



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO EN UNA RED
FOTOVOLTAICA MEDIANTE EL USO DE LA RTU SEL - RTAC 3530**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: OSCAR PAÚL RODRÍGUEZ SANTILLÁN

CAMILA DEYALIT CARLÓ JALÓN

TUTOR: ING. ERVIN GEOVANNY SOLANO VILLEGAS, MSC.

Guayaquil - Ecuador

2024

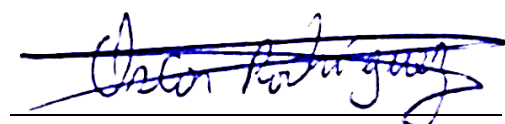
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Oscar Paúl Rodríguez Santillán con documento de identificación N° 0953051786 y Camila Deyalit Carló Jalón con documento de identificación N° 0950410324; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

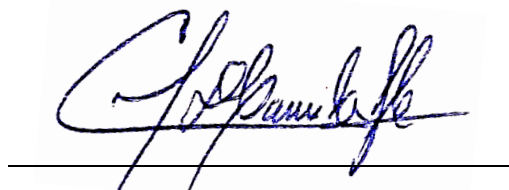
Guayaquil, 23 de enero del año 2024

Atentamente,



Oscar Paúl Rodríguez Santillán

0953051786



Camila Deyalit Carló Jalón

0950410324

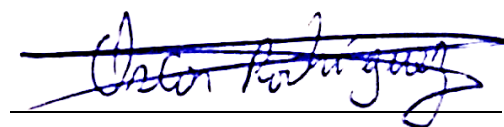
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Oscar Paúl Rodríguez Santillán con documento de identificación N° 0953051786 y Camila Deyalit Carló Jalón con documento de identificación N° 0950410324, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo en una red fotovoltaica mediante el uso de la RTU SEL - RTAC 3530”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

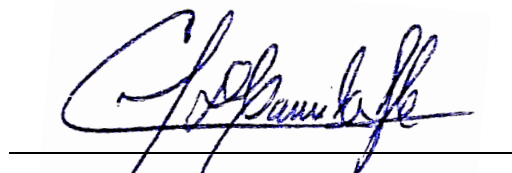
Guayaquil, 23 de enero del año 2024

Atentamente,



Oscar Paúl Rodríguez Santillán

0953051786



Camila Deyalit Carló Jalón

0950410324

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ervin Geovanny Solano Villegas con documento de identificación N° 0923481915, docente de la Universidad Politécnica Salesiana. declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO EN UNA RED FOTOVOLTAICA MEDIANTE EL USO DE LA RTU SEL - RTAC 3530, realizado por Oscar Paúl Rodríguez Santillán con documento de identificación N° 0953051786 y Camila Deyalit Carló Jalón con documento de identificación N° 0950410324, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de enero del año 2024

Atentamente,



Ing. Ervin Geovanny Solano Villegas, Msc.

0923481915

DEDICATORIA

A mi amado Dios, mi refugio en esta travesía académica y en la batalla contra el cáncer, agradezco con todo mi corazón tu constante guía y fortaleza. Sin tu luz, este camino habría sido más oscuro, y tu amor ha sido mi fuerza inquebrantable.

A mis padres, Karina y Oscar, mi pilar de cada día, agradezco emocionado por su incansable apoyo y ayuda en mis momentos más difíciles. Su presencia ha sido mi refugio y su amor, mi inspiración para superar los desafíos que la vida ha presentado.

A mis hermanos, Josué y Arianna, dedico este trabajo con profunda gratitud. Son mi inspiración diaria, y por ellos encuentro la motivación para esforzarme cada día. A ellos les debo mi fortaleza y logros

A mi abuela Francisca, mi protectora y consejera, agradezco con todo mi ser. Ella ha cuidado de mí con amor incondicional, y este trabajo es el fruto de sus enseñanzas y sabios consejos.

A mi abuelo Carlos, aunque físicamente ya no está, su legado sigue inspirándome desde lo alto. Este logro lleva consigo el recuerdo y la gratitud eterna hacia él, un ser querido que siempre vivirá en mi corazón.

A mis queridos abuelos, Nieve y Teodoro, les agradezco por su sabiduría, consuelo en los momentos difíciles, y por sus palabras de aliento de seguir adelante día a día.

A mis apreciados tíos, Renee, Anita, Darwin, José, Héctor y Rocio les agradezco por ser faros de sabiduría y consuelo en mi camino. Este logro es un tributo a la red de amor y apoyo que mi familia ha tejido a mi alrededor.

Oscar Paúl Rodríguez Santillán

DEDICATORIA

Con profunda gratitud y esfuerzo, dedico este logro a quienes han sido la luz y la fuerza que impulsan mi camino:

Querida mamá, tu fortaleza y dedicación son mis mayores fuentes de admiración. Agradezco enormemente tu amor y sacrificio diario por nuestra familia, eres el sólido pilar que nos sostiene y el ejemplo que guía nuestro camino.

