGIA SOLAR**

Es considerada como el origen de energía más abundante del mundo, es renovable, factor importante para el planeta, al reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles, altamente contaminantes. Además, ayuda al desarrollo sustentable, disminuye la contaminación y reduce el impacto ambiental.[10]

La energía solar es superior a las necesidades energéticas de la población del planeta, produce los ciclos biofísicos, químicos y geofísicos que permite la vida en la tierra, los ciclos del oxígeno, del carbono, del agua y del clima. La energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energías renovables. La energía solar es aprovechada de forma pasiva, sin la utilización de ningún dispositivo, y de forma activa, asimilando energía térmica o generando electricidad, mediante colectores solares térmicos y paneles fotovoltaicos.

Comprende a la radiación electromagnética conformada por un grupo de longitudes de onda, en la que su velocidad de propagación es de  $3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>. El sol produce energía mediante reacciones nucleares de fusión, que se desarrollan en su núcleo, el origen de la energía proviene

del desgaste de masa del sol, que se transforma en energía en base a la ecuación establecida por Einstein,  $E = mc^2$ , siendo E la cantidad de energía liberada al desaparecer la masa m, entendiendo que c es la velocidad de la luz.

La energía solar no llega a tierra de forma equitativa, cambia según la hora del día y la inclinación estacional del globo terráqueo respecto al sol, depende del movimiento de la tierra en las zonas de la superficie del planeta, y a la absorción de la radiación solar de la atmosfera, entre otras.

La captación de energía solar por medio de módulos fotovoltaicos transforma en energía eléctrica la misma que permanecerá durante millones de años. Se precisa como aquella proveniente de la radiación del sol. Nos alcanza a través de radiación electromagnética para ser utilizada en la obtención de energía eléctrica y térmica. Para este objetivo se necesita manejar paneles solares, los cuales atraen la radiación para transformarla en energía útil de consumo humano.[11]

### **3.4.ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

La Energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo, en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m<sup>2</sup> en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia. La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar. Sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de los elementos atmosféricos y terrestres.

La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones. La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1354 W/m<sup>2</sup> (que corresponde a un valor máximo en el perihelio

de 1395 W/m<sup>2</sup> y un valor mínimo en el afelio de 1308 W/m<sup>2</sup>)[11]

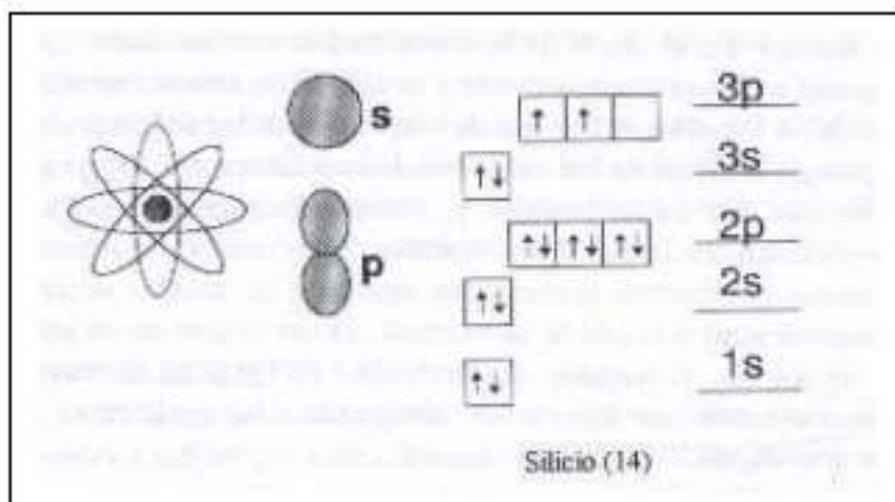


**Figura 3.2:** Energía Solar

### 3.5.CELULA FOTOVOLTAICA

En la figura 2.1 Las células fotovoltaicas modernas están fabricadas de unos materiales con propiedades electrónicas específicas que denominaremos semiconductores. Las células fotovoltaicas funcionan gracias a algunas de esas propiedades que es necesario conocer para adquirir una buena comprensión del funcionamiento de una célula solar. Aunque la teoría atómica es complicada, sabemos que los electrones que se encuentran orbitando alrededor del núcleo atómico no pueden tener cualquier energía sino solamente unos valores determinados, que denominaremos niveles energéticos, a los que se le pone nombre: 1s, 2s, 2p, 3s, etc. En el caso del Silicio, la última capa, la número 3, posee cuatro electrones y faltan también cuatro electrones para completarla. Cuando los átomos de Silicio se unen unos a otros comparten los electrones de las últimas capas con los átomos vecinos formando lo que se denomina enlaces covalentes, muy estables y fuertes. Estas agrupaciones se llevan a cabo de forma ordenada dando lugar a un sólido de estructura cristalina. De la misma forma que los electrones en un átomo no pueden tener

cualquier energía, los electrones en un cristal tampoco pueden tomar cualquier energía. Sin embargo, lo que antes, en el átomo, era un único nivel, ahora, son agrupaciones de niveles llamadas bandas de energía. Y de la misma forma que los últimos niveles energéticos en un átomo definen las propiedades químicas del átomo, las últimas bandas de energía definen las propiedades electrónicas de un cristal. Las dos últimas bandas ocupadas (total o parcialmente por electrones) reciben el nombre de banda de conducción (para la más energética) y banda de valencia.[12]



**Figura 3.3:** El átomo de Silicio y sus niveles de energía

### 3.6.PANEL FOTOVOLTAICO

Un panel solar, también conocido como módulo fotovoltaico, es un dispositivo semiconductor que convierte la energía luminosa del sol directamente en electricidad utilizando el efecto fotovoltaico. Este proceso se basa en el comportamiento de ciertos materiales, principalmente el silicio, que al ser expuestos a la radiación solar liberan electrones, generando una corriente eléctrica.

El componente esencial del panel solar es la célula fotovoltaica, que está compuesta por capas de materiales semiconductores dopados con diferentes cargas eléctricas. Cuando la luz solar incide sobre la célula fotovoltaica, los fotones de la luz son absorbidos por los átomos del material semiconductor, lo que provoca que los electrones se liberen de sus átomos de origen y generen una corriente eléctrica.

Los paneles solares se utilizan ampliamente en sistemas fotovoltaicos para producir electricidad a pequeña y gran escala. Estos sistemas pueden ser instalados en edificaciones residenciales, comerciales o industriales, así como en plantas de energía solar a gran escala. Además, también

se emplean en aplicaciones más pequeñas, como linternas solares, cargadores de dispositivos electrónicos y sistemas de riego, entre otros.

La eficiencia de un panel solar se mide por su capacidad para convertir la luz solar en electricidad utilizable. Los avances tecnológicos han permitido mejorar la eficiencia de los paneles solares a lo largo del tiempo, lo que ha llevado a una mayor adopción de esta fuente de energía renovable en todo el mundo.

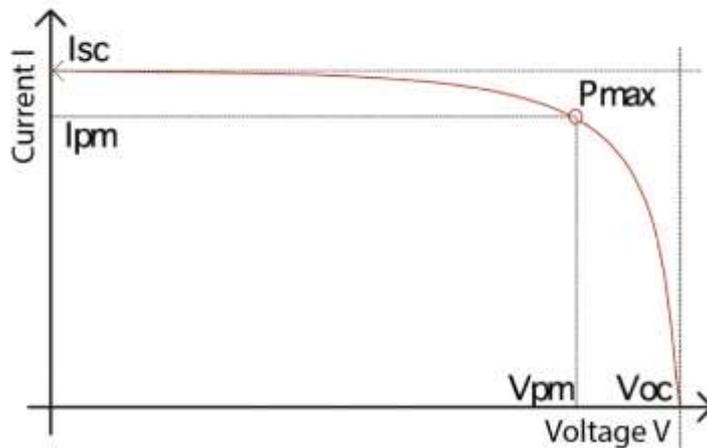
Cabe destacar que la instalación y uso de paneles solares presentan numerosos beneficios, como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la disminución de la dependencia de los combustibles fósiles y el ahorro en costos de energía a lo largo del tiempo.[13]



**Figura 3.4:** Panel Solar

### **3.7.CURVA CARACTERISTICA**

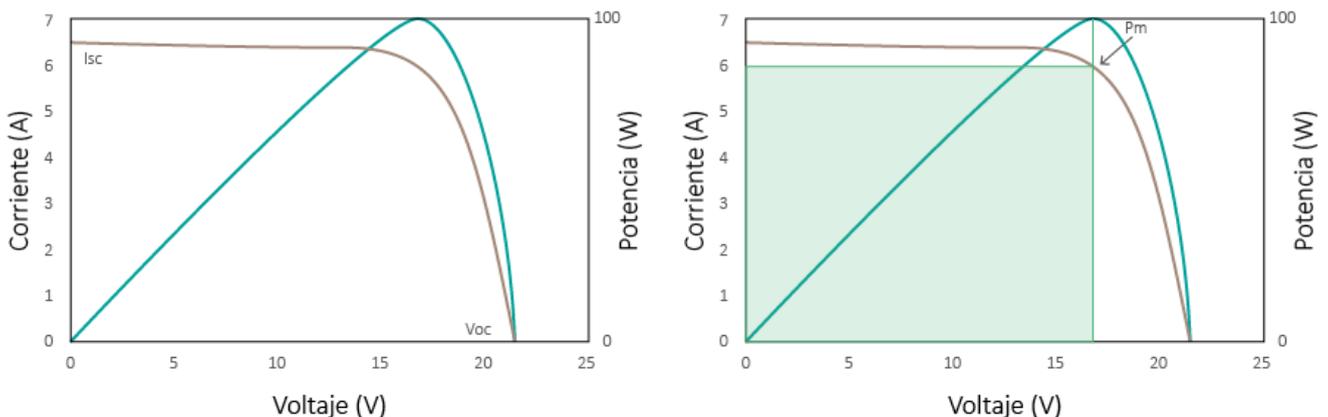
Los elementos más importantes en el análisis y caracterización de una celda fotovoltaica, módulo o conjunto de módulos fotovoltaicos (arreglos), son las curvas características de comportamiento del voltaje contra corriente (I-V) y voltaje contra potencia (P-V) y el máximo punto de potencia MPPT. Estas curvas poseen no linealidad, dada esta condición, existe un punto sobre la curva característica del panel, en el cual se puede obtener la máxima potencia. Por esto, es necesario contar con un circuito electrónico capaz de detectar y seguir el punto de máxima potencia generado por los paneles solares.[14]



**Figura 3.5:** Curva característica del máximo punto de potencia de un panel fotovoltaico[14]

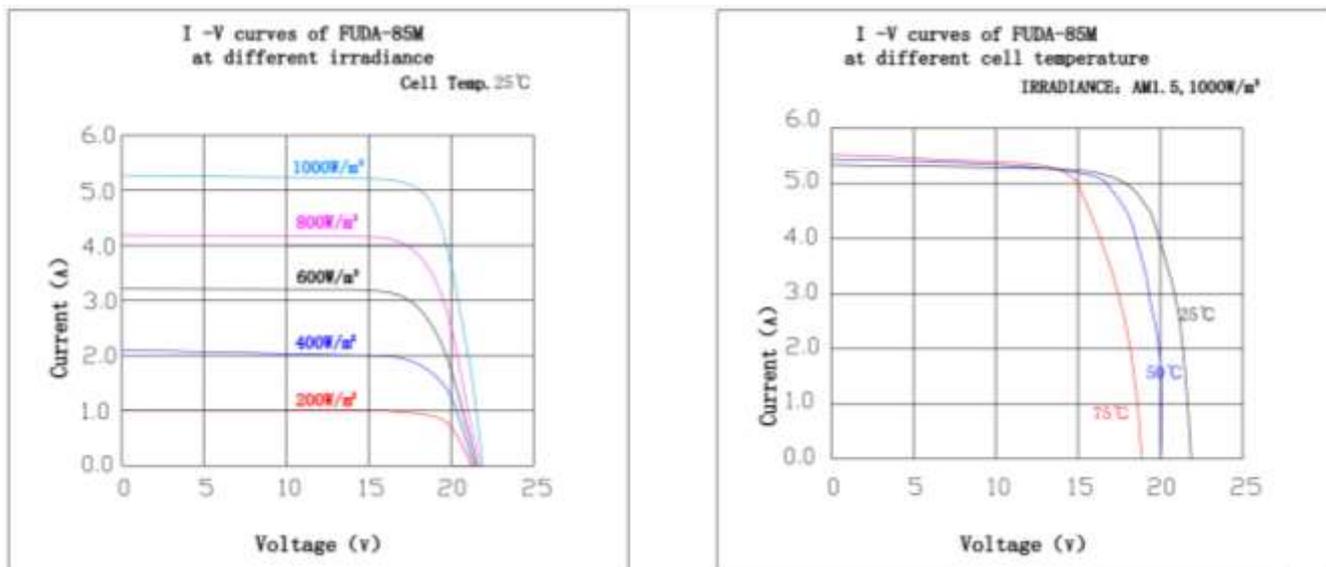
Las características de las curvas de corriente contra voltaje (I-V) de una celda solar irradiada se pueden observar en la figura 3.6. El rango de funcionamiento de una celda solar abarca desde  $V = 0$  ( $I_{sc}$  corriente de cortocircuito) hasta  $V_{oc}$  ( $I=0$  corriente de circuito abierto), exclusivamente en estos dos puntos, la celda no provee potencia eléctrica.  $V_{oc}$  representa la máxima voltaje proporcionado por la celda a corriente cero (sin carga o en vacío), mientras que  $I_{sc}$  representa la máxima corriente disponible con voltaje cero (carga en cortocircuito). Para  $V < 0$  la celda consume potencia para generar una fotocorriente, la cual da inicio a la emisión de luz. Las resistencias serie  $R_s$  como paralelo  $R_p$  deterioran la forma de la curva comparada con el rectángulo definido por los valores  $V_{oc}$  e  $I_{sc}$ . Para obtener celdas eficientes se requiere resistencia serie  $R_s < 1 \Omega$  y  $R_p > k\Omega$  teóricamente.

### CURVA I-V (MARRÓN) Y CURVA P-V (AZUL)



**Figura 3.6:** Curvas características I-V y P-V de una celda fotovoltaica.[15]

La corriente generada por una celda fotovoltaica es directamente proporcional a la irradiancia  $G$ , incidente en dicha celda, ya que un  $G=1000 \text{ w/m}^2$  generará una corriente cercana a la corriente de máxima potencia  $I_{mpp}$ , sin embargo, una  $G=500 \text{ w/m}^2$  generará aproximadamente el 50% de  $I_{mpp}$ , presentando para motivos de análisis una relación lineal con respecto a la irradiancia, lo cual no sucede con el voltaje de la celda, el cual se ve mínimamente afectado por la disminución de la irradiancia. Las curvas características de la celda fotovoltaica se ven afectadas a partir de los  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura estándar), el módulo pierde voltaje a razón aproximada de  $83 \text{ mV}$  por cada grado centígrado que aumente la temperatura de la celda, por lo tanto, el módulo pierde potencia a razón aproximada de  $0.5\%$  por grado centígrado que aumente la temperatura de la celda, ver figura 3.7.



**Figura 3.7:** Efectos de la temperatura e irradiancia en una celda fotovoltaica.[16]

### 3.8.ESTACION FOTOVOLTAICA

Una planta fotovoltaica es una instalación de generación de energía eléctrica a partir de la luz solar utilizando paneles solares fotovoltaicos. Estas plantas están diseñadas para captar la radiación solar y convertirla directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico, el cual se basa en el fenómeno de liberación de electrones por la incidencia de fotones de luz en ciertos materiales semiconductores, como el silicio.

Las plantas fotovoltaicas se componen de una gran cantidad de paneles solares que se instalan en estructuras fijas o seguidores solares que permiten maximizar la captación de luz solar durante el

día. Estos paneles están conectados en serie y paralelo para formar matrices que generan electricidad en corriente continua (CC). Luego, la electricidad producida es convertida a corriente alterna (CA) mediante inversores, haciéndola apta para su distribución y uso en el sistema eléctrico.

Las plantas fotovoltaicas pueden tener diferentes escalas, desde pequeñas instalaciones residenciales hasta grandes proyectos a nivel de red eléctrica. Los grandes parques fotovoltaicos se desarrollan en áreas extensas con alta radiación solar y suelen estar conectados a la red eléctrica para suministrar energía a comunidades y ciudades.

El rendimiento y eficiencia de una planta fotovoltaica están influenciados por varios factores, como la ubicación geográfica, la inclinación y orientación de los paneles solares, el tipo y calidad de los paneles utilizados, así como el mantenimiento adecuado de la instalación. Estas plantas representan una fuente de energía renovable y sostenible, ya que aprovechan una fuente inagotable de energía, no generan emisiones de gases de efecto invernadero durante su operación y contribuyen a reducir la dependencia de los combustibles fósiles.[17]



**FIGURA 3.8:** Planta fotovoltaica

### **3.9.PARAMETROS DE UNA CELULA SOLAR**

Los parámetros de funcionamiento de una celda solar son los que a continuación se detallan: La corriente de corto circuito,  $I_{sc}$ . Es la corriente que se obtiene de la celda cuando la tensión en sus bornes es de cero voltios; es la máxima corriente que se puede obtener de la celda. La tensión de circuito abierto,  $V_{oc}$ . Es la tensión para que los procesos de recombinación igualan a los de generación y, por lo tanto, la corriente que se extrae de la celda es nula; constituye la máxima tensión que se puede extraer de una celda solar.[18]

### 3.10. HORA SOLAR PICO (HSP)

Conocido como Hora Solar Pico, es aquella unidad que permite medir la irradiación solar, frecuentemente utilizado para realizar cálculos fotovoltaicos. De forma sencilla el HSP es la cantidad de energía solar que recibe  $1\text{m}^2$  de superficie.

La unidad hsp, equivale a  $1[\text{kWh}/\text{m}^2]$  o realizado su respectiva conversión equivale a  $3.6[\text{Mj}/\text{m}^2]$ , con esto podremos saber la capacidad que genera un panel solar por día. La hora solar pico se obtiene midiendo la irradiación global por  $1000\text{ W}/\text{m}^2$ , como muestra la ecuación (3.1):

$$\text{HSP} = \frac{\text{Irradiación Global}}{1000\text{ W}/\text{m}^2} \quad (3.1)$$

Donde,

HSP= Hora solar Pico [ horas]

Irradiación Global= valor de la irradiación global [ $\text{kW}/\text{m}^2$ ]

$1000\text{ W}/\text{m}^2$ = unidad equivalente de la hora solar pico [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

### 3.11. ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Una de las aplicaciones más comunes de la energía solar fotovoltaica es la producción de energía eléctrica para su inyección en la red eléctrica convencional. Estos sistemas, denominados sistemas fotovoltaicos de conexión a red, pueden emplear sistemas de seguimiento para maximizar la producción o bien optar por estructuras estáticas para reducir costes y ocupación de terreno.[17]

### 3.12. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética es un concepto que se refiere a la utilización eficiente de la energía para realizar una determinada tarea o actividad. Consiste en maximizar los resultados deseados, ya sea en forma de trabajo realizado o servicios brindados, minimizando al mismo tiempo la cantidad de energía consumida. La eficiencia energética se puede aplicar en diversos sectores, como el industrial, el residencial, el transporte y el comercial.

El objetivo principal de la eficiencia energética es reducir el consumo de energía sin comprometer la calidad o la comodidad. Esto implica utilizar tecnologías y prácticas que permitan aprovechar al máximo la energía, evitando pérdidas innecesarias y optimizando los procesos. Al mejorar la

eficiencia energética, se pueden obtener beneficios significativos, como la reducción de costos, la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y la mitigación del impacto ambiental.[19]

### **3.13. FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA EN EL PANEL FV**

En la última década se han desarrollado investigaciones para identificar los factores que afectan el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos, con el fin de mitigar sus efectos y lograr mejoras significativas en términos de eficiencia para este tipo de sistemas. Dichos factores se clasifican en propios o externos de acuerdo con su naturaleza, de operación o de entorno respectivamente. Variaciones climáticas, alta temperatura de la célula solar y exposición al medio ambiente, por ejemplo, pueden afectar el rendimiento de los paneles solares considerablemente.[20]

### **3.14. MEDIDORES DE IRRADIANCIA**

Se centra en los dispositivos que miden la radiación solar, esencial para evaluar la energía solar aprovechable. Se utilizan dos tipos principales de sensores: piranómetros térmicos y celdas fotovoltaicas (FV). Los piranómetros térmicos capturan la radiación solar mediante un disco negro dentro de una cúpula de vidrio. Convierten la luz en una señal eléctrica proporcional a la radiación. Son precisos en distintos ángulos y en un rango específico de longitudes de onda.

Las celdas FV, en cambio, transforman directamente la luz en corriente eléctrica, pero su respuesta no es uniforme y se ve influenciada por nubes y otros factores. Se diseñan para medir la radiación útil para la generación de electricidad en módulos FV. El análisis compara las incertidumbres en la medición entre ambos tipos de sensores. Las celdas FV resultan más precisas en el espectro relevante para los dispositivos FV, crucial para estimar la generación de energía solar. Dado el aumento de instalaciones solares en países en desarrollo, un grupo en Argentina busca mejorar las mediciones desarrollando celdas FV calibradas de manera similar a los módulos FV. Esto reduciría incertidumbres y aumentaría la precisión en las proyecciones de generación solar. [21]

### **3.15. CELDAS FV PARA MEDIR IRRADIANCIA**

Las celdas fotovoltaicas (FV) para la medición de irradiancia son dispositivos diseñados para cuantificar la radiación solar incidente en un área determinada. Aprovechan el efecto fotovoltaico para generar una señal eléctrica proporcional a la cantidad de luz solar que incide sobre ellas. Estas celdas se utilizan para monitorear la radiación solar y evaluar el recurso solar disponible en aplicaciones de generación de energía eléctrica a partir de paneles solares. las celdas fotovoltaicas

para la medición de irradiancia son dispositivos que aprovechan el efecto fotovoltaico para generar señales eléctricas proporcionales a la radiación solar. Son valiosas herramientas para el monitoreo y evaluación de la energía solar disponible en diversas aplicaciones, incluyendo plantas solares, investigación y estaciones meteorológicas. Encapsulación: Las celdas FV para medición de irradiancia suelen estar encapsuladas en un material resistente y protector, similar a los módulos fotovoltaicos convencionales, para asegurar su durabilidad en condiciones ambientales adversas.

Características:

**Área de captación:** Tienen un área específica de captación de radiación solar, lo que determina su capacidad para convertir la energía luminosa en una señal eléctrica.

**Respuesta espectral:** Están diseñadas para responder en un rango específico de longitudes de onda, correspondiente a la radiación solar.

**Relación de corriente-voltaje:** La corriente generada por la celda es proporcional a la irradiancia, mientras que la tensión varía en función de la temperatura.

**Calibración:** Suelen requerir calibración para establecer una relación precisa entre la señal eléctrica generada y la irradiancia incidente.

