



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

CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DEMANDA ABASTECIDA POR UN INVERSOR DE 2,5 KW DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO.”

**PROPUESTA TECNOLOGÍA PRESENTADA PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

Autor:

Gutierrez Jaya Freddy Orlando

Tutor:

Ing. Cruz Pachi Luis Rolando MSc.

LATACUNGA, JULIO 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Gutierrez Jaya Freddy Orlando con cédula de ciudadanía N°. 055001182-9 declaro ser autor de la presente Propuesta Tecnológica **“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DEMANDA ABASTECIDA POR UN INVERSOR DE 2,5 KW DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO”**, siendo el Ing. Luis Rolando Cruz Panchi, tutor del presente trabajo; y, eximo representante a la universidad técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Julio de 2025



Gutierrez Jaya Freddy Orlando

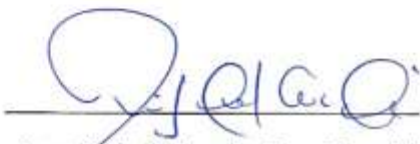
C.C: 055001182-9

AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DEMANDA ABASTECIDA POR UN INVERSOR DE 2,5 KW DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO.”, de Gutierrez Jaya Freddy Orlando de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio de 2025



Ing. Luis Rolando Cruz Panchi

CI: 050259517-6

TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas ; por cuanto, el postulante: **Gutierrez Jaya Freddy Orlando** con cedula de ciudadanía N° 055001182-9, con el título de la Propuesta Tecnológica: “**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DEMANDA ABASTECIDA POR UN INVERSOR DE 2,5 KW DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, Julio de 2025

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Ms.C. Cristian Fabián Gallardo Molina

C.C.:050284769-2



Lector 2

Ms.C. Pacheco Mena Carlos Francisco

C.C.: 050307290-2



Lector 3

Ms.C. Segundo Ángel Cevallos Betún

C.C.: 050178243-7

CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DEMANDA ABASTECIDA POR UN INVERSOR DE 2,5 KW DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO.”, de Gutierrez Jaya Freddy Orlando de la carrera de Ingeniería Electromecánica, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto compilado con un porcentaje de coincidencias del 8% y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

 **turnitin** Página 2 of 89 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: 1317505389

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el Informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad


N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema evalúan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguir de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo. Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y lo revise.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga Julio 2025



Ing. Luis Rolando Cruz Panchi

CI: 050259517-6

TUTOR

AVAL DE TRADUCCIÓN

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

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: “**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DEMANDA ABASTECIDA POR UN INVERSOR DE 2,5 KW DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO**” presentado por: **Gutierrez Jaya Freddy Orlando**, egresado de la Carrera de: **Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciya**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, Julio del 2025

Atentamente,



Mg. Edison Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502617350

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer de todo corazón a Dios por darme la salud.

A mi querida Familia que siempre me ha apoyado a seguir adelante durante toda la carrera.

A todas las personas que de una u otra manera ayudaron de forma desinteresada y agrado para la consecución de este gran objetivo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a todas las personas que me han brindado su paciencia a lo largo de mi vida y me han demostrado su apoyo incondicional en cada momento.

A todos ustedes, dedico este trabajo, fruto de mi esfuerzo y el apoyo de una familia extraordinaria.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERA Y APLICADAS

TÍTULO: “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DEMANDA ABASTECIDA POR UN INVERSOR DE 2,5 KW DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO”.

Autor:

Gutierrez Jaya Freddy Orlando

RESUMEN

A lo largo del tiempo, los inversores han sido empleados en la industria para transformar corriente continua (DC) en corriente alterna (AC). Los inversores convencionales, que son los más utilizados, presentan desventajas como un voltaje de salida poco senoidal con un alto contenido armónico. El presente proyecto tiene como objetivo diseñar y desarrollar un sistema que permita la adquisición de datos en tiempo real, esto implica la creación de una solución que admita monitorear y registrar parámetros o datos necesarios del sistema fotovoltaico, a la vez este sistema es capaz de medir variables como: voltaje nominal de salida, voltaje nominal de salida filtrada, frecuencia nominal de salida, potencia, temperatura interna, temperatura del disipador, voltaje de las baterías, corriente de las baterías, voltaje de entrada, con el propósito de determinar o monitorear la demanda abastecida del sistema fotovoltaico.

El proceso incluyó la instalación del software AVEVA InTouch para implementar un sistema de adquisición de datos que se comunica con un inversor de 2,5 kW mediante Modbus TCP/IP sobre Ethernet. Un medidor conectado al inversor captura variables clave como tensión, corriente, potencia activa, reactiva y aparente, energía, frecuencia, estado del inversor y alarmas. Diseñado bajo normas ISA-101, el sistema permite almacenar y visualizar datos en tiempo real. El análisis de datos recolectados confirmó que el sistema fotovoltaico aislado cumple los parámetros establecidos, optimizando su eficiencia y asegurando un funcionamiento autónomo y sostenible. Este sistema facilita la monitorización del rendimiento del inversor, proporcionando datos esenciales para su optimización y mantenimiento, y promueve una gestión energética eficiente en sistemas fotovoltaicos aislados.

Palabras clave: Demanda, sistema fotovoltaico, eficiencia, sistema de comunicación, energía solar.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “DEVELOPMENT OF A DATA ACQUISITION SYSTEM TO OBTAIN THE DEMAND SUPPLIED BY A 2,5 KW INVERTER OF AN ISOLATED PHOTOVOLTAIC SYSTEM”

AUTHOR:

Gutierrez Jaya Freddy Orlando

ABSTRACT

Over time, inverters have been used in the industry to transform direct current (DC) into alternating current (AC). Conventional inverters, which are the most widely used, have disadvantages such as a non-sinusoidal output voltage with a high harmonic content. The present project aims to design and develop a system that allows the acquisition of data in real time, this implies the creation of a solution that supports monitoring and recording necessary parameters or data of the photovoltaic system, at the same time this system is capable of measuring variables such as: nominal output voltage, nominal filtered output voltage, nominal output frequency, power, internal temperature, heatsink temperature, battery voltage, battery current, input voltage, in order to determine or monitor the demand supplied by the photovoltaic system. The process includes the installation of the Aveva InTouch program with the ModBus RS-485 communication system and measurement mechanisms that allow the capture of the different variables generated by the inverter. This information is then processed by the data acquisition system in real time, which generally involves hardware such as controllers and software to store and display the required information. After analyzing and verifying the results obtained, it was determined that the isolated photovoltaic system met all the established parameters, contributing to improving the efficiency of the system and guaranteeing autonomous and sustainable operation. With this data acquisition system, we seek to contribute to the improvement of energy management in isolated photovoltaic systems, certifying the efficient use of available solar energy.

Keywords: Demand, photovoltaic system, efficiency, communication system, solar energy.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------------------------------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | ¡Error! Marcador no definido. |
| AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA | ¡Error! Marcador no definido. |
| AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN | ¡Error! Marcador no definido. |
| AGRADECIMIENTO | viii |
| DEDICATORIA | ix |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT | xi |
| ÍNDICE GENERAL | xii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xv |
| ÍNDICE DE TABLAS | xviii |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2.1. Situación Problemática | 2 |
| 2.2. Formulación del problema | 3 |
| 2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN | 3 |
| 2.3.1. Objeto de investigación | 3 |
| 2.3.2. Campo de acción | 3 |
| 2.4. BENEFICIARIOS | 4 |
| 2.4.1. Directos | 4 |
| 2.4.2. Indirectos | 4 |
| 2.5. JUSTIFICACIÓN | 4 |
| 2.6. OBJETIVOS | 5 |
| 2.6.1. Objetivo General | 5 |
| 2.6.2. Objetivos Específicos | 5 |
| 2.6.3. Sistema de tareas | 5 |
| 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 7 |
| 3.1. Antecedentes | 7 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.2. | MARCO REFERENCIAL | 7 |
| 3.2.1. | LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 7 |
| 3.2.2. | INVERSOR FOTOVOLTAICO | 8 |
| 3.2.3. | Funcionamiento del inversor fotovoltaico | 9 |
| 3.2.4. | TIPOS DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS..... | 9 |
| 3.2.4.1. | Inversores Multinivel | 9 |
| 3.2.4.2. | Inversor de onda cuadrada..... | 11 |
| 3.2.4.3. | Inversores de onda modificada | 14 |
| 3.2.4.4. | Inversores de onda senoidal pura..... | 15 |
| 3.2.5. | CLASIFICACIÓN DE LOS INVERSORES CONECTADOS A LA RED | 16 |
| 3.2.5.1. | Inversores centrales | 16 |
| 3.2.5.2. | Inversores cadena | 17 |
| 3.2.5.3. | Inversores multi-cadena..... | 18 |
| 3.2.5.4. | Inversores módulo | 19 |
| 3.2.5.5. | Inversores con transformador | 19 |
| 3.2.6. | PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DE LOS INVERSORES | 20 |
| 3.2.6.1. | Distorsión armónica total en los inversores | 21 |
| 3.2.6.2. | Perdidas en el desempeño de los inversores | 21 |
| 3.2.6.3. | Perdidas por conducción en los inversores | 22 |
| 3.2.6.4. | Perdidas por conmutación en los inversores | 22 |
| 3.2.7. | DISEÑO DE UN INVERSOR FORVOLTAICO..... | 22 |
| 3.2.8. | PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN DEL INVERSOR | 26 |
| 3.2.8.1. | Bus de comunicación..... | 27 |
| 3.2.8.2. | Protocolo Modbus | 27 |
| 3.2.8.3. | Protocolo ModBus TCP/IP..... | 28 |
| 3.2.8.4. | Protocolo ethernet | 29 |
| 3.2.9. | Bus RS-485 | 29 |
| 3.2.10. | Sistemas Scada..... | 30 |
| 3.2.11. | Interfaz hombre máquina (HMI) | 30 |
| 3.2.12. | Descripción clientes OPC..... | 31 |
| 3.2.13. | Descripción de Aveva InTouch | 31 |
| 3.2.14. | Demanda del inversor..... | 32 |
| 4. | MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS | 33 |
| 4.6. | DECLARACIÓN DE VARIABLES | 36 |
| 4.6.1. | Variables dependientes..... | 36 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.6.2. | Variables independientes | 36 |
| 4.6.3. | Variables Técnicas Monitoreadas | 37 |
| 4.6.4. | Registro y Almacenamiento de Datos con AVEVA Historian..... | 37 |
| 4.7. | PROCEDIMIENTOS | 39 |
| 4.7.1. | Diagrama de flujo..... | 39 |
| 4.7.2. | Configuración de la comunicación | 40 |
| 4.8. | DESARROLLO DE LA PROPUESTA | 40 |
| 4.8.1. | Topología del sistema..... | 41 |
| 4.8.2. | Implementación de sistema de adquisición de datos..... | 42 |
| 4.8.3. | Pasos para la creación del servidor OPC | 42 |
| 4.9. | CONFIGURACION DE LA COMUNICACIÓN | 46 |
| 4.9.1. | Implementación del cliente OPC | 46 |
| 4.9.2. | Historian y Dispositivos. | 47 |
| 4.9.3. | Creación de tags en InTouch | 49 |
| 5. | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 53 |
| 5.1. | Análisis del voltaje nominal de salida | 53 |
| 5.2. | Análisis del voltaje de salida filtrada | 54 |
| 5.3. | Análisis de la potencia consumida..... | 55 |
| 5.4. | Análisis del voltaje de las baterías..... | 56 |
| 5.5. | Análisis de la temperatura interna del inversor..... | 57 |
| 5.6. | Análisis de la temperatura del disipador..... | 58 |
| 5.7. | Análisis Económico..... | 59 |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 61 |
| 6.1. | Conclusiones | 61 |
| 6.2. | Recomendaciones | 61 |
| 7. | REFERENCIAS | 62 |
| 8. | ANEXOS | 64 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Diagrama de instalación de un sistema fotovoltaico..... | 8 |
| Figura 2. Inversor fotovoltaico definida sus partes específicas..... | 9 |
| Figura 3. Curva del inversor multinivel..... | 10 |
| Figura 4. Esquema de inversor multinivel..... | 10 |
| Figura 5. Funcionamiento básico de un inversor en medio puente | 12 |
| Figura 6. Transistor de medio puente del inversor | 12 |
| Figura 7. Forma de onda en un inversor en medio puente con carga R-L..... | 13 |
| Figura 8. Transistor del inversor Push-Pull..... | 14 |
| Figura 9. Formas de onda de un inversor Push-Pull..... | 14 |
| Figura 10. Onda modificada del inversor | 15 |
| Figura 11. Onda senoidal pura del inversor..... | 15 |
| Figura 12. Topología del inversor central | 16 |
| Figura 13. Topología inversor cadena | 17 |
| Figura 14. Topología inversora multi-cadena..... | 18 |
| Figura 15. Topología inversora módulo | 19 |
| Figura 16. Inversor con transformador de baja frecuencia..... | 20 |
| Figura 17. Inversor con transformador de alta frecuencia..... | 20 |
| Figura 18. Distorsión armónica total en inversores | 21 |
| Figura 19. Pérdidas por conducción en los inversores | 22 |
| Figura 20. Pérdidas por conmutación en los inversores | 22 |
| Figura 21. Esquema de bloques inversor propuesto | 23 |
| Figura 22. Diagrama sensor de corriente del inversor..... | 24 |
| Figura 23. Diagrama sensor de voltaje del inversor | 24 |
| Figura 24. Diagrama del sensor de temperatura del inversor | 25 |
| Figura 25. Diagrama del sensor de corriente del inversor | 25 |

| | |
|--|----|
| Figura 26. Topología del bus de comunicación del inversor..... | 27 |
| Figura 27. Funcionamiento del protocolo Modbus | 28 |
| Figura 28. Protocolo de ModBus TCP/IP..... | 28 |
| Figura 29. Protocolo de comunicación ethernet | 29 |
| Figura 30. Topología del RS-485 | 29 |
| Figura 31. Topología del sistema scada..... | 30 |
| Figura 32. Interfaz HMI..... | 31 |
| Figura 33. Estudio de la demanda en horas pico | 33 |
| Figura 34. Descripción de las variables independientes..... | 36 |
| Figura 35. Registro y almacenamiento de datos Aveva Historian | 38 |
| Figura 36. Diagrama esquemático del procedimiento para la interfaz de HMI. | 38 |
| Figura 37. Comparación de la comunicación TCP/IP y RS-485..... | 40 |
| Figura 38. Resultados de monitoreo en tiempo real | 42 |
| Figura 39. Seleccionar Project a continuación connectivity e insertar nuevo canal..... | 43 |
| Figura 40. Seleccionar serial del protocolo de comunicación | 43 |
| Figura 41. Registro del nombre del canal..... | 43 |
| Figura 42. Pasos para la creación del canal seleccionamos tag count | 44 |
| Figura 43. Creación de un nuevo dispositivo | 44 |
| Figura 44. Configurar tipo de comunicación seleccionamos ModBus..... | 44 |
| Figura 45. Creación del dispositivo para la comunicación..... | 45 |
| Figura 46. Seleccionar Project, sensor MET y a continuación Crear tags | 45 |
| Figura 47. Pasos para crear variables de identificación..... | 45 |
| Figura 48. Sistema de Tags seleccionados para incorporar al sistema | 46 |
| Figura 49. Ejecutar OCMC para administrador herramientas en Intouch..... | 46 |
| Figura 50. Configurar los servidores de integración Historian | 46 |
| Figura 51. Asignar protocolo Dentro Standards Gateway..... | 47 |
| Figura 52. Definir el número de reconocimiento automático..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Figura 53. Grupo de conexión asignando un nombre..... | 48 |
| Figura 54. Ventana InTouch para realizar la topología del sistema | 48 |
| Figura 55. Creación de nueva aplicación añadir nombre y la ubicación del proyecto | 49 |
| Figura 56. En la pantalla de trabajo se visualiza cada una de las herramientas necesarias. | 49 |
| Figura 57. Seleccionar la pestaña Access Name añadir el OPC que se desee configurar. | 50 |
| Figura 58. Configuración las siguientes condiciones: Nombre de tag, formato de dato, Log Data, Log Events | 50 |
| Figura 59. Insertar imágenes formatos SVG | 51 |
| Figura 60. Cuadros de visualización de variables Embed Industrial..... | 51 |
| Figura 61. Cuadro de lecturas..... | 52 |
| Figura 62. Añadir script para para la comunicación con los datos requeridos | 52 |
| Figura 63. Análisis del voltaje nominal de salida..... | 54 |
| Figura 64. Análisis del voltaje de salida filtrada | 55 |
| Figura 65. Análisis de la potencia consumida | 56 |
| Figura 66. Análisis del voltaje de baterías..... | 57 |
| Figura 67. Análisis de la temperatura interna..... | 58 |
| Figura 68. Análisis de la temperatura del disipador | 59 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO | 1 |
| Tabla 2. Campo de acción | 3 |
| Tabla 3. Descripción del sistema de actividades | 5 |
| Tabla 4. Información del software avaeva intouch..... | 33 |
| Tabla 5. Variables necesarias para la obtención de datos..... | 38 |
| Tabla 6. Análisis del voltaje nominal de salida | 54 |
| Tabla 7. Análisis de voltaje de salida filtrada..... | 55 |
| Tabla 8. Análisis de la potencia consumida | 56 |
| Tabla 10. Análisis de voltaje de baterías | 57 |
| Tabla 11. Análisis de temperatura del inversor | 58 |
| Tabla 12. Análisis de temperatura del disipador | 59 |
| Tabla 13. Costos directos | 60 |
| Tabla 14. Costos indirectos | 60 |
| Tabla 15. Costo total de la propuesta tecnológica | 60 |

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: “Desarrollo de un sistema de adquisición de datos para la obtención de la demanda abastecida por un inversor de 2,5 kW de un sistema fotovoltaico aislado”.

Modalidad de Titulación:

Propuestas tecnológicas

Proyectos de investigación

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:

DIRGI- CP2021-008 Implementación de tecnologías de eficiencia energética en el sector productivo del sector San Felipe para reducir las pérdidas en la red eléctrica.

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Gutierrez Jaya Freddy Orlando

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi MSc.

Área de Conocimiento:

Tabla 1. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO

| | | |
|--|-------------------------------------|--|
| 07 Ingeniería, Industrial y Construcción | 071 Ingeniería y profesiones afines | 0712 Tecnología de protección del medio ambiente |
| | | 0713 Electricidad y energía |
| | | 0714 Electrónica y automatización |

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Energética en sistemas electromecánico y uso de fuentes renovables de energía

2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el inversor se ha consolidado como un componente esencial en diversos campos de la ingeniería. Este dispositivo tiene la función primaria de convertir corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), proceso que es crucial en una amplia gama de aplicaciones tecnológicas, desde sistemas de energía renovable hasta dispositivos electrónicos portátiles. La transformación de energía eléctrica es una tarea compleja, que involucra principios de electrónica de potencia, control y modulación de señales, y que tiene implicaciones directas en la eficiencia y viabilidad de sistemas eléctricos y electrónicos [1].

En la actualidad, los inversores juegan un papel clave en aplicaciones como sistemas fotovoltaicos, almacenamiento de energía en baterías, movilidad eléctrica e integración con redes inteligentes, es fundamental para la transición hacia un sistema energético más sostenible. Su implementación en sistemas fotovoltaicos, eólicos y de almacenamiento con baterías permite reducir la dependencia de combustibles fósiles, aumentar la resiliencia de las redes eléctricas y mejorar la accesibilidad a la energía fotovoltaica.

En los inversores modernos, las eficiencias de conversión pueden superar el 98% en condiciones ideales. Ya que un inversor solar puede tener una eficiencia de 98,5% o más, lo que significa que solo alrededor del 1,5% de la energía se pierde en forma de calor durante la conversión de corriente continua a alterna [2].

El presente trabajo de titulación pretende implementar un sistema de adquisición de datos para la obtención de la demanda abastecida por un inversor de 2.5 KW de un sistema fotovoltaico asilado en la Implementación de tecnologías de eficiencia energética en el sector productivo del sector San Felipe para reducir las pérdidas en la red eléctrica, el cual permite visualizar parámetros de voltaje nominal, voltaje de salida filtrada, potencia, frecuencia, voltaje de baterías, voltaje de entrada, temperatura del inversor en tiempo real, los mismos que son monitoreados desde una computadora a través de la interfaz creada en Intouch, lo que permite garantizar la obtención de datos confiables de estos parámetros.

2.1. Situación Problemática

A nivel mundial, la tecnología de los inversores, según un informe de Bloomberg New Energy Finance, el mercado de inversores solares alcanzó un valor de 15,7 mil millones de dólares en 2020 y se espera que se crezca a una tasa anual compuesta del 7,4% entre 2021 y 2027. Este

crecimiento se debe principalmente a la creciente adopción de sistemas solares fotovoltaicos en todo el mundo, que dependen de inversores para generar una salida de corriente alterna compatible con las redes eléctricas.

En América Latina la tecnología de inversores ha experimentado un crecimiento acelerado, según informes recientes, la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en la región ha aumentado en más del 400% en la última década, con países como Brasil, México y Chile liderando la implementación de proyectos solares a gran escala. En este contexto, la demanda de inversores ha crecido significativamente, impulsada por la necesidad de soluciones eficientes para la conversión y gestión de la energía. Son dispositivos esenciales en la transición hacia energías renovables, pero aún enfrentan desafíos técnicos y económicos que limitan su eficiencia y adopción masiva. La investigación en nuevos algoritmos de control, semiconductores y sistemas de monitoreo inteligente permitirá mejorar su desempeño, reducir costos y garantizar su integración con la red eléctrica y sistemas aislados.

2.2. Formulación del problema

Determinación de los factores que inciden la falta de sistemas de adquisición de datos para el monitoreo en tiempo real de parámetros eléctricos del inversor en el proyecto de implementación de tecnologías de eficiencia energética en el sector productivo del sector San Felipe para reducir las pérdidas en la red eléctrica.

2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1. Objeto de investigación

El objeto de la presente investigación es el inversor.

2.3.2. Campo de acción

Tabla 2. Campo de acción

| | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 33 Ciencias Tecnológicas | 3322 Tecnología Energética | 3322,02 Generación de Energía |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|

2.4. BENEFICIARIOS

2.4.1. Directos

Este trabajo está destinado para el beneficiario de la comunidad estudiantil de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.4.2. Indirectos

Estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica, docentes, autoridades y el personal administrativo.

2.5. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de un sistema para adquirir datos que permita conocer la demanda abastecida por un inversor de 2,5 kW en un sistema fotovoltaico aislado es estratégico para mejorar la eficiencia operativa, la sostenibilidad energética y la toma de decisiones fundamentadas en información técnica confiable. Este sistema no solo facilitará la visualización de parámetros eléctricos importantes del inversor, sino que también permitirá analizarlos en tiempo real, lo cual es esencial para identificar patrones de consumo, detectar posibles anomalías y optimizar el uso de la energía generada.

La implementación de este sistema será un gran paso para fortalecer las capacidades técnicas tanto en el ámbito académico como profesional. En particular ofrecerá una herramienta práctica para estudiantes y profesionales de la facultad de CIYA, especialmente en la carrera de Ingeniería Electromecánica. Ellos podrán utilizar los datos recopilados para realizar análisis comparativos, validar hipótesis sobre el comportamiento energético y diseñar estrategias de mejora en sistemas de generación aislados.