Querido papá, tu ejemplo de trabajo incansable y fe inquebrantable en Dios son mi mayor inspiración en la vida. Valoro profundamente cada consejo que me has brindado, tu confianza constante en mí han sido un motor invaluable en el transcurso de mi existencia.

Querida Daniela, mi amada hermana, tu inteligencia y bondad son incomparables. Eres mi mayor orgullo. Agradezco compartir la vida contigo, viéndote crecer y alcanzando tus metas, sobre todo apoyándote en cada paso que das.

Querida Abuelita Fabiola, agradezco profundamente su influencia en mi amor por el estudio. Su constante exigencia y respaldo para que dé lo mejor de mí en cada paso ha sido fundamental en mi desarrollo.

Querida Abuelita Fanny, su amor incondicional y cada una de sus oraciones; han sido un pilar inquebrantable en mi vida, estoy segura de que sin ellos el camino hubiera sido más complicado.

Querido Sebastian, amor mío; tu presencia, junto con la de tu familia, ha sido un regalo de inmenso valor en mi vida. Todo el amor y apoyo que me has brindado a lo largo de estos años juntos han sido una de mis mayores fortalezas; agradezco tu capacidad para impulsarme a seguir adelante, animándome a nunca rendirme, incluso en los momentos más difíciles de mi vida.

Queridos tíos; Julissa, Carlos e Ingrid, agradezco profundamente todo el respaldo que me han brindado, su cariño y presencia incondicional han sido un verdadero sostén en este camino.

Finalmente, mis queridos ángeles en el cielo; Elsie, Enrique y Roberto. Aunque ya no estén aquí físicamente, su presencia se ha sentido en cada logro de mi vida. Siento su orgullo y protección desde lo alto, dirigiendo mis pasos a lo largo de mi camino.

Camila Deyalit Carló Jalón.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios de todo corazón, quien ha sido una presencia extraordinaria en mi vida y un apoyo inquebrantable, especialmente en la dura lucha contra el cáncer. Su gracia y fortaleza han sido la luz que ha guiado mi camino.

Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la invaluable oportunidad de adquirir conocimientos y desarrollar habilidades fundamentales para la realización de esta tesis. La calidad académica y el compromiso ejemplar de la institución han sido una guía indispensable en mi trayectoria educativa.

A SOLCA, la Sociedad de Lucha Contra el Cáncer, le dedico un reconocimiento especial. Su apoyo y dedicación incansable durante mi proceso de tratamiento han sido un faro de esperanza y una fuerza motivadora para superar los desafíos. Su compromiso ha dejado una huella imborrable en mi vida

Al departamento de Bienestar Estudiantil, mi reconocimiento por su apoyo significativo a lo largo de mi tiempo en la universidad, especialmente durante la desafiante etapa de mi enfermedad. La comprensión y asistencia brindadas por este departamento han sido un pilar fundamental, permitiéndome avanzar en mi formación académica a pesar de los obstáculos.

A mis valiosos compañeros de carrera, quienes compartieron risas y desafíos, agradezco su compañerismo incondicional a lo largo de la carrera, también a mis más grandes amigos, Danilo, Sebas, Byron y Camila Nuestra amistad ha sido una fuente inagotable de risas y aprendizaje. En especial agradezco a mi amiga, Camila, mi compañera de tesis, tu inestimable ayuda y apoyo en los momentos más difíciles ha sido para mí de gran ayuda. Tu colaboración ha enriquecido este trabajo de maneras que van más allá de las palabras.

Mi gratitud se extiende hacia mi tutor, el Ing. Ervin Solano, cuya orientación experta y generosidad al compartir sus conocimientos han sido cruciales para el desarrollo de esta investigación. Su dedicación y respaldo han enriquecido mi experiencia académica, inspirándome a alcanzar mis metas con una determinación renovada.

Oscar Paúl Rodríguez Santillán

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios por las innumerables bendiciones que ha derramado en mi vida, las cuales veo reflejadas en el amor y apoyo incondicional brindado por mi familia. Todo el esfuerzo que han hecho por mí ha sido el pilar fundamental que ha sostenido mi camino, siendo ustedes mi fuerza y sus oraciones mi impulso a seguir adelante a lo largo de mi carrera.

A la Universidad Politécnica Salesiana, en la cual he encontrado una valiosa oportunidad para mi desarrollo académico y personal. Siempre destacaré la calidad de sus docentes, quienes, con su reconocimiento constante al esfuerzo de sus alumnos, valiosos consejos académicos y grandes enseñanzas de vida han sido un estímulo para superarme en cada paso de mi formación.