### 3.15.1. Calibración de celdas fv para medir irradiancia

Este fragmento aborda la consideración de variaciones en la irradiancia debido a la temperatura en las celdas fotovoltaicas. Para este propósito, se utiliza la medición de la tensión de circuito abierto de una segunda celda FV, junto con los datos de temperatura obtenidos de manera similar a la celda de referencia (CP). Como se muestra en (3.2).

$$V_{oc} = V_{oc_{STC}} + \beta(T_c - T_{c_{STC}}) - m \cdot \frac{k \cdot T_c}{q} \cdot \ln\left(\frac{G_{STC}}{G}\right) \quad (3.2)$$

Se parte de (3.2) que representa cómo varía la tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) con la temperatura y la irradiancia. A través de manipulaciones matemáticas, se llega a una ecuación (3.4) para calcular la temperatura de la celda FV, permitiendo corregir su efecto sobre la irradiancia.

$$Voc = Voc_{STC} + \beta(Tc - 25) - m \cdot \frac{k \cdot (Tc + 273)}{q} \cdot \ln\left(\frac{G_{STC}}{G}\right) \quad (3.3)$$

$$Tc = \frac{Voc - Voc_{STC} + \beta \cdot 25 + m \cdot \frac{k \cdot 273}{q} \cdot \ln\left(\frac{G_{STC}}{G}\right)}{\left(\beta - m \cdot \frac{k}{q} \cdot \ln\left(\frac{G_{STC}}{G}\right)\right)} \quad (3.4)$$

Para emplear (3.4), se requieren valores de parámetros como  $\beta$  y  $Voc_{STC}$ . El índice de idealidad del diodo ( $m$ ) se estima en función de la tecnología de celda utilizada. El valor de  $\beta$  se determina a partir de otra ecuación (3.5) que involucra mediciones en diferentes estados.

$$(Voc_1 - Voc_2) + m \cdot \frac{k \cdot Tc}{q} \cdot \ln\left(\frac{G_2}{G_1}\right) = \beta \cdot (Tc_1 - Tc_2) \quad (3.5)$$

$$Voc_{STC} = Voc - \beta(Tc - Tc_{STC}) + m \cdot \frac{k \cdot Tc}{q} \cdot \ln\left(\frac{G_{STC}}{G}\right) \quad (3.6)$$

Luego, se aborda la determinación de la irradiancia incidente en la celda utilizando la corriente de cortocircuito. (3.7) muestra cómo la corriente de cortocircuito se relaciona con la irradiancia y la temperatura, mientras que (3.8) proporciona una fórmula para calcular la irradiancia en condiciones normales (1000 W/m<sup>2</sup>) considerando la corriente de cortocircuito y el coeficiente  $\alpha$ . [21]

$$I_{med} = \frac{G_{med}}{G_{STC}} I_{STC} (1 + \alpha \Delta T_c) \quad (3.7)$$

$$G_{med} = \frac{1000R}{Cn(1 + \alpha \Delta T_c)} \quad (3.8)$$

### 3.16. PERDIDAS DE ENERGIA EN UNA ESTACION FOTOVOLTAICA

Los fallos más recurrentes en los módulos fotovoltaicos (FV) están relacionados con puntos calientes y la rotura de la cubierta frontal de los módulos. La rotura de la cubierta puede ser causada por diversos factores como expansiones térmicas, defectos de fabricación, condiciones climáticas extremas como vientos fuertes y, en ocasiones, actos de vandalismo o robo. A pesar de esto, estos fallos tienen un impacto limitado en la operación de una instalación fotovoltaica de tamaño medio debido al gran número de módulos presentes. Detectar cuándo ocurren estos fallos

es complicado, ya que requeriría inspecciones visuales frecuentes en el campo solar, lo cual es inviable dada la extensión de algunas plantas. En una estación fotovoltaica, también conocida como planta solar fotovoltaica, se pueden producir pérdidas de energía en diferentes etapas del proceso de generación y conversión de la energía solar en electricidad. [22]

Algunas de las principales fuentes de pérdidas de energía en una estación fotovoltaica son las siguientes:

### **3.16.1. Pérdidas por Cableado**

Se registrarán de manera global los fallos que surjan en el cableado que une distintos grupos de módulos. Estos problemas suelen ser originados principalmente por causas como la actividad de roedores o el deterioro del revestimiento aislante. Por lo tanto, se agruparán bajo una misma categoría todos los tipos de defectos y rupturas que se detecten en los cables y conexiones presentes en el campo solar. Al igual que sucede con las incidencias en los módulos FV, la mayoría de los inconvenientes que afectan al cableado del campo solar tienen un impacto reducido en la instalación, a menos que se manifiesten en líneas principales. Además, se considerarán situaciones de robo, ya que se han documentado algunos casos de sustracción de cables debido a la presencia de cobre en su composición. [23]

### **3.16.2. Pérdidas por reflexión**

Una porción de la radiación solar que alcanza las celdas fotovoltaicas puede reflejarse en lugar de ser absorbida, lo que conlleva una pérdida de energía. Las pérdidas por reflexión en sistemas fotovoltaicos (FV) se refieren a la cantidad de radiación solar que es reflejada por la superficie de los paneles en lugar de ser absorbida y convertida en electricidad. Estas pérdidas ocurren debido a la propiedad reflectante de los materiales utilizados en los paneles solares y en las capas protectoras que los recubren. Cuando la luz solar incide sobre la superficie de un panel solar, parte de ella es reflejada de vuelta hacia el ambiente en lugar de ser absorbida por las celdas fotovoltaicas. Esto disminuye la cantidad de radiación efectiva que llega a las celdas y, por lo tanto, reduce la cantidad de energía eléctrica generada.

Para mitigar estas pérdidas por reflexión, se aplican capas antirreflejantes en la superficie de los paneles solares. Estas capas están diseñadas para reducir la cantidad de luz reflejada y aumentar la cantidad de luz absorbida por las celdas. Al minimizar la reflexión, se mejora la eficiencia global del sistema fotovoltaico y se maximiza la conversión de radiación solar en electricidad

utilizable.

### **3.16.3. Pérdidas por sombreado**

El bloqueo parcial o completo de las celdas fotovoltaicas debido a obstáculos como edificios, árboles o suciedad en los paneles puede disminuir la cantidad de energía generada. Las sombras en una o más celdas pueden afectar el rendimiento de todo el sistema. Dependiendo de la ubicación, es posible que plantas solares o edificios generen sombra sobre los paneles fotovoltaicos, lo que resulta en un sombreado temporal o permanente de dichos paneles. Además, la acumulación de suciedad, como polvo, polen o nieve, también puede causar sombreado en los paneles solares. Esta sombra reduce la cantidad de radiación solar que los paneles pueden captar, lo que a su vez disminuye la eficiencia de los paneles fotovoltaicos. Como consecuencia, el coeficiente de rendimiento de toda la instalación solar también se ve afectado negativamente.[22]

### **3.16.4. Pérdidas por resistencia interna**

Las celdas fotovoltaicas presentan una resistencia interna que puede resultar en caídas de tensión y pérdidas de energía. Estas pérdidas pueden estar relacionadas con el material y el diseño de las celdas, así como con las conexiones y los cables utilizados en el sistema. Cuando la luz solar incide en una celda solar, genera electrones que se mueven a través del material semiconductor de la celda para crear una corriente eléctrica. Sin embargo, en el proceso de flujo de electrones, se encuentra con resistencia interna en los materiales y conexiones, lo que provoca una caída de voltaje. Esta caída de voltaje reduce la cantidad de energía que se puede extraer de la celda solar y disminuye su eficiencia global. Las pérdidas por resistencia interna son más notables en sistemas fotovoltaicos con celdas solares de baja calidad, conexiones deficientes o cables de baja capacidad de conducción eléctrica. Estos factores aumentan la resistencia eléctrica total del sistema y generan una mayor caída de voltaje. Además, a medida que la temperatura aumenta, la resistencia interna también tiende a aumentar, lo que contribuye aún más a las pérdidas.

### **3.16.5. Pérdidas por temperatura ambiente**

La capacidad y eficiencia de una célula solar están condicionadas por diversos factores, y uno de ellos es la temperatura del módulo fotovoltaico. En situaciones de temperaturas bajas, el rendimiento del módulo solar es especialmente positivo. Por ejemplo, durante el invierno con cielos nublados, el módulo puede estar frío. Cuando la luz solar incide directamente en un módulo fotovoltaico frío en tales condiciones, su funcionamiento es eficiente, lo que podría llevar

a un breve aumento en su coeficiente de rendimiento. No obstante, a medida que pasa el tiempo, el módulo se calienta y su eficacia disminuye nuevamente. Durante su funcionamiento, las celdas fotovoltaicas pueden calentarse, lo que reduce su eficiencia. A medida que la temperatura aumenta, la producción de energía disminuye, ocasionando una pérdida de energía.[22]

### **3.16.6. Pérdidas por suciedad o contaminación**

La acumulación de suciedad, polvo o contaminantes en la superficie de los paneles solares puede disminuir la cantidad de luz solar que alcanza las celdas fotovoltaicas, lo que reduce la generación de energía. Las pérdidas por suciedad o contaminación en sistemas fotovoltaicos se refieren a la reducción en la eficiencia de conversión de energía solar en electricidad debido a la acumulación de suciedad, polvo, polen, hollín, hojas u otros tipos de contaminantes en la superficie de las celdas solares. Esta acumulación de suciedad puede bloquear parcial o totalmente la luz solar incidente y reducir la cantidad de energía que las celdas solares pueden convertir en electricidad.

Los contaminantes en la superficie de las celdas solares actúan como barreras que dificultan que la luz solar alcance las capas fotosensibles de los materiales semiconductores dentro de las celdas. Como resultado, la cantidad de electrones generados por la radiación solar disminuye, lo que reduce la corriente eléctrica generada y, por lo tanto, la potencia de salida del sistema fotovoltaico.[23]

### **3.16.7. Pérdidas en el inversor**

Durante la conversión de corriente continua generada por las celdas fotovoltaicas a corriente alterna utilizable, los inversores pueden sufrir ciertas pérdidas debido a su eficiencia y diseño. Dado que los inversores son componentes principalmente electrónicos, existe una amplia gama de posibles fallos que pueden interferir con su funcionamiento adecuado. Algunos de estos fallos incluyen problemas con el relé de conmutación, fallos en el transformador interno, defectos en la conexión a tierra, problemas de aislamiento, problemas de sobrecalentamiento debido a la falla del sistema de ventilación (filtros), y fallas en la tarjeta de comunicaciones, entre otros. Aunque el origen de los fallos en este estudio no es siempre determinado. Para entender de manera global cómo afectan los fallos en los inversores a la instalación, se han categorizado en tres grupos:

**Fallos de operación:** Incluye situaciones donde los fallos mencionados anteriormente resultan en la detención del inversor, ya sea de manera breve (varios minutos) o prolongada (varias horas o incluso más de un día).

**Fallos en arranques y paradas:** Engloba los casos en que un inversor presenta problemas al

arrancar (retrasos en el arranque) o al detenerse (adelantos en la parada).

**Fallos de monitorización y comunicación:** Este grupo considera las incidencias relacionadas con el sistema de comunicación y monitoreo del inversor, como problemas en el cableado (bus) o en la tarjeta de comunicaciones.

Es importante destacar que estos fallos no afectan la producción, ya que los inversores siguen operando correctamente, aunque su aparición resulta en la pérdida de información sobre los datos de operación que se monitorean para un control y seguimiento preciso. Los inversores pueden enfrentar diversos fallos debido a su naturaleza electrónica, y estos fallos se han clasificado en tres grupos para evaluar su impacto en la instalación: fallos de operación, fallos en arranques y paradas, y fallos de monitorización y comunicación.[23]

### **3.17. SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS**

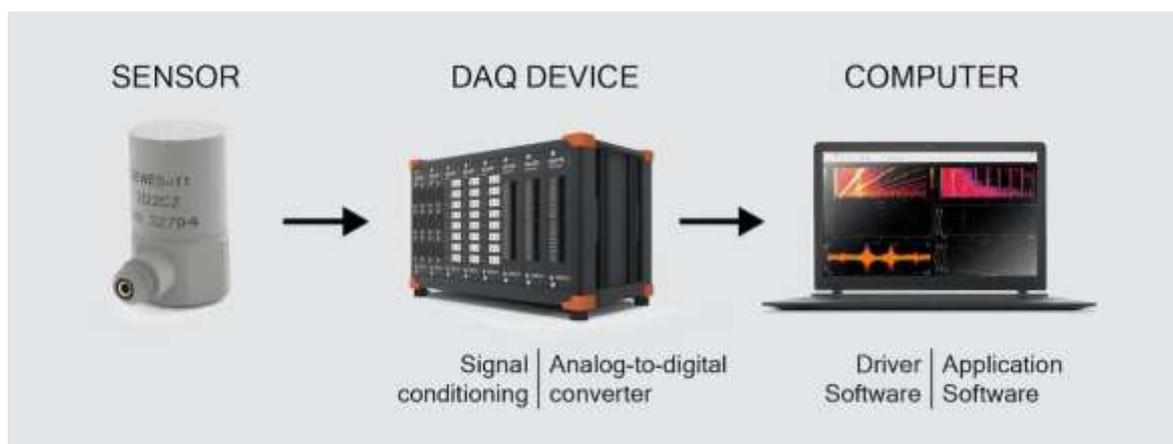
Los sistemas de adquisición de datos son elementos esenciales en el entorno industrial para recopilar, supervisar y analizar información procedente de sensores y dispositivos. Estos sistemas posibilitan la obtención en tiempo real de datos analógicos o digitales, los cuales se utilizan para controlar y optimizar procesos, así como para tomar decisiones basadas en datos en distintos sectores industriales.

Un sistema típico de adquisición de datos se compone de tres componentes principales: sensores, una unidad de adquisición y un software de análisis. Los sensores capturan diversas señales, como temperatura, presión, nivel, flujo, vibración, entre otras, y las convierten en señales eléctricas o digitales que pueden procesarse y registrarse. La unidad de adquisición tiene la responsabilidad de convertir las señales analógicas a digitales, amplificarlas, filtrarlas y, posteriormente, transmitir las al software de análisis. Esta unidad puede estar formada por un hardware específico o incluso puede tratarse de un sistema basado en un ordenador con tarjetas de adquisición de datos.

El software de análisis se emplea para recibir, procesar y almacenar los datos adquiridos, además de generar informes y visualizaciones que faciliten la interpretación de los resultados. Este software puede incluir funciones estadísticas de análisis, herramientas gráficas de visualización y capacidades de conectividad con otros sistemas o bases de datos.

La implementación de un sistema de adquisición de datos eficiente implica considerar varios aspectos, tales como la selección adecuada de los sensores en función de los requisitos específicos de la aplicación, la elección de la unidad de adquisición y el software de análisis más

apropiados, la configuración de los parámetros de adquisición, el diseño de una arquitectura de red confiable y la seguridad de los datos adquiridos. En resumen, los sistemas de adquisición de datos desempeñan un papel fundamental en el ámbito industrial al permitir la recopilación y el análisis de datos en tiempo real. Como se muestra en la figura 3.9. [24]



**FIGURA 3.9:** Equipos de un sistema de adquisición de datos

### 3.18. SENSORES

Los sensores fotovoltaicos son dispositivos empleados en sistemas solares fotovoltaicos para la medición y monitoreo de diversas variables relacionadas con la radiación solar y la eficiencia de los paneles solares. Estos sensores desempeñan un papel esencial en la optimización del desempeño y control de los sistemas fotovoltaicos.

Existen varios tipos de sensores fotovoltaicos que se utilizan habitualmente. Uno de ellos es el sensor de radiación solar, el cual registra la intensidad y cantidad de radiación solar que incide en un área específica. Esta información proporciona datos sobre la disponibilidad y calidad de la radiación solar, lo que contribuye a evaluar la eficiencia de los paneles solares y la generación de energía. Otro tipo de sensor fotovoltaico es el sensor de temperatura, el cual monitorea la temperatura de los paneles solares. La temperatura es un factor crítico que afecta el rendimiento de los paneles solares, ya que un aumento en la temperatura puede reducir su eficiencia. Este sensor permite supervisar y ajustar el funcionamiento de los paneles solares para maximizar su rendimiento en diversas condiciones climáticas. Además de los sensores de radiación solar y temperatura, se emplean sensores de corriente y voltaje en los sistemas fotovoltaicos. Estos sensores miden la corriente y el voltaje generados por los paneles solares, brindando información

precisa sobre la producción de energía y permitiendo el control y la optimización de la operación del sistema.

La utilización de sensores fotovoltaicos posibilita la obtención de datos en tiempo real acerca del rendimiento de los paneles solares y el sistema en general. Estos datos se emplean para tomar decisiones fundamentadas, realizar diagnósticos, detectar posibles fallos y mejorar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos. Los sensores fotovoltaicos son componentes esenciales en sistemas solares fotovoltaicos para la medición y seguimiento de variables como la radiación solar, la temperatura, la corriente y el voltaje. Estos sensores son cruciales para determinar las pérdidas en el sistema y mejorar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.[25]

### **3.19. EQUIPOS MÁSTER**

El equipo maestro es un componente fundamental en los sistemas de adquisición de datos utilizados en aplicaciones industriales. Este elemento actúa como el núcleo central del sistema, encargándose de coordinar la adquisición y procesamiento de datos provenientes de los sensores y dispositivos conectados. La función principal del equipo maestro es establecer la comunicación con los sensores y dispositivos de adquisición de datos, enviando comandos de configuración, recibiendo y registrando los datos adquiridos, y sincronizando el tiempo en el sistema. Además, puede llevar a cabo tareas adicionales como filtrado y calibración de datos, detección de eventos y generación de informes. Para cumplir con estas responsabilidades, el equipo maestro debe contar con características y capacidades específicas. Es necesario que disponga de suficientes canales de entrada y salida para conectar todos los sensores y dispositivos requeridos. También debe ser compatible con diversos tipos de señales y protocolos de comunicación, como señales analógicas, digitales, y protocolos como Ethernet o Modbus.

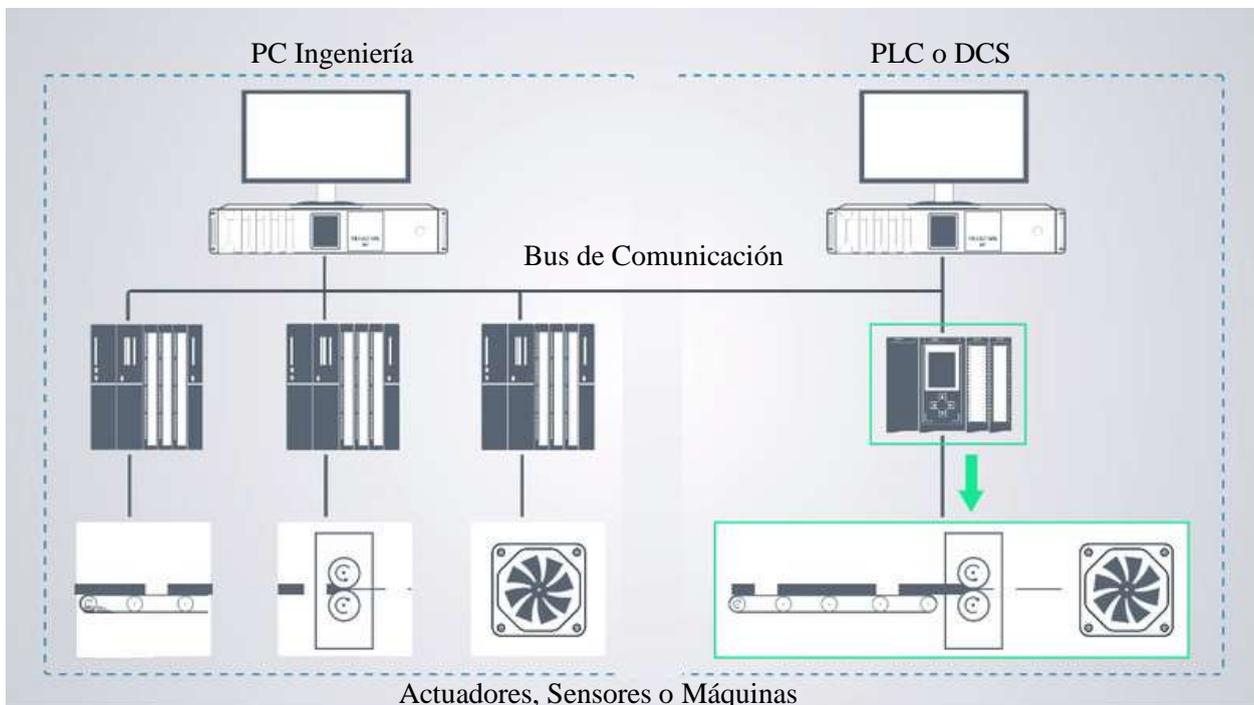
Asimismo, el equipo maestro debe proporcionar una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar para la configuración y supervisión del sistema. Debe permitir la programación de diferentes modos de adquisición, frecuencias de muestreo, umbrales de alarma y otras configuraciones relevantes, adaptándose así a los requisitos específicos de cada aplicación. La elección del equipo maestro adecuado dependerá de factores como el tamaño del sistema, el número y tipo de sensores, la complejidad de las mediciones y el presupuesto disponible. Es crucial seleccionar un equipo maestro confiable y escalable, capaz de satisfacer las necesidades actuales del sistema y permitir futuras expansiones, el equipo maestro desempeña un papel esencial en los sistemas de adquisición de datos al coordinar y gestionar la adquisición, procesamiento y registro de datos provenientes de los sensores y dispositivos. La selección y configuración adecuadas del equipo

maestro son fundamentales para garantizar un funcionamiento eficiente y confiable del sistema de adquisición de datos.[26]

### 3.20. 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.

En 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. Cada uno de estos buses presenta características específicas en cuanto a velocidad, alcance, capacidad de conexión y protocolos de comunicación. La elección del bus de comunicación adecuado depende de diversos factores, como la cantidad y distancia entre los dispositivos, la velocidad de transmisión requerida, la compatibilidad con los dispositivos existentes y los requisitos de seguridad y confiabilidad.[27]



**FIGURA 3.10:** Bus de Comunicación [27]

### 3.20.1. Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación que se utiliza ampliamente en sistemas industriales de adquisición de datos y control. Fue desarrollado originalmente por Modicon en los años 70 y se ha convertido en un estándar comúnmente utilizado en la industria.

El protocolo Modbus facilita la comunicación entre dispositivos conectados a través de una conexión serial o Ethernet. Es reconocido por su simplicidad y facilidad de implementación, lo que lo hace popular en una amplia gama de aplicaciones industriales. Modbus sigue una arquitectura de maestro/esclavo, donde un dispositivo maestro inicia las solicitudes y los dispositivos esclavos responden a estas solicitudes. Los dispositivos esclavos pueden ser sensores, actuadores u otros dispositivos compatibles con el protocolo.