Además, al contar con un entorno de supervisión y control desarrollado en AVEVA InTouch, se facilitará la integración de prácticas industriales reales en el entorno académico. La base de datos generada permitirá el almacenamiento, trazabilidad y consulta histórica de los parámetros del sistema, lo cual es fundamental para procesos de mantenimiento predictivo, evaluación de desempeño y escalabilidad hacia soluciones más complejas.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de adquisición de datos para la obtención de la demanda abastecida por un inversor de 2,5 KW de un sistema fotovoltaico aislado mediante Intouch.

2.6.2. Objetivos Específicos

- Investigar sobre los protocolos de comunicación eficientes (Modbus RTU RS-485, para la transmisión de los datos adquiridos a una plataforma de almacenamiento y visualización de la demanda abastecida.
- Implementar un sistema de adquisición de datos, definiendo los componentes de hardware y software necesarios para la medición y monitoreo en tiempo real de la demanda energética del inversor.
- Analizar los resultados de la demanda en el sistema de adquisición de datos, realizando el monitoreo en tiempo real.

2.6.3. Sistema de tareas

A continuación, se muestra en la Tabla 3 las actividades que se van a realizar para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos propuestos.

Tabla 3. Descripción del sistema de actividades

| Objetivos específicos | Actividades (tareas) | Resultados esperados | Técnicas, medios e instrumentación |
|--|---|-----------------------------|---|
| Investigar sobre los protocolos de comunicación eficientes (Modbus RTU RS-485, para | Búsqueda de información sobre los sistemas de control y monitoreo en tiempo real. | Información necesaria. | Revistas, bibliotecas virtuales, artículos científicos. |

| | | | |
|---|--|---|---|
| <p>la transmisión de los datos adquiridos a una plataforma de almacenamiento y visualización.</p> | <p>Recopilación y análisis de información</p> | <p>Conocimientos específicos sobre los protocolos de comunicación</p> | <p>Informes técnicos y casos de estudio</p> |
| <p>Implementar un sistema de adquisición de datos, definiendo los componentes de hardware y software necesarios para la medición y monitoreo en tiempo real de la demanda energética del inversor.</p> | <p>Diseño de la programación de variables.</p> | <p>Visualizar los datos requeridos mediante la comunicación.</p> | <p>Computadores. Intouch Uso de manuales técnicos.</p> |
| <p></p> | <p>Selección del tipo de protocolo de comunicación</p> | <p>Obtención de datos exactos de los resultados durante las pruebas.</p> | <p>Uso de cables de conexión y software de monitoreo.</p> |
| <p>Analizar los resultados de la demanda en el sistema de adquisición de datos, realizando el monitoreo en tiempo real</p> | <p>Ejecución de pruebas de funcionamiento. Verificación de datos obtenidos con sus respectivas curvas</p> | <p>Visualización de datos en tiempo real. Datos del voltaje de salida, potencia, frecuencia, temperaturas, voltaje y corriente de la batería Principalmente la Demanda</p> | <p>Computadora Intouch. Uso de software de programación, manuales técnicos y herramientas de prueba.</p> |

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. Antecedentes

Un sistema de monitoreo para variables eléctricas mediante protocolo ModBus RTU RS-485, permite verificar el análisis de los consumos de voltajes, corriente, potencia al igual que la demanda ya que al visualizar el usuario las lecturas en tiempo real se disminuye el riesgo eléctrico.

Acorde a la investigación realizada del proyecto tecnológico “Desarrollo de un sistema de adquisición de datos para la obtención de la demanda abastecida por un inversor de 2,5 KW de un sistema fotovoltaico aislado.”, se centra en la variación del recurso solar que dificulta la demanda del inversor de 2,5KW de un sistema fotovoltaico aislado ya que la demanda eléctrica considera las características dinámicas del uso de la energía de los usuarios, identificando las variables que intervienen en su comportamiento, con la finalidad de evaluar su tendencia y proyectarlos.

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

El sol representa una fuente de energía ilimitada, renovable y no contaminante que, a través de la emisión de radiación solar, permite que esta energía alcance a la tierra. Dicha radiación llega al planeta con una potencia o irradiancia cercana a 1353 W/m^2 , de la cual entre un 30% y 40% se pierde debido a diversos factores atmosféricos, como dispersión, absorción y reflexión, además de pérdidas meteorológicas. Como resultado, la cantidad de radiación que finalmente alcanza la superficie terrestre es aproximadamente 1000 W/m^2 [3].

Consiste en la conversión directa de la radiación solar en electricidad mediante células fotovoltaicas. En la actualidad, la tecnología fotovoltaica se encuentra en pleno desarrollo; ya que han sido siempre la primera posibilidad de obtención de energía. Este tipo de energía es una tecnología que genera corriente continua que viene a ser medida en vatios o kilovatios, mientras la luz incide sobre una célula solar genera potencia eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos aislados requieren un monitoreo preciso de la energía generada y consumida para optimizar su rendimiento y garantizar una operación eficiente. En este contexto, se propone el desarrollo de un sistema de adquisición de datos que permita obtener la demanda abastecida por un inversor de 2,5 KW en un sistema fotovoltaico aislado [4].

La energía solar fotovoltaica es una fuente renovable que convierte la radiación solar en energía eléctrica mediante el uso de paneles solares, estos sistemas se establecen en la capacidad que poseen las celdas fotovoltaicas de convertir la luz solar en energía eléctrica, estos sistemas fotovoltaicos pueden ser conectados a la red eléctrica o funcionar de manera aislada. En los sistemas aislados, la energía generada es almacenada en baterías y gestionada por un inversor [4]. En la figura 1 se muestra el diagrama de un sistema fotovoltaico.

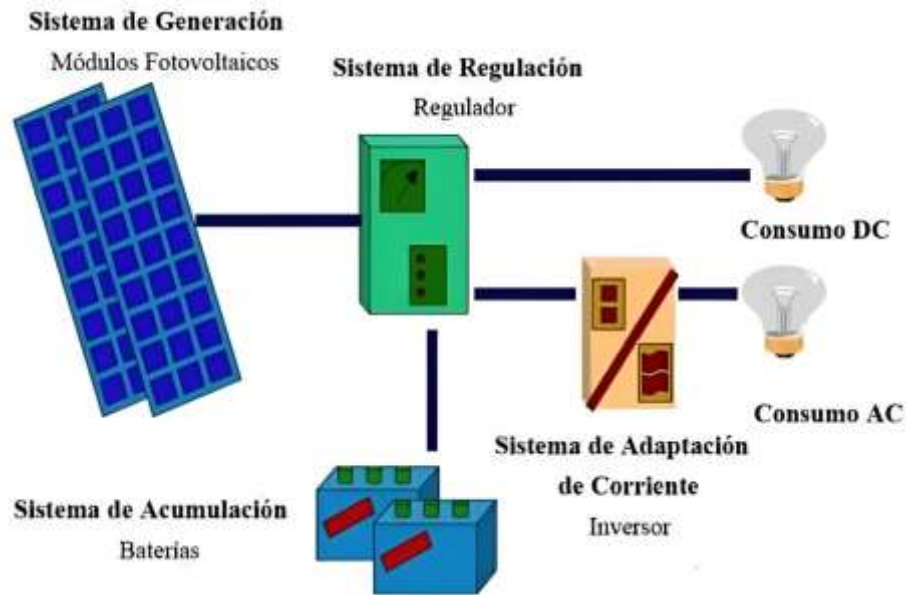


Figura 1. Diagrama de instalación de un sistema fotovoltaico

3.2.2. INVERSOR FOTOVOLTAICO

En este apartado se analizarán los dispositivos capaces de operar de manera autónoma, sin requerir conexión a una red de corriente alterna, permitiendo así la conversión de energía en forma de corriente continua a corriente alterna.

Actualmente, los inversores incorporan una amplia variedad de tecnologías y deben asegurar un funcionamiento completamente automático, incluyendo el seguimiento del punto de máxima potencia y la prevención del modo de operación en isla. Además, cumplen la función de supervisores permanentes del aislamiento del sistema, facilitando la conexión y desconexión automática de la instalación.



Figura 2. Inversor fotovoltaico definida sus partes específicas.

3.2.3. Funcionamiento del inversor fotovoltaico

El comportamiento operativo de los inversores se caracteriza por la capacidad del propio equipo para establecer tanto la frecuencia como la forma de onda de la tensión alterna que se entrega a la carga. Estos dispositivos, aplicados en sistemas fotovoltaicos, realizan la conversión de la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), apta para alimentar equipos eléctricos convencionales.

- La radiación solar incide sobre los módulos fotovoltaicos, generando energía eléctrica en forma de corriente continua, la cual es dirigida al inversor.
- El inversor procesa esta energía y la transforma en corriente alterna utilizable.
- Una vez convertida, la energía puede destinarse a tres posibles usos: en primer lugar, al consumo doméstico o de la instalación; en segundo lugar, al almacenamiento en baterías para su utilización posterior; y finalmente, al vertido de excedentes hacia la red eléctrica pública.

3.2.4. TIPOS DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS

3.2.4.1. Inversores Multinivel

Los inversores multinivel y los inversores convencionales son dispositivos electrónicos diseñados para convertir corriente continua en corriente alterna. Su uso ha ido en aumento debido a su aplicación en sistemas de energía renovable, así como en la alimentación y control de máquinas de inducción. Estos inversores multinivel están compuestos por interruptores de potencia, fuentes de tensión, condensadores, diodos y sistemas de control. A través de un

circuito de control, estos dispositivos gestionan la conmutación de los interruptores para generar una señal de salida escalonada con múltiples niveles de tensión, logrando una forma de onda similar a la senoidal [5].

La figura 3. muestra un diagrama esquemático de una curva entre la amplitud y en ángulo de un inversor multinivel.

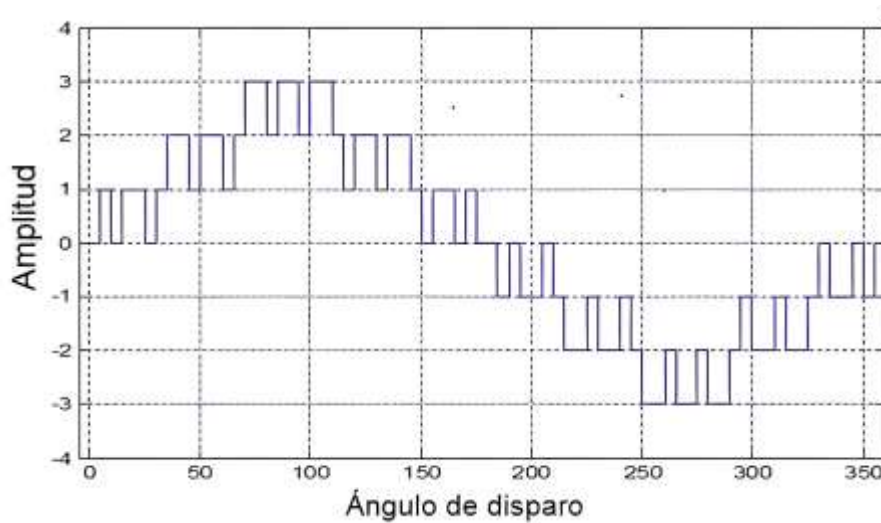


Figura 3. Curva del inversor multinivel

Estos inversores utilizan múltiples niveles de tensión para generar una señal de salida más cercana a la senoidal. En comparación con los inversores convencionales, ofrecen ventajas como menor contenido armónico, reducción de pérdidas por conmutación y mejora en las formas de onda de tensión y corriente, lo que los hace ideales para aplicaciones en energía renovables en sistemas que requieran alta calidad en la señal de salida. A medida que aumenta el número de niveles, la señal generada es más precisa y con menor distorsión armónica, esto también implica mayor complejidad en el diseño y construcción del inversor [5].

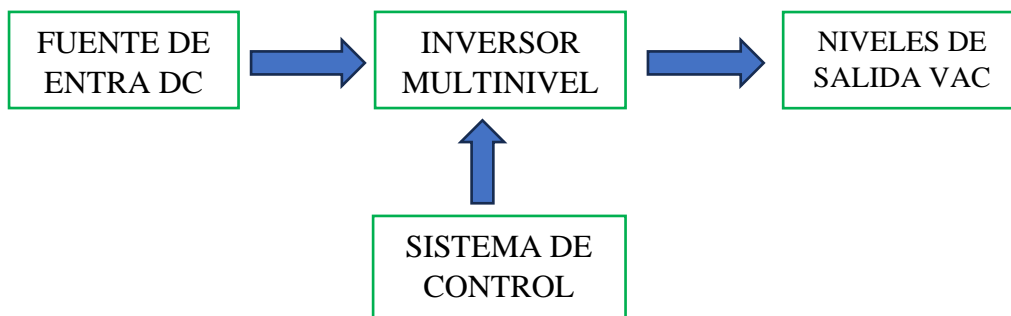


Figura 4. Esquema de inversor multinivel

Topología de los inversores multinivel

Esta topología es la destreza de los semiconductores de potencia y en ciertas topologías diodos y capacitores que cambian los niveles de tensión obtenidos a la salida [5]. Existen varias topologías de los inversores multinivel, sin embargo, entre los más clásicos que son de mayor estudio son:

- Inversores de fijación por diodos
- Inversores con capacitadores flotantes
- Inversores con conexión en cascada de puentes

Adicional a estas tres topologías existen otras que son las variaciones de la anteriores como:

- Inversores asimétricos híbridos
- Inversores con conmutación suave
- Inversores diode capacitor clamped

3.2.4.2. Inversor de onda cuadrada

- **Inversores en medio puente**

La topología inversora más simple está compuesta por dos fuentes de voltaje del mismo valor conectadas en serie, junto con dos interruptores de control. Este esquema de funcionamiento consiste en alternar la conmutación de los interruptores Q^+ y Q^- mediante señales de control inversas, de manera que cada uno permanezca cerrado durante la mitad del ciclo. Para que el inversor pueda operar en los cuatro cuadrantes del plano de tensión y corriente, es necesario incorporar diodos en paralelo con los IGBT, permitiendo así el flujo bidireccional de corriente y la adecuada gestión de la energía [6].

Para lograr el aislamiento eléctrico entre la entrada y la salida en un inversor de medio puente, se emplea un transformador como elemento de acoplamiento con la carga. En la Figura 5 se ilustra el principio de funcionamiento fundamental de este tipo de inversor.

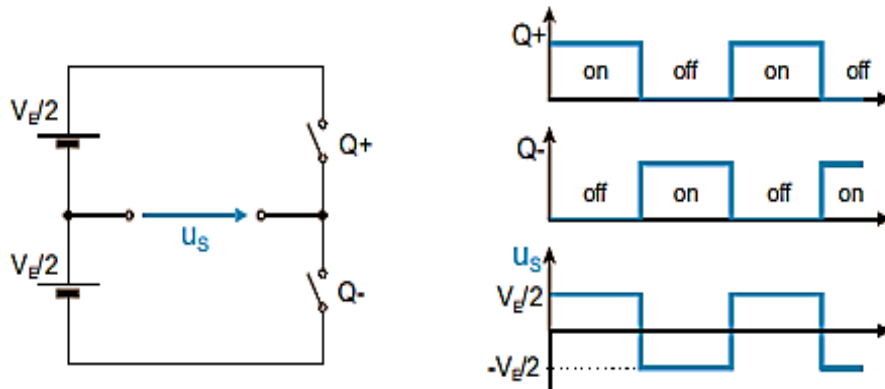


Figura 5. Funcionamiento básico de un inversor en medio puente

Mediante la aplicación de señales complementarias a los IGBTs, se obtiene en la salida una señal de tipo cuadrada. La corriente que atraviesa la carga en este modo de operación consiste en una serie de transiciones exponenciales con un valor medio igual a cero. Cuando el transistor superior $Q+$ está en conducción, la corriente de salida fluye por el diodo si es negativa (entrante), o a través del propio $Q+$ si es positiva (saliente). Durante los periodos en los que los diodos $D+$ y $D-$ están activos, la energía se transfiere desde la carga hacia la fuente de alimentación. Por lo tanto, la inclusión de diodos es fundamental para que el inversor pueda gestionar potencia reactiva. En la Figura 6 se visualiza la señal de tensión en el interruptor; es importante destacar que la tensión máxima que deben soportar los transistores en una topología de medio puente corresponde al doble del valor pico de la onda cuadrada generada en la salida.

[6].

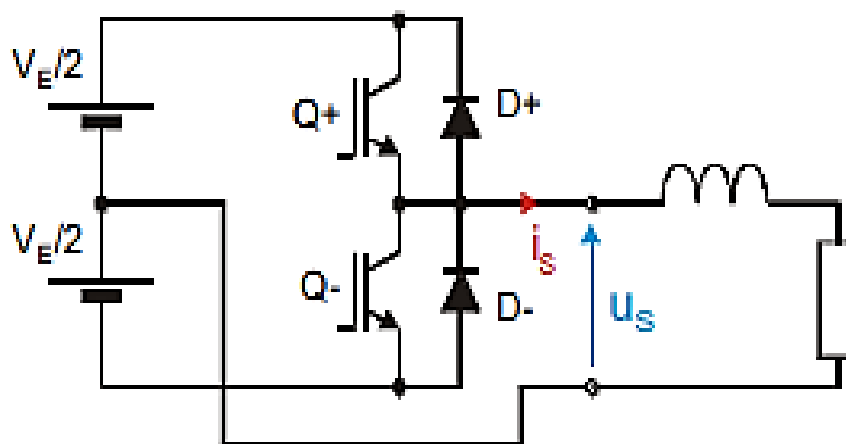


Figura 6. Transistor de medio puente del inversor

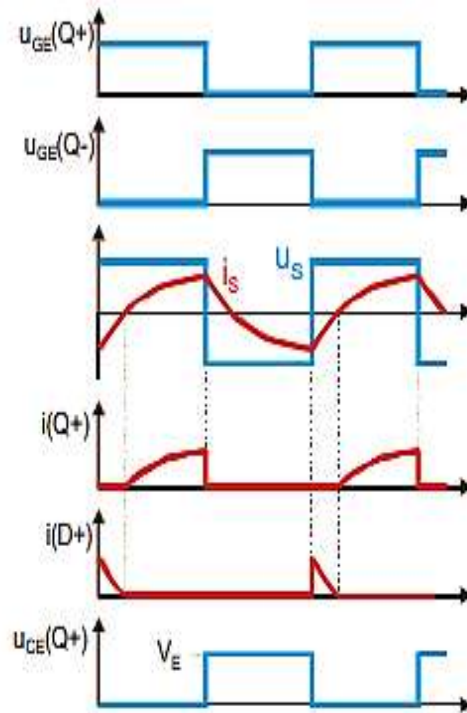


Figura 7. Forma de onda en un inversor en medio puente con carga R-L

- **Características de un inversor en medio puente**

Generan una señal de salida con forma de onda cuadrada, en el caso de un inversor en medio puente, la salida presenta una onda cuadrada caracterizada por un elevado contenido armónico.

- La amplitud de la señal de salida no es ajustable, ya que corresponde directamente al voltaje de alimentación.
- La frecuencia de la señal de salida varía y está determinada por la frecuencia de conmutación de los interruptores.
- La tensión máxima soportada por los interruptores es el doble de la amplitud pico de la onda cuadrada de salida.
- Los terminales de referencia de los interruptores no están conectados a un mismo punto común.

- **Inversores Push- Pull**

Esta configuración consiste en dos interruptores controlados y un transformador con toma media en el primario, que permite obtener una onda alterna cuadrada. De este modo, se aplica tensión al semi devanado inferior del primario del transformador, generando una tensión de salida positiva.

En la figura 8. Se muestra las formas de onda y funcionamiento de una inversor Push-Pull [6].

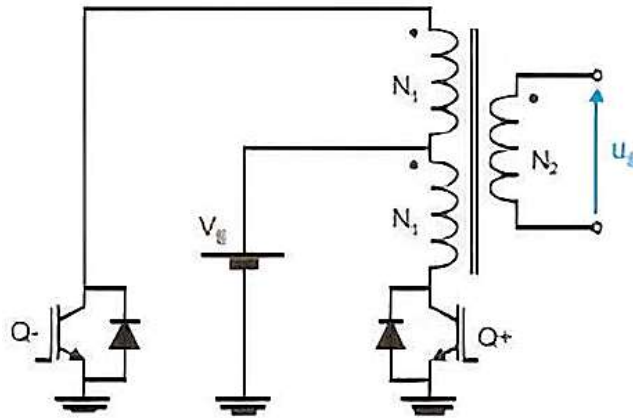


Figura 8. Transistor del inversor Push-Pull

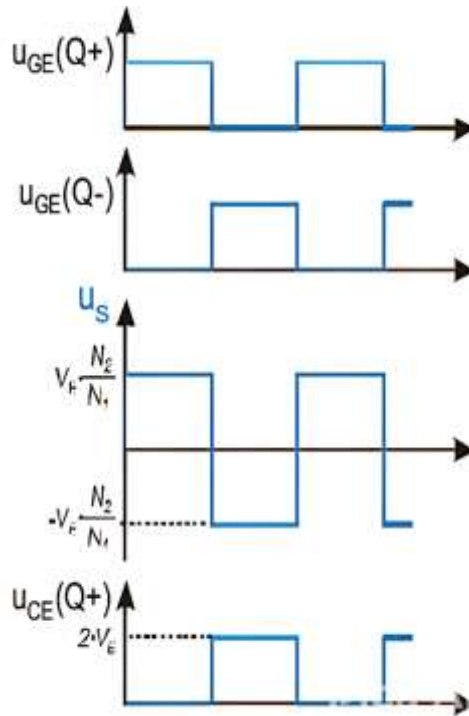


Figura 9. Formas de onda de un inversor Push-Pull

3.2.4.3. Inversores de onda modificada

Estos inversores representan una opción altamente avanzada, ya que emplean la tecnología de modulación por ancho de pulso, la cual ajusta la anchura de la onda para acercarla lo máximo posible a una señal senoidal. Aunque la salida generada no es una onda senoidal pura, el

contenido armónico es significativamente menor en comparación con los inversores de onda cuadrada. Gracias a su equilibrio entre calidad y costo, son una excelente alternativa para alimentar dispositivos electrónicos como sistemas de iluminación, televisores y convertidores de frecuencia [6].

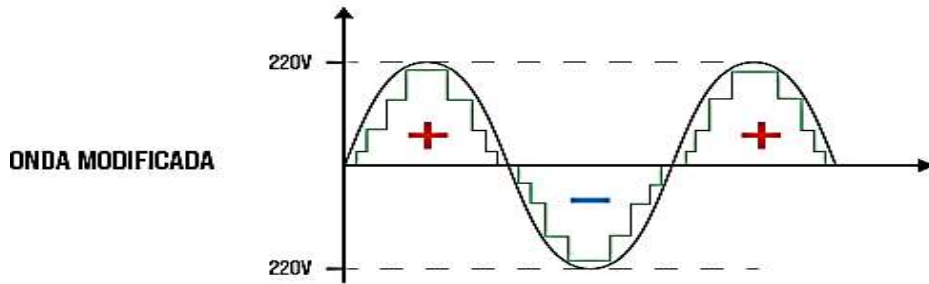


Figura 10. Onda modificada del inversor

3.2.4.4. Inversores de onda senoidal pura

Este inversor es capaz de generar una onda senoidal pura y suele alcanzar eficiencias superiores al 90%, gracias a la integración de microprocesadores en su diseño. Aunque su costo es considerablemente más alto en comparación con los inversores de onda cuadrada o senoidal modificada, es la opción ideal para aplicaciones que requieren una señal senoidal precisa [6].