A mi gran tutor, el Ingeniero Ervin Solano, quien más allá de su rol docente, demostró ser una persona dispuesta a escuchar y brindar su ayuda en todo momento; su respaldo incondicional se convirtió en el pilar central de mi gratitud, admiración y respeto hacia su labor ejemplar.

Al Ingeniero Boris Cuenca, con quien quedo profundamente agradecida por su invaluable apoyo continuo, la generosidad con la que ha compartido sus conocimientos tuvo una contribución significativa para el éxito de nuestro proyecto.

A mi compañero de tesis y amigo Oscar Rodríguez, del cual aprendo cada día. Agradezco cada desafío enfrentado juntos y cada sonrisa compartida a pesar de lo duro que ha sido el camino; tu valentía y dedicación me inspiran a valorar la vida y la amistad en su más pura esencia.

Quiero tomarme un espacio para expresar mi sincero reconocimiento y profunda gratitud hacia todo el equipo médico de SOLCA, su incansable lucha y compromiso por la salud y bienestar de Oscar son ejemplos de humanidad y dedicación.

Finalmente, quiero agradecer a las personas que hicieron de mi carrera universitaria una verdadera aventura: Adrián, César, Carlitos, Lucho, Danilo, Marcos, Luis Andrés y Adriana.

Gracias, chicos, por cada una de las experiencias compartidas en este tiempo, valoraré siempre cada momento vivido, desde las risas hasta las dificultades, desde la salida más improvisada hasta el juego más absurdo inventados en nuestros tiempos libres. Espero que la vida nos permita seguir juntos, creciendo y compartiendo momentos especiales como hasta ahora.

Camila Deyalit Carló Jalón.

RESUMEN

El proyecto se centró en la supervisión de una red fotovoltaica mediante la implementación de un sistema SCADA con la RTU SEL - RTAC 3530. Los objetivos esenciales se lograron mediante prácticas de simulación y comunicación.

La RTAC SEL 3530 desempeñó un papel central al visualizar valores en la red, configurada como una Unidad Terminal Remota (RTU). Adquirió y presentó datos, permitiendo una supervisión precisa y eficiente, crucial para alcanzar los objetivos planteados.

La elección de la normativa IEC 61850 para la interacción entre el relé y la RTU aseguró una comunicación confiable. Esta norma define protocolos y modelos de datos que facilitan la interoperabilidad, promoviendo la cohesión del sistema. El protocolo Modbus TCP/IP para otros equipos permitió conectividad robusta y ampliamente aceptada.

Los resultados se integran en el SCADA desarrollado con WinCC, fundamental para consolidar y presentar los datos recolectados. La interfaz gráfica proporcionó una representación visual intuitiva y en tiempo real, mejorando significativamente la accesibilidad para los usuarios finales.

La combinación estratégica de la RTU SEL - RTAC 3530, Relé SEL 751, Analizador PAC 3200 y pasarela Delta DX-3001H9, respaldada por la implementación del sistema SCADA con WinCC, logró los objetivos del proyecto. Esta sinergia entre hardware y software ofreció una solución integral para mejorar la eficiencia y supervisión en la red fotovoltaica, destacando la aplicación exitosa de prácticas avanzadas de simulación y comunicación en el contexto de la ingeniería eléctrica.

Palabras claves: SCADA, IEC 61850, RTAC 3530, WINCC, DATOS, MODBUS TCP/IP

ABSTRACT

The project focused on monitoring a photovoltaic network through the implementation of a SCADA system with the RTU SEL - RTAC 3530. Essential objectives were achieved through simulation and communication practices.

The RTAC SEL 3530 played a central role in visualizing values in the network, configured as a Remote Terminal Unit (RTU). It acquired and presented data, enabling precise and efficient monitoring, crucial for achieving the set objectives.

The choice of the IEC 61850 standard for interaction between the relay and the RTU ensured reliable communication. This standard defines protocols and data models that facilitate interoperability, promoting system cohesion. The Modbus TCP/IP protocol for other devices allowed robust and widely accepted connectivity.

Results are integrated into the SCADA developed with WinCC, fundamental for consolidating and presenting the collected data. The graphical interface provided an intuitive, real-time representation, significantly improving accessibility for end-users.

The strategic combination of the RTU SEL - RTAC 3530, Relay SEL 751, Analyzer PAC 3200, and Delta DX-3001H9 gateway, supported by the implementation of the SCADA system with WinCC, achieved the project's objectives. This synergy between hardware and software offered a comprehensive solution to enhance efficiency and monitoring in the photovoltaic network, highlighting the successful application of advanced simulation and communication practices in the context of electrical engineering.