Modbus ofrece diferentes modos de comunicación, como Modbus RTU (utilizando una conexión serial) y Modbus TCP (utilizando una conexión Ethernet). En el modo RTU, los datos se transmiten en formato binario a través de la conexión serial, mientras que en el modo TCP, los datos se envían en paquetes a través de una red Ethernet.[28]

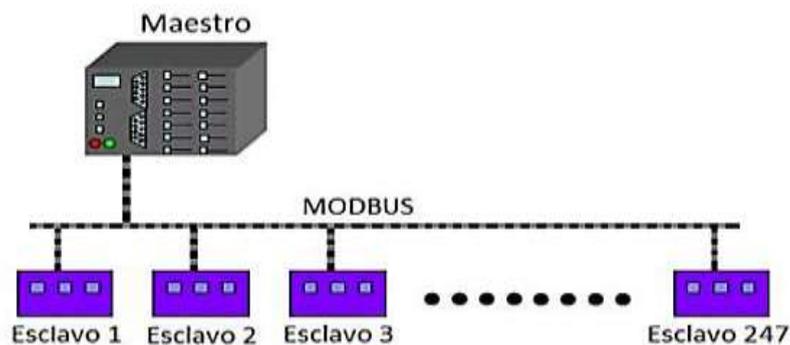


FIGURA 3.11: Comunicación ModBus [28]

### 3.20.2. Bus rs-485

El protocolo Modbus define diversos tipos de mensajes, como solicitudes de lectura y escritura de datos, solicitudes de lectura y escritura de registros, y solicitudes de control y diagnóstico. Estos mensajes permiten la transferencia eficiente y confiable de datos entre el dispositivo maestro y los dispositivos esclavos. La facilidad de uso y la interoperabilidad del protocolo Modbus lo convierten en una opción popular para la comunicación en sistemas industriales de adquisición de datos y control. Permite la integración de dispositivos de diferentes fabricantes y facilita el monitoreo y control centralizado de los dispositivos en un sistema.

El bus RS-485 es un protocolo de comunicación ampliamente utilizado en sistemas industriales de adquisición de datos y control. Es un estándar que permite la transmisión de datos en serie a largas distancias y con una alta resistencia al ruido electromagnético, también es utilizado en entornos industriales debido a su capacidad para conectar múltiples dispositivos en un bus de comunicación. Esto permite una comunicación bidireccional entre un dispositivo maestro y varios dispositivos esclavos, facilitando el intercambio de datos en tiempo real.

Una de las ventajas principales del bus RS-485 es su capacidad para transmitir datos a largas distancias, incluso a velocidades de transmisión relativamente altas. Esto lo hace adecuado para aplicaciones industriales que requieren una comunicación confiable y sólida en entornos ruidosos, El bus RS-485 utiliza un par de cables diferencial para transmitir los datos, donde un cable transmite la señal en estado alto (positivo) y el otro cable transmite la señal en estado bajo (negativo). Esto permite una mayor resistencia al ruido, ya que cualquier interferencia afectará ambos cables de manera similar y la señal útil se puede diferenciar.[29]

### **3.21. OPC**

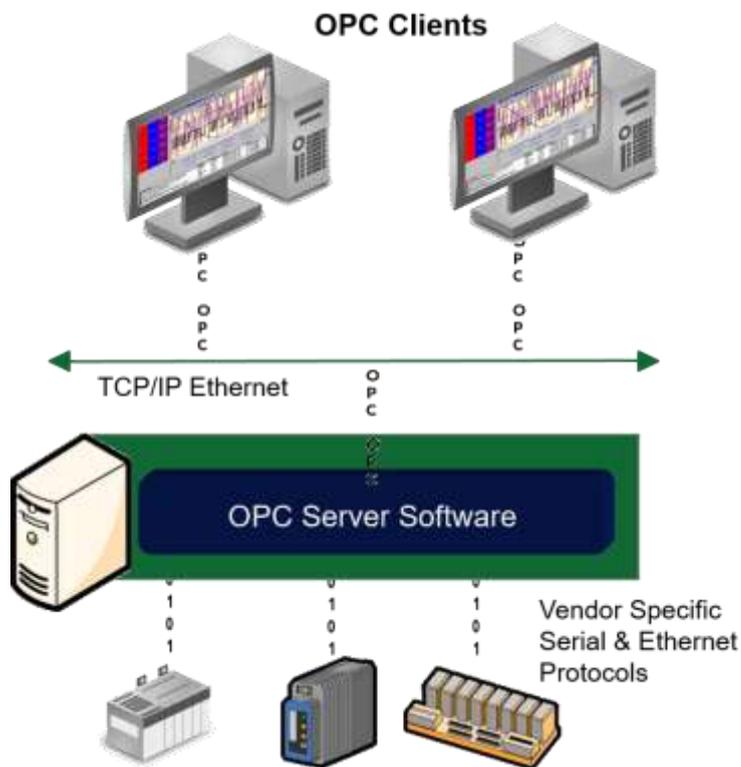
OPC (Object Linking and Embedding for Process Control) es un estándar de comunicación utilizado en la industria para facilitar la interoperabilidad y el intercambio de datos entre diferentes sistemas y dispositivos de automatización y control. Esta tecnología permite que aplicaciones y dispositivos de diferentes fabricantes se comuniquen de manera eficiente y segura, lo que ha sido fundamental para mejorar la integración y el monitoreo de sistemas industriales.

El estándar OPC se basa en una arquitectura cliente-servidor, donde los dispositivos se dividen en dos roles principales: el cliente OPC y el servidor OPC. El cliente es una aplicación o sistema que necesita acceder a los datos de los dispositivos o procesos, mientras que el servidor es responsable de proporcionar esos datos y permitir el acceso a través de la red.

Existen diferentes versiones de OPC, siendo las más conocidas OPC DA (Data Access) y OPC UA (Unified Architecture). OPC DA se utiliza principalmente para la transmisión de datos en tiempo real, mientras que OPC UA es una versión más avanzada que ofrece características adicionales, como seguridad mejorada, compatibilidad multiplataforma y capacidad para trabajar en diferentes redes.

La comunicación OPC es ampliamente utilizada en diversos sectores industriales, incluyendo la automatización de procesos, la industria manufacturera, la monitorización de sistemas de energía y la integración de sistemas de control distribuido (DCS) y supervisión (SCADA). Al permitir

una comunicación estandarizada y confiable entre dispositivos y sistemas heterogéneos, OPC ha sido fundamental para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos en muchas industrias. Como observamos en la Figura 3.12. [30]



**FIGURA 3.12:** Ejemplo de Comunicación OPC

### 3.22. SOFTWARE SCADA

El software SCADA es una herramienta utilizada en entornos industriales para supervisar y controlar procesos en tiempo real. Su función principal es recopilar datos de sensores y dispositivos ubicados en el campo, presentarlos visualmente en una interfaz gráfica y permitir la interacción remota para monitorear y controlar los procesos industriales. El software SCADA consta de varios componentes esenciales. La interfaz gráfica de usuario (GUI) proporciona una representación visual de los datos del proceso a través de gráficos, diagramas, tablas y alarmas. Esto permite a los operadores supervisar y analizar el rendimiento del sistema, tomando decisiones basadas en los datos recopilados.

El sistema SCADA también incluye una capa de adquisición de datos que establece la comunicación con los dispositivos de campo, como sensores y controladores, para recolectar información en tiempo real. Esta capa puede utilizar diversos protocolos de comunicación, como

Modbus, OPC, DNP3 y otros, para interactuar con los dispositivos en el campo.[31]

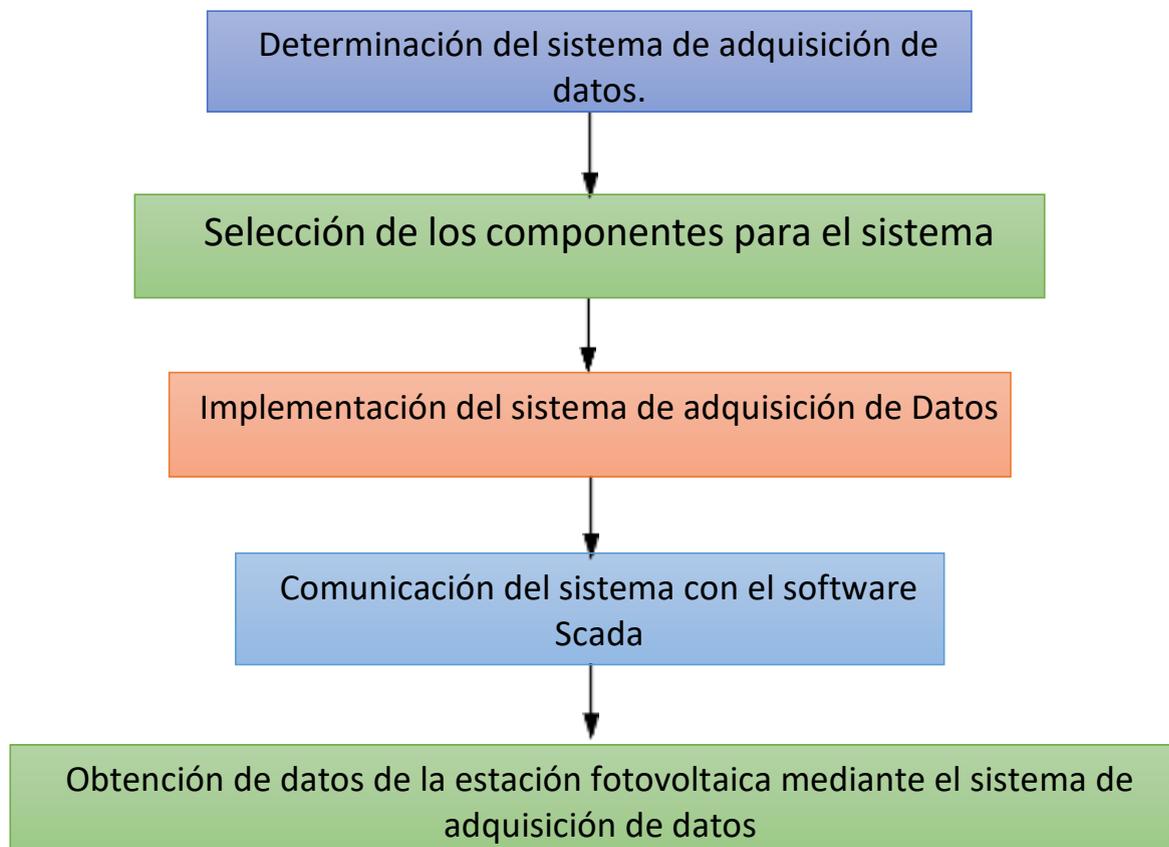
### 3.23. HMI

Un HMI (Interfaz Humano-Máquina) es un sistema tecnológico que posibilita la comunicación y la interacción entre seres humanos y dispositivos o maquinaria en diversos contextos, como la industria y la automatización. Esta interfaz, que puede ser tanto hardware como software, permite a los usuarios visualizar información relevante y controlar operaciones de manera intuitiva. A través de elementos gráficos, tales como pantallas táctiles, gráficos, botones virtuales y alarmas visuales, el HMI facilita el monitoreo de procesos en tiempo real, la configuración de parámetros y la ejecución de acciones específicas. Además, puede registrar eventos pasados y proporcionar notificaciones sobre condiciones anómalas, contribuyendo a la eficiencia y seguridad en entornos industriales y comerciales.[32]

## 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### 4.1. METODOLOGIA

El siguiente flujograma que tenemos en la figura 4.1, da a conocer resumidamente el proceso de implementación del sistema.



**Figura 4.1:** Diagrama de flujo del proceso implementación del sistema de adquisición de datos

## **4.2. METODOS DE INVESTIGACIÓN**

Para la propuesta tecnológica será implementar un sistema de adquisición de datos para una estación fotovoltaica de autoconsumo de 560w, está dentro de las Instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi, cuenta con un sistema de regulación de carga conectada a varios paneles fotovoltaicos, la salida de voltaje de los paneles cuenta con una potencia de 140Wp de cada uno, esta puede variar dependiendo del tipo de panel que se esté manejando, el porcentaje total contara con un sistema de protección, canalización y conductor adecuado para su estudio.

### **4.2.1 Bibliográfico**

Este método facilita la recopilación precisa y relevante de información necesaria para el desarrollo de cada etapa de la investigación. Se llevó a cabo una búsqueda de información relacionada con el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos Vin Solar y Simax Green New Energy, con el objetivo de analizar las pérdidas de energía. Se consideró importante investigar los equipos necesarios y los factores que causan pérdidas en las estaciones fotovoltaicas. Para recopilar información, se empleará el Sensor de temperatura MET-485, que mide parámetros como la radiación, temperatura y velocidad del viento. Además, se utilizará el dispositivo medidor de tensión y corriente continua M/TR-25, encargado de medir la corriente y el voltaje de los paneles fotovoltaicos. Esta información se enviará mediante una comunicación MODBUS al dispositivo PV Monitor-M, el cual permite obtener en tiempo real la producción fotovoltaica.

### **4.2.2. De campo**

Se empleó una estrategia de investigación en el terreno para recolectar todos los datos necesarios para la implementación del sistema. Estos datos fueron proporcionados por el operador de la Planta Fotovoltaica de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Posteriormente, se llevó a cabo una inspección exhaustiva e identificación de cada componente instalado en la red eléctrica correspondiente. A través de un enfoque visual y la recopilación de información detallada, se logró un mayor entendimiento del desarrollo de la propuesta tecnológica. Este enfoque permitió obtener un diagnóstico preciso de la situación actual del problema en estudio. El estudio de campo realizado facilitó la clarificación del procedimiento a seguir para la implementación del sistema de obtención de datos energéticos, con el objetivo de comprender las pérdidas de energía generadas en este tipo de sistemas fotovoltaicos, mediante el control y monitoreo del sistema en sí mismo.

### **4.2.3. Método inductivo**

Se emplea el enfoque inductivo para identificar las deficiencias presentes en el sistema actual,

con el objetivo de solventarlas. Se realiza una evaluación del sistema de monitoreo de los paneles fotovoltaicos para determinar su estado de funcionamiento. Utilizando el sensor de temperatura MET-485, se recopilan datos como la radiación solar, temperatura y velocidad del viento a los que están expuestos los sistemas de energía solar fotovoltaica. Asimismo, mediante el dispositivo medidor de tensión y corriente continua M/TR-25, se obtienen datos como la corriente y el voltaje de los paneles fotovoltaicos, que posteriormente se someten a un análisis exhaustivo. Es importante destacar que actualmente no existe un sistema de control para las pérdidas de energía debido a la falta de un equipo de monitoreo adecuado. Para abordar esta problemática, se implementa el equipo PV-Monitor-M, que permitirá monitorear en tiempo real el funcionamiento del sistema fotovoltaico.

#### **4.2.4. Método deductivo**

El enfoque deductivo facilitará la identificación de datos eléctricos, como radiación, temperatura, voltaje y corriente, generados por los sistemas de generación fotovoltaica. Esto permitirá determinar las pérdidas de energía que se producen. Además, se podrá obtener una visión del estado operativo de la planta fotovoltaica y la cantidad de energía eléctrica que suministra. Debido a la falta de un sistema de monitoreo continuo, no se disponen de la visión de variables como radiación, temperatura, corriente y voltaje. Por lo tanto, es posible recopilar datos técnicos que reflejen las pérdidas en dicha estación fotovoltaica.

### **4.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.3.1. Técnicas de observación**

Se consideran todas las situaciones actuales con el fin de identificar visualmente las causas y efectos relacionados. Esta técnica permitirá obtener una visión general de los sistemas fotovoltaicos y comprender su funcionamiento. Esto orientará la implementación de un sistema de monitoreo estratégico con el objetivo de detectar las pérdidas de energía en la planta.

#### **4.3.2. Técnicas de medición**

Se emplean dispositivos de medición para evaluar el rendimiento de los sistemas en estudio. En el contexto de la investigación sobre las pérdidas de energía en la planta, se va a realizar una evaluación del voltaje y la corriente utilizando el analizador TRH16. Esto permite determinar la cantidad de energía generada y crear tablas que registraran estos parámetros eléctricos. Además, se utilizó el Sensor MET-485, una herramienta de medición fundamental, para evaluar la radiación solar, la temperatura ambiente y la temperatura de la célula. De esta forma, se puede determinar el porcentaje de energía pérdida en el sistema fotovoltaico durante su funcionamiento.

## 4.4. INSTRUMENTOS

### 4.4.1. Sensor MET RS-485

El sensor MET RS-485 es un dispositivo que utiliza el protocolo de comunicación RS-485 para recopilar datos en sistemas de monitoreo. Se alimenta con una fuente de 9-24 VDC y se conecta mediante la interfaz RS-485. La medición y precisión del sensor dependen del tipo de sensor utilizado en conjunto.

El MET RS-485 proporciona una comunicación de alta velocidad, ajustable hasta 115200 bps, y ofrece opciones de frecuencia de muestreo programables para la adquisición de datos. Está equipado con protección contra sobretensión y cortocircuitos para garantizar un funcionamiento seguro y confiable. Este sensor es compatible con sistemas que admiten el protocolo RS-485 y es versátil en su aplicabilidad. Puede utilizarse en diversas situaciones, ya que tiene un rango de temperatura de operación amplio, desde -40 °C hasta 85 °C, lo que permite su uso en entornos desafiantes. Como tenemos en la tabla 4.2.[33]

El sensor Datasol MET RS-485 puede medir una variedad de variables como:

- ° Radiación
- ° Temperatura ambiente
- ° Temperatura propia de la célula
- ° Velocidad del viento

**TABLA 4.2:** Características técnicas de SENSOR MET RS-485

<b>Característica Técnica</b>	<b>Descripción</b>
Modelo	MET RS-485
Alimentación	9-24 VDC
Velocidad de comunicación	Configurable hasta 115200 bps
Protección	IP-65, sobretensión y cortocircuitos
Temperatura de operación	-40 °C a 85 °C
Dimensiones	Ancho: 266mm, Alto: 266mm. Profundidad: 35mm
Peso	1600g
Compatibilidad	Sistemas que admitan el protocolo RS-485

Para el desarrollo del proyecto implementamos el sensor de radiación y temperatura MET RS-485, como se muestran en la tabla 4.3.

**Tabla 4.3:** datos técnicos del sensor

Gráfica	Datos del sensor
	<p><b>Tensión de alimentación de la fuente externa:</b>  <b>Rango de tensión:</b> 16 a 33 VDC.  <b>Consumo: Medio:</b> 20 mW / <b>Máximo:</b> 80 mA.  <b>Rango de temperatura de funcionamiento:</b> -20°C hasta +60°C  <b>Rango de temperatura de almacenamiento:</b> 20°C hasta +75°C.  <b>Grado de protección:</b> IP-65  <b>Peso:</b> 1600g.  <b>Sistema de montaje:</b>                      Fijación Hook Fijación atornillada</p>

#### 4.4.2. Medidor de tensión y corriente M/TR-25

El medidor de voltaje M/TR-25 es un dispositivo utilizado para medir con precisión el voltaje en diversas aplicaciones. Este medidor ofrece una alta confiabilidad y proporciona lecturas precisas en tiempo real, equipado con tecnología avanzada, el medidor M/TR-25 es capaz de detectar y medir el voltaje de manera precisa y confiable. Es adecuado para una amplia gama de voltajes de operación y se puede utilizar en diversas condiciones y entornos.

El medidor se destaca por su facilidad de instalación y su diseño compacto, lo que facilita su integración en diferentes sistemas y equipos. Además, cuenta con una sólida resistencia al agua y al polvo, lo que lo convierte en una opción adecuada para aplicaciones en entornos exigentes. Características en la tabla 4.4.[34]

**Tabla 4.4:** Medidor de voltaje y corriente M/TR-25

Características Técnicas		
Circuito alimentación	Tensión nominal	230Vc.a. $\pm$ 30%
	Frecuencia	50Hz
	Tensión Nominal	24Vc.c. $\pm$ 10%
	Frecuencia	50Hz
Circuito medida de tensión		10...300 Vc.a.
		50...60 Hz
Precisión entrada t <sup>a</sup> (solo TR16)		Sonda temperatura Pt100/Pt 1000
Comunicaciones	Puerto	RS-485
	Protocolo	Modbus/RTU
Características constructivas	Material caja	Plástico UL 94 V0 autoextinguible
	Grado de protección	IP 20
Condiciones ambientales	Temperatura trabajo	-10...+ 65°C
	Humedad	5.. 95% sin condensación

Este medidor nos proporciona información precisa sobre el estado de la energía eléctrica en el sistema, lo que permite supervisar y controlar la carga y el consumo de electricidad, el modelo del medidor lo podemos apreciar en la tabla 4.5.

**Tabla 4.5:** Datos del medidor de voltaje y corriente.

Grafica	Descripción
	<p>Dispositivo que permite la medida de corriente en cuatro circuitos simultáneamente. Este módulo, conocido como TR16, está diseñado específicamente para medir corrientes de hasta 25 amperios en corriente continua (C.C.).</p>

#### 4.4.3. TRH16-RS485-25A.

El TRH16-RS485 es un dispositivo de medición que cuenta con dieciséis canales para corriente continua y un canal para tensión continua, con una capacidad de hasta 1500 V. La medición de corriente se realiza utilizando dieciséis transformadores de efecto Hall con un primario de 25 A.

El equipo está equipado con dos puertos de comunicación RS-485. El primer puerto se utiliza para conectar y transmitir información al dispositivo maestro utilizando el protocolo

Modbus/RTU. El segundo puerto permite establecer una topología de comunicación multimáster, lo que significa que múltiples analizadores TRH16-RS485 pueden ser utilizados en una misma aplicación. Los parámetros de comunicación pueden ser configurados a través de selectores ubicados en la parte frontal del equipo.

Además, el equipo cuenta con tres entradas digitales que permiten detectar el estado de señales digitales provenientes del entorno del equipo. Esta información también puede ser accedida a través de la comunicación RS-485. Además de las entradas digitales, el equipo dispone de una entrada analógica con un rango de 0 a 20 mA y una entrada configurable para una sonda Pt100 o Pt1000. Características en la tabla 4.6 [34]

**Tabla 4.6:** Datos técnicos del TRH16-RS485

<b>Características Técnicas</b>		
<b>Alimentación</b>	<b>C. Alterna</b>	<b>C. continua</b>
Tensión nominal	230 Vc.a.	24 Vc.c.
Tolerancia de alimentación	± 20%	± 10%
Frecuencia	50 Hz	-
Consumo del equipo sin transformadores	2 VA	2 W
Consumo del equipo con 16 sensores ( en vacío)	14 VA	8 W
Consumo del equipo con 16 sensores (corriente)	24 VA	14 W
Pico de arranque	3.5 A(3ms)	15 A (1 ms)
Temperatura de trabajo	-10...65 °C	
Grado de Protección	IP 20	
Rango de medida de tensión	30...1500 Vc.c.	

Este dispositivo esclavo recibe una solicitud del maestro, procesa la solicitud y envía una respuesta al maestro con los datos solicitados o el resultado de la operación. La velocidad de comunicación, medida en baudios, debe ser la misma para todos los dispositivos en la red para asegurar una comunicación efectiva. El analizador TRH16-RS485 cuenta con un módulo de cuatro selectores (MINI-DIPS) que permite la configuración de la velocidad de comunicación mediante dos interruptores 1 y 2. Como podemos ver en la tabla 4.7.