Este tipo de inversores es fundamental en el funcionamiento de motores de inducción, dispositivos de control y equipos médicos, donde una onda senoidal pura es esencial para garantizar un rendimiento óptimo y seguro. En la Figura 11 se muestra la onda senoidal pura del inversor.

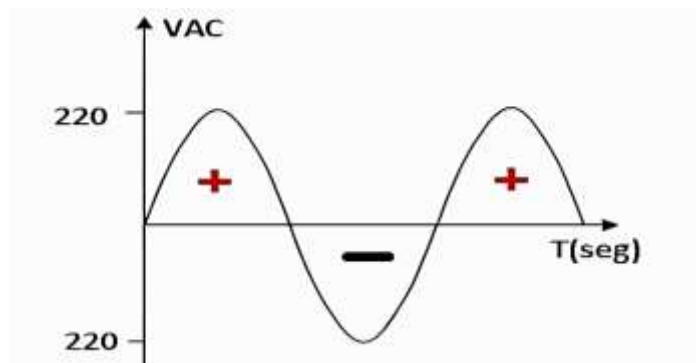


Figura 11. Onda senoidal pura del inversor

3.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS INVERSORES CONECTADOS A LA RED

3.2.5.1. Inversores centrales

Pueden suministrar una cadena dependiendo del tamaño de los paneles solares utilizados para aumentar la potencia del sistema, es posible conectar varias cadenas en paralelo, el generador fotovoltaico resultante se enlaza a la entrada de un inversor central, motivo por el cual esta configuración es conocida como Inversor Central.

Algunos estudios consideran que los inversores centrales han quedado obsoletos en los sistemas fotovoltaicos. Si bien presentan ciertas desventajas, especialmente en pequeñas instalaciones en tejados, como pérdidas por desajuste entre módulos o cadenas la reducción de la potencia máxima individual en cada cadena, su diseño sigue siendo relevante. Estos inconvenientes pueden generar pérdidas energéticas cuando hay sombras parciales o diferentes orientaciones de los módulos. Por otro lado, los inversores centrales ofrecen ventajas significativas, como alta eficiencia gracias a su elevado nivel de potencia en comparación con los inversores en cadena, además de su simplicidad y menor costo. Son la opción preferida para sistemas fotovoltaicos de mediana y gran escala, siempre que en la fase de planificación se minimicen factores como sombras u orientaciones desfavorables [7]. En la figura 12 se muestra topología del inversor central.

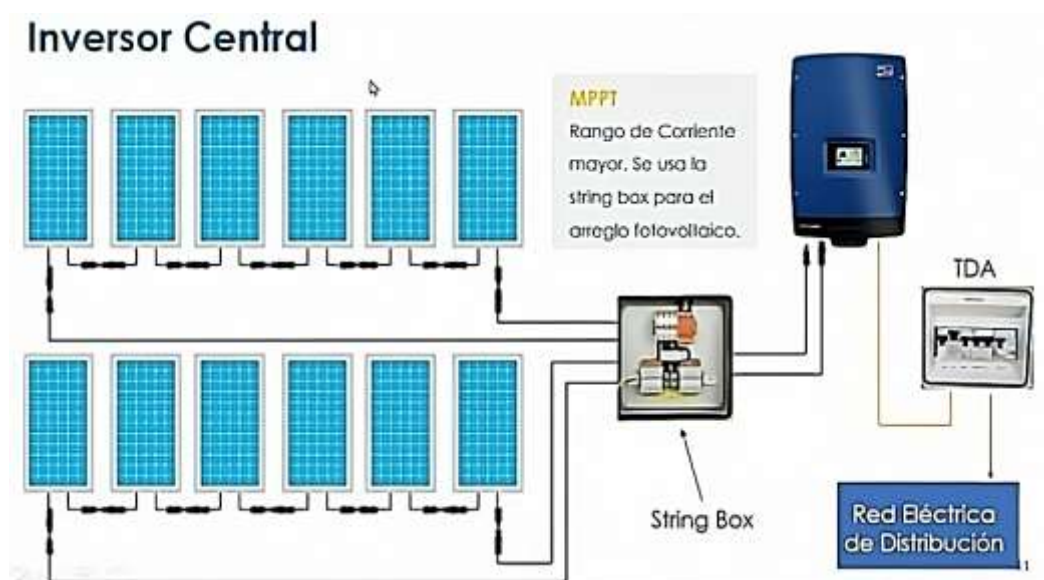


Figura 12. Topología del inversor central

3.2.5.2. Inversores cadena

Cuando un sistema fotovoltaico se instala sobre un tejado ya construido, es común que los módulos solares no puedan orientarse de manera uniforme y se vean afectados por sombras parciales en distintos momentos del día.

Para este caso, los inversores en cadena, son la alternativa más adecuada. A diferencia de los inversores centrales, esta configuración no emplea conexiones en paralelo entre cadenas, sino que utiliza pequeños inversores individuales para cada cadena. Esto permite que cada una cuente con su propio seguidor del punto de máxima potencia, lo que garantiza un funcionamiento independiente y facilita la instalación de sistemas fotovoltaicos en condiciones de orientaciones variables o sombras parciales [7].

Una desventaja de los inversores en cadena respecto a los inversores centrales es su mayor costo por KW, ya que su nivel de potencia individual suele oscilar entre 1 y 5 kW. Estos inversores están diseñados generalmente con configuración monofásica, dado su bajo nivel de potencia.

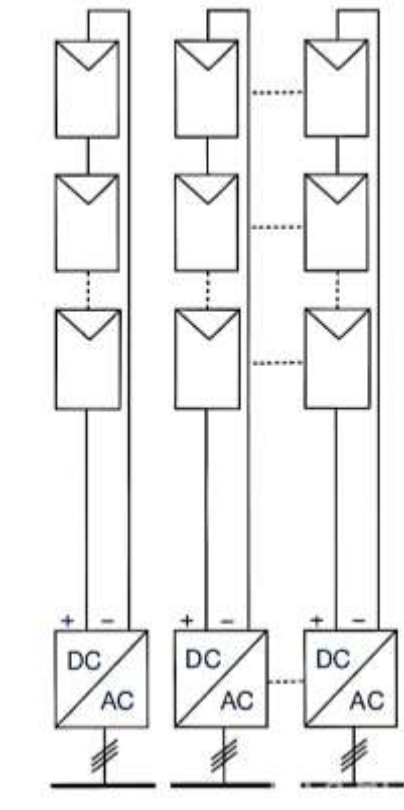


Figura 13. Topología inversor cadena

3.2.5.3. Inversores multi-cadena

Este tipo de inversor consiste esencialmente en un inversor en cadena que posee dos o tres entradas, cada una con un seguidor independiente para el punto de máxima potencia (MPPT). Su ventaja principal es la capacidad de proporcionar una mayor potencia en comparación con un inversor en cadena convencional, sin perder las ventajas asociadas a la tecnología en cadena. No obstante, presenta una desventaja relevante: requiere dos etapas de conversión de energía para realizar el seguimiento individualizado de cada entrada, lo que disminuye su eficiencia máxima en relación con un inversor en cadena de entrada única. [7].

En consecuencia, los inversores multi-cadena generalmente presentan un amplio rango de voltaje de entrada debido a la incorporación de una etapa adicional de conversión DC/DC, lo cual brinda una mayor adaptabilidad en el diseño de sistemas fotovoltaicos. La Figura 14 ilustra la topología de un inversor multi-cadena.

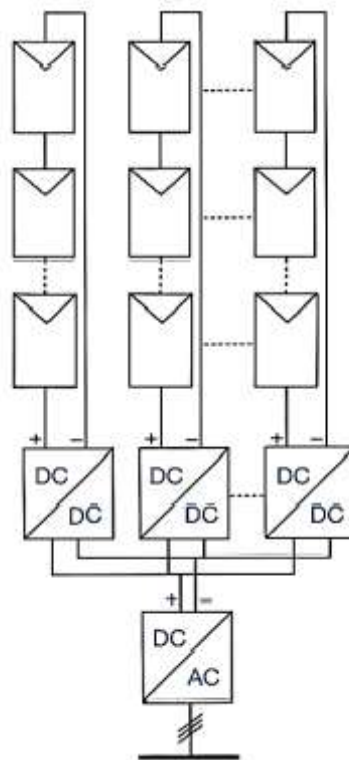


Figura 14. Topología inversora multi-cadena

3.2.5.4. Inversores módulo

Estos inversores están conectados a un único modulo fotovoltaico, lo que permite que sean dispositivos compactos e integrables en la estructura del panel PV. Como resultado, surge el concepto de módulo-AC, que como su nombre lo indica, permite la conexión directa a la red de corriente alterna. Si en el futuro se logra extender la durabilidad de los inversores para igualarla con la de los módulos fotovoltaicos, esta tecnología podría convertirse en una opción altamente atractiva por su facilidad de instalación y uso. Además, si se produce a gran escala, su elevado costo podría disminuir, favoreciendo su adopción en el mercado [7]. En la figura 15 se muestra la topología inversora modulo.

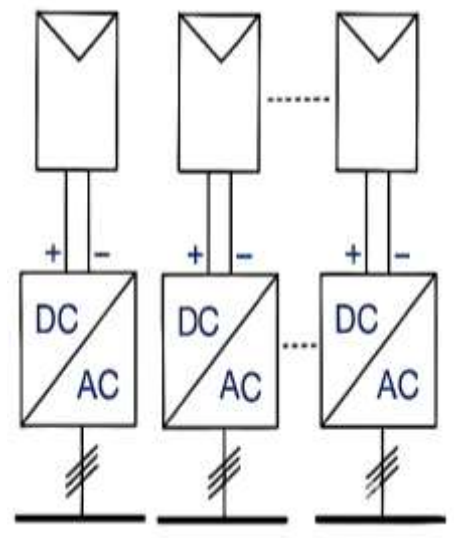


Figura 15. Topología inversora módulo

3.2.5.5. Inversores con transformador

- **Con transformador de baja frecuencia**

Su función principal era garantizar el aislamiento galvánico entre la red eléctrica y el sistema fotovoltaico, proporcionando así una mayor seguridad para los usuarios, este aislamiento previene la circulación de corriente en modo común y evita la inyección de corriente continua en la red, lo que podría provocar la saturación del sistema.

El beneficio del transformador era su capacidad para elevar el voltaje de salida del inversor, facilitando su integración con la red eléctrica. Debido a estos factores, se han desarrollado

nuevas soluciones tecnológicas con el objetivo de optimizar el rendimiento y viabilidad de los sistemas fotovoltaicos [8]. En la figura 16 se muestra el inversor con transformador de baja frecuencia.

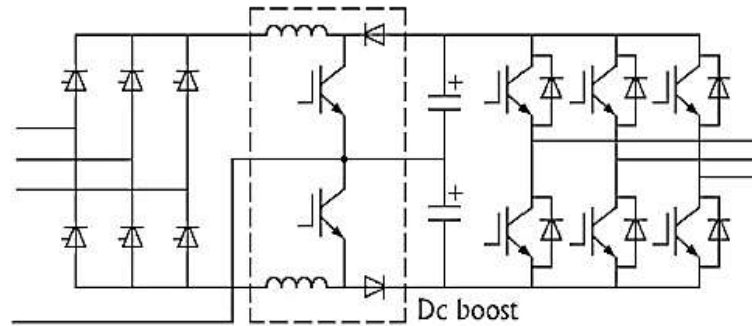


Figura 16. Inversor con transformador de baja frecuencia

- **Con transformador de alta frecuencia**

Permite mantener el aislamiento galvánico entre el generador fotovoltaico y la red, mientras que la estrategia de control de conversión debe garantizar que no haya inyección de corriente continua a la red. Este transformador ofrece ventajas como menor tamaño, peso y costo en comparación con su contraparte de baja frecuencia. No obstante, esta solución también presenta desafíos, ya que complica la etapa de conversión de potencia y no necesariamente mejora la eficiencia global del sistema [8].

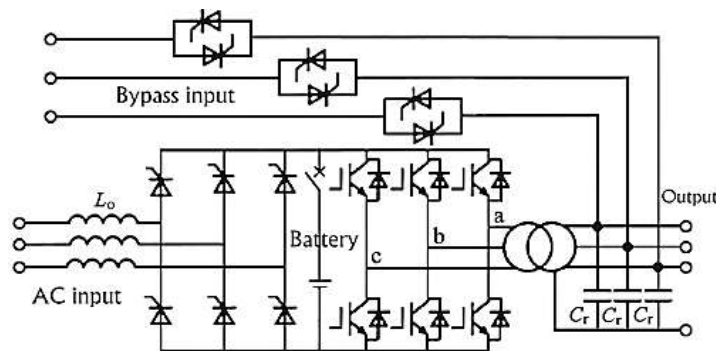


Figura 17. Inversor con transformador de alta frecuencia

3.2.6. PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DE LOS INVERSORES

El desempeño de los inversores se analiza a través de la calidad de la energía de la señal de corriente alterna producida. Esta calidad está determinada tanto por la topología del inversor como por la estrategia de modulación utilizada. La evaluación de la señal de corriente alterna

se basa en la distorsión armónica total presente en la salida, así como en las pérdidas que ocurren durante su operación [9]. En la figura 18 se muestra la distorsión armónica total de inversores.

3.2.6.1. Distorsión armónica total en los inversores

El armónico es una alteración en la forma de onda de tensión o corriente, originada por la superposición de señales con frecuencias que son múltiplos de la frecuencia fundamental.

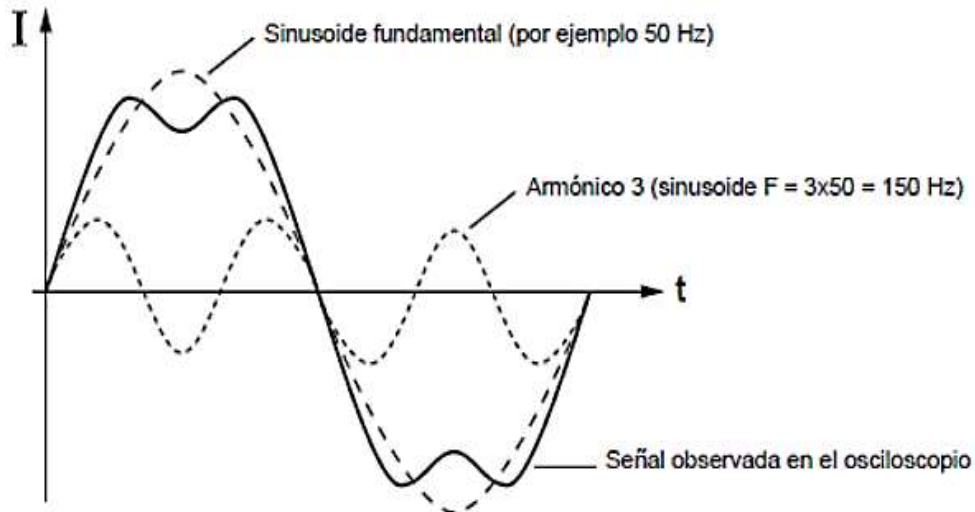


Figura 18. Distorsión armónica total en inversores

Para medir este porcentaje de armónicos presentes en la señal de salida del inversor se emplea la siguiente ecuación:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{2,3,\dots}^{\infty} V_n^2}}{V_o} * 100$$

Donde:

V_o = es la magnitud de la componente fundamental de la onda

V_n = es la magnitud de la componente armónica individual n-sima de la onda

3.2.6.2. Pérdidas en el desempeño de los inversores

Las pérdidas son importantes, debido a que permite cuantificar la eficiencia del sistema

3.2.6.3. Pérdidas por conducción en los inversores

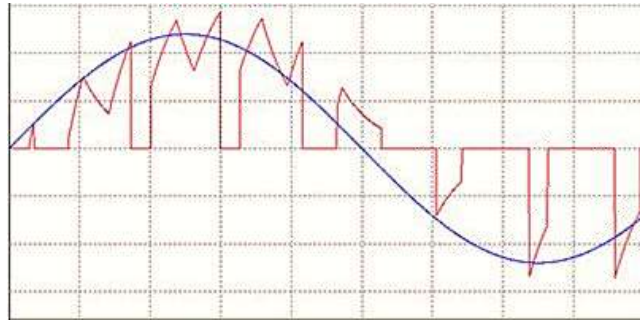


Figura 19. Pérdidas por conducción en los inversores

Esto se debe a que los interruptores experimentan una leve caída de tensión cuando están en conducción. Generalmente, esta caída de tensión no supera los 2 voltios, las pérdidas por conducción pueden expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$Per_{cond} = I^2 R_{on}$$

3.2.6.4. Pérdidas por conmutación en los inversores

Estas pérdidas están asociadas a las transiciones de estado de los interruptores de potencia. Se originan debido a que los interruptores no cambian instantáneamente de estado, sino que experimentan un retraso antes de que se modifique la corriente que los atraviesa [9].

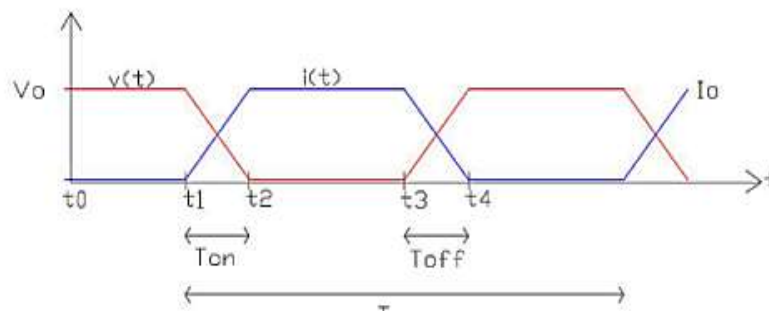


Figura 20. Pérdidas por conmutación en los inversores

3.2.7. DISEÑO DE UN INVERSOR FORVOLTAICO

Este diseño requiere una unidad de control digital que permita tomar decisiones a partir de la información proporcionada por los sensores y gestionar la conmutación de compuertas.

Se emplea el dispositivo DSC TMS320F28335 como unidad de control, debido a que es un microcomputador recomendado por el software de simulación, y es ampliamente utilizado como base para la experimentación en sistemas más complejos que el planteado.

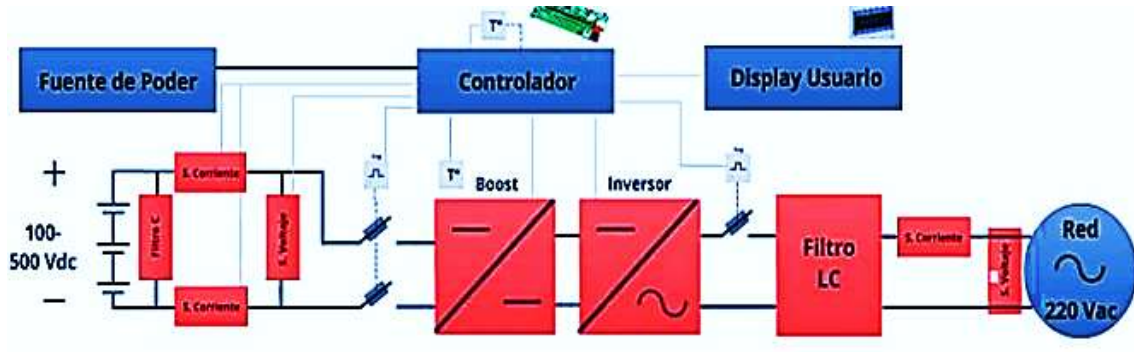


Figura 21. Esquema de bloques inversor propuesto

- **Puente del inversor**

Se calculan las dimensiones del arreglo LC con el objetivo de atenuar las frecuencias por encima de 50 Hz. Posteriormente, se realiza una simulación en PSim para evaluar las corrientes que fluirán a través de los conmutadores y la inductancia del filtro, con el propósito de avanzar en el diseño definitivo de dichos componentes. [10].

- **Filtro de salida**

La frecuencia de conmutación de los IGBTs se establece a partir de varias simulaciones realizadas en PSim, junto con la consideración del tamaño del filtro de salida. Al aumentar dicha frecuencia, el filtro LC requerido puede ser más compacto, aunque esto provoca un incremento en las pérdidas del IGBT. A continuación, se muestra la fórmula empleada para calcular el filtro LC. [10].

- **Sensores**

Están diseñados por dos mediciones de corriente, a la entrada del inversor y a la salida del inversor.

- **Sensores de corriente**

Para convertir este nivel de voltaje a un rango de 0-3V, se emplea un divisor de tensión simple. De esta manera, el esquema del sensor queda configurado como se muestra a continuación.

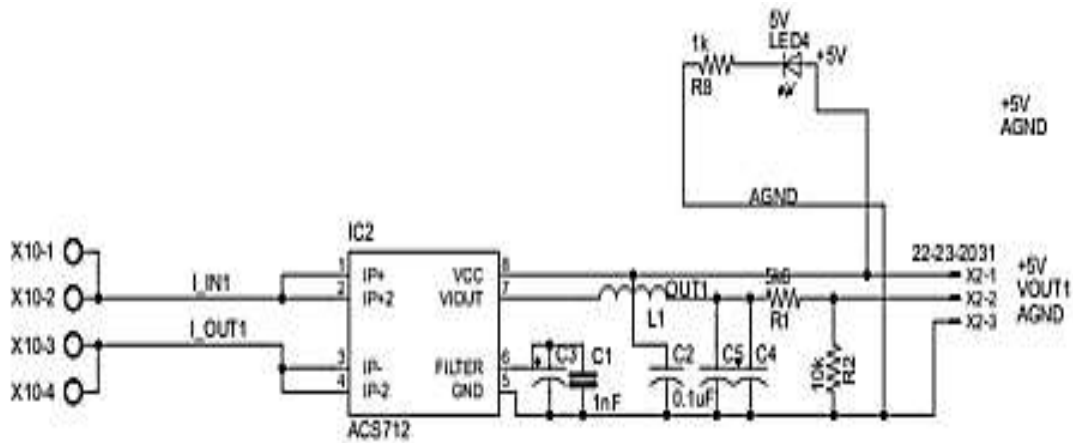


Figura 22. Diagrama sensor de corriente del inversor

- **Sensor de voltaje**

Es suficiente utilizar un OpAmp junto con un divisor de tensión para ajustar el nivel de voltaje al rango del ADC. En el caso de la medición de corriente alterna, se requieren circuitos adicionales para evitar que la señal entre en niveles de voltaje negativos, permitiendo trasladar la señal de amplitud $\pm 5V$ a un rango positivo entre 0 y 3V [10].