Keywords: SCADA, IEC 61850, RTAC 3530, WINCC, DATA, MODBUS TCP/IP

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I.....	11
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2 ANTECEDENTES	12
1.3 JUSTIFICACIÓN	14
1.4 DELIMITACIÓN	14
1.5 IMPACTO Y BENEFICIARIOS	15
1.6 BENEFICIARIOS DIRECTOS.....	15
1.7 BENEFICIARIOS INDIRECTOS	15
1.8 OBJETIVOS.....	16
CAPÍTULO II	17
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	17
2.1 COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	17
2.1.1. PANELES SOLARES (MÓDULOS FOTOVOLTAICOS)	17

2.1.2.	REGULADOR DE CARGA	18
2.1.3.	BATERIA (SISTEMA DE ALMACENAMIENTO)	19
2.1.4.	INVERSOR	20
2.2	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	21
2.3	RADIACIÓN SOLAR.....	22
2.4	SISTEMAS DE MONITORIZACION	23
2.5	SCADA.....	24
2.6	ELEMENTOS UTILIZADOS.....	25
2.6.1.	SEL-3530 CONTROLADOR AUTOMÁTICO EN TIEMPO REAL (RTAC) ...	25
2.6.2.	RELÉ DE PROTECCIÓN DE ALIMENTADOR SEL-751	26
2.6.3.	SENSOR DE RADIACIÓN TOTAL SOLAR RS485	27
2.6.4.	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	28
2.6.5.	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS	29
2.6.6.	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN IEC 61850.....	30
2.6.7.	CMC 356 EQUIPO UNIVERSAL DE PRUEBAS DE RELÉ Y HERRAMIENTAS DE PUESTA EN SERVICIO (OMICRON)	31
2.6.8.	CONVERTIDOR USB A RS485	31
2.6.9.	SMART SWITCH ETHERNET 24 PUERTOS SEL – 2730M.....	32
2.6.10.	ENRUTADOR INDUSTRIAL EN LA NUBE 3G/WAN DELTA DX-3001H9 .	33
2.6.11.	FUENTE DE ALIMENTACIÓN DC	34
2.6.12.	BANCO DE PRUEBAS PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	34
2.7	SOFTWARE UTILIZADOS	35
2.7.1.	SOFTWARE ACSELERATOR RTAC SEL – 5033	35
2.7.2.	SOFTWARE ACSELERATOR QUICKSET SEL – 5030.....	36
2.7.3.	SOFTWARE ACSELERATOR ARCHITECT SEL – 5032	37
2.7.4.	SOFTWARE TEST UNIVERSE	38

2.7.5. SOFTWARE QUICKCMC	39
2.7.6. SIMATIC WINCC	40
2.7.7. MODBUS POLL	41
CAPITULO III	43
3. MARCO METOLÓGICO	43
3.1 RED LAN O PROTOTIPO PROPUESTO	43
3.2 ASIGNACIÓN DE IP A LOS DISPOSITIVOS	44
3.3 COMUNICACIÓN DE EQUIPOS	44
3.4 AJUSTES DE PARÁMETROS DE LA RED A LOS EQUIPOS	45
3.4.1. COMPUTADORA	45
3.4.2. RTAC SEL – 3530	46
3.4.3. RELÉ SEL – 751	48
3.4.4. ANALIZADOR SIEMENS SENTRON PAC 3200	49
3.4.5. ENRUTADOR DELTA DX-3001H9	50
3.5 AJUSTES DE PARÁMETROS EN SOFTWARES UTILIZADOS	52
3.5.1. ACSELERATOR QUICKSET SEL – 5030	53
3.5.2. ACSELERATOR ARCHITECT SEL – 5032	58
3.5.3. DIADEVICE NETWORK STATUS	67
3.5.4. ACSELERATOR RTAC SEL - 5033	70
3.5.5. SIMATIC WIN CC	80
3.6 ESCENARIO PLANTEADO DEL PROYECTO EN ETAP	87
CAPÍTULO IV	93
4. RESULTADOS OBTENIDOS	93
4.1 PRUEBA DE COMUNICACIÓN DE LOS EQUIPOS CON LA RTAC	93