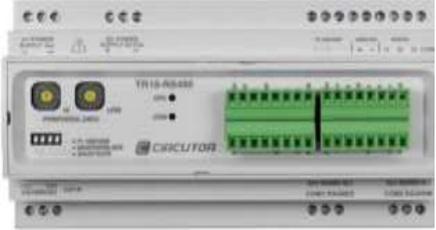
**TABLA 4.7:** Direcciones del equipo en la comunicación Modbus

<b>Selector 1</b>	<b>Selector 2</b>	<b>Velocidad de transmisión</b>
9.600/8/N/1	OFF	OFF

19.200/8/N/1	OFF	ON
38.400/8/N/1	ON	OFF

Este dispositivo se utiliza para analizar y transmitir al equipo maestro los datos emitidos por el medidor de tensión y corriente MT/R-25 el modelo utilizado en la implementación lo podemos apreciar en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8:** Datos del Analizador

Grafica	Descripción
	<p><b>Protección:</b> IP20  <b>Frecuencia:</b> 50Hz.  <b>Tolerancia de alimentación:</b> AC <math>\pm 20\%</math>, DC <math>\pm 10\%</math>.  <b>Tensión nominal:</b> AC 230V, DC 24V  <b>Consumo del equipo sin transformadores:</b> AC 2VA, DC 2W.  <b>Consumo del equipo con 16 sensores (en vacío):</b> AC 14VA, DC 8W.</p>

#### 4.4.4. Gestor energético PV-MONITOR-M

El PV-Monitor-M es un dispositivo de gestión energética diseñado específicamente para monitorear instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo instantáneo, ya sea con o sin inyección a la red eléctrica. Este dispositivo incluye un datalogger y un servidor web con PowerStudio Embedded, así como una aplicación SCADA dedicada a esta función.

El PV-Monitor-M proporciona información en tiempo real sobre el rendimiento de la instalación fotovoltaica, la producción de energía solar y el consumo de energía en un edificio, vivienda o empresa. Además, tiene la capacidad de almacenar datos históricos, lo que permite realizar análisis periódicos y evaluar el desempeño a lo largo del tiempo. Características en la tabla 4.4 [35]

**Tabla 4.9:** tabla técnica del PV-MONITOR-M

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	
<b>Alimentación en C.A</b>	
Tensión nominal	120...264 Vc.a.
Frecuencia	50...60Hz
Consumo	11.... 28 VA
Categoría de la instalación	CAT III 300 V
<b>Alimentación en C.C</b>	
Tensión nominal	190... 300 Vc.c.
Consumo	25...7 W
Categoría de la instalación	CAT III 300 V
Grado de Protección	IP30. Frontal:IP40

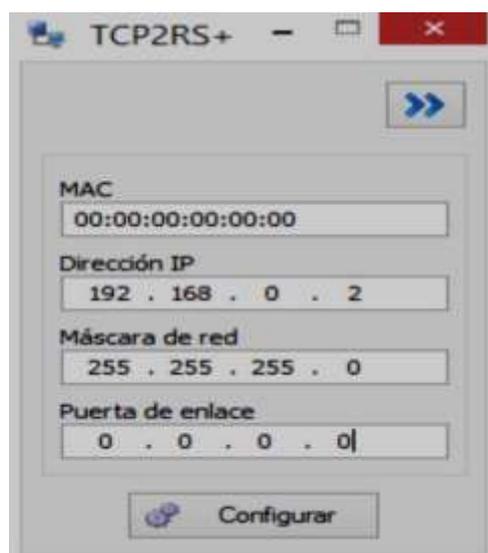
Este gestor es el equipo maestro en el sistema de adquisición de datos de energía, se encarga de recibir los datos emitidos en tiempo real por los sensores que están instalados, el modelo del gestor lo podemos apreciar en la tabla 4.10.

**Tabla 4.10:** Datos del gestor PV MONITOR

<b>Grafica</b>	<b>Descripción</b>
	<p><b>Tornillo tipo Plano:</b> M2.5  <b>Envolvente:</b> Plástico V0 auto extingible  <b>Par de apriete:</b> <math>\leq 0.4</math> Nm  <b>Sección en cables de comunicaciones :</b>2.5 mm<sup>2</sup>  <b>Sección de cable en bornes alimentación:</b> 2.5 mm<sup>2</sup>  <b>Sección del cable en bornes de entradas / salidas:</b>2,5mm 2  <b>Fijación:</b> Carril DIN (IEC 60715).  <b>Peso Neto (kg):</b> 0,18</p>

### **Configuración de comunicación de pv-monitor**

Se muestra la representación gráfica de la ventana de configuración utilizada para establecer la comunicación con el equipo de gestión energética PV-Monitor-M. La comunicación fue llevada a cabo mediante el bus RS485, y se aplicaron las siguientes direcciones de configuración para asegurar el adecuado funcionamiento de los equipos. Como observamos en la figura 4.2.



**FIGURA 4.2:** Direcciones para configurar comunicación

Los equipos necesarios en función del gestor PV MONITOR lo observamos en la tabla 4.11.

**TABLA 4.11:** Equipos necesarios para sistema en función de PV Monitor

Pin	Nombre	Detalle
E80005	<b>TRH16-RS485</b>	Medidor de tensión y corriente DC multicanal para strings fotovoltaicos
M60413	<b>PSC-12</b>	Fuente de tensión para sondas MET
M80011	<b>M/TR-25 x4</b>	Módulo de medida para 4 circuitos de corriente
EX0095	<b>MET-485</b>	Sonda de radiación, temperatura ambiente y temperatura módulos FV

### Bornera de conexión

La descripción de la bornera esta descrita en la tabla 4.12.

**TABLA 4.12:** tabla de relación de bornes en el equipo PV MONITOR

Bornes del Equipo	
<b>A1:</b> Alimentación Auxiliar.	<b>21: 1,</b> Salida digital 1
<b>A2:</b> Alimentación Auxiliar.	<b>20: 2,</b> Salida digital 2
<b>24:</b> A+, RS-485	<b>19: C,</b> Común de las salidas digitales
<b>23:</b> S, GND para RS-485	<b>Ethernet,</b> Conexión Ethernet
<b>22:</b> B-, RS-485	

## Comunicación del equipo PV-Monitor-M mediante bus RS-485

El gestor PV-Monitor-M, el periférico TRH16 y el sensor MET RS-485 tienen comunicación mediante bus RS-485, los equipos deben tener una configuración idónea, los parámetros de configuración son los que podemos observar en la tabla 4.13.

**Tabla 4.13:** Comunicación RS-485 PV-Monitor-M

Comunicaciones RS-485	
Bus de campo	RS-485
Protocolo de comunicación	Modbus RTU
Velocidad	9600-19200-38400-57600-115200 bps
Bits de datos	8
Bits de stop	1-2
Paridad	sin

### 4.4.5. POWERSTUDIO SCADA

PowerStudio Scada es una solución de software de última generación empleada en el ámbito industrial para supervisar y controlar procesos en tiempo real. Proporciona una interfaz gráfica intuitiva, conectividad con dispositivos en el campo mediante diversos protocolos y capacidades avanzadas de generación de informes y análisis de datos. Este software Scada juega un papel fundamental en la mejora de la eficiencia y seguridad en entornos industriales al ofrecer una supervisión y control efectivos de los procesos. Características en la tabla 4.14. [36]

**TABLA 4.14:** Tabla técnica de software Powerstudio scada

Característica Técnica	Descripción
Plataforma	Windows
Requisitos del sistema	Procesador compatible con x86 o x64 a 1 GHz o más rápido, 2 GB de RAM, 10 GB de espacio en disco, tarjeta gráfica compatible con DirectX 9 o posterior
Compatibilidad	Compatible con una amplia gama de sistemas operativos Windows, incluyendo Windows 7, 8 y 10
Protocolos de comunicación	Soporta una variedad de protocolos de comunicación, como Modbus, OPC, DNP3, entre otros
Interfaz gráfica de usuario (GUI)	Intuitiva y fácil de usar, con opciones de personalización
Funciones de monitoreo	Permite el monitoreo en tiempo real de variables y alarmas

Es una herramienta de gran potencia y facilidad de uso, diseñada con una interfaz amigable. Ofrece todas las funcionalidades necesarias para analizar los datos recolectados y tomar decisiones informadas sobre la eficiencia energética en instalaciones fotovoltaicas en tiempo real. Mediante este software, es factible supervisar exhaustivamente analizadores de redes, contadores, protectores y diferenciales, y tener un control completo sobre diversas magnitudes en cualquier ámbito de aplicación. Este software es el encargado de mostrar una plataforma completa para supervisar y adquirir los datos que emite el equipo maestro en la estación fotovoltaica. El modelo se muestra en la siguiente tabla. Como observamos en la tabla 4.15.

**Tabla 4.15:** tabla informativa del software Powerstudio

GRAFICA	DATOS TECNICOS	Descripción
	Tipo de software	SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)
	Plataforma compatible	Windows (varias versiones)
	Lenguaje de programación	Visual Basic.NET, Java
	Compatibilidad de protocolos	Modbus, OPC, OPC UA, DNP3, IEC 60870-5-104, entre otros
	Funciones principales	Supervisión, control y adquisición de datos
	Visualización de datos	Gráficos, tablas, alarmas, tendencias
	Capacidades de almacenamiento	Registro y almacenamiento de datos en tiempo real e históricos
	Comunicación y conectividad	Conexión a dispositivos, PLCs y sistemas de gestión
	Seguridad	Autenticación, permisos de usuario, registro de eventos
	Personalización y extensibilidad	Posibilidad de desarrollo de módulos y funciones personalizadas
Soporte y actualizaciones	Disponibilidad de soporte técnico y actualizaciones	

### Instalación software

Antes de instalar PowerStudio SCADA, es esencial verificar que tu sistema cumpla con los requisitos mínimos. Estos requisitos incluyen:

- Sistema operativo compatible (por ejemplo, Windows 10 o versiones posteriores).
- Procesador con capacidad suficiente (por ejemplo, Intel Core i5 o superior).
- Memoria RAM adecuada (por ejemplo, 8 GB o más).
- Espacio de almacenamiento disponible para la instalación del software.

El proceso de instalación de PowerStudio SCADA generalmente se realiza mediante un asistente de instalación. Aquí hay una guía general de los pasos que podrías seguir:

- a. Descarga del software: Obtén el archivo de instalación desde el sitio web oficial del fabricante o desde una fuente de confianza.
- b. Ejecución del instalador: Haz doble clic en el archivo de instalación descargado para ejecutar el asistente de instalación.
- c. Acuerdo de licencia: Lee y acepta el acuerdo de licencia del software antes de continuar con la instalación.
- d. Ruta de instalación: Elige la ubicación donde deseas instalar el software en tu sistema.
- e. Configuración de parámetros: Configura opciones como el idioma y otros ajustes específicos según tus preferencias.
- f. Finalización: Una vez que se haya completado la instalación, el software estará listo para su uso.

### **Direcciones de comunicación de equipos con protocolo Modbus**

los equipos se comunican utilizando mensajes Modbus que contienen solicitudes y respuestas entre el maestro y los dispositivos esclavos. Este protocolo proporciona una forma estandarizada y eficiente de intercambiar datos y controlar dispositivos en una red industrial o de automatización. Como se observa en la tabla 4.16.

**TABLA 4.16:** Direcciones utilizadas en la comunicación del protocolo Modbus

<b>Dispositivo</b>	<b>Dirección Modbus</b>	<b>Rango de Direcciones</b>	<b>Funciones Típicas</b>
Sensor de Temperatura	100	10001 - 10099	Lectura de temperatura
Sensor de Humedad	101	10101 - 10199	Lectura de humedad relativa
Actuador de Válvula	200	20001 - 20099	Control de apertura/cierre
Medidor de Flujo	201	20101 - 20199	Lectura de flujo
Controlador	300	30001 - 30099	Control de

de Temperatura			temperatura
PLC (Controlador Lógico Programable)	1	00001 - 09999	Lectura y escritura de datos
HMI (Interfaz Hombre- Máquina)	2	10000 - 19999	Interacción con el operador
Sistema SCADA	10	40001 - 49999	Supervisión y control del sistema

Los mensajes Modbus se transmiten en paquetes de datos, y cada mensaje contiene una dirección específica del dispositivo esclavo y una función que indica la acción que se debe realizar, como leer o escribir datos. Cada dispositivo esclavo tiene una dirección única que lo identifica, y el maestro utiliza esta dirección para enviar las solicitudes al dispositivo deseado. Como se observa en la tabla 4.17.

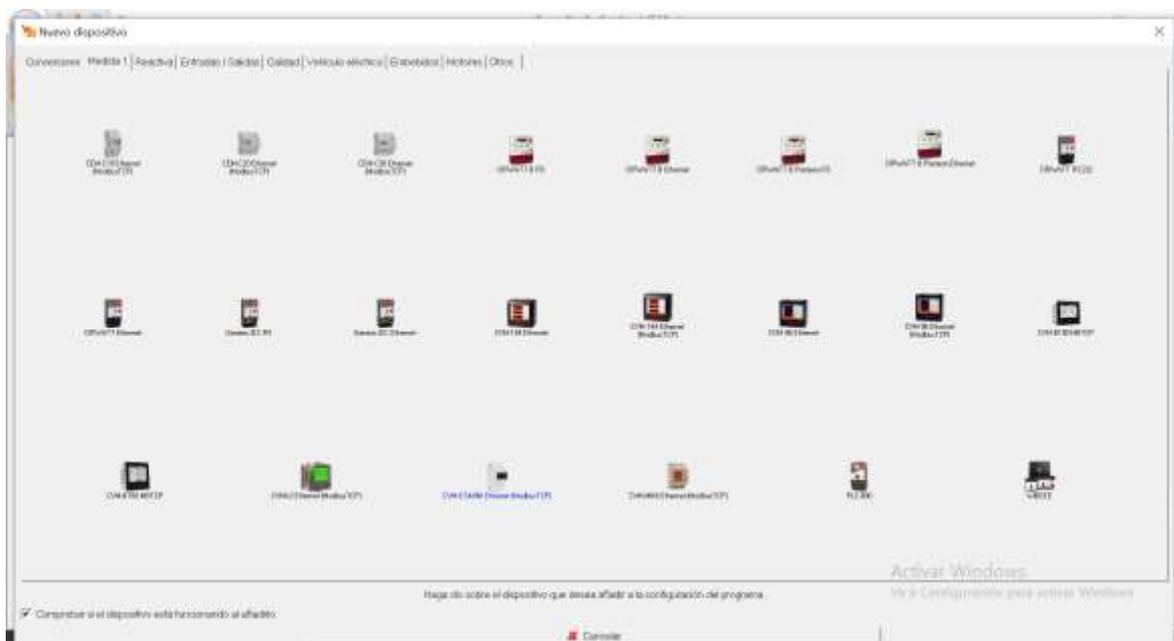
**TABLA 4.17:** Direcciones del equipo en la comunicación Modbus

DESCRIPCION	SIMBOLO	DIRECCION	UNIDAD
CORRIENTE ENTRADA 1	I 1	0000	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 2	I 2	0001	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 3	I 3	0002	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 4	I 4	0003	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 5	I 5	0004	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 6	I 6	0005	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 7	I 7	0006	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 8	I 8	0007	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 9	I 9	0008	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 10	I 10	0009	Ax100

CORRIENTE ENTRADA 11	I 11	000A	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 12	I 12	000B	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 13	I 13	000C	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 14	I 14	000D	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 15	I 15	000E	Ax100
CORRIENTE ENTRADA 16	I 16	000F	Ax100
TENSION DIFERENCIAL	Vd	0010	Vx10
TEMPERATURA PT100/PT1000	PT100/PT1000	0011	°C

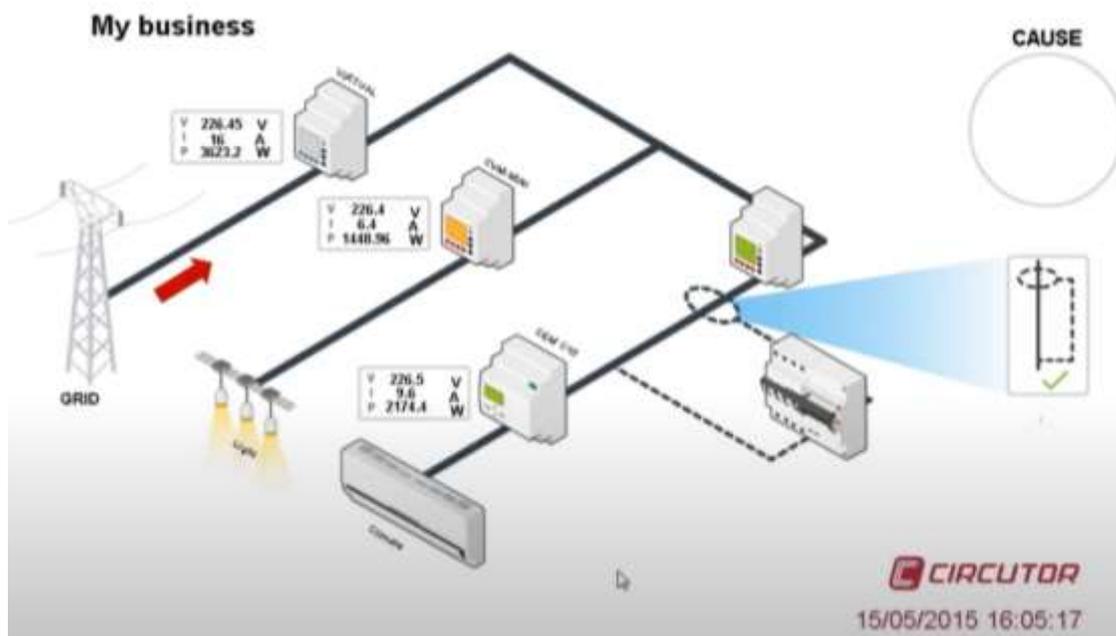
### Aplicación para presentación de datos PowerStudio

En el software PowerStudio se crea una aplicación para la presentación, agregando los periféricos que están comunicados en el sistema, en la opción de conexiones se configura y se da un numero de periférico, dirección y velocidad de comunicación a cada equipo del sistema. Como se observamos en la figura 4.3.



**FIGURA 4.3:** Aplicación para presentación en PowerStudio

Posteriormente con PowerStudio SCADA se crea el HMI del sistema de adquisición de datos de energía para la presentación de variables en tiempo real captados por nuestro hardware, como se ilustra el ejemplo en la figura 4.4.



**FIGURA 4.4:** Pantalla para monitorización de variables

Estos componentes del hardware deben cumplir con los requisitos del entorno de la planta fotovoltaica de Energías Renovables de la Universidad Técnica de Cotopaxi para garantizar un rendimiento óptimo y minimizar las pérdidas de energía que se monitorean constantemente en tiempo real en los paneles solares. De esta manera, cumplimos con nuestra propuesta tecnológica

#### 4.4.6. Cable de comunicación RS-485

El cable de comunicación RS-485 es un tipo de cable utilizado para establecer comunicación entre dispositivos electrónicos a través del estándar RS-485. Este estándar define una interfaz de comunicación serie que permite la transmisión de datos en un bus de comunicación diferencial. A diferencia del RS-232, que es un estándar unidireccional, el RS-485 permite la comunicación bidireccional y multidispositivo, lo que lo hace especialmente adecuado para redes de dispositivos en entornos industriales y comerciales. El cable de comunicación RS-485 es esencial en la construcción de redes de comunicación confiables y eficientes para sistemas electrónicos distribuidos. Su capacidad para transmitir datos a largas distancias y su inmunidad al ruido lo convierten en una opción popular en aplicaciones industriales y comerciales donde la comunicación confiable es crucial.[37]

El conductor para conexión rs-485 nos permite la adecuada comunicación de datos para evitar todo tipo de interferencias y tener eficacia en la comunicación el modelo lo podemos apreciar en la tabla 4.18.

**Tabla 4.18:** Datos del conductor rs-485

Gráfica	Descripción
	<p><b>Tipo de cable:</b> Par trenzado no blindado (UTP) o par trenzado blindado (STP)</p> <p><b>Número de conductores:</b> 4 (A y B), (positivo y negativo)</p> <p><b>Impedancia característica:</b> 120 ohmios</p> <p><b>Velocidad de transmisión:</b> Hasta varios Mbps (dependiendo de la implementación)</p> <p><b>Distancia máxima de transmisión:</b> Hasta 1200 metros (en condiciones ideales)</p> <p><b>Temperatura de operación:</b> -40 °C a +85 °C (puede variar según el fabricante)</p> <p><b>Aplicaciones típicas:</b> Sistemas de automatización industrial, control de acceso, redes de sensores, etc.</p> <p><b>Conectores comunes:</b> DB-9, RJ-45, terminales de tornillo, etc.</p> <p><b>Estándares relacionados:</b> RS-485, EIA-485</p>

#### 4.4.7. Panel solar Simax SP636-140

El panel solar Simax SP636-140 es un módulo fotovoltaico diseñado para convertir la energía solar en electricidad utilizable. A continuación, se presenta las características y especificaciones de este panel solar:

**Marca y Modelo:** Simax SP636-140

**Tipo de Célula:** Paneles solares monocristalinos, lo que significa que están fabricados a partir de una sola estructura cristalina, lo que les permite tener una mayor eficiencia en la conversión de la luz solar en electricidad.

**Potencia Nominal:** La potencia nominal de este panel solar es de 140 vatios (W), lo que indica la cantidad máxima de energía que puede generar en condiciones estándar de prueba.

**Tensión y Corriente:** Las especificaciones eléctricas pueden variar, pero típicamente se encuentra en el rango de voltaje de alrededor de 17-19 voltios y una corriente de alrededor de 7.5-8.5 amperios.

**Eficiencia:** Los paneles solares monocristalinos suelen tener una eficiencia relativamente alta en comparación con otros tipos de paneles, y esto puede variar entre el 15% y el 20% para modelos

convencionales como el Simax SP636-140.

**Dimensiones y Peso:** Las dimensiones físicas del panel pueden variar, pero suelen tener una longitud de alrededor de 1.6 metros y una anchura de alrededor de 1 metro. El peso suele estar en el rango de 10-15 kilogramos.

**Marco y Vidrio:** Los paneles suelen estar enmarcados en un material resistente a la intemperie, como aluminio, para proteger las células solares. El vidrio frontal es templado y resistente, diseñado para soportar condiciones climáticas adversas.

**Conexiones:** El panel suele estar equipado con cables y conectores para permitir su interconexión con otros paneles y componentes del sistema fotovoltaico. el modelo lo podemos apreciar en la tabla 4.19. [38]

**Tabla 4.19:** Datos del panel solar Simax

Gráfica	Descripción
	<p><b>Tolerancia</b> <math>\pm 3\%</math>.</p> <p><b>Voltaje para Pmax (Vmp)</b> 17.8 V.</p> <p><b>Corriente para Pmax (Imp)</b> 7.87 A.</p> <p><b>Corriente de Circuito</b></p> <p><b>Abierto (Ise)</b> 8.56 V.</p> <p><b>Temperatura Nominal de</b></p> <p><b>Operación de la célula</b> (NOCT) <math>\pm 4\%</math>.</p> <p><b>Voltaje máximo del sistema</b> 1000 VDC.</p>

#### 4.5. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

En la representación gráfica de la figura 4.5 se muestra un esquema práctico realizado sobre el proyecto. En este modelo, se interconectan todos los componentes del sistema con el propósito de monitorear el sistema fotovoltaico y observar sus pérdidas correspondientes.