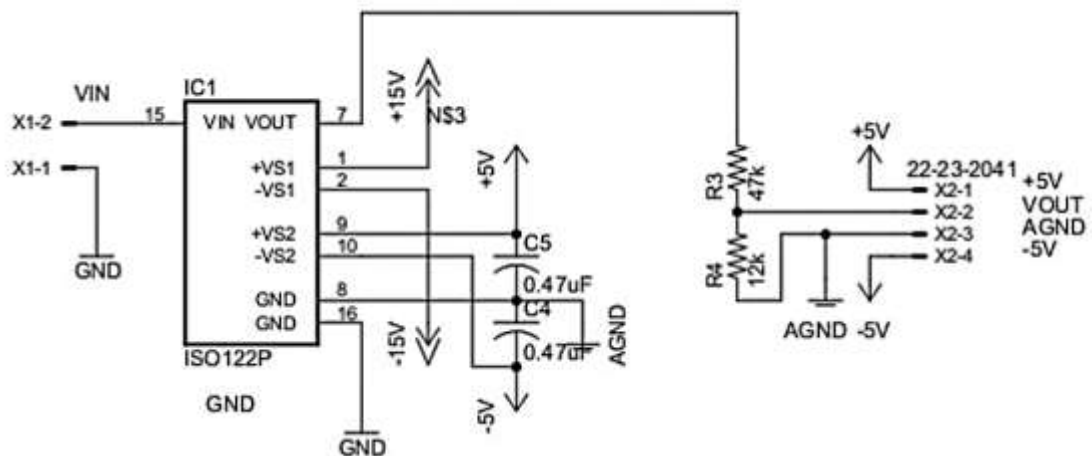


Figura 23. Diagrama sensor de voltaje del inversor

- **Sensor de temperatura**

Este sensor cuenta con un diseño básico y se instala tanto en el módulo del inversor en puente como en el convertidor elevador de voltaje, áreas donde operan las compuertas IGBT y se producen las principales pérdidas de energía en forma térmica [11].

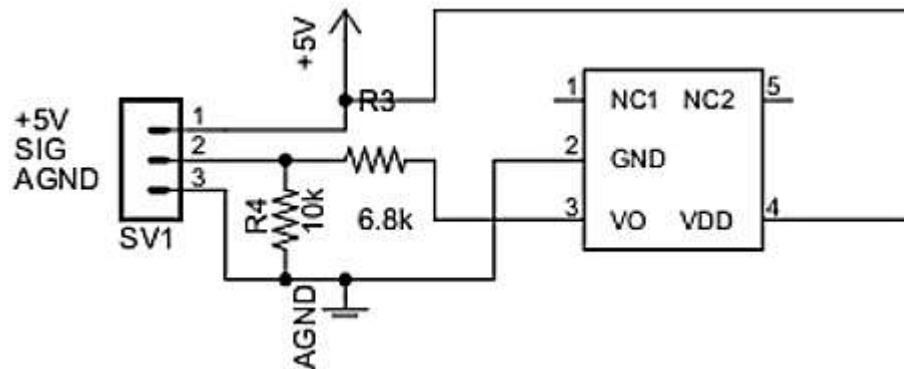


Figura 24. Diagrama del sensor de temperatura del inversor

- **Sensor de voltaje filtrado**

Por la presencia de ruido con una amplitud de 300 mV, equivalente al 10% del rango del DSC, no resulta viable implementar un control en lazo cerrado, pues no permite diferenciar entre 30 V y 60 V. Para atenuar este ruido, se utiliza un filtro pasivo LC junto con un filtrado digital ejecutado en el microcontrolador. [11].

- **Sensor de corriente**

Este sensor se ubica en la entrada salida del sistema

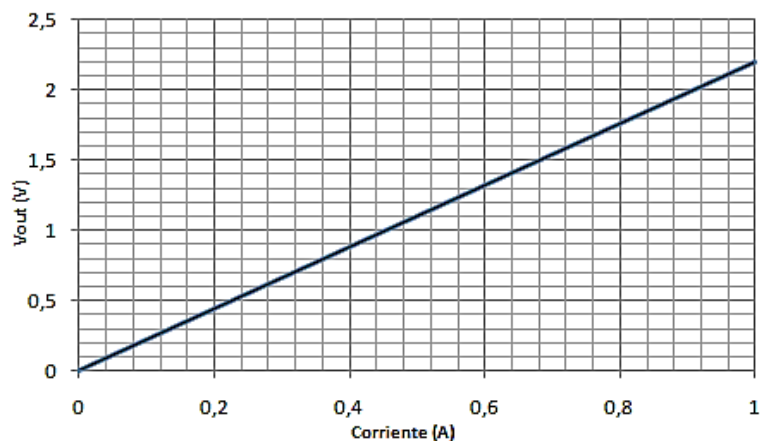


Figura 25. Diagrama del sensor de corriente del inversor

- **Beneficios**

La optimización del uso energético es esencial para minimizar el consumo de electricidad sin sacrificar funcionalidades ni comodidad. Además, permite avanzar hacia un modelo más

sostenible, al disminuir la emisión de CO₂ y otros gases responsables del efecto invernadero en la atmósfera.

- **Ahorro energético y económico:** Al requerir menos recursos para ejecutar una tarea, se favorece la reducción del consumo de energía.
 - **Impacto ambiental positivo:** La eficiencia energética contribuye a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.
 - **Mejor gestión de los recursos:** Permite un uso más racional y eficiente de los recursos naturales disponibles.
-
- **Mantenimiento del inversor**

Existen algunas actividades necesarias para que se pueden realizar un buen mantenimiento de los inversores. A continuación, se muestran algunas operaciones que se realizan para el correcto mantenimiento.

- Comprobar que todas las conexiones eléctricas se encuentren correctamente establecidas.
- Verificar que el sistema de ventilación sea adecuado para evitar la acumulación de gases emitidos por las baterías.
- Confirmar que la temperatura ambiental sea la apropiada para evitar daños en los circuitos electrónicos.
- Inspeccionar el estado y funcionamiento de las alarmas ante posibles fallas del sistema.
- Monitorizar el desempeño de los indicadores de operación.

3.2.8. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN DEL INVERSOR

El protocolo de comunicación empleado por el inversor corresponde al Modbus RS-485. La localización de cada uno de los puertos de comunicación sigue estándares definidos, compuestos por procedimientos, normativas y formatos que facilitan el intercambio estructurado de datos, permitiendo así una comunicación eficaz entre distintos dispositivos o servidores dentro de una red.

3.2.8.1. Bus de comunicación

Dentro de los sistemas de adquisición de datos, se habilita la estructura necesaria para el intercambio de información entre los distintos componentes, como los sensores, el controlador principal y otros dispositivos periféricos. Su función esencial es permitir la transmisión de datos en tiempo real, asegurando una adecuada sincronización y una gestión eficiente de las operaciones del sistema. [12].



Figura 26. Topología del bus de comunicación del inversor

Como se puede apreciar en la figura 26. Los sistemas de adquisición de datos se utilizan diversos tipos de buses de comunicación

3.2.8.2. Protocolo Modbus

El protocolo Modbus cuenta con dos variantes principales: Modbus Serial y Modbus TCP. En Modbus Serial, la comunicación se establece entre un dispositivo maestro y varios esclavos a través de líneas de transmisión serie, empleando los modos de comunicación ASCII o RTU para el intercambio de mensajes [13].

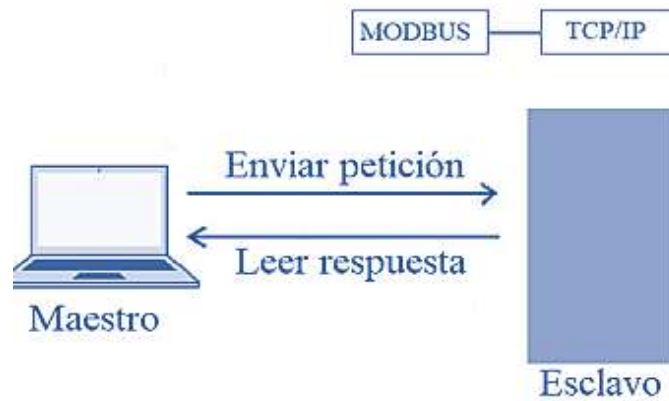


Figura 27. Funcionamiento del protocolo Modbus

En la variante Modbus TCP, un competente puede gestionar múltiples transacciones de manera simultánea, mientras que un esclavo tiene la capacidad de comunicarse con varios maestros al mismo tiempo. E la Figura 27 Se ilustra un diagrama general del funcionamiento de este protocolo [13].

3.2.8.3. Protocolo ModBus TCP/IP

Este sistema es esencial en entornos industriales donde la precisión y la sincronización resultan cruciales. Los buses de campo posibilitan la transmisión rápida de datos sobre el estado de los dispositivos y la ejecución inmediata de instrucciones, eliminando retrasos asociados a procesos de comunicación complejos, lo que garantiza la eficiencia y confiabilidad en los sistemas de control y automatización industrial. [14].

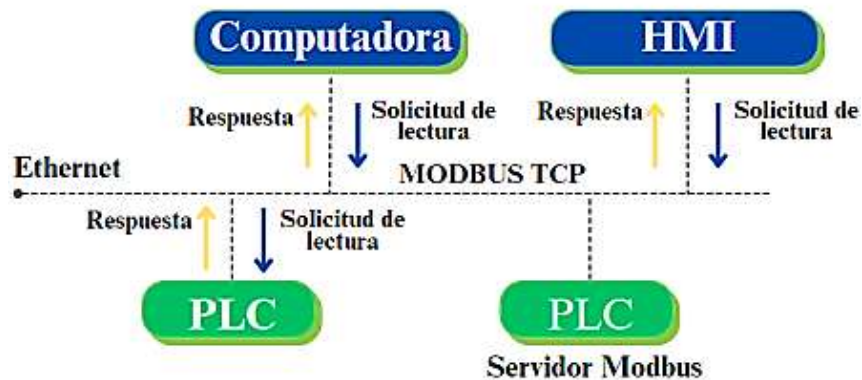


Figura 28. Protocolo de ModBus TCP/IP

3.2.8.4. Protocolo ethernet

Este método de transmisión de datos es conocido como acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones (CSMA/CD). Antes de que un nodo emita datos en una red Ethernet, primero supervisa el medio para asegurarse de que ningún otro nodo esté transmitiendo. Los demás nodos permanecen atentos, y el nodo receptor adecuado recibe la información enviada. [14].

En la figura 29. Se muestra el esquema de conexión ethernet

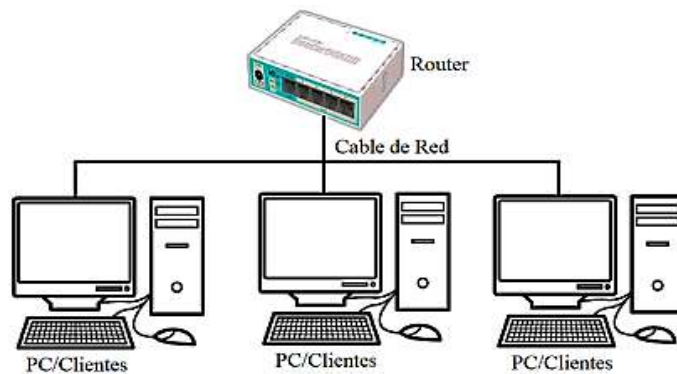


Figura 29. Protocolo de comunicación ethernet

3.2.9. Bus RS-485

Es sistema de comunicación tiene una interfaz estándar con un método de transmisión de señales, su importante función es trasladar una señal mediante dos cables. Uno de los cables transmite la señal original y el otro transporta su copia inversa. Esta técnica de transmisión brinda una señal original y el otro transporta su propia inversa.

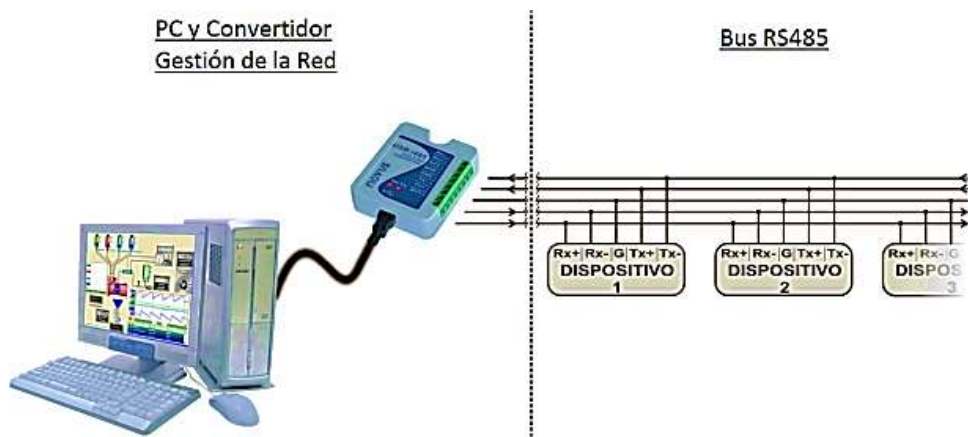


Figura 30. Topología del RS-485

3.2.10. Sistemas Scada

Se trata de una herramienta de software para monitorización o supervisión, no un sistema de control. Su función principal es actuar como interfaz ente los niveles de control y los niveles superiores de gestión. Algunos sistemas se desempeñarán mejor en configuraciones de bus, mientras que otros serán más eficientes en configuraciones de anillo. Además, algunos procesos requerirán equipos redundantes debido a sus características. [15]

En la figura 31 se muestra las características destacadas de una herramienta SCADA .

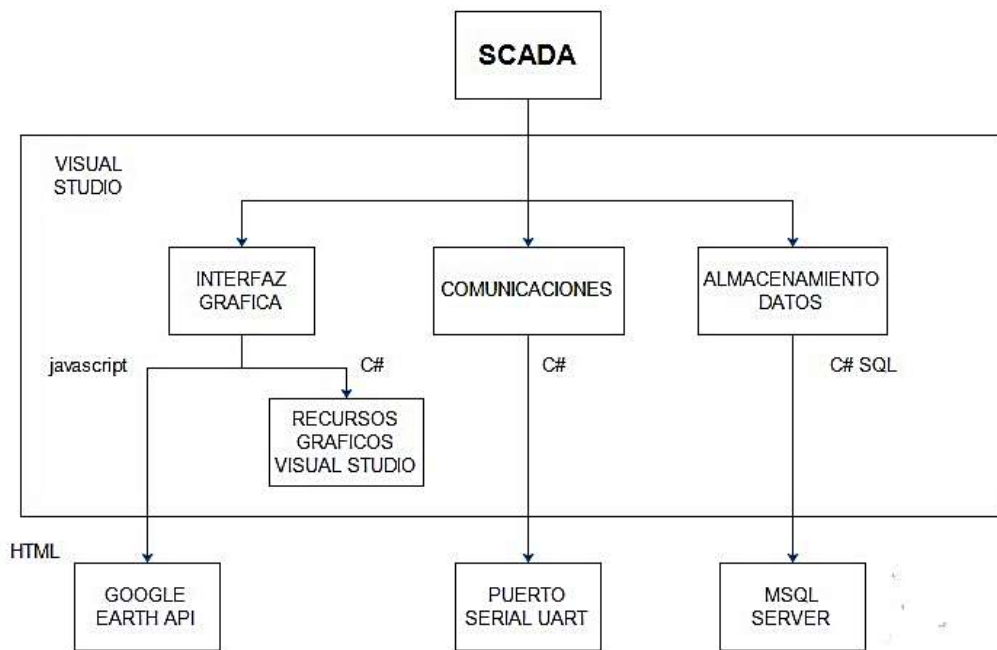


Figura 31. Topología del sistema scada

3.2.11. Interfaz hombre máquina (HMI)

Son representaciones gráficas de los componentes del sistema para mostrar su estado, funcionamiento y alertas de manera intuitiva. Esto permite que los operadores puedan observar en tiempo real cómo se están desarrollando los procesos sin necesidad de acceder a múltiples pantallas de datos técnicos. En la figura muestra Interfaz HMI.

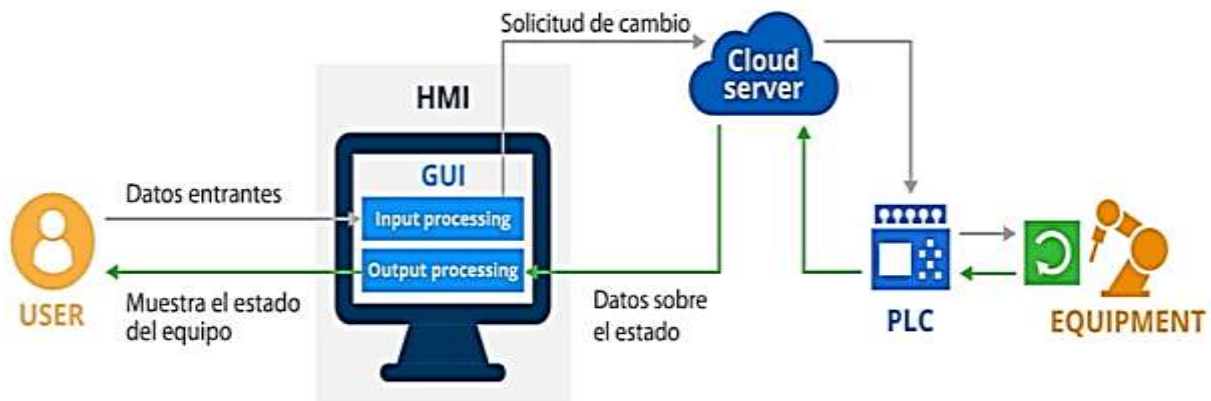


Figura 32. Interfaz HMI

El hardware y el software son dos elementos fundamentales en la seguridad de los sistemas SCADA. Estos trabajan en conjunto para asegurar la protección tanto física como lógica de los sistemas de control y supervisión.

3.2.12. Descripción clientes OPC

Ciente OPC (OPC Client)

Es un software dedicado a la utilización de datos, funcionando de manera similar a una aplicación SCADA. Cualquier cliente OPC tiene la capacidad de interactuar con cualquier servidor OPC, sin importar el tipo de dispositivo que origine la captura de datos.


Servidor OPC (OPC Server)

Es una aplicación encargada de recopilar datos de distintos dispositivos de campo dentro de un sistema automatizado, permitiendo que otros programas (clientes OPC) accedan a esta información de forma abierta y sin restricciones.

3.2.13. Descripción de Aveva InTouch

Es una herramienta de gran poder que se presenta, diseñada con una interfaz intuitiva y acogedora. Con todas las capacidades necesarias, permite no solo analizar la información recopilada, sino también tomar decisiones cruciales en tiempo real, optimizando la eficiencia energética en instalaciones fotovoltaicas.

Tabla 4. Información del Software Aveva Intouch

| Gráfica | Datos Técnicos | Descripción |
|--|-------------------------------|--|
|   | Tipo de software | SCADA (Supervisor y Control). |
| | Plataforma compatible | Windows 10 Pro. |
| | Compatibilidad de protocolos | Modbus, OPC, OPC UA. |
| | Funciones principales | Supervisión, control, adquisición de datos. |
| | Visualización de datos | Gráficos, tablas, alarmas, tendencias |
| | Capacidades de almacenamiento | Registro de almacenamiento de datos en tiempo real e históricos. |
| | Comunicación conectividad | Conexión a dispositivos, PLCs y sistemas de gestión. |
| | Seguridad | Autenticación, permisos de usuario, registro de eventos |
| | Soporte y actualizaciones | Disponibilidad de soporte técnico y actualizaciones. |

3.2.14. Demanda del inversor

La demanda abastecida del inversor es la cantidad de energía eléctrica o potencia que el inversor es capaz de suministrar a las cargas instaladas para satisfacer su consumo, es la demanda eléctrica que se obtiene con la potencia que entrega el inversor.

Su objetivo es optimizar el uso de la energía, mejorar la eficiencia y garantizar un suministro confiable.

COMPONENTES DEL ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Demanda Total:

- Cantidad máxima conectadas.

Demanda Abastecida:

- Energía efectivamente suministrada por la fuente disponible

Curva de Demanda:

- Variación de la demanda estos datos se obtuvieron al ser conectados diferentes cargas al inversor.

En este proyecto se realizó el análisis de la demanda abastecida, es clave para garantizar el consumo energético de la carga total que se tenía instalado obteniendo el suministro eficiente y confiable, especialmente en sistemas con inversores solares y almacenamiento en baterías.



Figura 33. Estudio de la demanda en horas pico

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Esta propuesta tecnológica tiene como objetivo evaluar la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante el diseño e implementación de una interfaz hombre máquina (HMI) orientada al monitoreo y visualización de datos. El proyecto forma parte del programa de tecnologías para la eficiencia energética (DIRGI-CP2021-008) y se encuentra ubicado en el campus la matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El sistema está compuesto por un arreglo de nueve paneles solares conectados en serie, cada uno con potencia de 140 W, cuatro baterías de 12 V y un inversor con una capacidad de 2,5 KW.

Actualmente, el sistema carece de una herramienta de adquisición de datos que permita realizar un monitoreo efectivo de la eficiencia energética. Para cubrir esta necesidad, se desarrolla una interfaz HMI utilizando el software InTouch, la cual permite visualizar datos en tiempo real. En este contexto, se considera esencial el estudio del software de aplicación, así como la selección de elementos para la recolección y transmisión de los datos.

La adquisición de datos se realiza a través de una conexión por cable Ethernet directamente a la PC, la cual se comunica con el servidor OPC (OPC Server) mediante el protocolo MODBUS RTU. Este servidor actúa como puente de comunicación con el cliente OPC (OPC Client), finalizando el ciclo de interacción con la HMI diseñada en InTouch. Este proceso permite la obtención en tiempo real de parámetros clave asociados a la generación fotovoltaica, facilitando el cálculo de la eficiencia del sistema.

La interfaz desarrollada en InTouch proporciona diversas funcionalidades para la recopilación y visualización de datos técnicos, permitiendo observar la evolución temporal de las variables de estudio y su interrelación. Además, se han configurado adecuadamente los parámetros de comunicación para asegurar una transferencia de datos continua y confiable.

Esta investigación se llevó a cabo utilizando una metodología aplicada, organizada en cinco etapas: caracterización del sistema, diseño técnico del sistema SCADA, desarrollo del entorno de supervisión, validación funcional y elaboración de resultados. Cada fase se abordó con criterios de ingeniería, apoyándose en normas internacionales como la ISA-101, IEC 61724 y IEC 62053, lo que asegura la trazabilidad y reproducibilidad del sistema propuesto.

4.1. Caracterización del sistema fotovoltaico e identificación de variables

Se inició con un diagnóstico técnico del sistema fotovoltaico aislado de 2,5 KW, donde se evaluó la configuración del inversor, su entorno eléctrico y las condiciones operativas. Se realizó una inspección visual, y el análisis de la ficha técnica del equipo para identificar los parámetros críticos a monitorear, tales como: tensión, corriente, potencia activa/reactiva/aparente, frecuencia. También verificamos el tipo de carga conectada, la forma de onda del inversor y el perfil de uso horario del sistema. Esta fase finalizó con la identificación de los puntos de medición y la definición de las variables objetivo.

4.2. Diseño del sistema de adquisición de datos con AVEVA InTouch

Con la información recopilada, se realizó el diseño detallado del sistema de adquisición de datos, aprovechando las capacidades de comunicación con el RS-485 ModBus RTU, la interfaz HMI que ofrece AVEVA InTouch. Se creó un esquema de comunicación utilizando el protocolo Modbus RTU, con una conexión física a través de un cable ethernet a un servidor OPC que actúa como intermediario entre el medidor y el sistema SCADA.

4.3. Desarrollo del entorno SCADA

Para facilitar la visualización y el control del sistema, se estableció un entorno SCADA que sigue los principios de la norma ISA-101, la cual promueve interfaces limpias, jerárquicas y centradas en el operador.