4.2 PRUEBA DE INYECCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE A LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN (RELÉ SEL 751 – ANALIZADOR DE REDES SENTRON PAC 3200) CON LA MALETA DE PRUEBAS OMICRON CMC356.....	95
4.3 PRUEBA EN EL SISTEMA SCADA	97
CAPÍTULO V	103
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
5.1 CONCLUSIONES.....	103
5.2 RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	105
ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Panel solar.....	18
Figura 2. Regulador de carga MPPT	19
Figura 3. Baterías de Litio (sistema de almacenamiento)	20
Figura 4. Inversor Energy Phoenix Inverter 12/1200-120V.....	21
Figura 5. Energía solar fotovoltaica [10].....	22
Figura 6. Radiación Solar.....	23
Figura 7. Sistema de monitorización.....	24
Figura 8. Scada.....	25
Figura 9. SEL-3530 Controlador automático en tiempo real (RTAC)	26
Figura 10. SEL-751 Relé de protección de alimentador	27
Figura 11. Sensor de radiación total solar RS485	28
Figura 12. Transformadores de corriente	29
Figura 13. Protocolo de comunicación Modbus.....	29
Figura 14. Protocolo de comunicación IEC 61850	30
Figura 15. Equipo de pruebas CMC 356.....	31
Figura 16. Convertidor USB a RS485.....	32
Figura 17. Smart Switch ethernet.....	32
Figura 18. Enrutador delta DX-3001H9.....	33
Figura 19. Fuente 24VDC	34
Figura 20. Banco de pruebas de LT.....	35
Figura 21. ACSELERATOR RTAC SEL – 5033	36
Figura 22. AcSELeRator QuickSet SEL – 5030.....	37
Figura 23. AcSELeRator Architect SEL – 5032.....	38
Figura 24. Software Test Universe	39
Figura 25. Software QuickCMC	40

Figura 26. WinCC	41
Figura 27. Modbus Poll.....	42
Figura 28. Conexión de los equipos	43
Figura 29. Conexión de los equipos (CMD)	45
Figura 30. Configuración IP de la PC	46
Figura 31. Interfaz web RTAC 3530	47
Figura 32. Pantalla principal web RTAC 3530.....	47
Figura 33. Visualización de la IP en el puerto 1	48
Figura 34. Configuración Relé Sel - 751.....	49
Figura 35. Configuración IP PAC 3200.....	50
Figura 36. DiaDevice Software	51
Figura 37. DiaDevice inicio de sesión.....	51
Figura 38. DiaDevice Software enlazado	52
Figura 39. Pantalla principal QuickSet.....	53
Figura 40. Comunicaciones/Ajustes Quickset.....	54
Figura 41. Pantalla de ajustes previos	54
Figura 42. Ajuste de parámetros de comunicación Quickset	55
Figura 43. Relé Sel 751 conectado con Quickset.....	56
Figura 44. Confirmación de ajustes efectivos en Quickset	56
Figura 45. Editor de configuraciones para el Relé	57
Figura 46. Ícono para visualización HMI.....	57
Figura 47. Interfaz de edición en Architec	58
Figura 48. Elección del Relé en Architec	59
Figura 49. Elección de la RTAC en Architec	59
Figura 50. Elección versión de Relé.....	60
Figura 51. Elección versión de RTU	60

Figura 52. Selección del modelo de control	61
Figura 53. IP para el RELÉ	61
Figura 54. IP para la RTAC	62
Figura 55. Datasets del fabricante	62
Figura 56. Variables por medir en el relé	63
Figura 57. Dead Bands del relé	64
Figura 58. Creación de reportes MMS	64
Figura 59. Envío de reportes a RTAC	65
Figura 60. Envío de CID del Relé	65
Figura 61. Proceso de envío CID	66
Figura 62. Envío exitoso del CID.....	66
Figura 63. Confirmación de configuraciones de red	67
Figura 64. Network/System DIADEVICE.....	68
Figura 65. RS485 en DIADEVICE	68
Figura 66. Ajuste de parámetros RS485.....	69
Figura 67. Dirección de inicio del equipo	69
Figura 68. Register Management	70
Figura 69. Contraseña de ingreso software RTAC	71
Figura 70. Elección versión de la RTAC	71
Figura 71. Elección del protocolo IEC 61850.....	72
Figura 72. Archivo .SCD para IEC 61850	72
Figura 73. Relé y RTAC creados en el software	72
Figura 74. Settings Relé Sel - 751	73
Figura 75. Settings RTAC - 3530	73
Figura 76. Creación de dispositivos Modbus	73
Figura 77. Tipo de conexión Radiómetro.....	74

Figura 78. Tipo de conexión Analizador de red	74
Figura 79. Settings Radiómetro.....	75
Figura 80. Settings PAC 3200	75
Figura 81. Input Register PAC 3200	76
Figura 82. Read Input Register Polls PAC 3200	76
Figura 83. Input Register Radiómetro	76
Figura 84. Read Input Register Polls Radiómetro.....	77
Figura 85. Tipo de conexión WinCC.....	77
Figura 86. Settings WinCC.....	78
Figura 87. “Input Registers WinCC”.....	78
Figura 88. Creación del Tag Processor.....	79
Figura 89. Validación de credenciales para poner la RTAC en línea	80
Figura 90. Creación del proyecto Scada.....	81
Figura 91. Elección HMI.....	81
Figura 92. Pantalla principal WinCC	82
Figura 93. Creación de plantilla	83
Figura 94. Creación de pantallas	83
Figura 95. Tabla de variables HMI.....	84
Figura 96. Variables creadas en RTAC.....	84
Figura 97. Direccionamiento de SCADA con RTAC	87
Figura 98. Creación del proyecto	88
Figura 99. Información del proyecto	88
Figura 100. Elementos AC y DC del software	89
Figura 101. Elección del tipo de panel solar utilizado.....	89
Figura 102. Elección de la conexión del panel	90
Figura 103. Información de las baterías del sistema.....	90