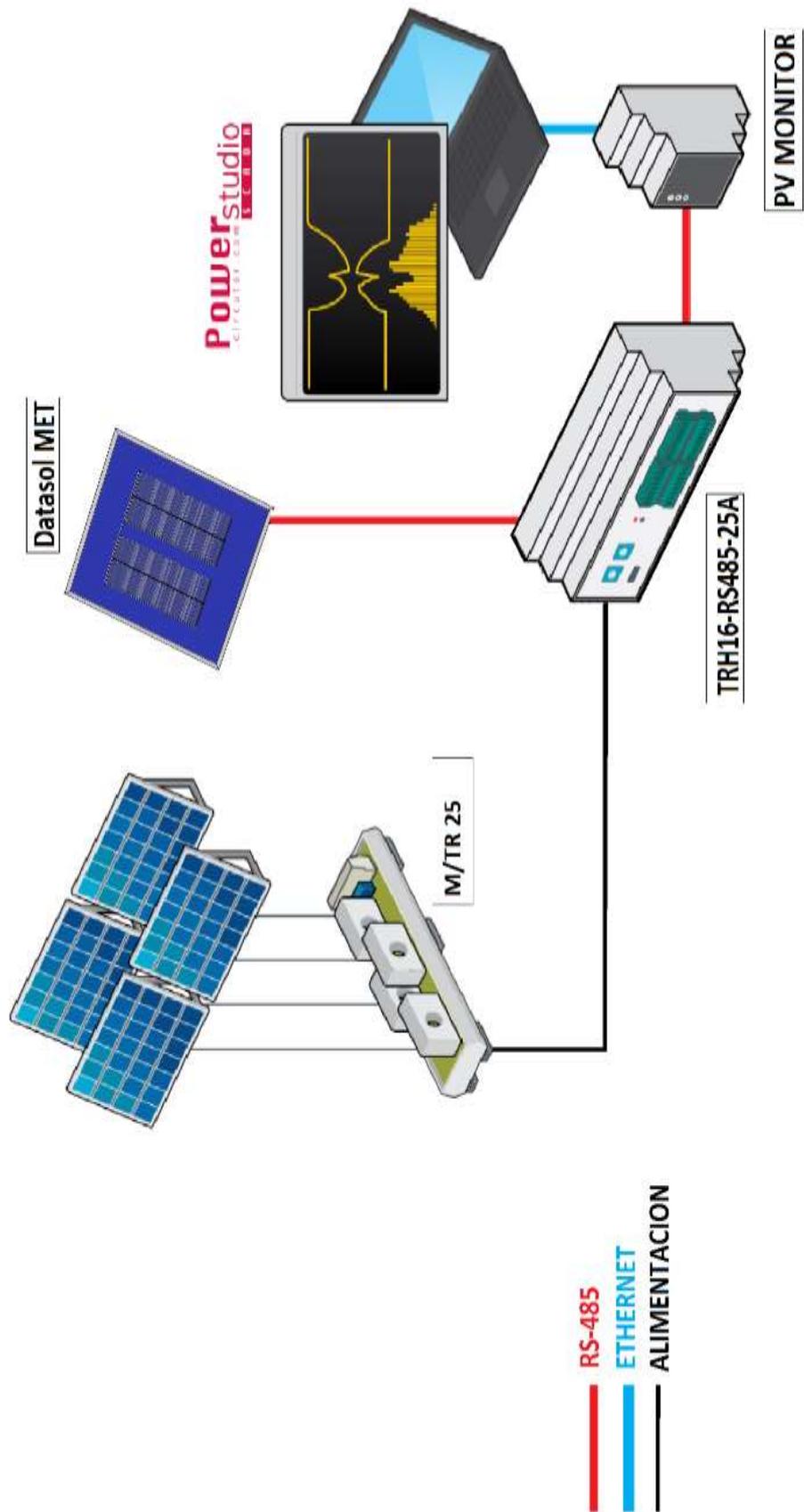


FIGURA 4.5: Modelo practico del proyecto

#### 4.5.1. Transmisión en el sistema

El sistema de transmisión está compuesto por una protección principal que suministra energía a los dispositivos clave: TRH16, gestor PV MONITOR y sensor MET-485. Estos equipos desempeñarán una función crucial al registrar y supervisar las variables de voltaje, radiación, temperatura y corriente durante su operación, tal como se ilustra en la figura 4.6.

Además, se elaboró un plano eléctrico general para el esquema experimental, cuyo diagrama de conexiones eléctricas se encuentra detallado en el anexo (B).

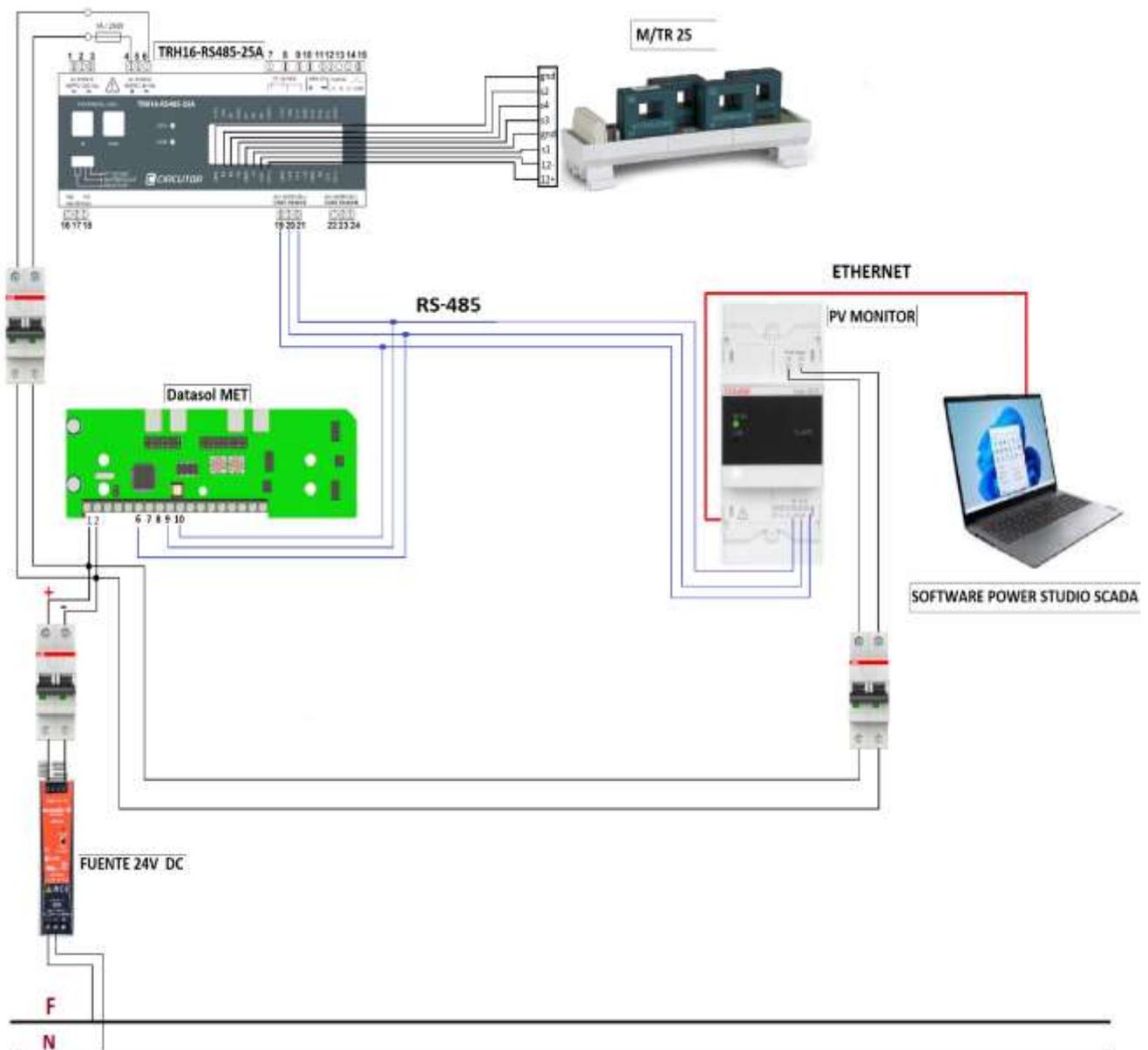


FIGURA 4.6: esquema que muestra la conexión del sistema en el modelo experimental

#### 4.5.2. Conexión de los equipos TRH-16 y M/TR-25

La función del TRH16-RS485 es la de medir y registrar las variables de temperatura, voltaje y corriente. Es un dispositivo desarrollado para realizar mediciones simultáneas en hasta 16 líneas de corriente continua. Cuenta con 16 entradas dedicadas a transformadores de efecto Hall, lo que permite la medición precisa de corrientes de hasta 25 A por canal en corriente continua. A través de su conexión RS485, el TRH16 puede transmitir estos datos a otros dispositivos o sistemas para su análisis y control.

Para conectar el equipo de medida tensión y corriente M/TR-25 al equipo TRH16-RS485, se sugiere utilizar un cable AWG 18 flexible. Es importante asegurarse de que la malla del cable se conecte exclusivamente al conector GND del equipo. Como observamos en la figura 4.7.

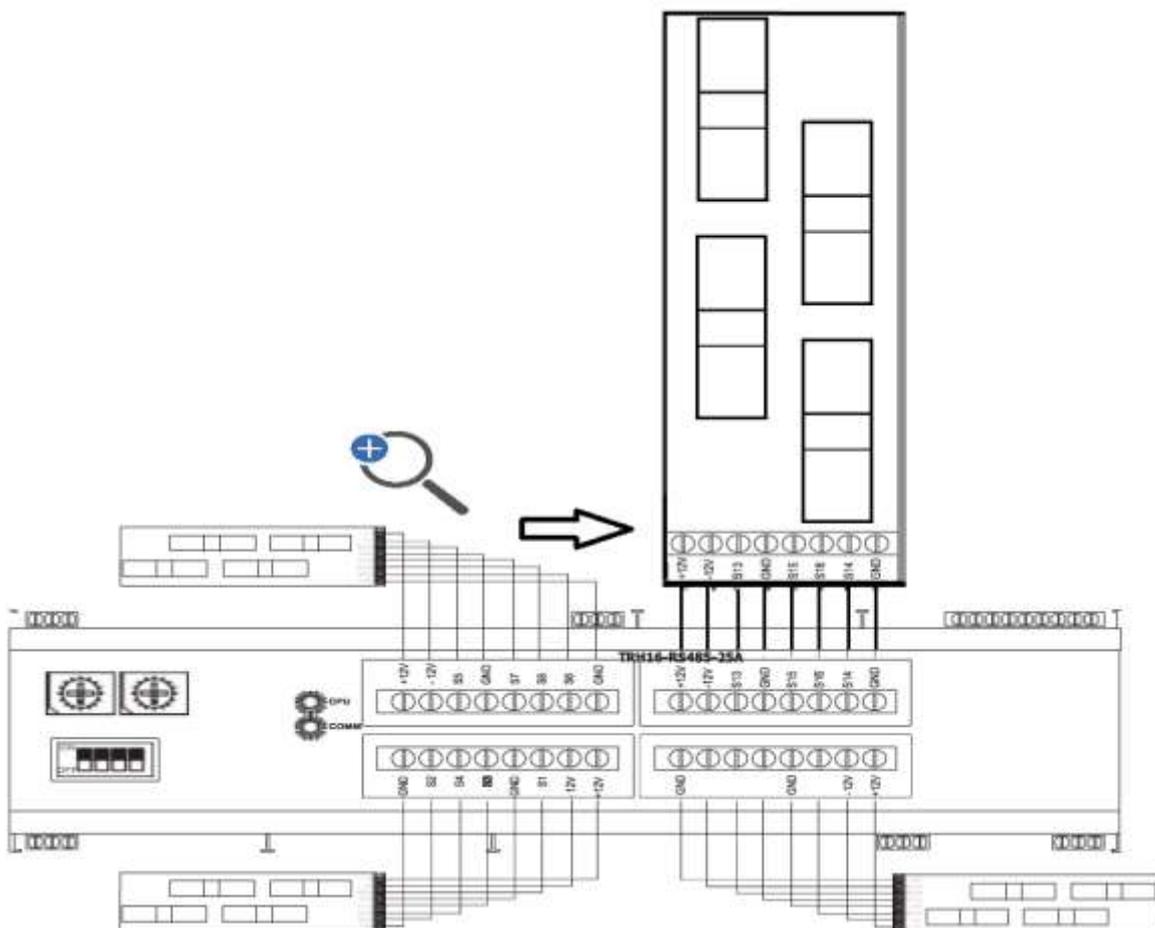
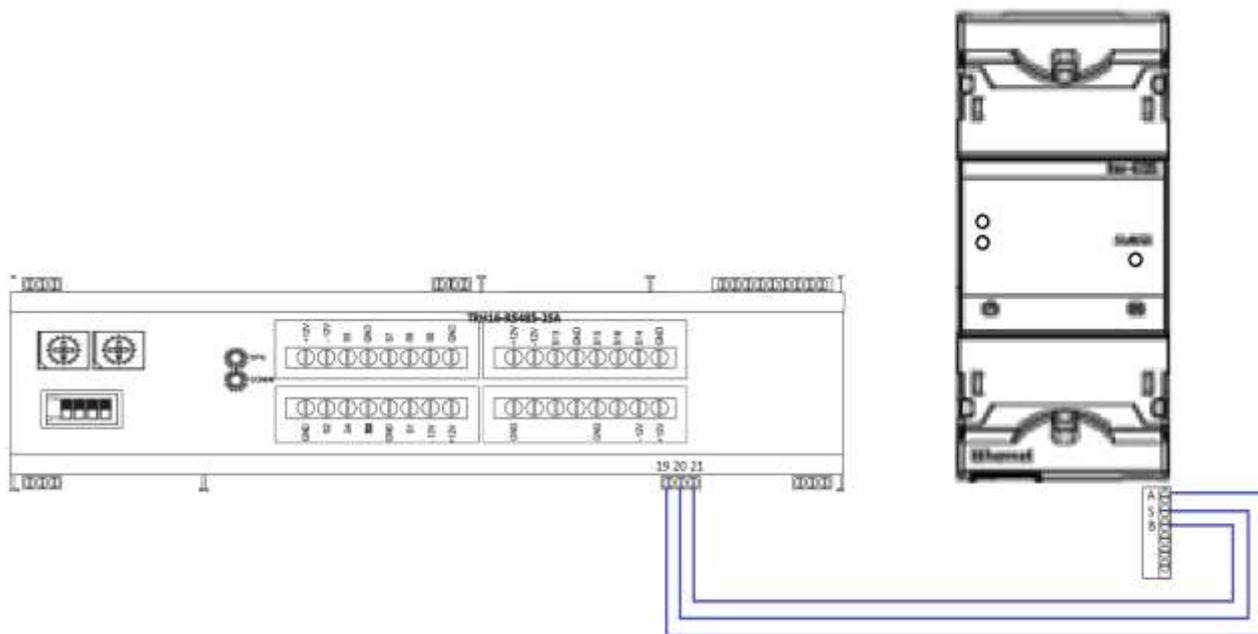


Figura 4.7: Conexión de medidores de corriente y voltaje

#### 4.5.3. Conexión RS-485 para bus de comunicación

La figura 4.5 muestra el bus de comunicación RS-485, donde el TRH16 está equipado con un

puerto para la transmisión de datos en tiempo real tipo RS-485. Este sistema de comunicación se emplea para conectar el TRH16 a un sistema maestro de control industrial, como SCADA o PLC. Se utiliza el protocolo de comunicación conocido como MODBUS. En esta configuración, el TRH16 se conecta al sistema de control PV-Monitor-M mediante el bus RS-485. Para establecer la comunicación efectiva, cada equipo debe recibir una asignación de número de nodo específico que lo identifique en el bus de comunicación. Como observamos en la figura 4.8.



**Figura 4.8:** Conexión del bus de comunicación entre TRH-16 y equipo Maestro

#### 4.5.4. Conexión del sensor de temperatura Datasol MET RS-485

Datasol MET RS-485 es un sensor especializado que se utiliza para medir y registrar diferentes variables ambientales, como la temperatura y la irradiancia. Este dispositivo se conecta a un sistema de monitoreo o control mediante el protocolo de comunicación RS-485. El RS-485 es un estándar de comunicación que permite la transmisión de datos en tiempo real y es ampliamente utilizado en aplicaciones industriales y de automatización. Al conectar el Datasol MET RS-485 a un sistema de control, se puede obtener información valiosa sobre las condiciones ambientales en tiempo real, La alimentación auxiliar para este equipo es mediante una fuente en rango de 16 a 33 VDC. El protocolo RS-485 permite la comunicación bidireccional, lo que significa que el sistema de control puede enviar comandos al sensor y recibir datos de forma continua para un seguimiento y análisis precisos de las variables ambientales, se conecta mediante un cable

especial apantallado de dos pares de calibre awg 24, un par para transmisión del bus y otro par para alimentación del equipo. Como observamos en la figura 4.9.

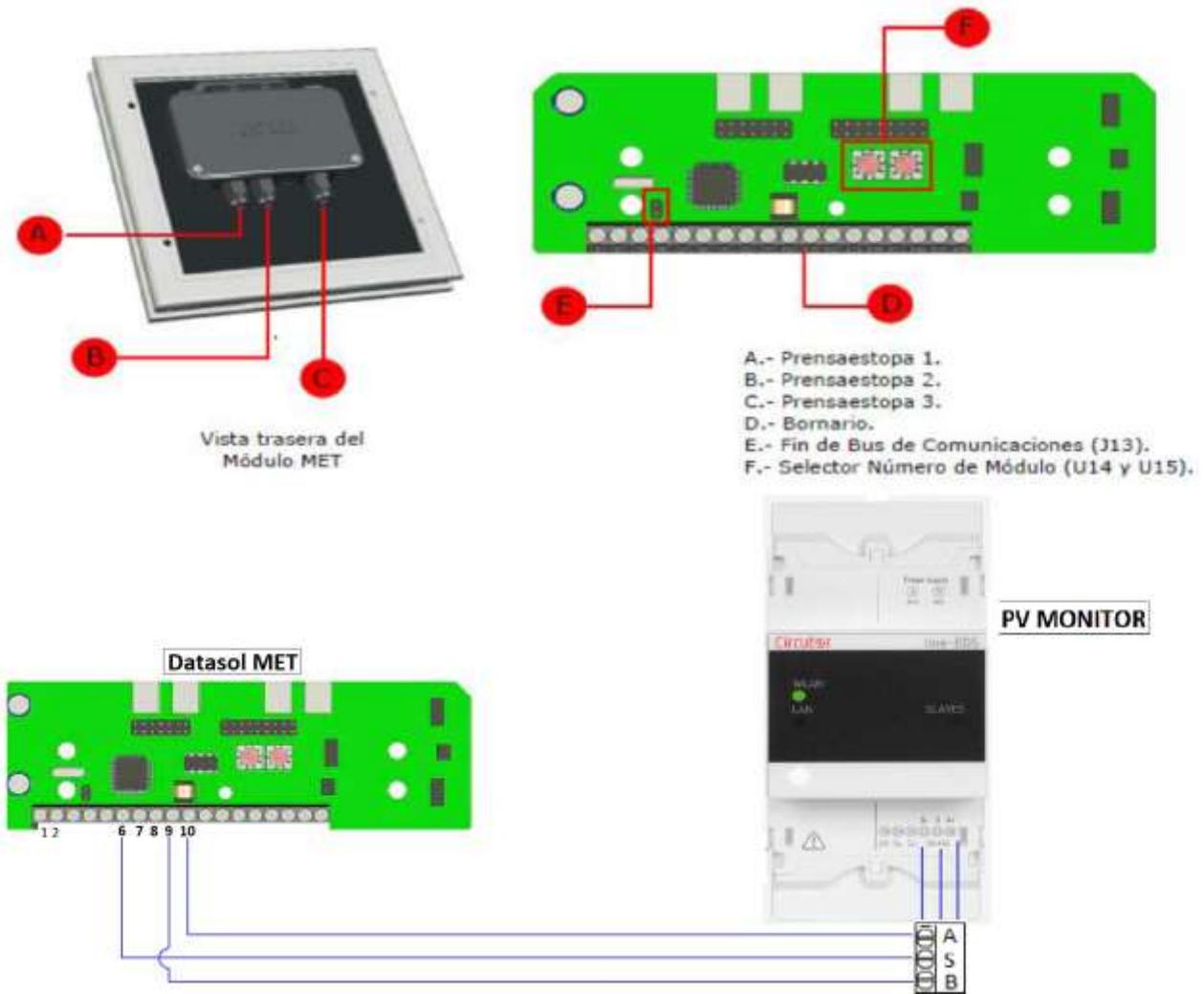


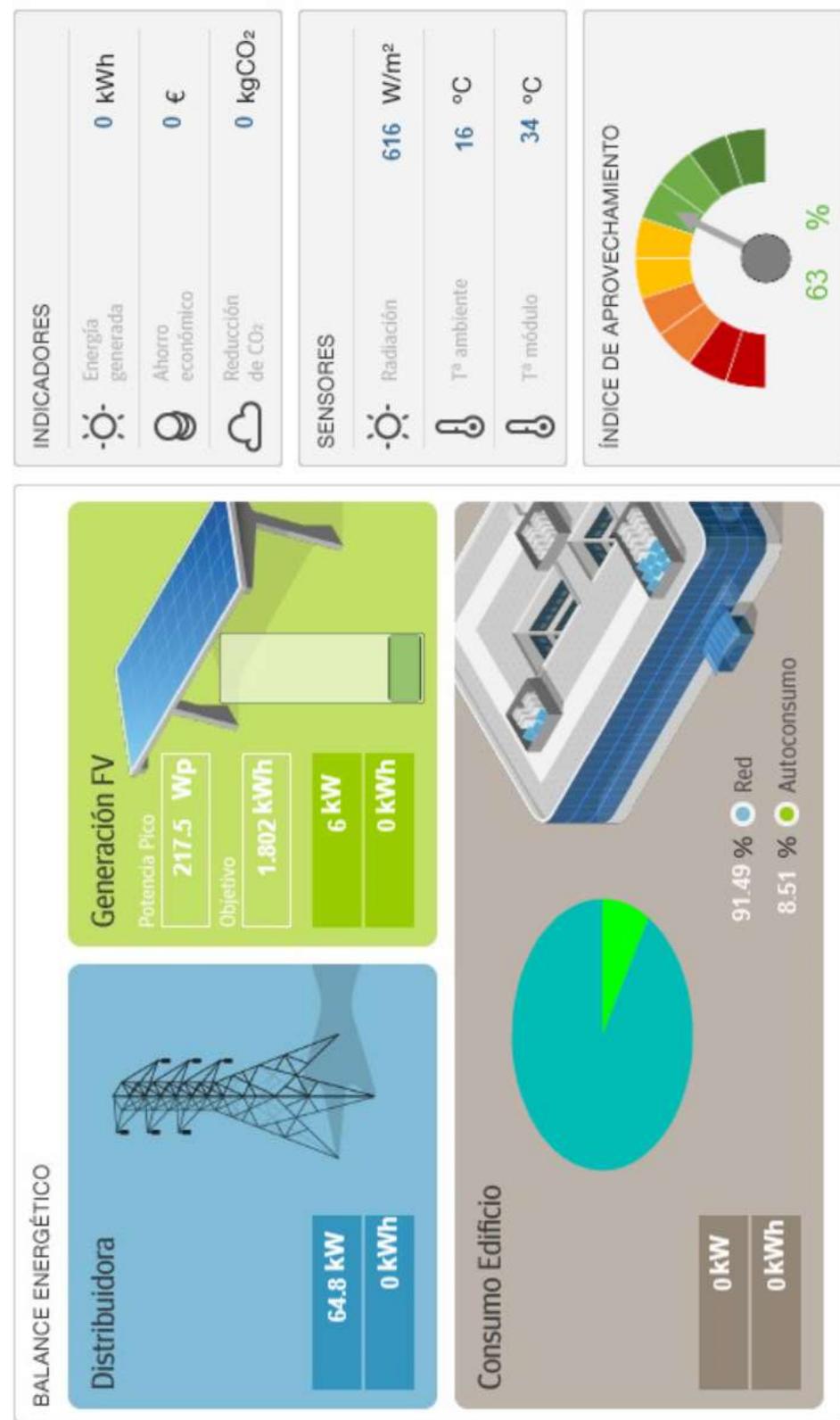
FIGURA 4.9: Conexión RS-485 entre Datasol Met – PV Monitor

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.2. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación se enfocan en la implementación de un sistema para adquisición de datos de energía para obtención de las pérdidas de energía en un sistema fotovoltaico. Durante el experimento, se llevaron a cabo mediciones durante 3 días consecutivos a la misma hora, teniendo en cuenta las variaciones climáticas de radiación solar y temperatura ambiente, en una ubicación con una altitud superior a los 2860 metros sobre el nivel del mar.