4.4. Validación del sistema de adquisición

Una vez que se desarrolló el sistema, se llevaron a cabo pruebas de validación en condiciones reales de funcionamiento. Durante este tiempo, se recopilaron datos eléctricos del inversor, estos datos se compararon con la capacidad nominal del inversor, y se utilizó un instrumento patrón como referencia para verificar datos en tiempo real. Esta etapa permitió evaluar el comportamiento dinámico del sistema, así como su resolución y confiabilidad.

4.5. Análisis de resultados y documentación técnica

Con la información recolectada, se realizaron análisis gráficos y estadísticos que ayudaron a entender mejor el comportamiento energético del sistema. Se elaboraron curvas de carga, reportes de desempeño. Todo el proceso fue documentado mediante diagramas eléctricos, scripts de adquisición de datos y capturas de pantalla del entorno HMI. El sistema fue validado como una solución práctica y replicable, que puede aplicarse en contextos reales donde se requiera monitoreo de energía y eficiencia operativa en sistemas fotovoltaicos aislados.

A continuación, se muestra un diagrama de flujo donde se da a conocer el proceso realizado para la ejecución de la propuesta tecnológica.

4.6. DECLARACIÓN DE VARIABLES

En función del objetivo general planteado, se identifican las siguientes variables involucradas en el desarrollo del sistema de adquisición de datos.

4.6.1. Variables dependientes

Demanda abastecida por el inversor (W): Es el valor resultante de la suma de potencias consumidas por las cargas conectadas, medida a través del sistema implementado en tiempo real.

4.6.2. Variables independientes

Voltaje de entrada (Vdc)

Voltaje de salida (Vac)

Frecuencia de salida (Hz)

Tensión de corriente de batería (V,A)

Temperatura del disipador (°C)

Temperatura interna del Inversor (°C)

Estas variables son recopiladas mediante registros digitales definidos en el mapa Modbus del inversor y visualizaciones en la plataforma SCADA.

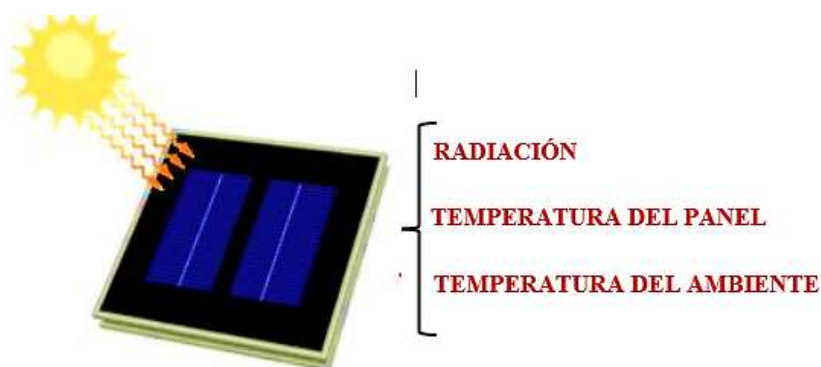


Figura 34. Descripción de las variables independientes

4.6.3. Variables Técnicas Monitoreadas

A continuación, se presenta la tabla con las variables necesarias para la obtención de datos desde el inversor, junto con su dirección lógica, nombre de variable, descripción y factor de escala correspondiente.

Tabla 5. Variables necesarias para la obtención de datos

| | Dirección lógica | Nombre de Variables | Descripción de Variable | Unidad | Escala |
|---|------------------|---------------------|------------------------------------|--------|------------|
| 1 | 5 | DC_Entrada | voltaje nominal de entrada de CC | V | N*0.01 |
| 2 | 6 | AC_Salida | voltaje de salida de CA | V | N*0.01 |
| 3 | 7 | Hertz | frecuencia de salida | Hz | n |
| 4 | 9 | Vb | Tensión de batería, filtro lento | V | |
| 5 | 10 | Ib | Corriente de batería, filtrada | A | N*0.01 |
| 6 | 11 | Vac | Tensión de salida de CA, filtrada | V | N*0.1 |
| 7 | 13 | Ths | Temperatura del disipador de calor | °C | -40 to 120 |
| 8 | 15 | Ta | Temperatura interna | °C | -40 to 120 |

4.6.4. Registro y Almacenamiento de Datos con AVEVA Historian

Los datos adquiridos y mostrados en la interfaz son registrados almacenados en una base de datos histórica mediante el uso de AVEVA Historian, esta solución permite conservar registros continuos de las variables monitoreadas, posibilitando el análisis del desempeño a largo plazo del sistema fotovoltaico. El almacenamiento histórico facilita la evaluación de tendencias operativas, el diagnóstico de posibles desviaciones en el funcionamiento de los paneles solares y la implementación de estrategias de optimización basadas en el comportamiento energético registrado durante períodos prolongados.

PANELES SOLARES



IMPLEMENTACION HMI

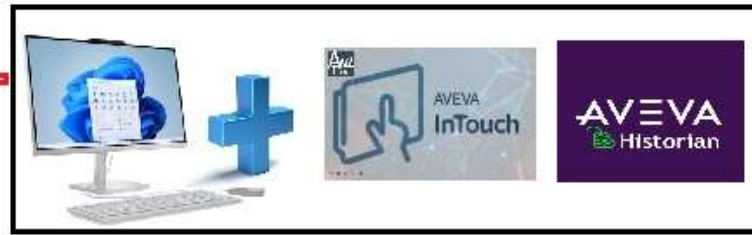


Figura 35. Registro y almacenamiento de datos Aveva Historian

A continuación, se presenta el diagrama esquemático, que ilustra el procedimiento seguido para la implementación de la interfaz Hombre-Máquina (HMI). Los datos transmitidos son capturados e integrados en un sistema de supervisión mediante una Interfaz Hombre-Máquina (HMI), desarrollada con el software industrial AVEVA InTouch. Esta plataforma permite la visualización gráfica de variables en tiempo real, así como el monitoreo continuo del sistema, lo que optimiza la toma de decisiones operativas a partir de la información adquirida.

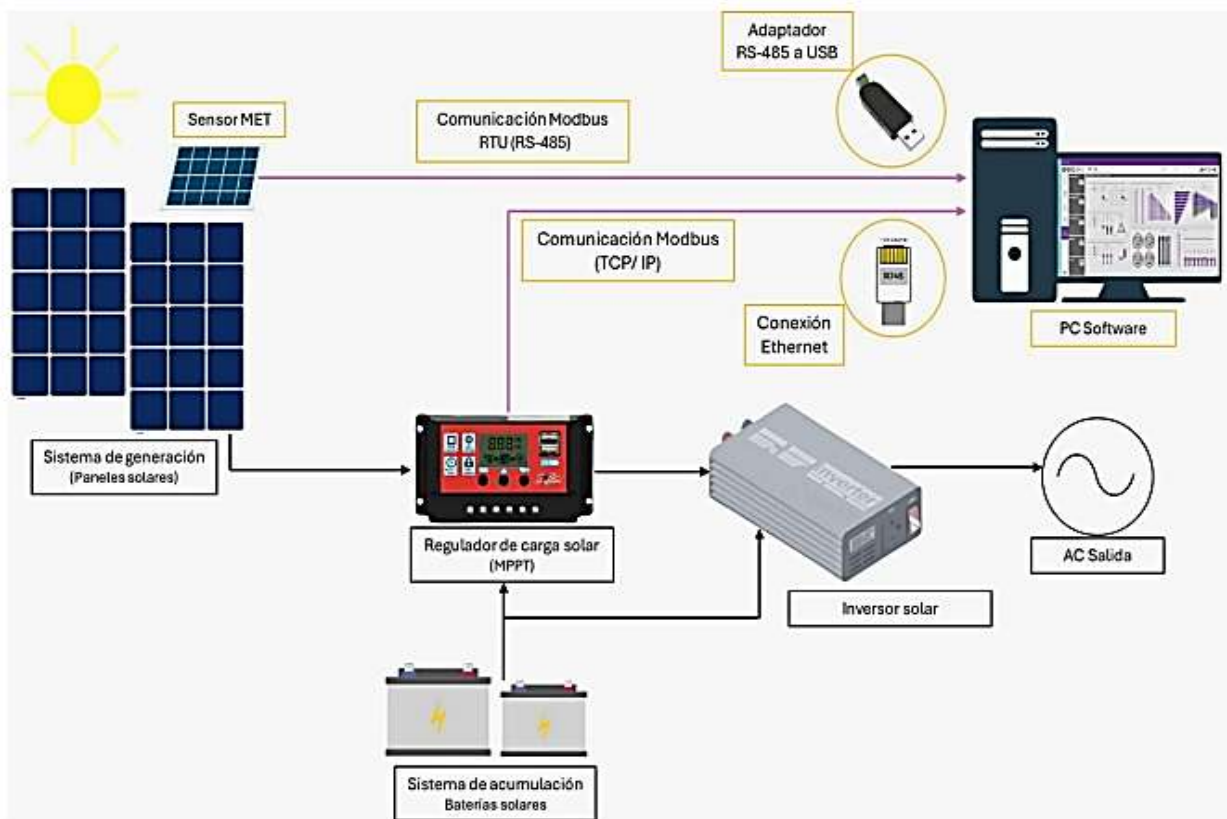


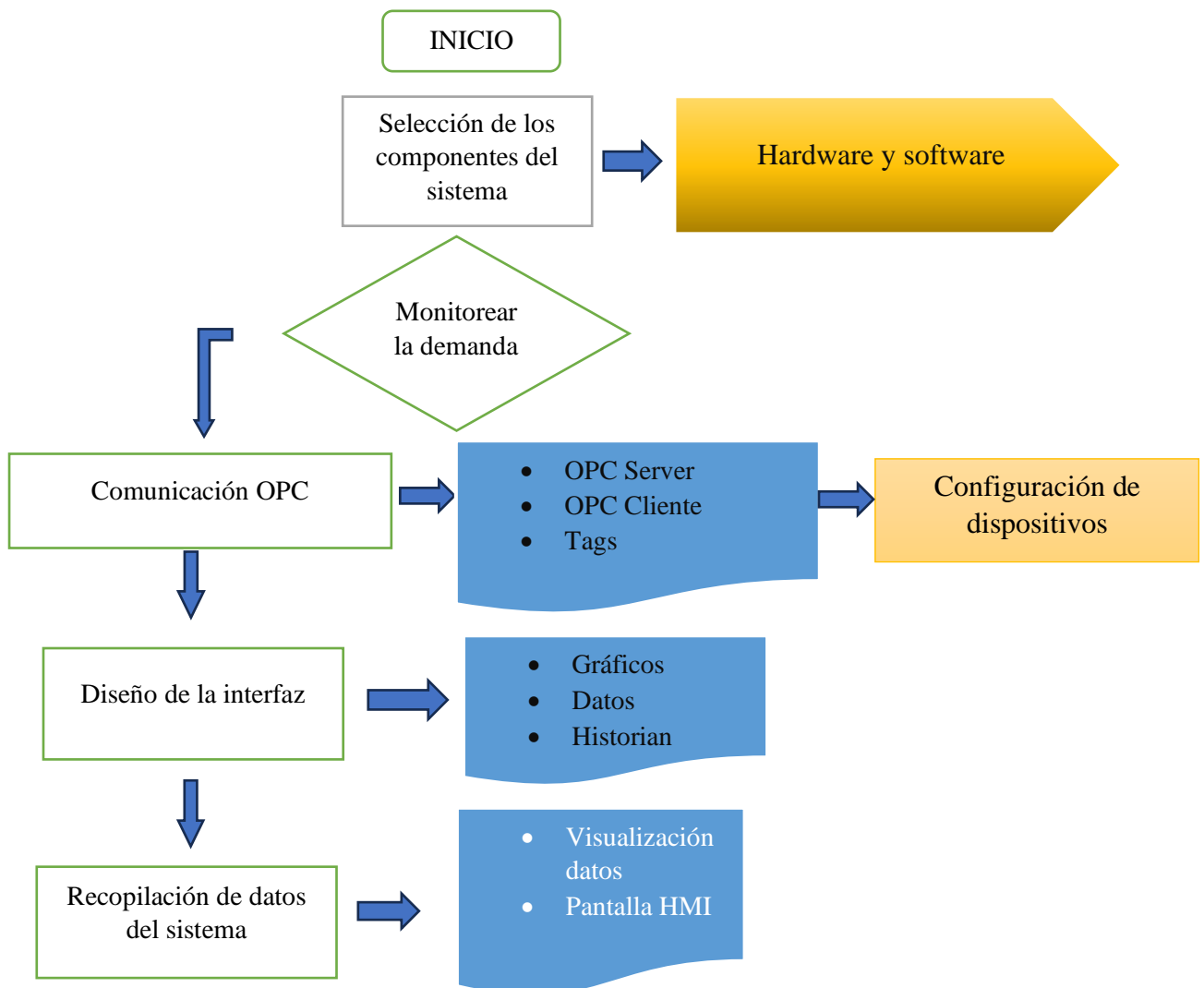
Figura 36. Diagrama esquemático del procedimiento para la interfaz de HMI.

4.7. PROCEDIMIENTOS

Para realizar el montaje del inversor se acogió al procedimiento establecido en su respectivo manual, primeramente, se hizo la selección y preparación del sitio para instalación ya que el montaje se lo debe hacer en la superficie no conductiva y con protección contra humedad y polvo, cumpliendo una separación mínima de 15 cm para garantizar la convicción térmica eficiente.

Para el banco de baterías, como en el laboratorio no se disponía de baterías se solicitó por medio de un oficio dirigido al ingeniero Eduardo Hinojosa, encargado de los laboratorios 4 baterías de 12v DC con esto se realizó la conexión en serie de las baterías obteniendo así un voltaje total de 48 v, necesario para el funcionamiento del inversor.

4.7.1. Diagrama de flujo



4.7.2. Configuración de la comunicación

Para definir el tipo de comunicación, es fundamental establecer el modelo de trabajo a implementar. Una vez identificados los elementos, se puede determinar con claridad el protocolo a utilizar en este caso ethernet permite la integración del inversor en sistemas de monitoreo más amplios y en tiempo real.

Para la configuración de comunicación primeramente se conectó con el ModBus TCP/IP con cable ethernet, el cual en este proceso de comunicación tuvimos inconvenientes ya que no se comunicaba fácilmente, se hizo la comunicación de diferentes maneras, en este caso se realizó con la versión de prueba de ModBus poll para pruebas rápidas y sencillas de la interfaz del protocolo para la configuración, para esta configuración la identificación del esclavo es la misma que la identificación de la unidad utilizada en MODBUS TCP/IP.

Al final se eligió realizar la comunicación con el RS- 485 ModBus RTU, con esta comunicación si se pudo obtener las en tiempo real de las salidas y entradas del inversor.



Figura 37. Comparación de la comunicación TCP/IP y RS-485

4.8. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para el sistema de adquisición de datos, el sistema fotovoltaico integra los equipos asociados al proyecto de tecnologías de eficiencia energética llevado a cabo en la Universidad Técnica de Cotopaxi a ser utilizados para el desarrollo de la interfaz. Estos equipos se visualizan en la tabla.

Tabla 6. Equipos necesarios para realizar el sistema de adquisición de datos

| Equipo | Tipo | Cantidad |
|-----------------|-------------|----------|
| Paneles solares | Local | 9 |
| Baterías | SureSine | 4 |
| Inversor | SureSine | 1 |
| Regulador | Morningstar | 1 |
| PC | Dell | 1 |

Después de recopilar la información necesaria, se definen las condiciones de funcionamiento del sistema de adquisición de datos. Para ello, se toman como referencia los datos específicos de las variables del inversor.

Este sistema de adquisición de datos emplea información proveniente de sensores y dispositivos. A continuación, se representa una descripción de las variables utilizados en este sistema.

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

4.8.1. Topología del sistema

En este proyecto los dispositivos están conectados por el siguiente estudio, dentro de la topología de la interfaz hombre máquina, el inversor de 2,5 KW se encuentra conectada por el Modbus RTU RS-485 con un adaptador USB al ordenador. Además, el regulador de carga solar MPPT esta, comunicado por Modbus TCP/IP con la conexión Ethernet, el banco de cuatro baterías conectados en serie generan un voltaje de 48v DC, el arreglo de paneles están conectados en serie con una potencia de 140W cada una, como se instaló tres paneles la potencia total es de 420W. los datos requeridos a las salida del inversor son: variables de salida, variables de entrada, variable de DC y AC, corriente de entrada y salida, la frecuencia, potencia, voltaje de las baterías

4.8.2. Implementación de sistema de adquisición de datos.

En esta implementación del sistema de adquisición de datos, es fundamental ejecutar un software de servidor OPC, el cual, al ser desarrollado, facilita la comunicación entre distintos dispositivos industriales, como OPC DA, OPC UA y MQTT, permitiendo así la extracción de datos de múltiples dispositivos conectados a la red, resulta importante considerar que las comunicaciones industriales representan un componente esencial para el intercambio de datos. En este marco, el uso de la versión demostrativa del software Modbus Poll permite emular un dispositivo maestro bajo el protocolo Modbus, facilitando su evaluación en diversos contextos de comunicación. de datos.

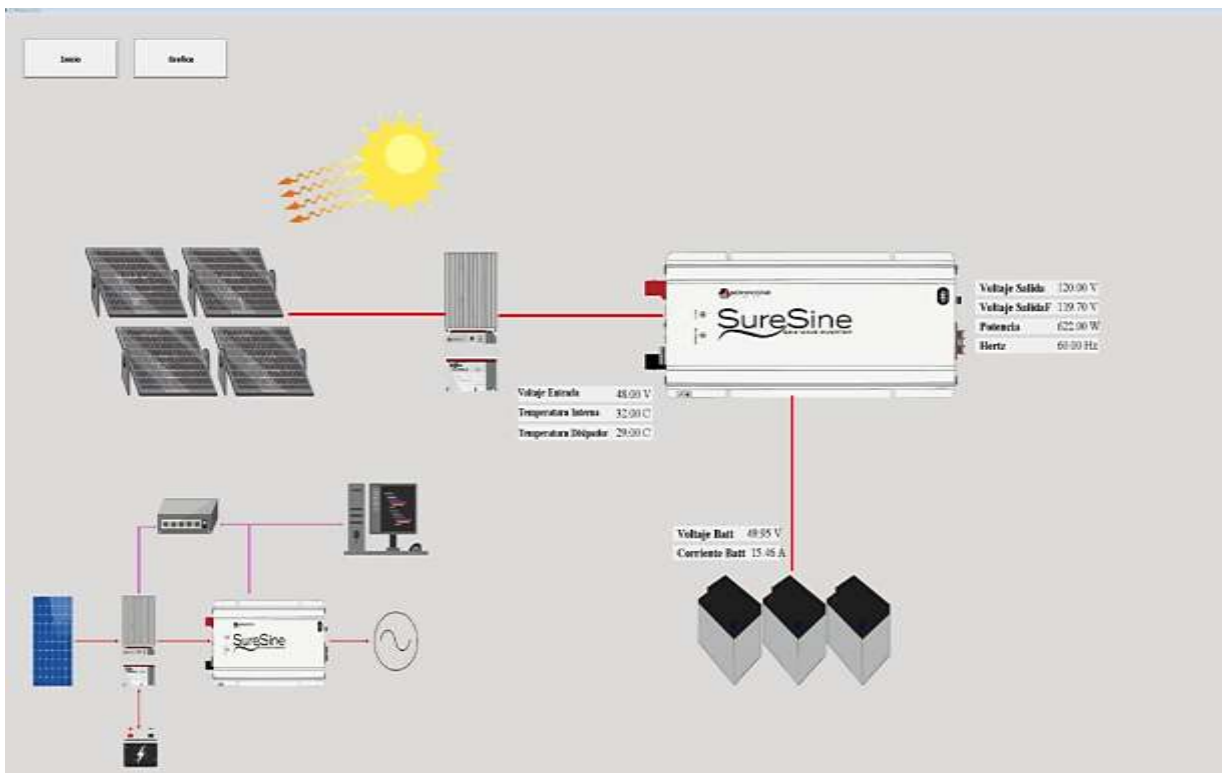


Figura 38. Resultados de monitoreo en tiempo real

4.8.3. Pasos para la creación del servidor OPC

Dentro de la carpeta Project seleccionamos en connectivity, a continuación, seleccionar la opción New Channel.

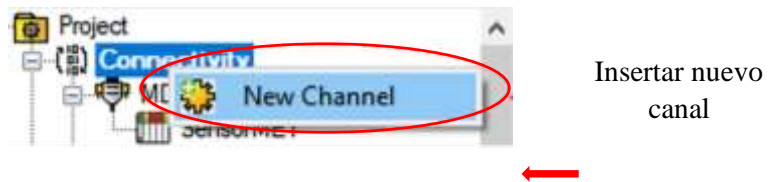


Figura 39. Seleccionar Project a continuación connectivity e insertar nuevo canal

Seleccionar el protocolo que se va a utilizar para la creación de la comunicación.

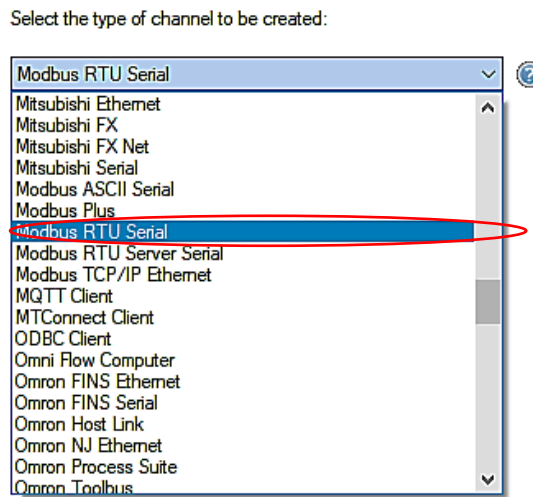


Figura 40. Seleccionar serial del protocolo de comunicación

Registrar nombre del canal y configurar el tipo de puerto, número y velocidad.

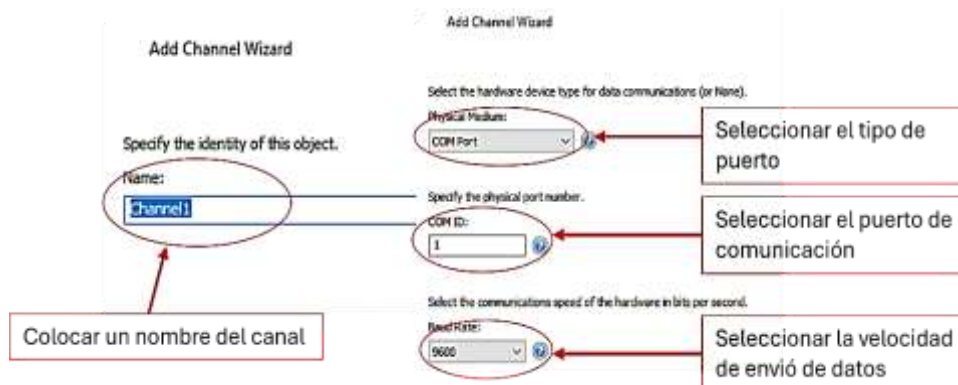


Figura 41. Registro del nombre del canal

Verificar información seleccionada en los anteriores pasos para la creación del canal.