Figura 104.	Información del inversor	91
Figura 105.	Cargas del sistema	91
Figura 106.	Sistema Solar creado en ETAP	92
Figura 107.	Relé Sel – 751 en línea con la RTAC	93
Figura 108.	Analizador de redes Sentron PAC 3200 en línea con la RTAC	94
Figura 109.	Sensor de irradiancia solar (Radiómetro) en línea con la RTAC	94
Figura 110.	Sistema SCADA en línea con la RTAC.....	95
Figura 111.	Tags del Relé SEL 751 en AcSELerator RTAC	96
Figura 112.	Tags del Analizador de Redes PAC 3200 en AcSELerator RTAC	96
Figura 113.	Lectura del Sistema SCADA en Relé SEL 751	97
Figura 114.	Verificación de las variables con AcSELerator Quickset.....	98
Figura 115.	Lectura del Sistema SCADA en PAC 3200.....	98
Figura 116.	Pantalla principal SCADA con medición de Radiación Solar	99
Figura 117.	Validación del valor de irradiancia solar en DIACloud	100
Figura 118.	Verificación de la irradiancia solar en Guayaquil 18/01/2024	100
Figura 119.	Radiómetro expuesto a Luz Solar 15:35pm	101
Figura 120.	SCADA Sistema Solar	101
Figura 121.	Verificación con pinza Amperométrica en panel de distribución.....	102
Figura 122.	Sistema Solar Fotovoltaico de la UPS Sede Guayaquil	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Direcciones IP de los dispositivos	44
Tabla 2. Parámetros de comunicación Quickset.....	55
Tabla 3. Variables asignadas a PAC 3200.....	85
Tabla 4. Variables asignadas a SEL 751	86
Tabla 5. Variable asignada a sensor de radiación solar	86

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Los avances en nuevas tecnologías en el ámbito de control y automatización han resultado en mejoras significativas en la optimización de los sistemas de monitoreo eléctrico. Esto ha generado un impacto positivo en la industria eléctrica, especialmente en lo que respecta al control, supervisión y recopilación de datos.

En el campo de la ingeniería eléctrica, los profesionales deben ser capaces de emplear diversas tecnologías para garantizar la fiabilidad y calidad del servicio, generando así beneficios tangibles para los usuarios finales [1]. La integración de dispositivos electrónicos digitales (IED) y el controlador de automatización en tiempo real (SEL - RTAC 3530) implica la necesidad de elegir el protocolo de comunicación más adecuado según los requisitos específicos.

En el marco de este proyecto, la SEL - RTAC 3530 juega un papel fundamental al facilitar la adquisición de datos en tiempo real entre los diversos medidores presentes en nuestro sistema. Este enfoque se sustenta en la utilización estratégica de dos protocolos clave: IEC 61850 y Modbus. La elección meticulosa de esta combinación de protocolos no solo obedece a su amplia utilización, sino que también responde a su capacidad inherente para mejorar significativamente la comunicación entre los controladores y los dispositivos esclavos.

El protocolo IEC 61850, reconocido por su estructura robusta y su enfoque orientado a objetos, permite una integración armoniosa de los distintos elementos del sistema eléctrico. Por otro lado, Modbus, con su simplicidad y versatilidad, posibilita una comunicación eficiente y fiable entre los dispositivos, facilitando la interoperabilidad en entornos diversos.

La sinergia entre estos protocolos no solo garantiza una comunicación efectiva, sino que también optimiza la velocidad, precisión y fiabilidad en la transmisión de datos cruciales derivados del sistema solar de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Estos datos, vitales para el análisis y control, serán la base fundamental para la creación de un entorno práctico mediante un sistema SCADA, representando una innovación tecnológica y permitiendo una gestión más efectiva de la infraestructura energética.

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Las fuentes de energía renovables desempeñan un papel fundamental en la búsqueda de una matriz energética sostenible a nivel global. Entre estas alternativas, la energía fotovoltaica se destaca como una solución esencial para abordar la creciente demanda de manera ecológica y sustentable. Aprovechando la abundante radiación solar, la energía fotovoltaica se presenta como un componente clave en la transición hacia un suministro energético limpio y eficiente, generando electricidad sin producir emisiones contaminantes ni agotar recursos limitados.