Como se puede observar en la figura 5.1 se obtuvo los datos de energía producidos en la estación fotovoltaica en tiempo real mediante el Software POWERSTUDIO



**FIGURA 5.1:** Pantalla de datos emitidos en tiempo real

#### 4.2.1. Visualización HMI

En la siguiente figura 5.2 podemos observar el interfaz que se creó para la obtención de los datos producidos por el sistema implementado, aquí se tomó en cuenta las variables de voltaje, corriente, irradiancia, potencia y temperatura ambiente. Como observamos en la figura 5.2.

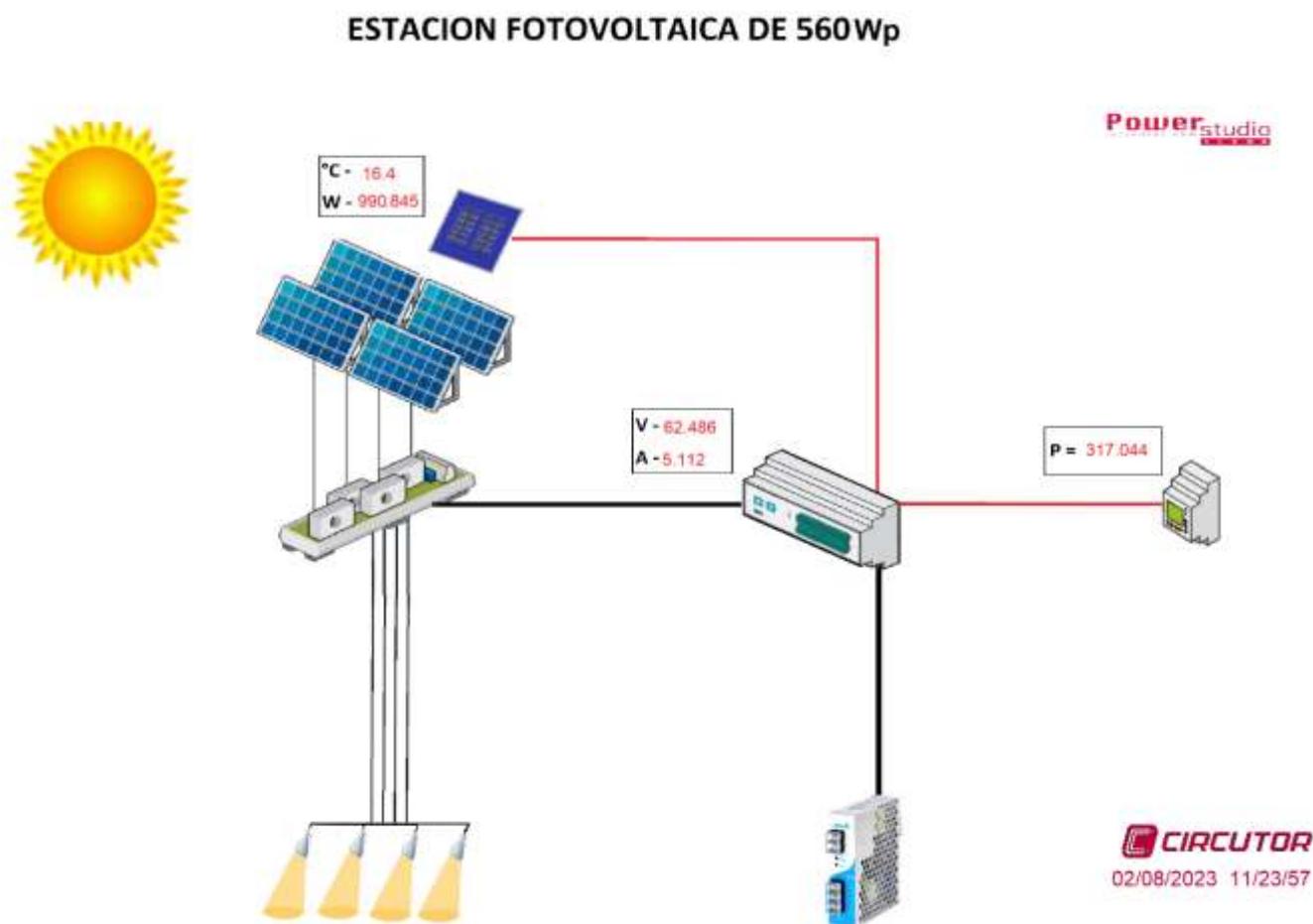


FIGURA 5.2: Pantalla de variables emitidas en tiempo real

#### 4.2.2. Ecuaciones para cálculo de eficiencia energética

Para calcular la eficiencia del sistema fotovoltaico se empleó el siguiente proceso a partir de los datos de voltaje, corriente e irradiancia.

Aplicando la ecuación (5.1) se obtiene la eficiencia de la estación fotovoltaica.

$$\text{Eficiencia} = (\text{Potencia de Salida} / \text{Potencia de Entrada}) \times 100$$

$$\eta = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}} = x \text{ 100\%} \quad (5.1)$$

Donde:

La Potencia de Salida es el producto de la tensión y la corriente que proporciona el sistema fotovoltaico en un momento dado:

**Potencia de Salida** = Voltaje x Corriente

Aplicando la ecuación (5.2) obtenemos la Potencia producida en la estación FV.

$$V * I = P \quad (5.2)$$

Donde:

*V* = Voltaje (voltios) *V*

*I* = Corriente (amperios) *A*

*P* = Potencia (vatios) *W*

La Potencia de Entrada se relaciona con la irradiancia incidente en el sistema multiplicada por el área de los paneles, para calcular la Potencia de Entrada:

**Potencia de Entrada** = Área total de los paneles x Irradiancia

Finalmente, se puede calcular la eficiencia utilizando la fórmula mencionada:

**Porcentaje de Eficiencia** = (Potencia de Salida / Potencia de Entrada) x 100

#### 4.2.3. Ecuaciones para cálculo pérdidas

La ecuación (5.3) se utilizó para determinar las pérdidas en la estación fotovoltaica, se expresa de la siguiente manera:

**Pérdidas de Energía** = Potencia de entrada - Potencia de salida

Donde:

**Potencia de Entrada** = Área total de los paneles x Irradiancia

**Potencia de Salida** = Voltaje x Corriente

Por lo tanto, al obtener las pérdidas se realizó la siguiente operación matemática y se obtuvo el porcentaje de pérdidas en el sistema

$$\% \text{ Pérdidas} = \frac{\text{Perdidas de Energia}}{\text{Potencia de Entrada}} \times 100 \quad (5.3)$$

### **Captación teórica de irradiancia en la estación FV**

- **Potencia Nominal Total**

Potencia nominal de cada panel = 140 W

Cantidad de paneles = 4

Potencia Nominal Total = 140 W/panel \* 4 paneles = 560 W

- **Área de los Paneles**

Medida de cada panel = 147.6 cm x 67.6 cm

Área de cada panel = 147.6 cm \* 67.6 cm = 997.7 cm<sup>2</sup>

Área de 4 paneles = 4 \* 997.7 cm<sup>2</sup> = 3991.1 cm<sup>2</sup>

- **Convertir el Área a m<sup>2</sup>**

3991.1 cm<sup>2</sup> = 3991104 mm<sup>2</sup> / 1000000 = 3.99 m<sup>2</sup>

- **Tolerancia de cada panel en Decimal**

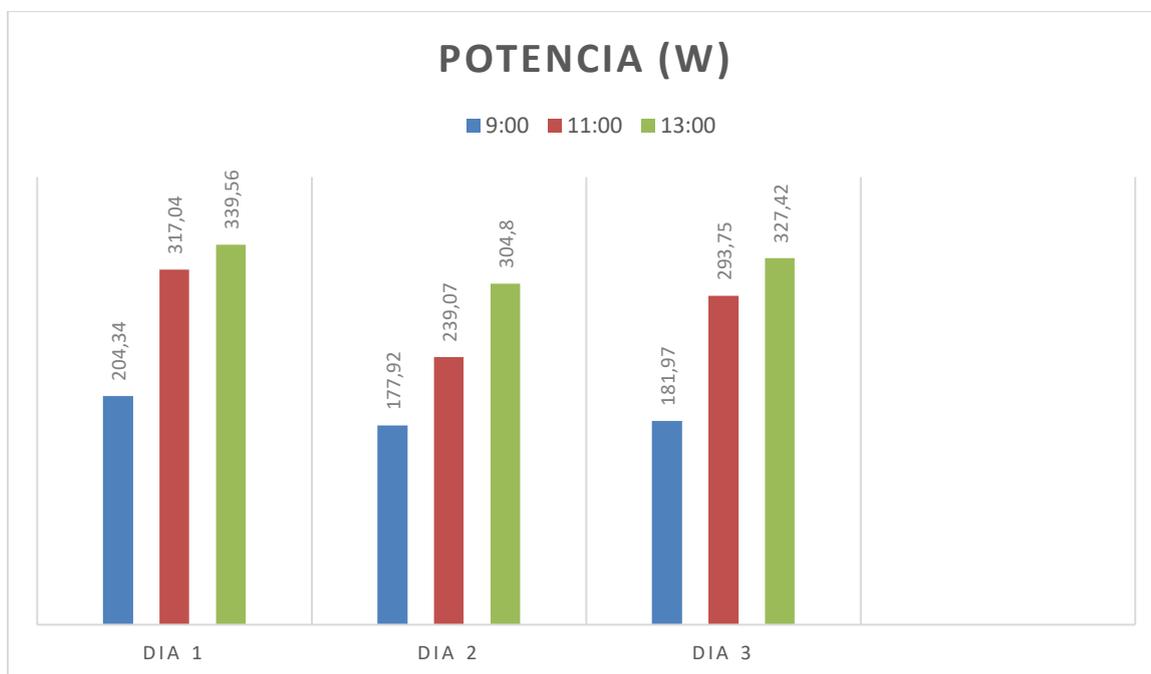
Tolerancia = 3% = 0.03 (en forma decimal)

- **Cálculo de la Irradiancia Teórica:**

Irradiancia (W/m<sup>2</sup>) = Potencia Nominal Total / (Área de los Paneles x Eficiencia)

Irradiancia (W/m<sup>2</sup>) = 560 W / (3.991104 m<sup>2</sup> \* 0.03) = **4664.09 W/m<sup>2</sup>**

#### 4.2.4. Análisis de resultados de potencia



**FIGURA 5.3:** Potencia generada en la estación FV

La potencia generada en la estación fotovoltaicos en tres días, un intervalo de dos horas cada día de toma de información se muestra en la figura 5.3 con la cantidad de potencia obtenida por el sistema fotovoltaico, Debido a las variaciones en la radiación solar a lo largo del día, es posible observar fluctuaciones en la cantidad de energía eléctrica generada. Estas variaciones en la intensidad de la luz solar influyen en la potencia eléctrica obtenida, lo que conlleva a diferentes niveles de producción energética en diferentes momentos.

**Tabla 5.20:** Datos de potencia generada

DIA	HORA	POTENCIA GENERADA (W)
02/08/2023	9:00	<b>204,34</b>
02/08/2023	11:00	<b>317,04</b>
02/08/2023	13:00	<b>339,56</b>
03/08/2023	9:00	<b>177,92</b>
03/08/2023	11:00	<b>239,07</b>
03/08/2023	13:00	<b>304,81</b>

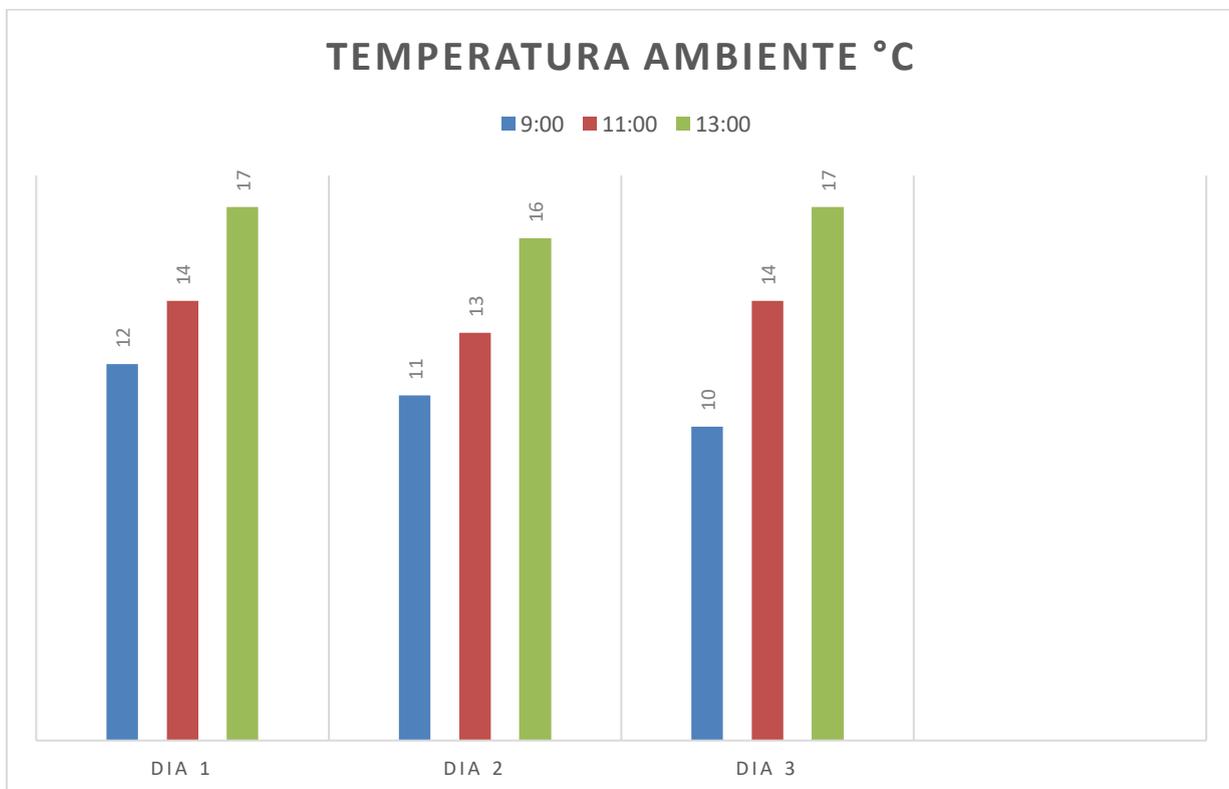
04/08/2023	9:00	<b>181,97</b>
04/08/2023	11:00	<b>293,75</b>
04/08/2023	13:00	<b>327,42</b>

En la tabla 5.20 se observa la producción de Potencia que genera la estación fotovoltaica a distintas horas del día por un lapso de tres días consecutivos.

#### 4.2.5. Análisis de temperatura

La temperatura experimentó cambios durante el período de tres días en correlación con los cambios en la radiación solar. Los datos de temperatura registrados en los intervalos de tiempo de estos tres días brindaron la oportunidad de analizar las variaciones térmicas. Los resultados registrados se pueden observar en el gráfico de temperatura.

Se utilizó el sensor de temperatura estratégicamente colocado en la proximidad de los paneles solares. Estos sensores midieron las variaciones de temperatura en el entorno directo de los paneles y proporcionaron datos en intervalos regulares. Como se observa en la figura 5.4.



**FIGURA 5.4:** Temperatura medida con sonda pt/100

Uno de los aspectos cruciales en el análisis de una instalación fotovoltaica es la evaluación de las condiciones ambientales, en particular la temperatura ambiente, en la tabla 5.21 se observa los valores de temperatura en relación con el tiempo.

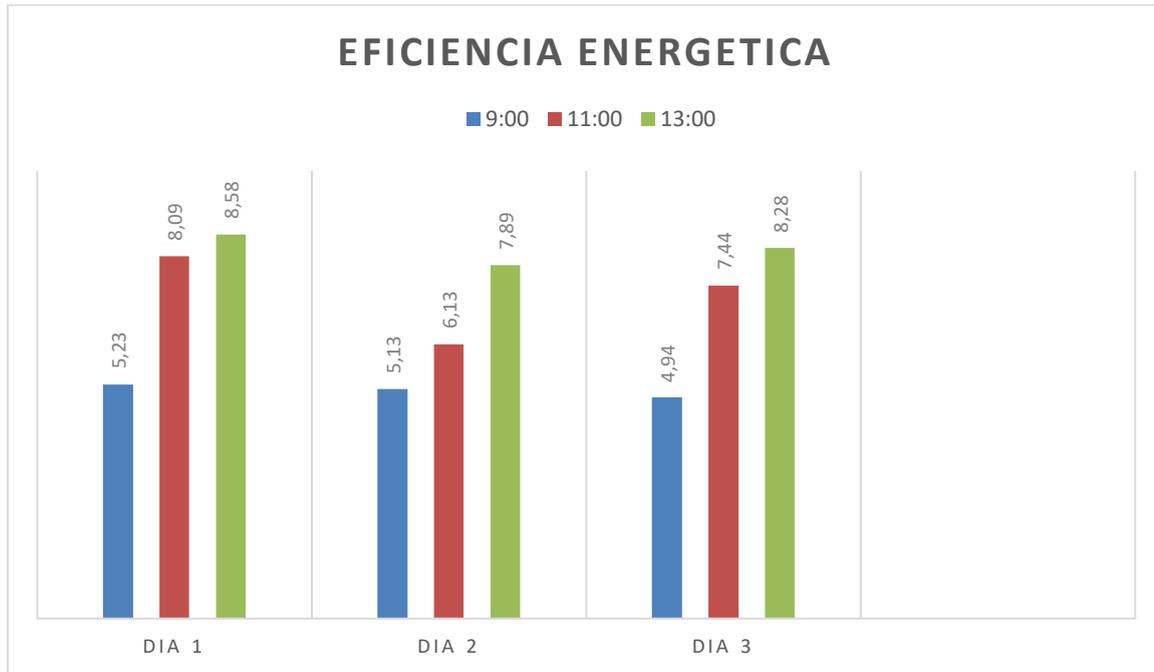
**Tabla 5.21:** Datos de Temperatura ambiente

DIA	HORA	TEMPERATURA (°C)
02/08/2023	9:00	<b>12,3</b>
02/08/2023	11:00	<b>14,7</b>
02/08/2023	13:00	<b>17,4</b>
03/08/2023	9:00	<b>11,8</b>
03/08/2023	11:00	<b>13,3</b>
03/08/2023	13:00	<b>16,1</b>
04/08/2023	9:00	<b>10,6</b>
04/08/2023	11:00	<b>14,4</b>
04/08/2023	13:00	<b>17,2</b>

En la tabla se aprecia la temperatura proporcionada por el sistema de adquisición de datos durante los tres días de obtención de datos.

#### **4.2.6. Análisis de resultados de eficiencia**

La eficiencia obtenida tiene distintos porcentajes a cada hora determinada como se puede evidenciar la figura 5.5 se obtuvo mayor eficiencia el primer día ya que fue un día despejado, mientras que el tercer día tuvimos el menor índice de eficiencia en el sistema debido a un día con lluvia, tenemos un promedio de 6% de eficiencia por día en la estación fotovoltaica.



**FIGURA 5.5:** Eficiencia de energía producida

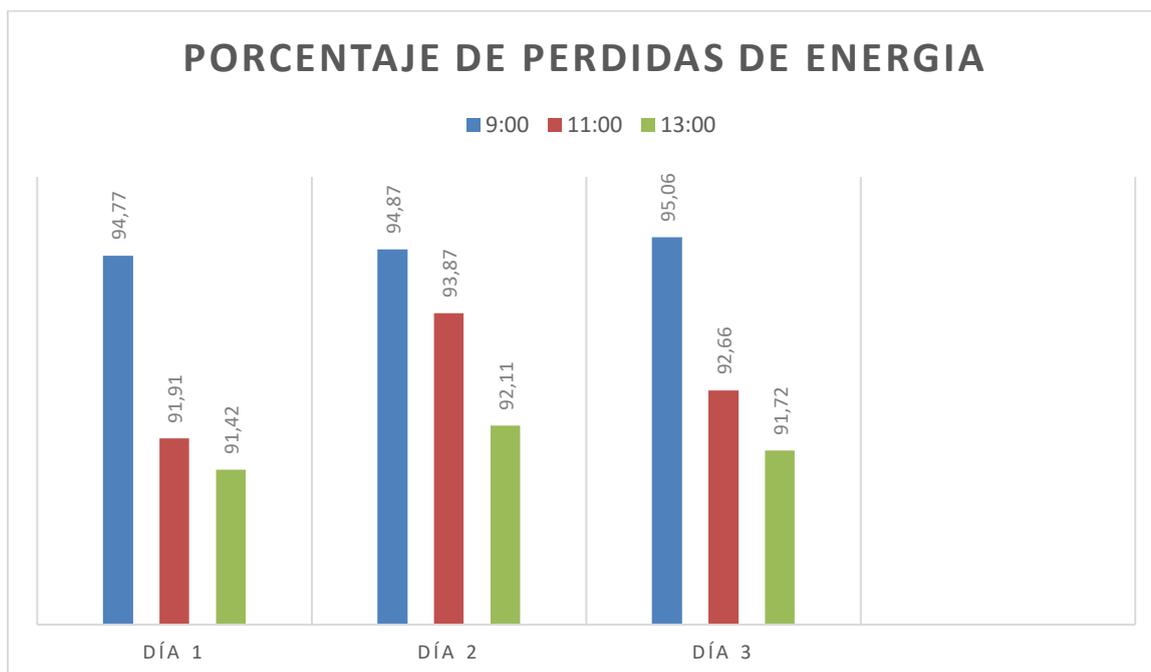
En la siguiente tabla 5.22 se detalla el porcentaje de eficiencia obtenido en tres días a horas fijas en la estación fotovoltaica.