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| Name | Channel1 |
| Description | |
| Driver | Modbus RTU Serial |
| Diagnostics | |
| Diagnostics Capture | Disable |
| Tag Counts | |
| Static Tags | 0 |
| Connection Type | |
| Physical Medium | COM Port |
| Shared | No |
| Serial Port Settings | |
| COM ID | 1 |
| Baud Rate | 9600 |
| Data Bits | 8 |
| Parity | Even |
| Stop Bits | 1 |

Figura 42. Pasos para la creación del canal seleccionamos tag count

Dentro del canal creado dar un clic New Device para crear el dispositivo nuevo.

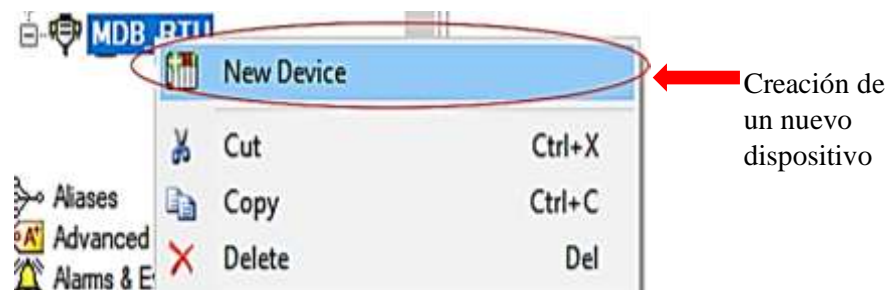


Figura 43. Creación de un nuevo dispositivo

Registrar el nombre del dispositivo y configurar el tipo de comunicación.

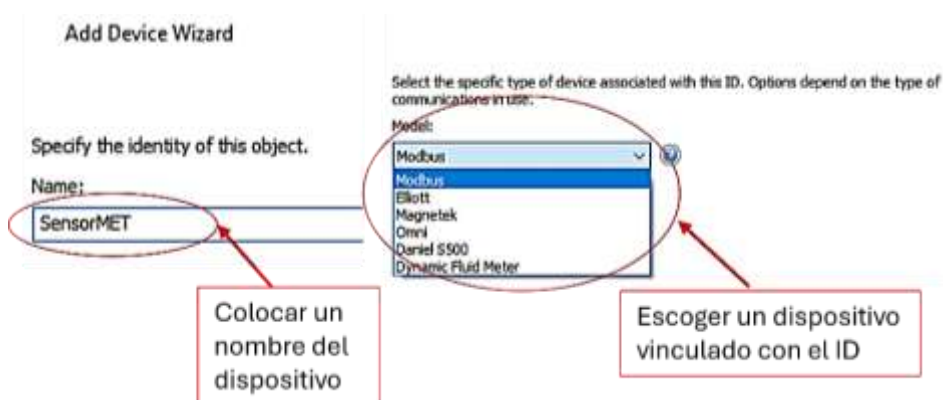


Figura 44. Configurar tipo de comunicación seleccionamos ModBus

Verificar información seleccionada en los anteriores pasos para la creación del dispositivo.

| | |
|-----------------------|-------------------|
| Identification | |
| Name | SensorMET |
| Description | |
| Driver | Modbus RTU Serial |
| Model | Modbus |
| Channel Assignment | MDB_RTU |
| ID Format | Decimal |
| ID | 1 |
| Operating Mode | |
| Data Collection | Enable |
| Simulated | No |
| Tag Counts | |
| Static Tags | 0 |

Figura 45. Creación del dispositivo para la comunicación

Para la creación de los Tags tener en cuenta la lista de variables de la celda calibrada que se utilizara para seleccionar el nombre del tag, dirección, tipo de dato y descripción de cada uno de ellos, seleccionar el dispositivo creado y elegir la opción New Tag.

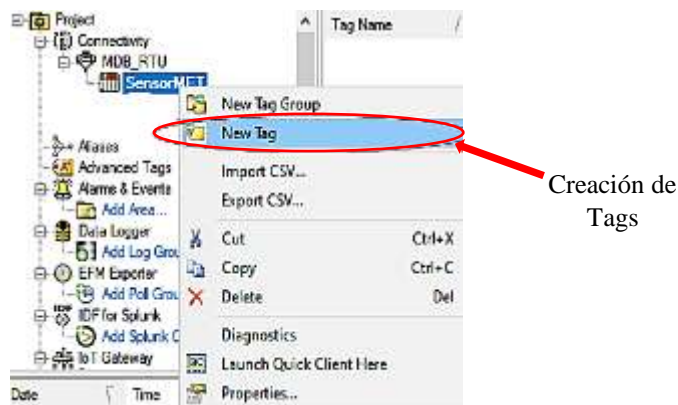


Figura 46. Seleccionar Project, sensor MET y a continuación Crear tags

Colocar nombre, descripción, dirección del identificador, definir el formato donde se almacenar, escoger el permiso, tiempo de escaneo.

| | | |
|------------------------|------------|------------------------------|
| Identification | | |
| Name | H_SolH | Seleccionar el nombre |
| Description | h | Descripción Tag |
| Data Properties | | |
| Address | 40129 | Dirección del Dato |
| Data Type | Word | Tipo de datos |
| Client Access | Read/Write | Permisos (lectura/escritura) |
| Scan Rate (ms) | 100 | Tiempo de escaneo |

Figura 47. Pasos para crear variables de identificación

El procedimiento de repetir de manera sistemática para incorporar los tags seleccionados.

| Tag Name | Address | Data Type | Scan Rate | Scaling | Description |
|-----------------|---------|-----------|-----------|---------|-------------|
| AC_Output | 40006 | Word | 100 | None | V |
| DC_Input | 40005 | Word | 100 | None | V |
| hertz | 40007 | Word | 100 | None | Hz |
| Ib | 40010 | Word | 100 | None | A |
| lowh_resetta_ID | 40038 | Word | 100 | None | lowh |
| potencia | 40095 | Word | 100 | None | w |
| Power_output | 40004 | Word | 100 | None | W |
| Te | 40015 | Word | 100 | None | C |
| Ths | 40013 | Word | 100 | None | C |
| Vac | 40011 | Word | 100 | None | V |
| Vb | 40009 | Word | 100 | None | V |

Figura 48. Sistema de Tags seleccionados para incorporar al sistema

4.9. CONFIGURACION DE LA COMUNICACIÓN

4.9.1. Implementación del cliente OPC

Ejecutar OCMC (Operations Control Management Console). Es una herramienta interna del Software AVEVA Intouch que maneja la comunicación entre distintos procesos.

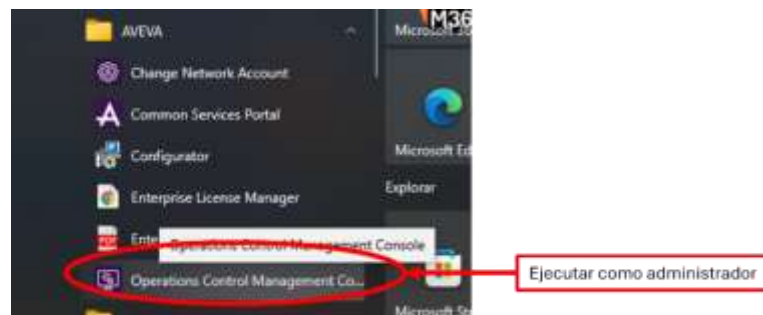


Figura 49. Ejecutar OCMC para administrador herramientas en Intouch

Operations Integration Server Manager se utiliza para administrar, configurar los servidores de integración que permiten la comunicación entre el software Intouch.

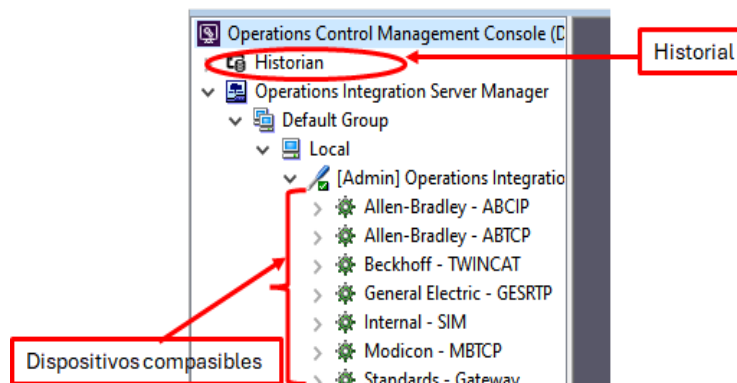


Figura 50. Configurar los servidores de integración Historian

4.9.2. Historian y Dispositivos.

Dentro Standards Gateway asignar el protocolo de comunicación.

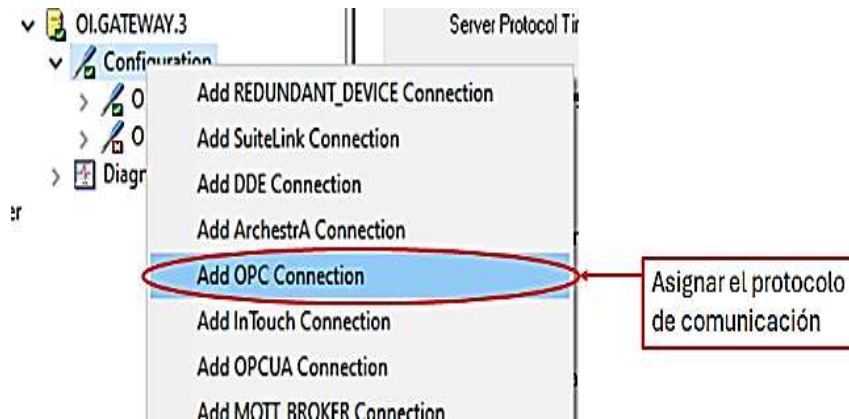


Figura 51. Asignar protocolo Dentro Standards Gateway

Una vez asignado el protocolo de comunicación, se debe configurar y verificar que el nodo del servidor sea correcto, establecer el nombre del servidor OPC y definir el número de reconocimiento automático junto con el enlace.

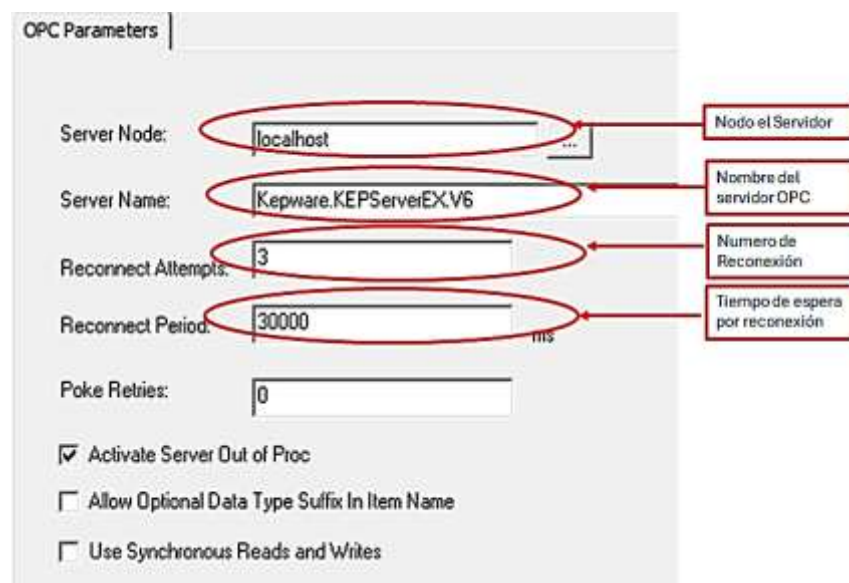


Figura 52. Definir el número de reconocimiento automático

Se agrega un grupo de conexión, asignando un nombre, el intervalo de tiempo de transmisión, así como la configuración de etiquetas para su incorporación en el software InTouch.

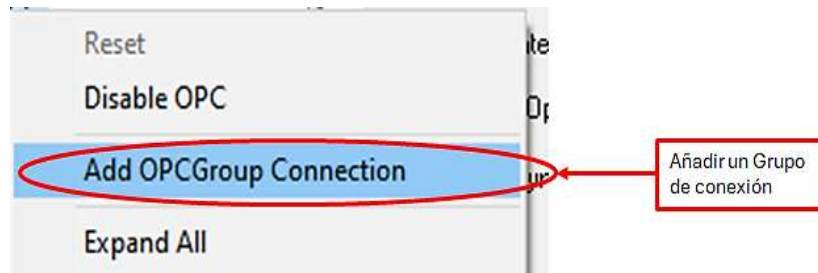


Figura 53. Grupo de conexión asignando un nombre

En la ventana identificada Brower OPC se busca la carpeta de los tags anterior mente creados para añadirlos o eliminarlo de la sub-ventana, para añadir los Tags que pertenecen al regulador de carga solar (MPPT) se realiza el mismo procedimiento sistemático efectuado previamente para la configuración de la celda.

Poner la instalación el InTouch Se agrega un grupo de conexión, asignando un nombre, el intervalo de tiempo de transmisión, así como la configuración de etiquetas para su incorporación en el software InTouch.

DESARROLLO EN INTOUCH

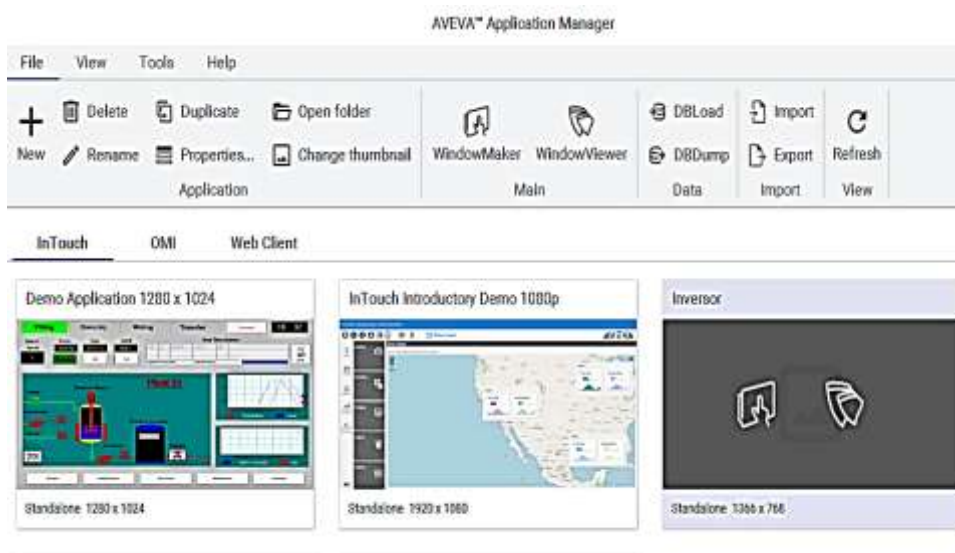


Figura 54. Ventana InTouch para realizar la topología del sistema

En Application Manager elegir en la pestaña New para poder crear un nuevo proyecto aumentando el nombre y la ubicación en la que se va a guardar.

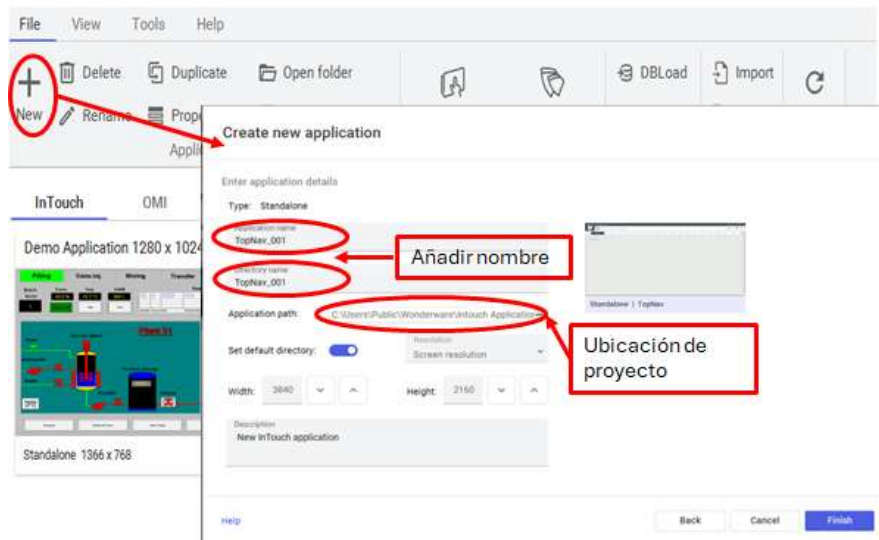


Figura 55. Creación de nueva aplicación añadir nombre y la ubicación del proyecto

Ya creado el proyecto se abre la ventana de Windows Maker en él se despliega diferentes menús tales como el diccionario de tags: hay se le puede encontrar varios tags propios de InTouch a de más se los puede crear dependiendo de la necesidad.

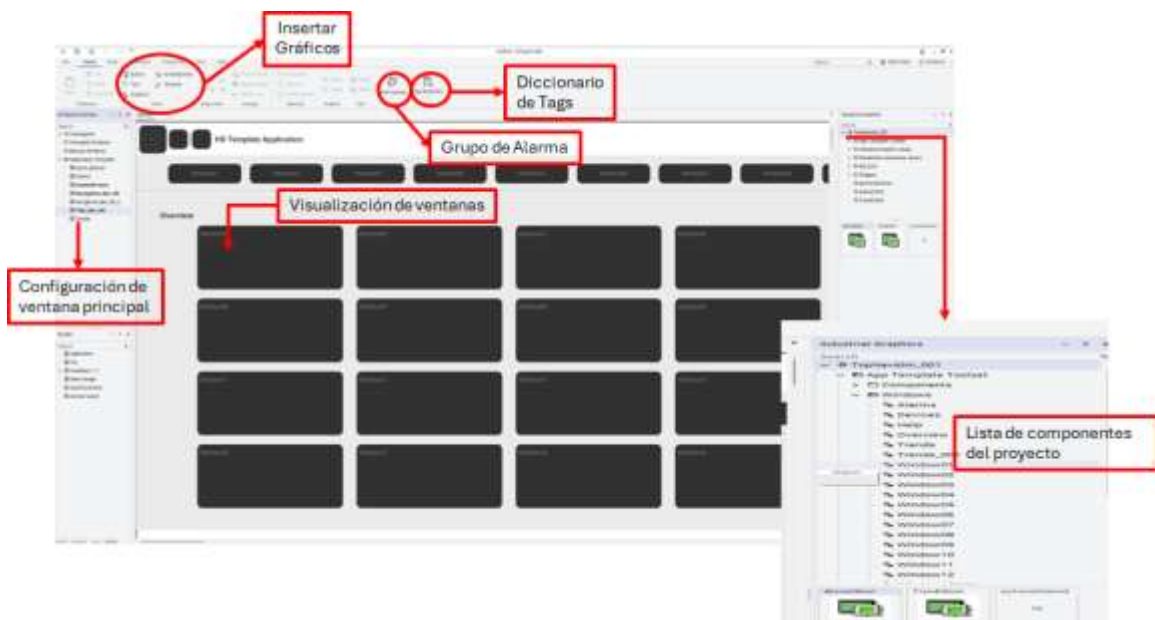


Figura 56. En la pantalla de trabajo se visualiza cada una de las herramientas necesarias.

4.9.3. Creación de tags en InTouch

Nos ubicamos en Tag Diccionario se va a desplegar una ventana para seleccionar o añadir de acuerdo con los requerimientos del proyecto.

Seleccionar la pestaña Access Name añadir el OPC que se desee configurar indicando nombres, localidad, Adaptador verificando el nombre registrado en la aplicación (OCMC)

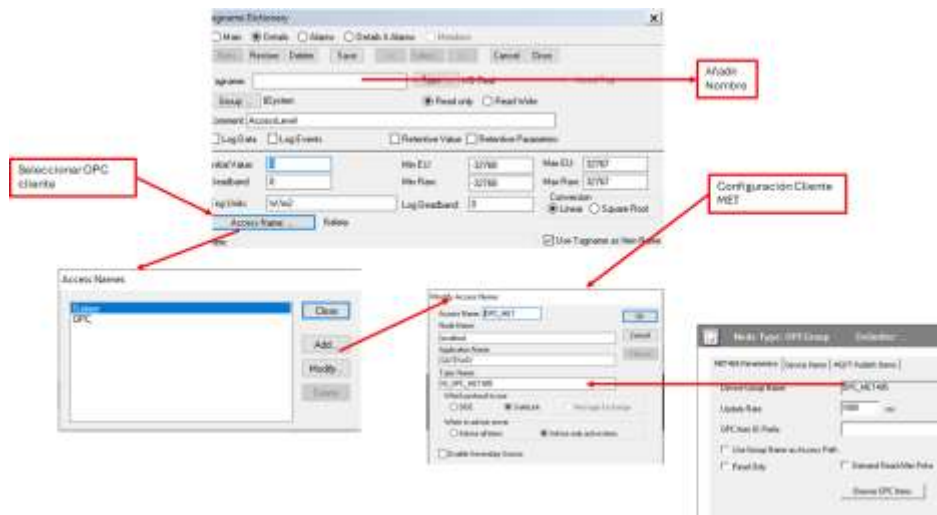


Figura 57. Seleccionar la pestaña Access Name añadir el OPC que se desee configurar.

Para insertar el tag nuevo configurar las siguientes condiciones: Nombre de tag, formato de dato, Log Data, Log Events

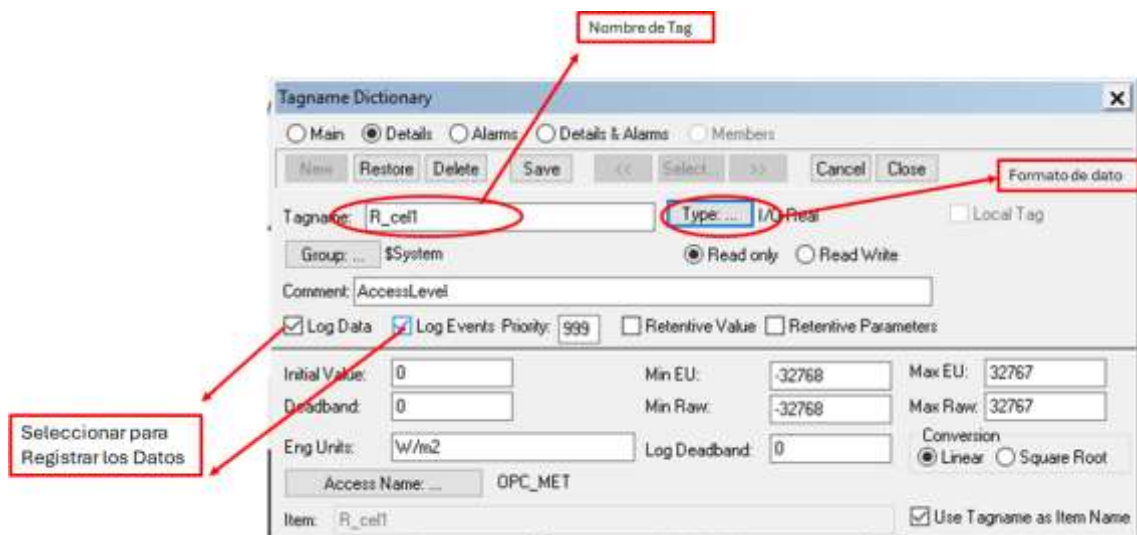


Figura 58. Configuración las siguientes condiciones: Nombre de tag, formato de dato, Log Data, Log Events

Para insertar Imágenes se debe seleccionar tener en cuenta el formato de la imagen (SVG) son imágenes prediseñadas ya tiene mejor visibilidad en las imágenes.