La supervisión de sistemas fotovoltaicos aislados entrega datos que posibilitan a los propietarios el mantenimiento, operación y gobierno de dichos sistemas, lo cual conlleva a una disminución en los costos de operación y a la prevención de interrupciones no planificadas en el suministro eléctrico en áreas remotas. El sistema de monitoreo a distancia se compone de sensores inalámbricos que registran mediciones tanto meteorológicas como magnitudes eléctricas-físicas correspondientes a los distintos componentes de la instalación fotovoltaica. [2]

El mayor desafío dentro de este proyecto es poder garantizar la interoperabilidad con los diferentes dispositivos de medición y tecnologías utilizadas en sistemas de generación fotovoltaica, obteniendo una comunicación eficaz, confiable y en tiempo real entre la RTU y el centro de control (SCADA), para permitir así recopilar y procesar datos de manera coherente y precisa, sin afectar la capacidad de monitoreo y control de la red fotovoltaica.

1.2 ANTECEDENTES

Los avances en nuevas tecnologías en el ámbito de control y automatización han resultado en mejoras significativas en la optimización de los sistemas de monitoreo de subestaciones eléctricas. Esto ha generado un impacto positivo en la industria eléctrica, especialmente en lo que respecta al control, supervisión y recopilación de datos.

En el entorno de una subestación eléctrica, la integración de dispositivos electrónicos digitales (IED) y el controlador de automatización en tiempo real (RTU) mediante el software Scada

ACCELERATOR RTAC implica la necesidad de elegir el protocolo de comunicación más adecuado según los requisitos específicos [3].

La abreviatura SCADA se origina de las iniciales de "Supervisory Control and Data Acquisition" en inglés. Se trata de una tecnología que posibilita a un usuario recoger información proveniente de una o varias instalaciones distantes y/o enviar órdenes de control limitadas a dichas instalaciones. La función primordial del SCADA es capturar datos de dispositivos remotos, como baterías, válvulas, bombas, transmisores, entre otros, y proveer vigilancia y control general a distancia mediante una plataforma de software anfitrión SCADA. [4]

Un sistema SCADA hace innecesario que se asigne un operador para que permanezca en estas ubicaciones remotas o las visite con frecuencia cuando las instalaciones funcionan con normalidad. Fundamentalmente, un sistema SCADA desempeña cuatro funciones elementales: la captación de datos, la transmisión de información en una red, la representación de datos y la supervisión remota y el control de supervisión.

Según las investigaciones mencionadas en un trabajo de titulación realizado en Colombia [5], los estudios sobre la detección y supervisión en paneles solares presentan una extensa variedad de enfoques en la recopilación, análisis y aplicación de datos. Se destacan los métodos más significativos identificados en la investigación, los cuales incluyen sistemas de recolección de datos a través de imágenes térmicas capturadas por drones, sensores directamente integrados en los paneles para monitorear corriente y voltaje, el empleo de sensores infrarrojos y la implementación de un algoritmo específicamente diseñado para procesar los datos y determinar el estado, así como el rendimiento del panel solar.

Por ello, esta investigación resalta métodos clave para la detección y supervisión en paneles solares, promoviendo un análisis más eficaz del estado y rendimiento de estos sistemas, mismos que serán impulsados mediante a integración de dispositivos como IED y RTU para la adquisición de datos y con software SCADA para el monitoreo en tiempo real.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La implementación de un controlador automático de tiempo real brinda a los estudiantes la oportunidad de familiarizarse con tecnologías y sistemas de vanguardia en el campo de monitoreo y la gestión de redes eléctricas.

Un controlador automático de tiempo real (RTAC) como el SEL-3530 ofrece capacidades avanzadas de monitoreo ya que cuenta con protocolos de comunicación de alta velocidad que les permite conectarse a sistemas de control y gestionarlo de forma remota, siendo crucial en la supervisión e integración con sistemas de almacenamiento de energía, para mejorar la estabilidad y la confiabilidad de la red eléctrica, detectando rápidamente eventos y fallas que permiten tomar medidas correctivas de manera automatizada. Garantizando una respuesta oportuna y eficiente ante situaciones como caídas de voltaje, cortes de energía u otras contingencias, minimizando el impacto en la calidad y confiabilidad del sistema, simplificando así su operación y mantenimiento.

La utilización de un controlador automático de tiempo real en la implementación de energía renovable nos permite controlar, coordinar y optimizar de forma remota la generación renovable, respondiendo rápidamente a eventos y fallas en la red. Estas características hacen que el controlador automático sea la mejor opción para garantizar una gestión eficiente y confiable de la generación renovable en la red eléctrica, teniendo en cuenta que no solo proporciona beneficios técnicos, sino que también contribuye a la formación de estudiantes, promoviendo la investigación y la innovación, desarrollando así soluciones energéticas sostenibles, creando conciencia sobre la importancia de las energías renovables.