**Tabla 5.22:** Datos de eficiencia

DIA	HORA	EFICIENCIA
02/08/2023	9:00	<b>5.23%</b>
02/08/2023	11:00	<b>8.09%</b>
02/08/2023	13:00	<b>8.58%</b>
03/08/2023	9:00	<b>5.13%</b>
03/08/2023	11:00	<b>6.13%</b>
03/08/2023	13:00	<b>7.89%</b>
04/08/2023	9:00	<b>4.94%</b>
04/08/2023	11:00	<b>7.44%</b>
04/08/2023	13:00	<b>8.28%</b>

#### 4.2.7. Análisis de resultados de pérdidas de energía

Las pérdidas de energía son muy altas ya que la eficiencia en la estación fotovoltaica no supera el 9%, se obtuvo que el día 03/08/2023 tuvo la mayor cantidad de porcentaje de pérdidas a comparación de los demás días por ser un día con lluvia. Como observamos en la figura 5.6.



**FIGURA 5.6:** Pérdidas de energía

En la tabla 5.23 se detalla el porcentaje de pérdidas en los tres días de monitoreo en la estación fotovoltaica.

**Tabla 5.23:** Datos de porcentaje de pérdidas

DIA	HORA	PERDIDAS
02/08/2023	9:00	<b>94.77%</b>
02/08/2023	11:00	<b>91.91%</b>
02/08/2023	13:00	<b>91.42%</b>
03/08/2023	9:00	<b>94.87%</b>
03/08/2023	11:00	<b>93.87%</b>
03/08/2023	13:00	<b>92.11%</b>
04/08/2023	9:00	<b>95.06%</b>
04/08/2023	11:00	<b>92.66%</b>
04/08/2023	13:00	<b>91.72%</b>

## **4.3.IMPACTOS**

### **4.3.1. Impacto técnico**

La implementación de un sistema de adquisición de datos de energía en una estación fotovoltaica tiene un impacto técnico fundamental al mejorar el monitoreo y la supervisión del sistema. La integración de sensores y dispositivos de adquisición de datos permite obtener información en tiempo real sobre la generación de energía, la radiación solar incidente y otras variables relevantes. Esto proporciona a los operadores y técnicos una visión detallada del rendimiento de la planta.

### **4.3.2. Impacto económico**

La implementación de un sistema de adquisición de datos de energía en una estación fotovoltaica puede implicar una inversión inicial en la adquisición e instalación de los sensores, dispositivos de monitoreo y la infraestructura necesaria para el sistema. Estos costos iniciales incluirán la compra de hardware y software específico como podemos observar en la tabla 5.19, así como los costos asociados con la instalación del sistema. Sin embargo, a pesar de estos gastos iniciales, el sistema de adquisición de datos puede ofrecer beneficios a largo plazo en términos de eficiencia operativa. Al proporcionar una visión detallada del rendimiento del sistema fotovoltaico, el sistema de adquisición de datos permite visualizar las pérdidas de energía. Además, la disponibilidad de datos precisos y en tiempo real también facilita una toma de decisiones más informada.

## **4.4.PRESUPUESTO**

Para determinar los costos directos de nuestro proyecto, es fundamental comprender que estos se refieren a los elementos y recursos específicos que se utilizaron para llevar a cabo la implementación del sistema de monitoreo. En nuestro caso, los costos directos están asociados a los equipos y materiales eléctricos empleados en la instalación. La Tabla 5.19 presenta detalladamente los elementos eléctricos utilizados para establecer un sistema de adquisición de datos que permitió comparar la producción de energía entre una estación fotovoltaica móvil y una estacionaria. Estos costos directos engloban los gastos relacionados con los dispositivos necesarios para llevar a cabo el monitoreo y la recopilación de datos en ambos sistemas fotovoltaicos.

**Tabla 5.25:** Costos directos de la propuesta tecnológica

<b>Costos de la propuesta tecnológica</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO (S/UNID)</b>	<b>COSTO (\$)</b>
Gestor PV-MONITOR	1	C/u	1,380.17	1,380.17
Sensor Datasol MET-485	1	C/u	633.30	633.3
Conductor eléctrico 18x4 AWG	30	C/u	5.00	150.00
Cable apantallado RS-485	50	C/u	2.00	100.00
Fuente de alimentación de 24V	1	C/u	150.00	150.00
<b>TOTAL</b>				<b>2,413.47</b>

## **4.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.4.1. Conclusiones**

Con el levantamiento de información obtenido a partir de tres días con puntos temporales definidos se pudo evidenciar nueve potencias generadas, una por cada punto temporal. En el primer día se obtuvo, 9:00 (204,34 W), 11:00 (317,04 W), 13:00 (339,56 W), en el segundo día se obtuvo, 9:00 (177,92 W), 11:00 (239,07 W), 13:00 (304,81 W), en el tercer día se obtuvo, 9:00 (181,97 W), 11:00 (293,75 W), 13:00 (327,42 W), estas potencias muestran la generación de la estación fotovoltaica en diferentes puntos horarios.

Los datos de temperatura obtenidos durante los tres días con puntos temporales definidos nos permitieron observar como en el transcurso del primer punto hasta el tercer punto horario la temperatura asciende en un rango desde los (11,8 °C) hasta los (17.4°C), estas temperaturas muestran el rango de funcionamiento en el que trabaja nuestra estación FV.

En las pérdidas obtenidas en estos puntos temporales (9:00, 11:00, 13:00) durante tres días, se obtuvo un porcentaje con mayor índice de pérdidas en el primer punto horario con un porcentaje promedio de (94,9%), mientras que en el tercer punto horario se tuvo un promedio de (91,7%), siendo en punto horario con menos porcentaje de pérdidas en el sistema de generación de energía, con este análisis se determino que durante los tres días de toma de datos las pérdidas están presentes en mayor porcentaje en el primer punto temporal de cada día.

#### 5.4.2. Recomendaciones

Para futuros análisis de toma de datos en la estación fotovoltaica se recomienda un mejor punto de conexión a red, de esta manera se podrá obtener los datos de energía que se produce en la estación con mayor eficiencia.

Los agentes ambientales y externos provocan deterioro en los paneles, es esencial establecer un programa de mantenimiento preventivo y rutinario para garantizar el rendimiento óptimo del sistema fotovoltaico a lo largo del tiempo. La limpieza y la inspección periódica de los paneles solares, así como la revisión de conexiones y componentes, pueden minimizar el deterioro y la acumulación de suciedad.

Se recomienda mantenerse al tanto de los avances en tecnología y equipos de adquisición de datos ya que a medida que las tecnologías evolucionan, es posible que surjan sistemas más avanzados y eficientes que podrían mejorar la precisión y la funcionalidad del sistema.

### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] CLEAN ENERGY REVIEWS, “EFICIENCIA DEL PANEL SOLAR,” Jul. 11, 2020. <https://tritec-intervento.cl/eficiencia-del-panel-solar-parte-i/> (accessed Aug. 07, 2023).
- [2] S. A. Solar Technology, “Coeficiente de rendimiento,” 2021.
- [3] N. Beltrán and R. Condori, “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y adquisición de datos de parámetros eléctricos y ambientales de un sistema fotovoltaico conectado a la red de 3kW,” 2022, doi: 10.35622/inudi.b.003.
- [4] Eneko Ortega Martin, “Nueva metodología de monitorización para la caracterización de módulos fotovoltaicos individuales en sistemas de gran tamaño,” Bilbao, 2021.
- [5] C. de I. de la U. D. F. J. de Caldas, “Modelo de un sistema fotovoltaico interconectado”.
- [6] Randdy Mikhal, “SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS INALÁMBRICO PARA MEDICIÓN DE CARACTERÍSTICAS I-V DE CELDAS SOLARES Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS,” 2019.
- [7] Anonimo, “Sistemas Fotovoltaicos .” 2021.
- [8] JORGE LUIS NERI TREJO and JORGE MATEO HERNÁNDEZ, “MÓDULO FOTOVOLTAICO PARA DESARROLLO DE ENERGÍAS RENOVABLES.,” 2013. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/537/1/Tesis%20Jorge%20Ne>

- ri%20Trejo%2C%20Jorge%20Mateo%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Germ%C3%A1n%20Resend%C3%ADz%20L%C3%B3pez.pdf (accessed Aug. 07, 2023).
- [9] I. H. R. A. M. O. S. LÓPEZ, “CIMAV,” OCTUBRE, [Online]. Available: <https://n9.cl/dp790>.
- [10] R. L. U. N. A. PUENTE, “CIENCIA,” ENERO, [Online]. Available: <https://n9.cl/ewwcj>.
- [11] R. R. A. M. I. R. E. Z. BON, “RYSE.” [Online]. Available: <https://n9.cl/fag4u5>.
- [12] E. Sobrino, “Handle.” [Online]. Available: <https://n9.cl/hknz2>.
- [13] Anonimo, “Solar Energy Information,” 2022.
- [14] J. S. Inguano, “CIMAV,» Abril 2016.” [Online]. Available: <https://n9.cl/i2jja>.
- [15] “La importancia del regulador de carga en una instalación fotovoltaica.” <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/la-curva-de-intensidad-voltaje-y-la-de-potencia-voltaje-de-un-panel-solar-el-papel-del-regulador-de-carga> (accessed Aug. 08, 2023).
- [16] D. Ying, “Product Specification: FUDA-75M to 95M,” 2019.
- [17] R. S. Herrera, “CIMAV,» Mayo 2013.” [Online]. Available: <https://n9.cl/ubkod>.
- [18] A. H. Fanney, M. W. Davis, B. P. Dougherty, D. L. King, W. E. Boyson, and J. A. Kratochvil, “Comparison of photovoltaic module performance measurements,” *Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME*, vol. 128, no. 2, pp. 152–159, May 2006, doi: 10.1115/1.2192559.
- [19] F. C. Cueva and F. V. Ortiz, “Fiel Web.” [Online]. Available: <https://n9.cl/frgqs>.
- [20] J. C. Segura and E. P. Chacón, “UPS,” Abril, [Online]. Available: <https://n9.cl/9whfj>.
- [21] Andrés Firman, Luis Vera, and Arturo Busso, “FABRICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE CELDAS DE REFERENCIA PARA DETERMINAR LA IRRADIANCIA EFECTIVA EN SFCR,” 2016.
- [22] Pablo González Martínez, “Evaluación de Pérdidas de Energía en la Operación de Plantas Fotovoltaico,” 2016. [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/42640/TFG-Pablo%20Gonz%C3%83%C2%A1lez\\_DEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/42640/TFG-Pablo%20Gonz%C3%83%C2%A1lez_DEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (accessed Aug. 08, 2023).
- [23] S. A. Solar Technology, “Coeficiente de rendimiento - Factor de calidad de la instalación fotovoltaica”.
- [24] L. I. N. Clemente, “UPS.” [Online]. Available: <https://n9.cl/ea6lf>.
- [25] T. Rómulo, E. García, A. Wilson, M. Q. Herhuay, J. Jheyson, and S. Ganto, “Diseño e implementación de un medidor de irradiancia solar con registro de datos basado en arquitectura de código abierto,” 2021.

- [26] S. Guayaquil, P. De Titulación, J. Fabricio, M. Torres, P. Sebastián, and L. Rivera, “Diseño e implementación de un medidor de irradiancia solar con registro de datos”.
- [27] Universidad de Valencia, “Redes de comunicación industriales,” 2019.
- [28] L. B. F. Gomes, “Automatizacion industrial,” *Ber Wiss*, vol. |, no. 4, p. 205, 2014, Accessed: Aug. 08, 2023. [Online]. Available: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/5632/1/AUTOMATIZACIONIND.pdf>
- [29] C. Valdivia Miranda, “Comunicaciones industriales”.
- [30] B. G. Lipták, “Instrument and automation engineers’ handbook : measurement and safety”.
- [31] S. G. McCrady, “Designing SCADA application software : a practical approach,” p. 227, 2013.
- [32] C. De Ingeniería, E. N. Sistemas, C. Naranjo, M. Fernanda, R. Tigmaasa, and C. Ramiro, “DESARROLLO DE SOFTWARE HMI SCADA,” 2012.
- [33] J. C. A. Valencia, “Octubre.” [Online]. Available: <https://n9.cl/wtm74>.
- [34] C.I.R.C.U.T.O.R., “CIRCUTOR.COM.” [Online]. Available: [https://circuitor.com/productos/energias-renovables/monitorizacion-instalaciones-fv/datalogger-para-la-monitorizacion-de-instalaciones-fotovoltaicas/product/E8130\\*./](https://circuitor.com/productos/energias-renovables/monitorizacion-instalaciones-fv/datalogger-para-la-monitorizacion-de-instalaciones-fotovoltaicas/product/E8130*./).
- [35] S. A. Circuitor, “Circuitor.com.” [Online]. Available: <https://circuitor.com/pdf/pdfdatasheet.php?lang=es&prod=E80005..>
- [36] C. R. Morales, “UCO.” [Online]. Available: <https://n9.cl/pgmij>.
- [37] P. Oliva Alonso, Nuria Castro Gil, Manuel A. Losada de Dios, “Redes de Comunicaciones. Conceptos Fundamentales,” *Redes de comunicación industriales*, p. 61, 2013.
- [38] “Suzhou Simax Green New Energy Co., Ltd. | Paneles Solares | China.” <https://es.ensolar.com/simax> (accessed Aug. 08, 2023).

# **ANEXOS**

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

**TITULACIÓN:**  
GRADO EN INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

**ANEXO A: DIAGRAMA ELÉCTRICO**

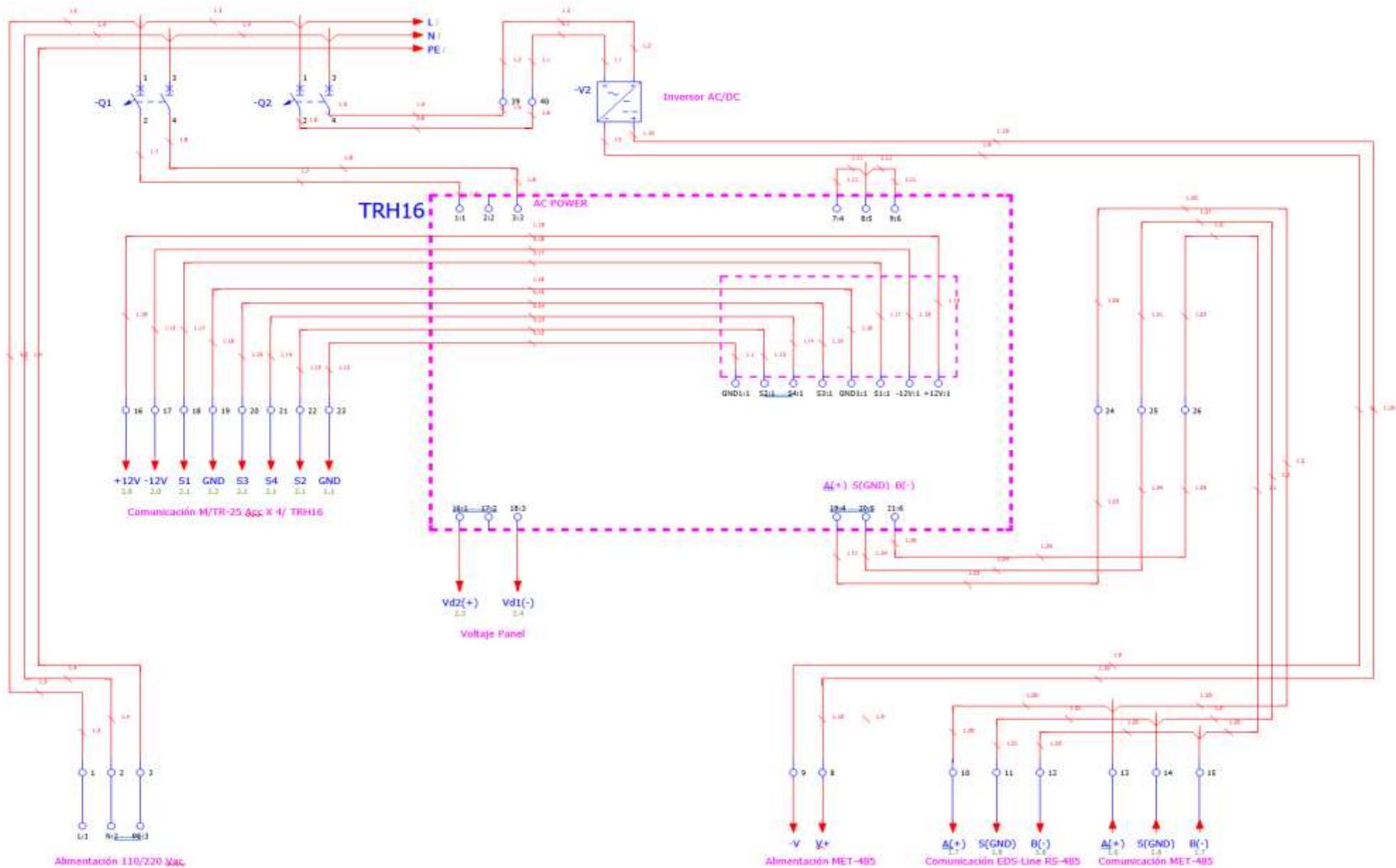


**TITULO:**

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS DE  
ENERGIA PRODUCIDA EN UNA ESTACION FOTOVOLTAICA DE 560W PARA  
LA OBTENCION DE PERDIDAS DE ENERGIA.

**AUTOR:**

Moscoso Villarroel Carlos Miguel



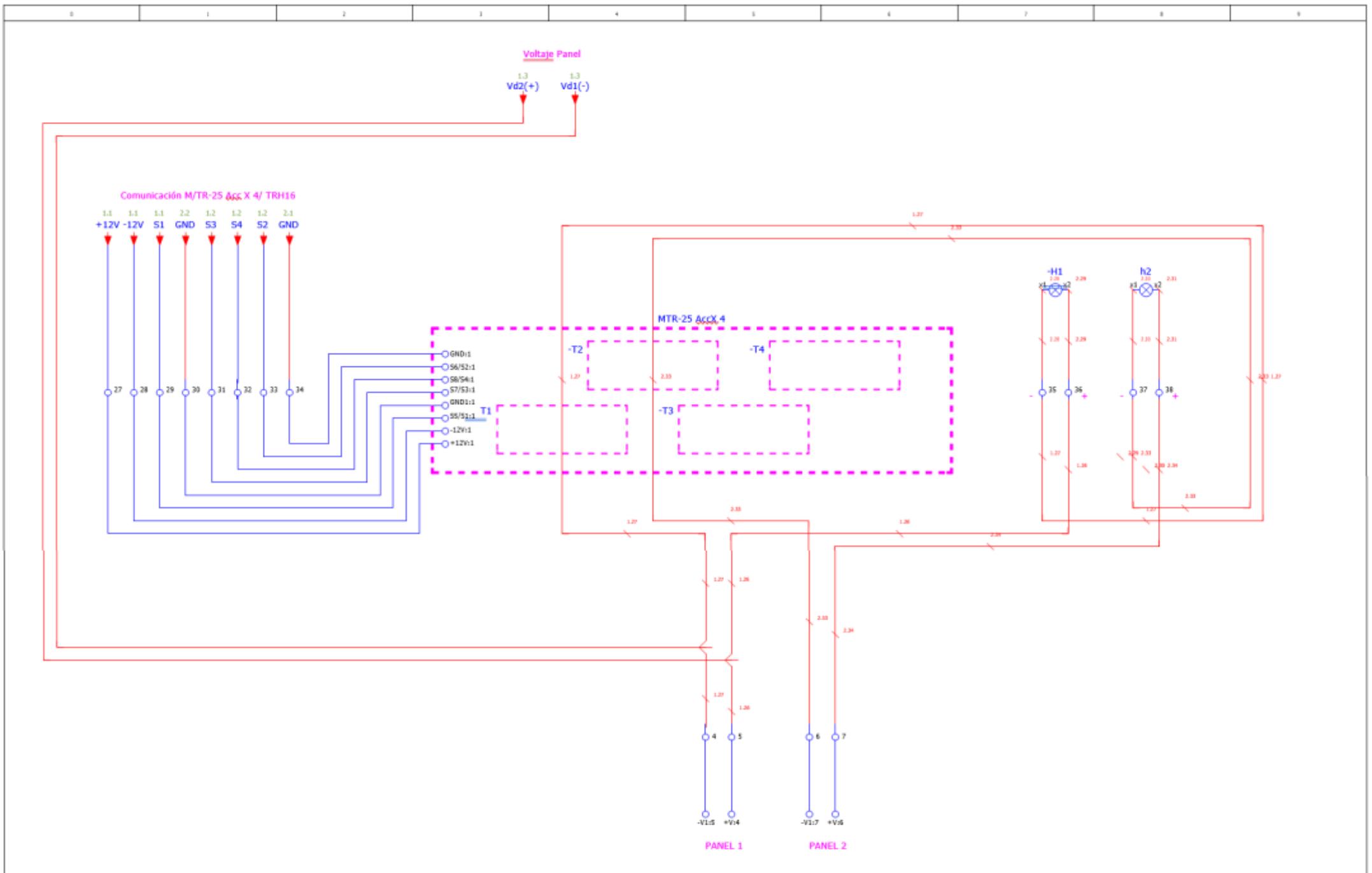
Fecha	15/8/2022
Próximo	DELL
Original	

Diseño del esquema de conexión eléctrica	
Sustitución por	Sustituido por



Autores: Carlos Moscoso  
 Docente: MgS. Luis Cruz

Conexión Tablero de Control		= Armario
		+ Latacuipa
Proyecto de Titulación		Foja
		Hoja 1 / 2



1

		Fecha	15/8/2023	Diseño del esquema de conexión eléctrica			Autores: Carlos Moscoso		Conexión Tablero de Control		= Armario
		Rep.	DELL				Docente: MGS. Luis Cruz				
		Original		Sustitución por		Sustituido por		Proyecto de Titulación		Hoja	
Cambio	Fecha	Nombre								Página 3 / 2	