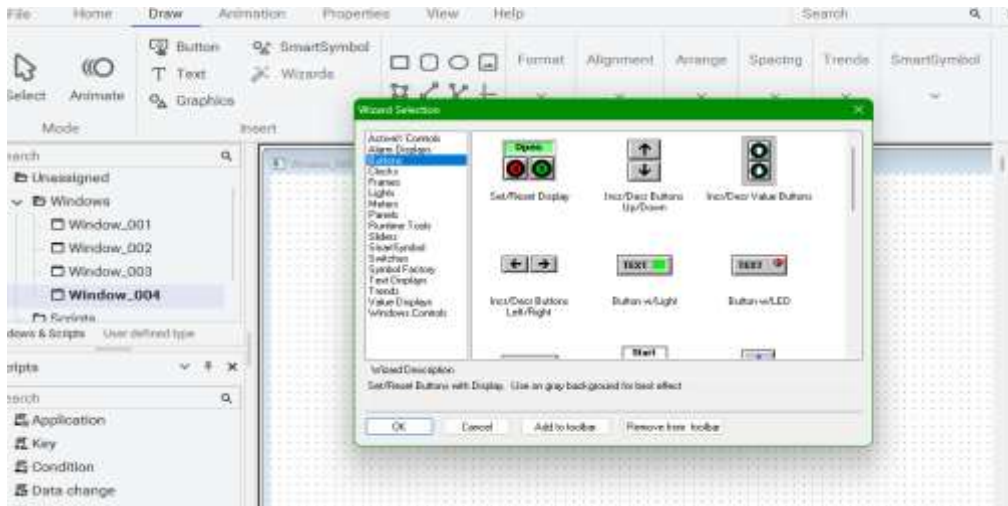


Figura 59. Insertar imágenes formatos SVG

Para insertar Cuadros de visualización de variables seleccionar Embed Industrial Graphic el catálogo de imágenes prediseñadas, brindara imágenes que nos ayudara a leer y a escribir las variables numéricas

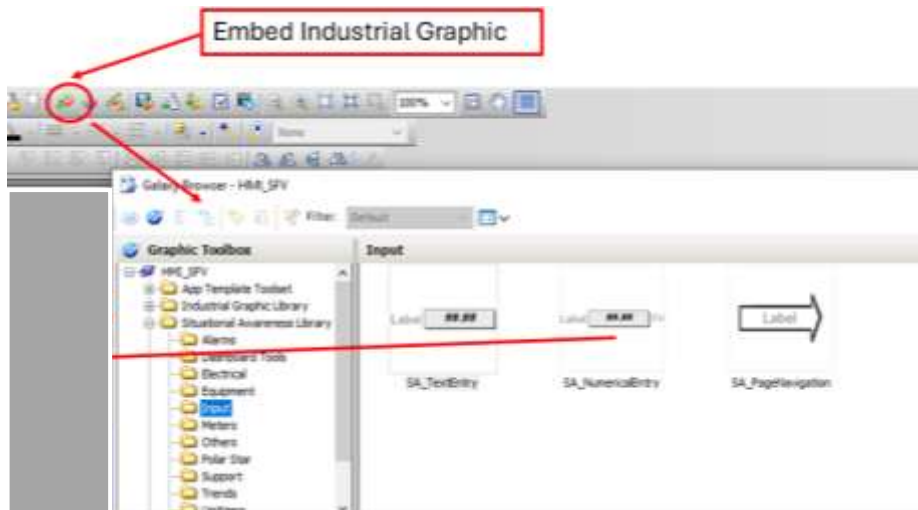


Figura 60. Cuadros de visualización de variables Embed Industrial

Cuando se asigna un tag a un cuadro de lectura y escritura dar clic un Custom Properties se despliega un menú que permite seleccionar el Tag a visualizar.

Antes de la integración tenemos que verificar lo siguiente:

Protocolo de Comunicación: Modbus RTU

Interfaz Física: RS

Compatibilidad con Servidores OPC server



Figura 61. Cuadro de lecturas

Para utilizar los métodos de creación de scripts se debe seleccionar ejecutar como tipo de ejecución en el área Scripts. Para crear un script asociar el objeto agregar un script. En la página Scripts del editor de objetos, seleccionar botón agregar.

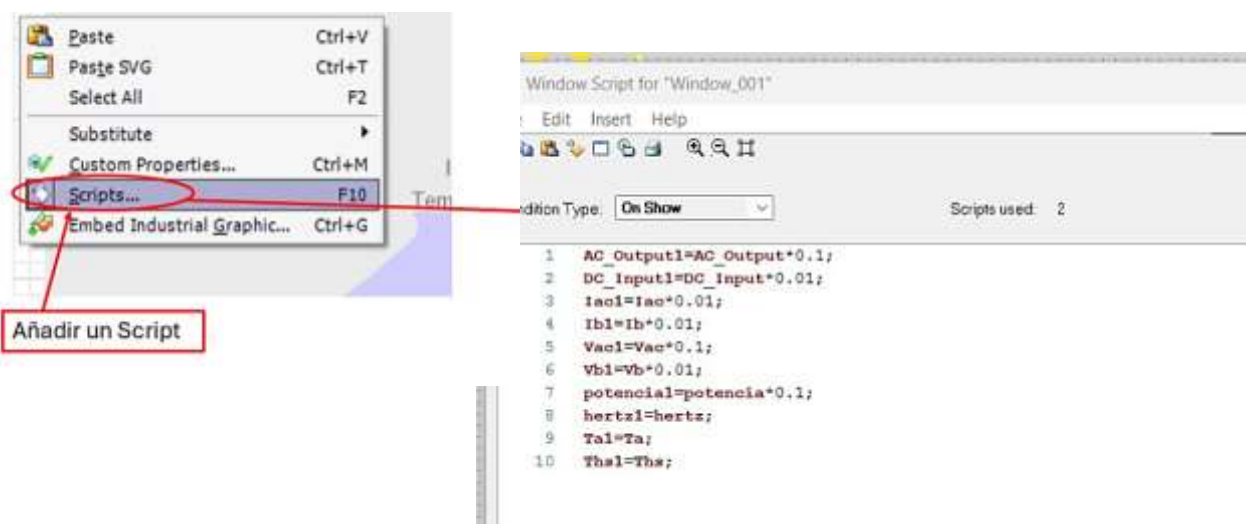


Figura 62. Añadir script para para la comunicación con los datos requeridos

Para insertar y configurar las tendencias que se puede visualizar el monitoreo de las variables asignadas a la gráfica, la aplicación de todas las configuraciones, incluyendo la inserción de imágenes, scripts y tendencias, la visualización quedará de la siguiente manera.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este análisis constituye en una fase fundamental en la evaluación del proyecto de creación de interfaz por medio del software InTouch para monitorear datos del inversor fotovoltaico. Los resultados del monitoreo en tiempo real de los siguientes datos: voltaje nominal, voltaje de salida filtrada, potencia, la frecuencia, voltaje de baterías, corriente de la batería, temperaturas, voltaje de entrada del inversor de 2,5 kW Estos datos de salida del inversor fueron recopilados desde las 14H00 donde la radiación del sol es fuerte, obtenido datos reales del inversor.

5.1. Análisis del voltaje nominal de salida

En la figura 63 se puede observar el análisis del voltaje nominal de salida, implica, este voltaje debe ser constante incluso cuando la carga conectada varia, durante este lapso de tiempo se pudo observar que la tendencia en el voltaje nominal de salida es 120 V AC del inversor Suresine 2,5 KW, como se puede visualizar que siempre va estar constante. El comportamiento del voltaje es siempre estable, ya que con ello ayuda a reducir sobrecargas y también mantiene la vida útil del inversor, demostrando una respuesta efectiva del funcionamiento.

Tabla 7. Análisis del voltaje nominal de salida

| VOLTAJE NOMINAL DE SALIDA | | |
|---------------------------|------------|---------|
| Hora | Fecha | Voltios |
| 14:13 H | 09/07/2025 | 120v |
| 14:15 H | 09/07/2025 | 120v |
| 14:18 H | 09/07/2025 | 120v |
| 14:20 H | 09/07/2025 | 120v |
| 14:23H | 09/07/2025 | 120v |

La fluctuación en la curva está relacionada con las condiciones ambientales a las que estuvieron expuestos los equipos, ya que estas afectaron su desempeño. se registró un comportamiento estable con variaciones mínimas, lo que refleja la naturaleza variable de la generación del panel solar.

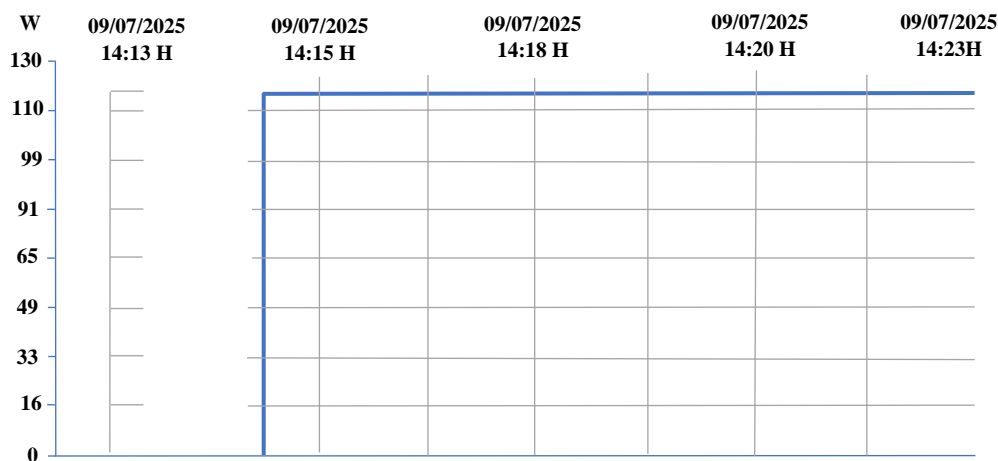


Figura 63. Análisis del voltaje nominal de salida

5.2. Análisis del voltaje de salida filtrada

En la figura 64 se muestra el análisis del voltaje de salida filtrada, tiene un pequeño pico considerable, oscila entre los puntos 2-3-4-5-6 con un voltaje variable entre 119,9 V y 119 V esto se debe a la presencia de armónicos, ya que este voltaje es crucial para evaluar la calidad de la energía entregada a las cargas.

Para evaluar el voltaje salida filtrada del inversor, implica en cómo se convierte la corriente continua en corriente alterna, y como se reduce el ruido y la distorsión ya que este inversor es de onda sinusoidal pura requieren etapas de filtrado para atenuar armónicos y tener una mejor señal a la salida. Con esto obtendremos un voltaje de salida filtrada acorde para al funcionamiento correcto de cualquier dispositivo que sea conectado.

Tabla 8. Análisis de voltaje de salida filtrada

| VOLTAJE DE SALIDA FILTRADA | | | |
|----------------------------|---------|------------|---------|
| | Hora | Fecha | Voltios |
| 1 | 14:13 H | 09/07/2025 | 199.9V |
| 2 | 14:15H | 09/07/2025 | 119.8V |
| 3 | 14:18H | 09/07/2025 | 119.7V |
| 4 | 14:20H | 09/07/2025 | 119.8V |
| 5 | 14:23H | 09/07/2025 | 119V |
| 6 | 14:30H | 09/07/2025 | 119.7V |

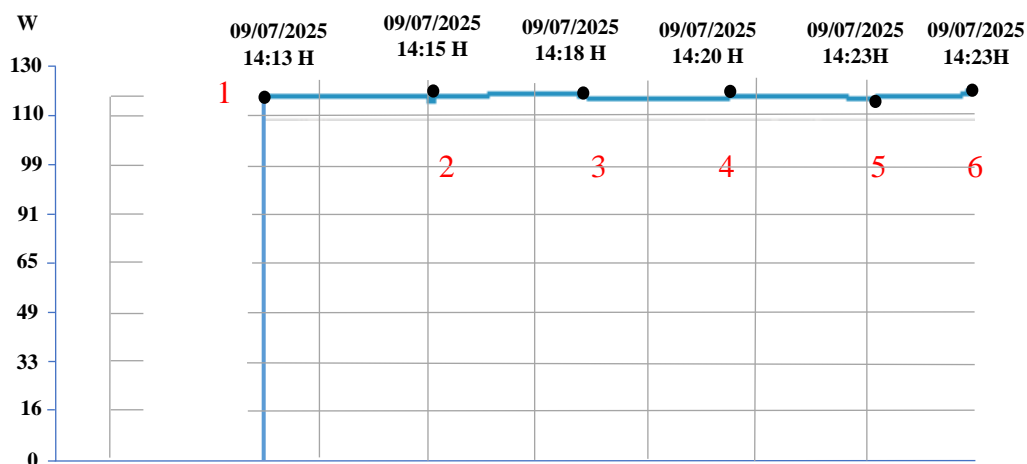


Figura 64. Análisis del voltaje de salida filtrada

5.3. Análisis de la potencia consumida

En la figura 65 se muestra el monitoreo de la potencia consumida, para este análisis se consideró los factores de la potencia nominal del inversor, la eficiencia del mismo y la potencia de los dispositivos conectados hacia el inversor, ya que oscila según la carga instalada en este caso para realizar las respectivas pruebas se conectó diferentes aparatos como: 2 computadoras portátiles de 45 W cada una, una computadora de mesa de 150 W, un punto de iluminación de 20w, y un calefactor de 600W, la carga total oscilaba entre los 600 y 650 W, en la figura 65 se muestra en el punto 1-2 se encuentra conectado las dos portátiles, en el punto 4-5 se encuentra conectado el punto de iluminación y el calefactor, en el punto 8-9 se añade la computadora de mesa, como se puede apreciar la potencia varía según el número total de los aparatos que se

Tabla 9. Análisis de la potencia consumida

| POTENCIA CONSUMIDA | | | |
|--------------------|---------|------------|-------|
| | Hora | Fecha | Watts |
| 1 | 14:13 H | 09/07/2025 | 35W |
| 2 | 14:15H | 09/07/2025 | 42W |
| 3 | 14:18H | 09/07/2025 | 40W |
| 4 | 14:20H | 09/07/2025 | 628W |
| 5 | 14:23H | 09/07/2025 | 633W |
| 6 | 14:30 H | 09/07/2025 | 38W |
| 7 | 14:35H | 09/07/2025 | 43W |

| | | | |
|---|--------|------------|------|
| 8 | 14:40H | 09/07/2025 | 650W |
| 9 | 14:45H | 09/07/2025 | 630W |

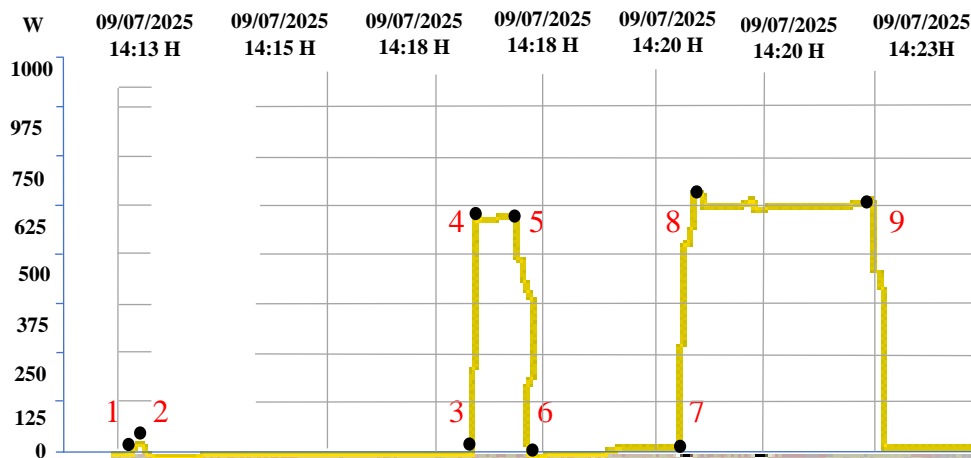


Figura 65. Análisis de la potencia consumida

5.4. Análisis del voltaje de las baterías

En la figura 66 se muestra el análisis del voltaje de las baterías, que oscila entre los 48 V y 53 V, ya que mayor sea la potencia instalada el voltaje del banco de baterías disminuye, este un parámetro clave para evaluar el estado de carga, las baterías son la eficiencia del sistema de almacenamiento de energía. Los bancos de baterías que este inversor son de 24V o 48V, por lo que es fundamental monitorear el voltaje para asegurar un funcionamiento óptimo del sistema.

En el punto 1 el voltaje de las baterías está en estado nominal 53 v, mientras se va instalando las cargas el voltaje de las baterías tiende a disminuir, como se puede apreciar en el puntos que están a continuación, estas variaciones más destacadas ocurrieron entre siendo el cambio más pronunciado entre las secciones donde se observó una disminución progresiva del voltaje. Este descenso se debe a la cantidad de carga instalada.

Tabla 10. Análisis de voltaje de baterías

| VOLTAJE DE BATERIAS | | | |
|---------------------|---------|------------|---------|
| | Hora | Fecha | Voltios |
| 1 | 14:13 H | 09/07/2025 | 53 V |
| 2 | 14:15H | 09/07/2025 | 52 V |
| 3 | 14:18H | 09/07/2025 | 50,4V |
| 4 | 14:20H | 09/07/2025 | 48V |
| 5 | 14:23H | 09/07/2025 | 48,1V |
| 6 | 14:30H | 09/07/2025 | 43,6V |
| 7 | 14:35H | 09/07/2025 | 48,4V |
| 8 | 14:40H | 09/07/2025 | 48,2V |

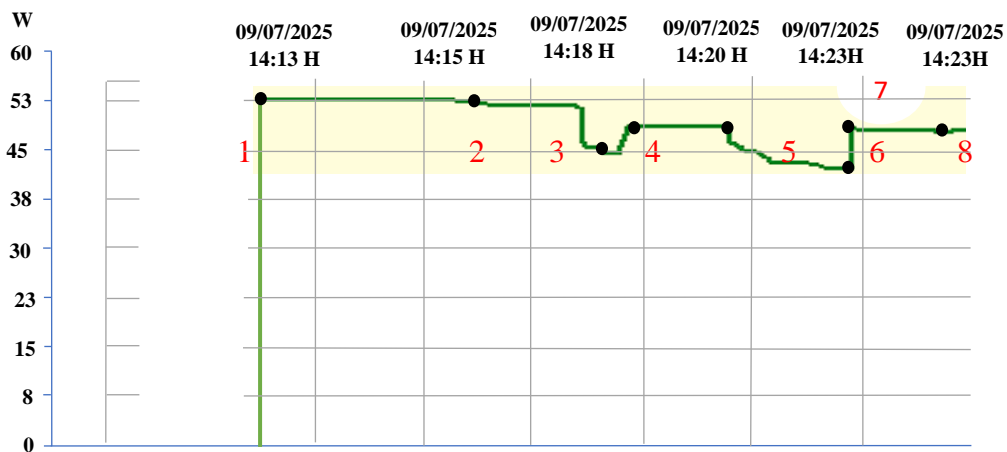


Figura 66. Análisis del voltaje de baterías

5.5. Análisis de la temperatura interna del inversor

En la figura 67 se muestra la temperatura interna del inversor que oscila entre los 25°C -25,1°C, el análisis de esta temperatura es fundamental para evaluar su eficiencia térmica, prevenir sobrecalentamientos y asegurar un funcionamiento óptimo. La temperatura elevada puede afectar la vida útil de los componentes electrónicos y disminuir la eficiencia del sistema. Se pudo visualizar actores que afectan la temperatura del inversor en este caso es la carga conectada porque a mayor carga mayor generación de calor.

Tabla 11. Análisis de temperatura del inversor

| TEMPERATURA INTERNA DEL INVERSOR | | |
|---|------------|--------|
| Hora | Fecha | °C |
| 14:13 H | 09/07/2025 | 25°C |
| 14:15H | 09/07/2025 | 25 °C |
| 14:18H | 09/07/2025 | 25°C |
| 14:20H | 09/07/2025 | 25.1°C |
| 14:23H | 09/07/2025 | 25.1°C |

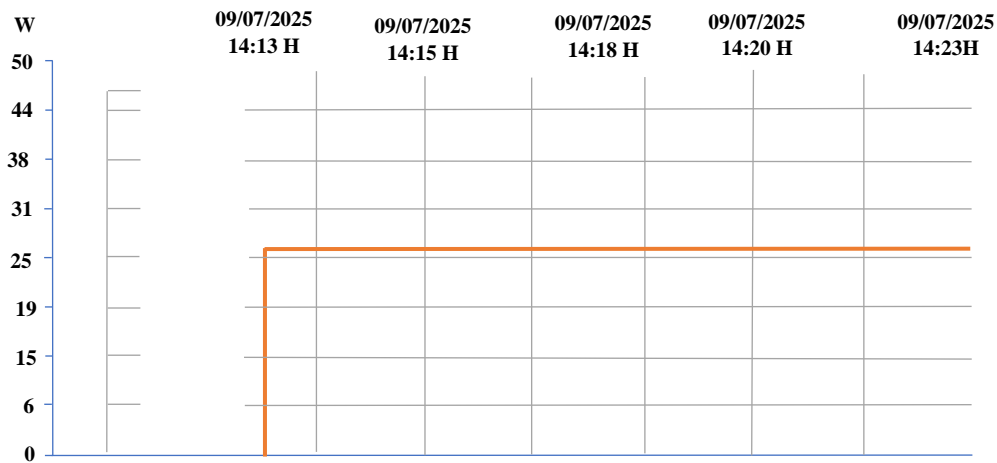


Figura 67. Análisis de la temperatura interna

5.6. Análisis de la temperatura del disipador

Tabla 12. Análisis de temperatura del disipador

| TEMPERATURA DEL DISIPADOR | | |
|----------------------------------|------------|--------|
| Hora | Fecha | °C |
| 14:13 H | 09/07/2025 | 25°C |
| 14:15 H | 09/07/2025 | 25,4°C |
| 14:18 H | 09/07/2025 | 26°C |
| 14:20 H | 09/07/2025 | 25.5°C |
| 14:23 H | 09/07/2025 | 25.3°C |

En la figura 68 se muestra la temperatura del disipador que oscila entre los 25 y 26 °C, es fundamental para evaluar su eficiencia térmica, prevenir sobrecalentamientos y asegurar un funcionamiento óptimo. Este inversor puede monitorear su temperatura interna y generar alertas si esta supera los límites normales. Para un buen funcionamiento se debe mantener limpios los disipadores de calor y evitar acumulación de polvo.

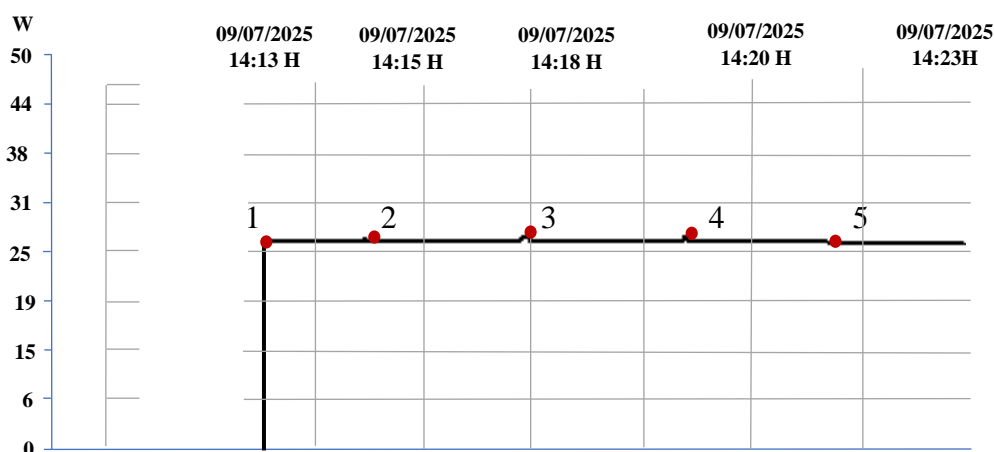


Figura 68. Análisis de la temperatura del disipador

5.7. Análisis Económico

En esta sección se describen los costos tanto directos como indirectos involucrados en la ejecución del proyecto. Los detalles específicos de estos costos se presentan en las a continuación.

Costos directos

Para identificar los costos directos relacionados con la propuesta tecnológica, es fundamental comprender que estos corresponden a gastos que pueden vincularse de manera específica con el desarrollo, implementación y mantenimiento de la tecnología propuesta.

Tabla 13. Costos directos

| COSTOS DIRECTOS | | | |
|------------------------|-----------------|------------------------|------------------|
| Elemento | Cantidad | Precio unitario | Costo |
| Inversor 2,5Kw | 1 | \$1600 | \$1600 |
| Cable RJ-45 | 30 metros | 0,83 ctvs | \$25 |
| Licencia InTouch | 1 | \$20 | \$20 |
| Mano de obra | 15 horas | \$4,50 | \$67,50 |
| Total | | | \$1712,50 |
| Iva 15% | | | \$256,87 |
| TOTAL | | | \$1969,37 |

Costos indirectos. En relación con los costos indirectos, es fundamental comprender que estos están vinculados al proceso que facilita la obtención del producto final.

Tabla 14. Costos indirectos

| COSTOS INDIRECTOS | | | |
|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| Elemento | Cantidad | Precio unitario | Costo |
| Transporte | 1 | 20 \$ | \$20 |
| Envío Servientrega | 1 | 117,21 \$ | \$117,21 |
| TOTAL | | | \$137,21 |

Continuación, se calcula el total de ambos tipos de gastos con el propósito de determinar el presupuesto asignado a la propuesta tecnológica, considerando los impuestos. Los valores económicos se presentan a continuación.”

Tabla 15. Costo total de la propuesta tecnológica

| COSTO TOTAL | | |
|--------------------|--------------------|------------------------|
| Ítem | Descripción | Precio unitario |
| 1 | Costos directos | \$1969,37 |
| 2 | Costos indirectos | \$137,21 |
| TOTAL | | \$2106,58 |

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se identificó y validó el uso de los protocolos Modbus RTU y Modbus TCP/IP como herramientas confiables para la comunicación entre el inversor y el sistema de adquisición de datos. La integración de estos protocolos con servidores OPC y el software AVEVA InTouch garantizó una transmisión eficaz y estable de las variables monitoreadas.
- Se obtuvo un voltaje nominal de salida de 119,5 V, y un voltaje de salida filtrada promedio de 121 V, valores que cumplen con los estándares de operación para equipos conectados al sistema fotovoltaico.
- El sistema registró una frecuencia de salida constante de 60 Hz, lo cual es fundamental para garantizar la compatibilidad de los equipos eléctricos con la red aislada y evitar fluctuaciones que puedan causar fallos o daños a los equipos.
- La temperatura interna del inversor alcanzó un valor máximo de 43 °C, y la del disipador fue de 45 °C, lo que indica un adecuado sistema de ventilación y gestión térmica. Estos valores están por debajo del umbral crítico de 60 °C, asegurando una operación confiable y duradera del equipo.

6.2. Recomendaciones

- Desarrollar métodos de análisis basados en técnicas de procesamiento de señales para interpretar los datos monitoreados del sistema fotovoltaico, con el objetivo de evaluar su eficiencia en la extracción de la máxima potencia y optimizar su desempeño, se recomienda revisar el estado de la interfaz y la comunicación principal del sistema de adquisición de datos, y verificar que no exista fallas que afecten al desarrollo para adquirir los datos necesario.
- Para validar este sistema, es fundamental considerar la fiabilidad del instrumento patrón que se utilizará. Se debe verificar si este elemento cuenta con certificados de comprobación vigentes, se recomienda implementar rutinas periódicas de mantenimiento y verificación del sistema de protección, ventilación y registros de fallas del inversor.





- Asegurar que la potencia del inversor sea superior a la demanda pico del sistema ya que en los sistemas aislados, un mal dimensionamiento puede provocar cortes o daños por sobrecarga, también se debe priorizar las cargas críticas del sistema para evitar que el inversor trabaje continuamente en su límite. Se recomienda usar contactores para desconectar cargas no esenciales en caso de baja energía disponible.

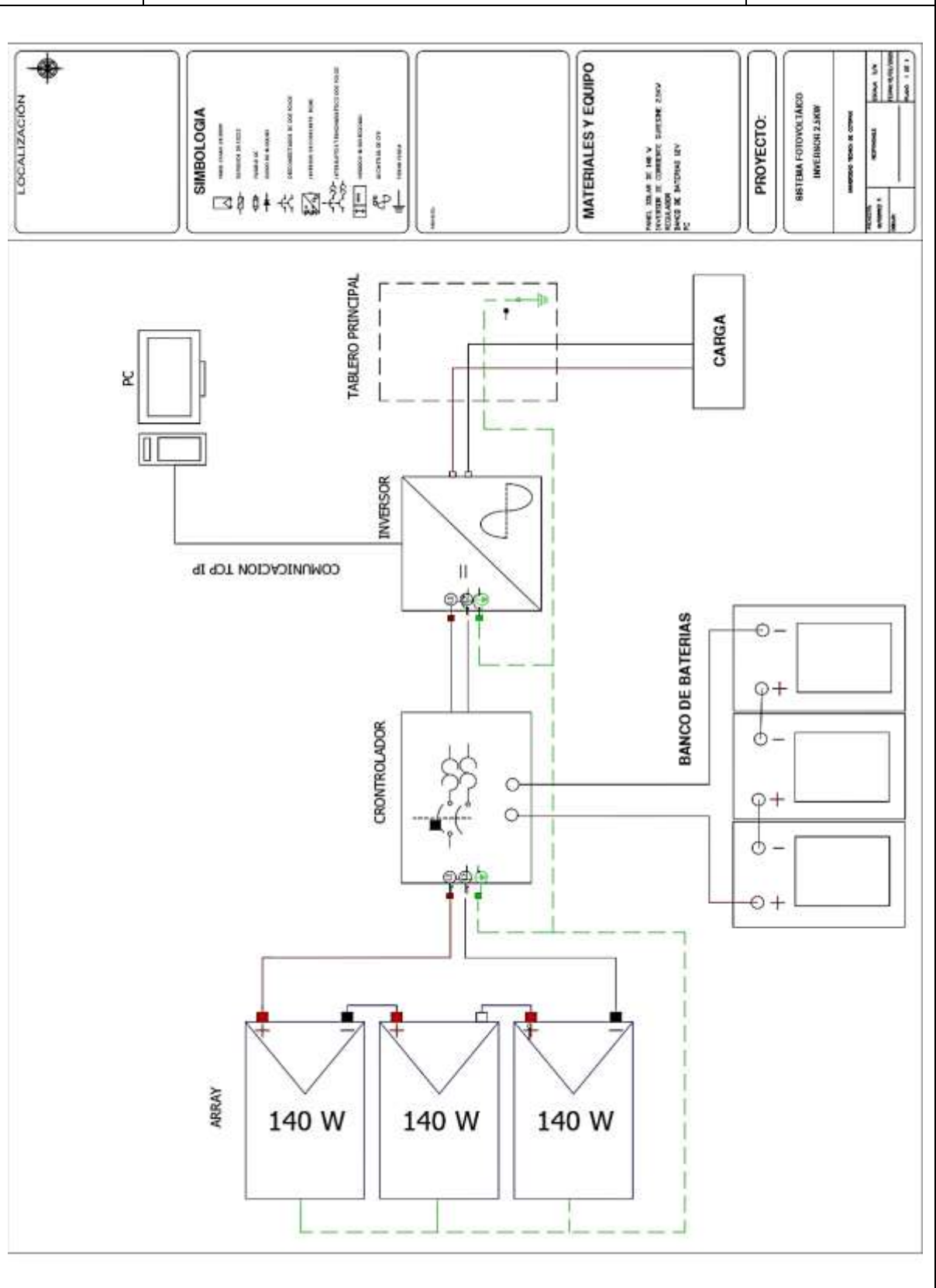
7. REFERENCIAS

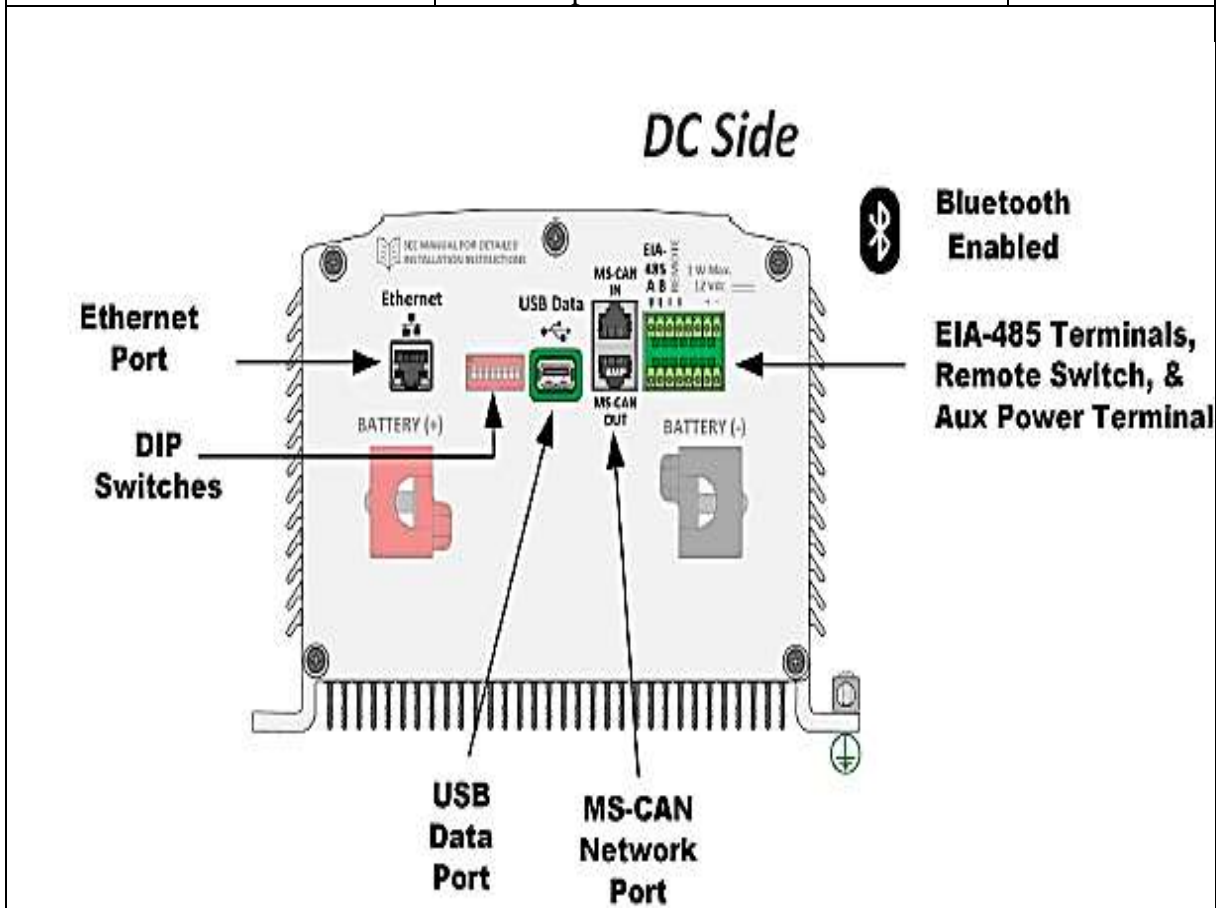
- [1] C. Cortes, , G. Gomez -Gomez , F. Betancur Lodoño y S. Carvajal Quintero , Análisis experimental del desempeño de un sistema solar fotovoltaico con inversor centralizado. Colombia. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344262603016>, 2020.
- [2] S. European , CSN 50530 Overall efficiency of grid connected photovoltaic inverters. <https://www.en-standard.eu/csn-en-50530-overall-efficiency-of-grid-connected-photovoltaic-inverters/>, 2010.
- [3] J. C.L, "Instalaciones solares en la comunidad de Madrid", Energía Solar El Recorrido de la Energia 1ra .ed, Madrid, España, 2002.
- [4] V. Gonzales. , Tecnología de inversores en sistemas fotovoltaicos. CITE energía., Lima-Peru. Artículo Técnico. Ancón, Lima - Perú. http://www.citeenergia.com.pe/wpcontent/uploads/2020/07/Ing.-Victor-Gonzales-Zamora_compressed.pdf, pp.1-5., 2020.
- [5] G. G. J.C, Diseño e implementación del sistema de control de un inversor de un inversor multinivel de fuentes independientes, por medio de una modulación vectorial, Universidad Politecnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4438>, 2012.
- [6] H. E.D , Análisis y desarrollo de un inversor aplicado a fuentes alternativas de energía para interconexión a la red, Unidad A Académica de Electrica. Universidad Autónoma de Zacatecas. 2014.
- [7] E. Cruz y P. De la Fuente, Inversores en aplicaciones fotovoltaicas, Universidad de Valladolid: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/2561/PFC-P%2043%20%3B%2044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2012.
- [8] O. Lopez, T. Remus y F. Freijedo, Leakage current evaluation of a single phase transformerless PV inverter connected to the grid, Marzo 2010.

















- [9] E. Bernal, Diseño de un inversor con tecnología multinivel utilizando la tecnica de eliminacion selectica de armonicos, Universidad Autonoma de Zacatecas: <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/handle/20.500.11845/1912>, 2017.
- [10] M. C. I.C.I, «SGL160N60UFD, Ultrafast IGBT,, 2002.
- [11] M. Allegro, Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC, octubre 2011.
- [12] A. Osés, Diseño de una red CAN bus con Arduino Universidad Pública de Navarra, Pamplona, Disponible en: <https://hdl.handle.net/2454/19115>, 2015-2023.
- [13] P. Huitsing, M. Chandia y S. Sheno, Attack taxonomies for the Modbus protocols», International Journal of Critical Infrastructure Protection, doi: 10.1016/J.IJCIP.2008.08.003., 2008.
- [14] O. A.F.R, L. A.B y M. F.G.G, Implementación de una Red MODBUS/TCP», Ingeniería y Competitividad, vol. 6, n.o, doi:10.25100/iyc.v6i2.2277., 2011.
- [15] P. Aquilino Rodriguez, Sistemas SCADA, Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Tercera edición: Alfaomega Grupo Editor, México, mayo 2013.

8. ANEXOS

| Anexo. A | | Materiales instalados sistema fotovoltaico para el sistema de adquisición de datos. | 1 de 5 |
|---|--------------------------------|--|---|
| Componente | Modelo | Características | Imagen del Hardware |
| | SP636-140 | <ul style="list-style-type: none"> ● Potencia máxima 140 W ● Tolerancia 0±3%. ● Voltaje para Pmax (Vmp) 17.8 V. ● Corriente para Pmax (Imp) 7.87 A. ● Corriente de circuito abierto (Isc) 8.56 V. ● Temperatura Nominal de Operación de la célula (NOCT) ±47 °C. |  |
| INVERSOR SOLAR DC/AC 2.5 KW | PS 2048 | <ul style="list-style-type: none"> ● Potencia 2.5kW. ● Voltaje entrada 120 VAC, 60 Hz, 1ϕ ● Voltaje de salida 120 VAC, 60 Hz, 1ϕ ● DC entrada 48VDC. |  |
| REGULADOR O CONTROLADOR DE CARGA | Tristar Solar Controller TS-60 | <ul style="list-style-type: none"> ● Voltaje 12/24V: 0.1% ± 50mV; 48V: 0.1% ± 100mV. ● Voltaje mínimo para operar 9V. ● Máximo voltaje solar (Voc) 125V. ● Corriente nominal solar en derivación: TriStar-60: 60 Amperios. |  |
| BANCO DE BATERÍAS | Baterías estacionarias | Voltaje 12 V DC Ciclo profundo |  |





| | |
|--|---|
| <p>DIP 1: OPERATIONAL CONTROL</p>   <p>DIP 1 OFF = Switch Control DIP 1 ON = Digital Control</p> | <p>DIP 5: LVD PRESETS</p>   <p>• For 12 Vdc Systems: • For 24 Vdc Systems: • For 48 Vdc Systems:</p> <p>DIP 5 OFF = 10.5 V DIP 5 ON = 11.5 V DIP 5 OFF = 21.0 V DIP 5 ON = 23.0 V DIP 5 OFF = 42.0 V DIP 5 ON = 46.0 V</p> |
| <p>DIP 2: ALARM SOUND</p>   <p>DIP 2 OFF = Alarm is Disabled DIP 2 ON = Alarm is Enabled</p> | <p>DIP 6: STANDBY MODE</p>   <p>DIP 6 OFF = AC Output Always ON DIP 6 ON = AC Output OFF < 8 W</p> |
| <p>DIP 3: NOT USED (DEFAULT IS OFF)</p>   <p>ON Position is Disabled</p> | <p>DIP 7: ETHERNET SECURITY</p>   <p>DIP 7 OFF = Ethernet Write Disabled DIP 7 ON = Ethernet Write Enabled</p> <p>700 W Models ONLY. NOT USED in 150 W or 300 W Models.</p> |
| <p>DIP 4: LOW VOLTAGE DISCONNECT (LVD)</p>   <p>DIP 4 OFF = Custom DIP 4 ON = Presets</p> <p>LVD Default Setting (DIP Switch 4 OFF) = 11.8 V, 23.6 V, or 47.2 V</p> | <p>DIP 8: BLUETOOTH COMMUNICATIONS</p>   <p>DIP 8 OFF = Bluetooth Disabled DIP 8 ON = Bluetooth Enabled</p> <p>DIP Switch 8 must be set before connecting DC power. If changed during operation, a power cycle is required.</p> |

| Anexo. E | Funciones de Modbus compatibles para Registros de retención (0x03) registros de entrada (0x04), est necesario que se utilizó para la identificación de variables. | | | 5 de 5 | |
|---------------|---|-----------------------|--|--------|---|
| PDU Addr | Logical Address | Variable name | Variable description | Units | Scaling or Range |
| 0x0000 | 1 | Reserved | - | - | - |
| 0x0001 | 2 | Reserved | - | - | - |
| 0x0002 | 3 | Reserved | - | - | - |
| 0x0003 | 4 | Prated | AC output power rating (read only) | W | N*0.1 |
| 0x0004 | 5 | DC Input | Nominal DC input voltage rating (read only) | V | N*0.01 |
| 0x0005 | 6 | AC Output | AC output voltage rating (read only) | V | N*0.1 |
| 0x0006 | 7 | hertz | Output frequency rating (read only) | Hz | n |
| 0x0007 | 8 | adc_remote | Remote switch status OFF-ON | - | (0=OFF, 1=ON) |
| 0x0008 | 9 | Vb | Battery voltage, slow filter (τ ≈ ?s) | V | N*0.01 |
| 0x0009 | 10 | Ib | Battery current, filtered (τ ≈ ?s) | A | N*0.01 |
| 0x000A | 11 | Vac | AC output voltage, filtered (τ ≈ ?s) | V | N*0.1 |
| 0x000B | 12 | Iac | AC output current, filtered (τ ≈ ?s) | A | N*0.01 |
| 0x000C | 13 | T _{hs} | Heatsink temperature | °C | -40 to 120 |
| 0x000D | 14 | Reserved | - | - | - |
| 0x000E | 15 | T _a | Internal temperature | °C | -40 to 120 |
| 0x000F | 16 | dip_switch | dip switch settings switches[1..8] in bits[0..7] | - | - |
| 0x0010 | 17 | load_state | Load state bitfield | - | - |
| 0x0012 | 19 | Heatsink_temp_status | Heatsink temperature sensor status | - | 0, 1, 2 |
| 0x0013 | 20 | Reserved | - | - | - |
| 0x0014 | 21 | T _a status | Internal temperature status | - | 0, 1, 2 |
| 0x0015 | 22 | Fault | Fault bitfield | - | 0 or 1 |
| 0x0040-0x004F | 65 – 80 | Reserved | - | - | - |
| 0x0050 | 81 | Boat_SW_state | AC output mode Boat Switch state | - | 1- (AC on) 2- (AC remote) 3- (neutral gear) |
| 0x0051 | 82 | kwh_total_HI | Total AC load energy kWh HI Word | kWh | N*0.1 |
| 0x0052 | 83 | kwh_total_LO | Total AC load energy kWh LO word | - | - |
| 0x0053-0x005B | 84-92 | Reserved | - | - | - |
| 0x005C | 93 | Run_State | Run state (Off/ On) | - | 0 or 1 |
| 0x005D | 94 | LED1 LED2 Display | LED1 LED2 display | - | 0-7 |
| 0x005E | 95 | P_AC instantaneous | AC instantaneous power | W | N*0.1 |
| 0x005F | 96 | Relay_State | Relay state | - | 0 or 1 |
| 0x006E-0x006F | 111-112 | Reserved | - | - | - |
| 0x007A-0x007F | 123-128 | Reserved | - | - | - |
| 0x008E-0x008F | 143-144 | Reserved | - | - | - |

| | | | | | |
|-------------------|---------|---|--|-----|------------------------------|
| 0x0016 | 23 | Alarm | Alarm bitfield | - | 0 or 1 |
| 0x0017- 0x0021 | 24 - 34 | Reserved | - | - | - |
| 0x0022 | 35 | hourmeter_HI | hourmeter, (inverter on) HI word | h | n(0 to (2 ²⁴ -1)) |
| 0x0023 | 36 | hourmeter_LO | hourmeter, (inverter on) LO word | - | - |
| 0x0024 | 37 | kwh_resettable_HI | AC Load Energy kWh - Resettable HI Word | kwh | N*0.1 |
| 0x0025 | 38 | kwh_resettable_LO | AC Load Energy kWh - Resettable LO Word | kWh | N*0.1 |
| 0x0026 | 39 | rtc_tm_count_HI | System time RTC_HI | - | Note 3 |
| 0x0027 | 40 | rtc_tm_count_LO | System time RTC_LO | - | |
| 0x0028- 0x002F | 41 - 48 | Reserved | - | - | - |
| 0x0030 | 49 | Modbus_ID | Modbus address (read only) | - | N, 1-247 |
| 0x0031- 0x0033 | 50 - 52 | MAC_Address | MAC address | - | - |
| 0x0034 | 53 | Reserved | - | - | - |
| 0x0035 | 54 | Port_UDP | UDP port number | - | - |
| 0x0036- 0x003B | 55 - 60 | IP_Address & SubNetMask & Gateway | IP address, subnet mask, gateway | - | - |