ANEXO B	ANEXO B: CARACTERISTICAS TÉCNICAS	1 de 1
<b>Tabla B: Características técnicas Pv-Monitor</b>		
<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>		
Alimentación en CA		
Tensión nominal	190 ... 300 V	
Consumo	2.5 ... 7 W	
Categoría de la Instalación	CAT III 300 V	
Salidas digitales		
Cantidad	2	
Tipo	Optoa coplada (Colector abierto)	
Tensión máxima	48V	
Corriente máxima	120 mA	
Frecuencia máxima	500 Hz	
Anchura de pulso	1 ms	
Comunicaciones RS-485		
Bus de campo	RS-485	
Protocolo de comunicación	Modbus RTU	
Velocidad	9600 - 19200 - 38400 - 57600 - 115200 bps	
Bits de datos	8	
Bits de stop	1 - 2	
Paridad	sin	
Comunicaciones Ethernet		
Tipo	Ethernet 10BaseT - 100BaseTX autodetectable	
Conector	RJ45	
Protocolo	Web server - XML	
Modo de conexión a Red	DHCP ON/OFF (ON por defecto)	
Dirección IP secundaria de servicio	100.0.0.1	
Comunicaciones Wi-Fi		
Banda	2.4 GHz	
Estándares	IEEE 802.11 ac / a / b / g / n.	
Potencia de salida	8.9 dBm	
Potencia radiada efectiva (ERP)	11.25 dBm	
Potencia isotrópica radiada efectiva (EIRP)	13.4 dBm	
Interface con usuario		
LED	5 LEDs	
Características ambientales		
Temperatura de trabajo	-10 °C... +50 °C	
Temperatura de almacenamiento	-20 °C ... +80 °C	
Humedad relativa (sin condensación)	5 ... 95 %	
(Continuación) Características ambientales		
Altitud máxima	2000 m	

Grado de protección	IP30, Frontal: IP40
Características mecánicas	
Dimensiones (mm)	
Peso	180 g
Envolvente	Plástico V0 auto extingible
Fijación	Carril DIN
Normas	
Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio Parte 1: Requisitos generales	EN 61010-1
Compatibilidad electromagnética (CEM) Parte 6-2: Normas genéricas Inmunidad en entornos industriales	EN 61000-6-2
Compatibilidad Electromagnética (CEM) Parte 6-4: Normas genéricas Norma de emisión en entornos industriales	EN 61000-6-4
Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use Part 1: General Requirements	UL 61010-1
Equipos de audio y vídeo, de tecnología de la información y la comunicación Parte 1: Requisitos de seguridad	EN IEC 62368-1(2)

Tabla C: Especificaciones Técnicas del Datasol MET

## Especificaciones Técnicas Generales

Descripción	
Tensión de alimentación de la fuente externa (*)	Rango de tensión: 16 a 33 VDC
Consumo	Medio: 20 mW / Máximo: 80 mA
Dimensiones	Ancho: 266mm. Alto: 266mm. Profundidad: 35mm.
Rango de temperatura de funcionamiento	-20°C hasta +60°C
Rango de temperatura de almacenamiento	-20°C hasta +75°C
Grado de protección	IP-65
Peso	1600g
Sistema de montaje	Fijación Hook / Fijación atornillada

## Especificaciones Técnicas de Comunicaciones

Descripción	
Estándar	RS485 half duplex
Protocolo de comunicaciones	ATERSA o MODBUS RTU (autodetección)
Velocidad de transmisión (*)	9.600 / 19.200 / 38.400 / 57.600 / 115.200 bps
Distancia máxima	500m
Corriente de alimentación en reposo	10mA media
Modo	Esclavo. Solo responde bajo petición
Direcciones de nodo disponibles	01 a 99 equipos
Máximo número de nodos.	32
Nº de serie	10 dígitos
Cable de comunicaciones.	Utilizar dos pares trenzados de baja capacidad. Un par para datos (A y B) y otro para alimentación (+ y -). Los dos pares irán dentro del mismo apantallamiento del cable.
Conexión de la pantalla del cable de comunicaciones	Solo se conecta a tierra en el extremo del maestro. Sólo un punto.

Descripción	
-------------	--

Tipo de sensor	Pt100 (385)
Rango de medida de temperatura	-20°C hasta +100°C
Error máximo	±0.8°C

**Especificaciones Técnicas de la Medida de Temperatura**

**Especificaciones Técnicas de la Medida de Radiación (\*)**

<b>Descripción</b>	
Tipo de sensor	2 Células Calibradas
Rango de medida	0 a 1400W/m <sup>2</sup>
Error intrínseco a la medida	±0.2%
Error de la medida del Patrón de Referencia (**)	±2%
Máximo error relativo	±2.2%

**Especificaciones Técnicas de la Medida de la velocidad**

<b>Descripción</b>	
Conexión anemómetro	Borna 15, borna 16 y borna 2 (ó borna 5). Ver dibujo 9
Relación frecuencia/velocidad	Lineal 1.05Hz/km/h
Rango velocidad medible	2...140km/h

ANEXO D	ANEXO D: REGISTRO FOTOGRÁFICO	1 de 2
<b>DISEÑO</b>		
 <p><b>Fotografía D.1:</b> Paneles Fotovoltaicos 140W <b>Fuente:</b> Carrera Ing. Electromecánica</p>	 <p><b>Fotografía D.2:</b> Estación Fotovoltaica <b>Fuente:</b> Carrera Ing. Electromecánica</p>	
 <p><b>Fotografía D.3:</b> Laboratorio <b>Fuente:</b> Carrera Ing. Electromecánica</p>	 <p><b>Fotografía D.4:</b> Instalación de Software. <b>Fuente:</b> Carrera Ing. Electromecánica.</p>	
 <p><b>Fotografía D.5:</b> Cable concéntrico 4x10 awg <b>Fuente:</b> Carrera Ing. Electromecánica</p>	 <p><b>Fotografía D.6:</b> Gabinete de montaje de equipos <b>Fuente:</b> Carrera Ing. Electromecánica</p>	



**Fotografía D.7:** Banco de baterías 6-CNJ-120  
**Fuente:** Carrera Ing. Electromecánica



**Fotografía D.8:** Multímetro FLUKE376FC  
**Fuente:** Carrera Ing. Electromecánica



**Fotografía D.9:** Termocupla Pt100  
**Fuente:** Carrera Ing. Electromecánica

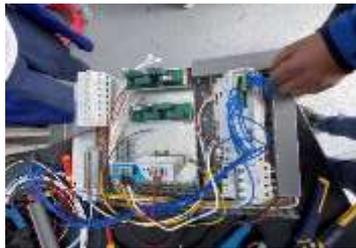
## IMPLEMENTACIÓN



**Fotografía E.10:** Comunicación del Bus  
**Fuente:** Carrera Ing. Electromecánica



**Fotografía E.11:** Conexión Sensor Datasol Met.  
**Fuente:** Carrera Ing. Electromecánica



**Fotografía E.12:** Instalación de dispositivos.  
**Fuente:** Carrera Ing. Electromecánica



**Fotografía E.13:** Instalación de la fuente de 24V  
**Fuente:** Carrera Ing. Electromecánica



**Fotografía E.14:** Instalación del PV-Monitor.  
**Fuente:** Carrera Ing. Electromecánica.

Tabla A: Accesorios del sensor DATASOL- MET.

## LISTADO DE CABLES Y ACCESORIOS

<b>Cable 1:</b>	<b>Opcional</b>	
Descripción:	Cable para: <ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentación y de comunicaciones</li> <li>Lazo de aviso.</li> </ul>	
Tipo:	Manguera 2x2x0.22mm <sup>2</sup> con malla.	
Protección:	600V Intemperie.	
Código ATERSA:	5206059.	
<b>Sonda de temperatura:</b>	<b>Opcional</b>	
Descripción:	Sonda de temperatura externa MET.	
Tipo:	Manguera de 30mm de longitud, 2x2x0.22mm <sup>2</sup> con malla con sensor PT100 en uno de sus extremos.	
Protección:	600V Intemperie.	
Código ATERSA:	9055102.	
<b>Anemómetro</b>	<b>Opcional</b>	
Descripción:	Anemómetro con ampolla reed, que proporciona 2 pulsos, por cada vuelta de las cazoletas a través de un cable apantallado (20m).	
Código ATERSA:	7401018 (Anemo 4403 v3).	
<b>Fijación Hook II :</b>	<b>Opcional</b>	
Descripción:	Sistema de fijación rápida de paneles sobre estructuras.	
Tipo:	Sobre estructuras estándar mediante el tornillo Allen M6x16, arandela grower, arandela plana y tuerca M6.	
Código ATERSA:	501014	
<b>Célula Calibradora</b>	<b>Opcional</b>	
Descripción:	Célula Calibradora Compensada	
Protección:	Se utiliza para conocer la radiación solar que incide en el plano en el que está colocada que, normalmente, coinciden con el del campo fotovoltaico.	
Código ATERSA:	1003001	

# Circuitor

Gestor energético

**line-EDS-PS**  
**line-EDS-PSS**  
**line-EDS-PSS-PRO**



**MANUAL DE INSTRUCCIONES**

# Circuitor



**PV-Monitor-M**

Datalogger para monitorizar fotovoltaica  
Photovoltaic energy monitoring datalogger  
Datalogger pour le contrôle photovoltaïque  
Datalogger para monitorizar fotovoltaica



**E**

Este manual es una guía de instalación del PV-Monitor-M. Para más información, se puede descargar el manual completo en la página web de CIRCUITOR: [www.circuitor.es](http://www.circuitor.es)

**¡IMPORTANTE!**



Antes de efectuar cualquier operación de instalación, reparación o manipulación de cualquiera de las conexiones del equipo debe desconectar el aparato de toda fuente de alimentación, tanto alimentación como de medida. Cuando sospeche un mal funcionamiento del equipo póngase en contacto con el servicio postventa. El diseño del equipo permite una sustitución rápida en caso de avería.

El fabricante del equipo no se hace responsable de daños cualesquiera que sean en caso de que el usuario o instalador no haga caso de las advertencias y/o recomendaciones indicadas en este manual ni por los daños derivados de la utilización de productos o accesorios no originales o de otras marcas.

**1. DESCRIPCIÓN**

El PV-Monitor-M es un gestor energético diseñado a monitorizar instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo instantáneo (con o sin inyección a red). Dispone de un datalogger y servidor web con PowerStudio Embedded y una aplicación SCADA para tal fin. Este equipo permite conocer, en tiempo real, el rendimiento de la instalación, la producción fotovoltaica, los consumos de un edificio, vivienda, empresa, etc. así como almacenar datos históricos para hacer análisis periódicos.

Para realizar correctamente la gestión energética de una instalación el PV-Monitor-M necesita de los dispositivos de la Tabla 1.

**2. INSTALACIÓN**

El PV-Monitor-M debe ser instalado dentro de un cuadro eléctrico o envolvente, con fijación en carril DIN (IEC 60715).

**¡IMPORTANTE!**



Tener en cuenta que con el equipo conectado, los bornes pueden ser peligrosos al tacto, y la apertura de cubiertas o eliminación de elementos puede dar acceso a partes peligrosas al tacto. El equipo no debe ser utilizado hasta que haya finalizado por completo su instalación.

El equipo debe conectarse a un circuito de alimentación protegido con fusibles tipo gI (IEC 269) o tipo M, comprendido entre 0.5 y 1A. Deberá estar previsto de un interruptor magnetotérmico o dispositivo equivalente para desconectar el equipo de la red de alimentación. El circuito de alimentación se deben conectar con cable de sección mínima 1mm<sup>2</sup>.

**GB**

This manual is a PV-Monitor-M installation guide. For further information, please download the full manual from the CIRCUITOR web site: [www.circuitor.com](http://www.circuitor.com)

**IMPORTANT!**



The device must be disconnected from its power supply sources (power supply and measurement) before undertaking any installation, repair or handling operations on the unit's connections. Contact the after-sales service if you suspect that there is an operational fault in the device. The device has been designed for easy replacement in case of malfunction.

The manufacturer of the device is not responsible for any damage resulting from failure by the user or installer to heed the warnings and/or recommendations set out in this manual, nor for damage resulting from the use of non-original products or accessories or those made by other manufacturers.

**1. DESCRIPTION**

The PV-Monitor-M is an energy manager that has been designed to monitor instantaneous self-consumption photovoltaic installations (with or without injection into the grid). It features a datalogger and web server with PowerStudio Embedded and a SCADA application for this purpose. This device provides real-time information about the installation performance, photovoltaic energy production levels, the consumption of a building, home, office, etc., as well as storing historical data to perform periodic analysis.

The PV-Monitor-M requires the use of the devices to the Table 1 to achieve the correct electric energy management of an installation.

**2. INSTALLATION**

The PV-Monitor-M device must be installed on an electric panel or enclosure, attached to a DIN rail (IEC 60715).

**IMPORTANT!**



Take into account that when the device is connected, the terminals may be hazardous to the touch, and opening the covers or removing elements may provide access to parts that are dangerous to the touch. Do not use the device until it is fully installed.

The device must be connected to a power circuit that is protected with gI (IEC 269) or M type fuses with a rating of 0.5 to 1 A. It must be fitted with a circuit breaker or equivalent device, in order to be able to disconnect the unit from the power supply network. The power circuit must be connected with cables that have a minimum cross-section of 1mm<sup>2</sup>.

**F**

Ce manuel est un guide d'installation du PV-Monitor-M. Pour une plus ample information, le manuel complet peut être téléchargé sur le site web de CIRCUITOR: [www.circuitor.com](http://www.circuitor.com)

**IMPORTANT!**



Avant d'effectuer toute opération de installation, réparation ou manipulation de l'une quelconque des connexions de l'équipement, vous devez déconnecter l'appareil de toute source d'alimentation, tant d'alimentation que de mesure. Lorsque vous suspectez un mauvais fonctionnement de l'équipement, contactez le service après-vente. La conception de l'équipement permet son remplacement rapide en cas de panne.

Le fabricant de l'équipement ne se rend pas responsable de tous dommages qui se produisent dans le cas où l'utilisateur ou l'installateur n'aurait pas respecté les avertissements et/ou recommandations indiqués dans ce manuel ni des dommages dérivés de l'utilisation de produits ou d'accessoires non originaux ou d'autres marques.

**1. DESCRIPTION**

Le PV-Monitor-M est un gestionnaire destiné à surveiller les installations photovoltaïques à autoconsommation instantanée (avec ou sans injection au réseau). Il dispose d'un datalogger et d'un serveur web avec PowerStudio Embedded et une application SCADA pour ce faire.

Cet équipement permet de connaître, en temps réel, les performances d'installation, la production photovoltaïque, les consommations d'un édifice, logement, entreprise, etc. ainsi que de stocker les données historiques pour faire des analyses périodiques.

Pour réaliser correctement la gestion énergétique d'une installation, le PV-Monitor-M doit être installé sur un tableau électrique ou une enveloppe, avec fixation dans le carré DIN (IEC 60715).

**2. INSTALLATION**

Le PV-Monitor-M doit être installé sur un tableau électrique ou une enveloppe, avec fixation dans le carré DIN (IEC 60715).

**IMPORTANT!**



Prendre en compte que, avec l'équipement connecté, les bornes peuvent être dangereuses au toucher, et l'ouverture de capots ou l'élimination d'éléments peut donner accès aux parties dangereuses au toucher. L'équipement ne doit pas être utilisé avant que son installation ne soit complètement terminée.

L'équipement doit être connecté à un circuit d'alimentation protégé avec des fusibles type gI (IEC 269) ou type M, avec des valeurs comprises entre 0,5 et 1 A. Il doit être pourvu d'un interrupteur magnétothermique ou dispositif équivalent, pour pouvoir déconnecter l'équipement du réseau d'alimentation. Le circuit d'alimentation doit être connecté avec un câble à section minimum d'1 mm<sup>2</sup>.

**P**

Este manual é um guia de instalação do PV-Monitor-M. Para mais informações, é possível descarregar o manual completo no endereço de Internet CIRCUITOR: [www.circuitor.com](http://www.circuitor.com)

**IMPORTANTE!**



Antes de efetuar qualquer operação de manutenção, reparação ou manipulação de qualquer das ligações do equipamento, o equipamento deve ser desligado de qualquer fonte de alimentação, tanto de alimentação como de medição. Em caso de suspeita de mau funcionamento do equipamento, entre em contacto com o serviço após-venda. O desenho do equipamento permite uma substituição rápida em caso de avaria.

O fabricante do equipamento não se responsabiliza por quaisquer danos emergentes no caso de o utilizador ou o instalador não respeitarem as advertências e/ou recomendações indicadas neste manual nem por danos derivados da utilização de produtos ou acessórios não originais ou de outras marcas.

**1. DESCRIÇÃO**

O PV-Monitor-M é um gestor energético destinado a monitorizar instalações fotovoltaicas de autoconsumo instantâneo (sem injeção à rede). Dispõe de um datalogger e servidor web com PowerStudio Embedded e uma aplicação SCADA para tal fim.

Este equipamento permite conhecer, em tempo real, o desempenho de instalação, a produção fotovoltaica, e os consumos de um edifício, vivenda, empresa, etc. assim como armazenar dados históricos para fazer análises periódicas.

Para realizar correctamente a gestão de uma instalação o PV-Monitor-M necessita dos dispositivos de la Tabela 1.

**2. INSTALAÇÃO**

O design PV-Monitor-M realizou-se para ser montado numa caixa DIN, tendo assim os pontos de fixação padrão por ser fixado para ser fixação na caixa.

**IMPORTANTE!**

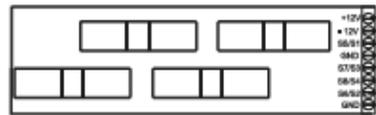


Ter em conta que, com o equipamento conectado, os bornes podem ser perigosos ao tacto e a abertura de coberturas ou a eliminação de elementos pode permitir o acesso a partes perigosas ao tacto. O equipamento não deve ser utilizado até que tenha finalizado por completo a sua instalação.

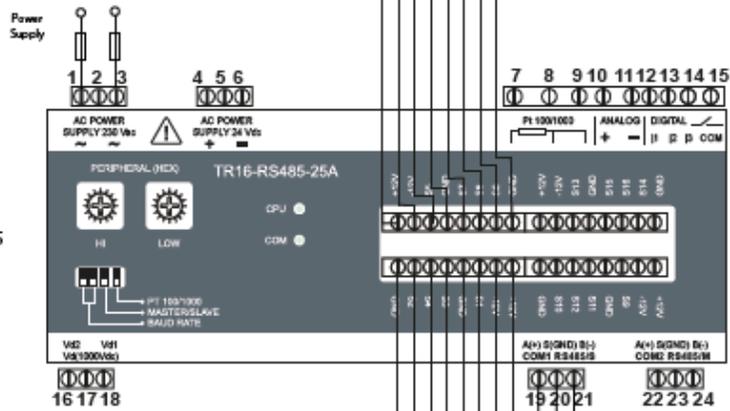
O equipamento deve ser ligado a um circuito de alimentação protegido com fusíveis tipo gI (IEC 269) ou tipo M, compreendidos entre 0,5 e 1 A. Deve estar previsto dum interruptor magnetotérmico ou dispositivo equivalente para desligar o equipamento da rede de alimentação. O circuito de alimentação deve ser ligado com cabo de secção mínima de 1 mm<sup>2</sup>.

Tabla 1 / Table 1 / Tableau 1 / Tabela 1

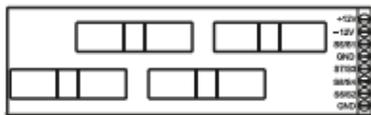
Código Code	Nombre Name	Descripción Description
E51001	CDP-0	Controlador dinámico de potencia Dynamic power controller
EX0056	RT-N150	Rutier
E80005	TR16-RS485	Medidor de tensión y corriente DC multicanal para strings fotovoltaicos Multi-channel DC voltage and current analyzer for photovoltaic strings.
M80413	PS-12	Fuente de tensión para sondas MET Voltage source for MET probes
M80010	M/TR-25 x2	Módulo de medida para 2 circuitos de corriente Measuring module for 2 current circuits
M80011	M/TR-25 x4	Módulo de medida para 4 circuitos de corriente Measuring module for 4 current circuits
EX0095	MET-485	Sonda de radiación, temperatura ambiente y temperatura módulos FV Radiation probe, ambient temperature and PV modules temperature



M/TR-25



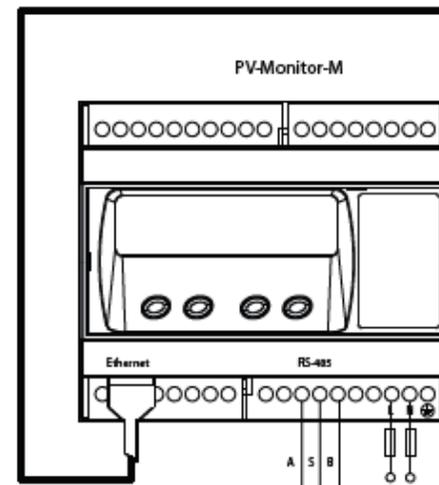
TR16-RS485



M/TR-25



MET-485



Ethernet

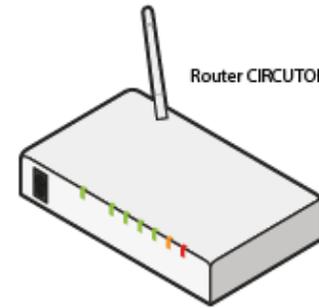
PV-Monitor-M

Ethernet

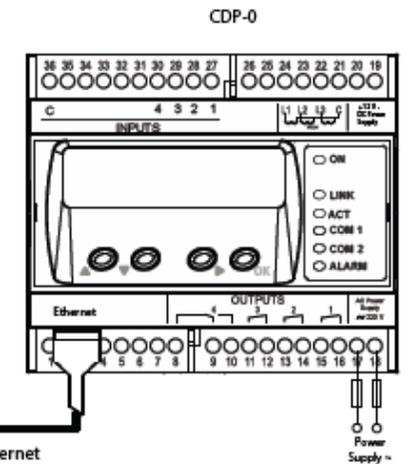
RS-485



Router CIRCUTOR



Ethernet



CDP-0



### TRH16-RS485

TRH16-RS485, 16 canales configurables 25/100/200 A Medida de tensión de 1500 Vcc 3 Entradas digitales libres de tensión 1 Entrada para sonda PT100/PT1000 1 Entrada 0...20 mA,

Código: E80005.

#### Descripción

TRH16 es un analizador para la medida de hasta **16 strings** fotovoltaicos en corriente continua hasta 1500 V<sub>cc</sub>. Sus características, hacen de él un equipo ideal y versátil para la medida de diferentes niveles de corriente, dependiendo del sensor conectado en cada una de sus entradas. El equipo está provisto de una entrada analógica 0...20 mA y una entrada para la conexión de una sonda de temperatura **PT100** ó **PT1000**, haciendo posible la medida de variables ambientales.



### TRH16-RS485

Medidor de tensión y corriente continua multicanal para strings fotovoltaicos

Código: E80005.

#### Especificaciones

##### Características mecánicas

Peso Neto (kg)	0,32
----------------	------

##### TRH16

Equipos para la supervisión de instalaciones fotovoltaicas

CÓDIGO	TIPO	Descripción
E80005	TRH16-RS485	16 canales configurables 25/100/200 A Medida de tensión de 1500 Vcc 3 Entradas digitales libres de tensión 1 Entrada para sonda PT100/PT1000 1 Entrada 0...20 mA