1.4 DELIMITACIÓN

El estudio para la implementación de un sistema de monitoreo adaptado a la red fotovoltaica universitaria, será desarrollado en los laboratorios de Generación y Protecciones Eléctricas de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. El enfoque incluirá la utilización de equipos de medición especializados y protocolos de comunicación ajustados para garantizar la eficacia del sistema.

1.5 IMPACTO Y BENEFICIARIOS

El proyecto tiene como propósito generar un gran impacto en el monitoreo de una red fotovoltaica aislada, sacándole provecho a los módulos y equipos que se encuentran en la Universidad Politécnica Salesiana, a través de la RTU SEL RTAC – 3530, que nos dará soporte en la adquisición de datos medidos en el sistema, permitiendo obtener respuestas a nuestro análisis práctico

1.6 BENEFICIARIOS DIRECTOS

Los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana se convierten en los principales beneficiarios directos en este proyecto, ya que el empleo de estos equipos para pruebas les ofrece la oportunidad invaluable de adentrarse en el campo de la investigación. Al interactuar con una gama diversa de protocolos de comunicación y tecnologías de vanguardia, adquieren conocimientos extensos que no solo enriquecen su aprendizaje actual, sino que también se proyectan como activos valiosos para su futuro, especialmente en la exploración y desarrollo de sistemas de energías renovables.

1.7 BENEFICIARIOS INDIRECTOS

Los operadores y personas encargadas de la red fotovoltaica son los beneficiarios indirectos del monitoreo a través de la RTU SEL - RTAC 3530 ya que los datos recopilados pueden utilizarse para mejorar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, permitiéndoles gestionar eficazmente la operación, optimizar estrategias de generación y almacenamiento.

1.8 OBJETIVOS

- **GENERAL:**

- Realizar el diseño e implementación de un sistema de monitoreo de una red fotovoltaica mediante el uso de la RTU SEL – RTAC 3530.

- **ESPECIFICOS:**

- Simular el escenario sobre el que se llevará a cabo el proyecto a través del software de modelado y análisis ETAP.

- Realizar la vinculación de los equipos de medición del sistema solar a la RTU SEL – RTAC 3530.

- Establecer las conexiones de las salidas de los paneles al tablero de “Redes de líneas de transmisión” para llevar a cabo el análisis de forma práctica.

- Desarrollar una interfaz gráfica que permita la visualización del sistema a través del programa SIMATIC WinCC

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de componentes interconectados diseñados para convertir la energía solar en electricidad. Entre los principales componentes de un sistema fotovoltaico encontramos:

- ❖ Paneles Solares (Módulos Fotovoltaicos)
- ❖ Regulador de Carga
- ❖ Baterías (sistemas de almacenamiento)
- ❖ Inversor.

2.1.1. PANELES SOLARES (MÓDULOS FOTOVOLTAICOS)

El panel solar, también denominado módulo fotovoltaico, es un dispositivo que capta la energía solar para iniciar el proceso de conversión hacia energía sostenible. Está recubierto con un material semiconductor, generalmente silicio, fundamental para cada célula solar. Este material, al ser sensible a la luz, produce electricidad al recibir la radiación solar mediante el fenómeno llamado efecto fotovoltaico. Las unidades modulares se forman a partir de células fotovoltaicas conectadas entre sí., y se colocan en estructuras de soporte específicas para asegurar la inclinación y orientación correctas con respecto a la luz solar. En cada módulo, dos terminales de salida recopilan y transfieren la corriente generada a los sistemas de gestión del parque solar.

La eficiencia de un módulo fotovoltaico se calcula como la proporción entre la potencia eléctrica de salida en los terminales y la potencia de la radiación solar incidente en la superficie del módulo. Se emplea un valor estándar de referencia de 1.000 vatios/m² para denotar la radiación solar. Si cada metro cuadrado recibe 1.000 vatios de energía solar, el porcentaje de energía convertida efectivamente en electricidad utilizable representa la eficiencia. La vida útil promedio de un módulo fotovoltaico es de aproximadamente 30 años.

Existen dos tipos principales de módulos fotovoltaicos.

- El silicio monocristalino, de color azul oscuro o casi negro, con células formadas por cristales orientados en la misma dirección, garantiza una producción eficiente de energía con un rendimiento de aproximadamente 18-21% cuando la luz incide perpendicularmente.
- El silicio policristalino, de tonos azules cambiantes, compuesto por cristales orientados de manera no uniforme, tiene una eficiencia ligeramente menor (15-17%) cuando recibe luz perpendicular, pero su rendimiento es mayor a lo largo del día. [6]



Figura 1. Panel solar

Fuente: Autores

2.1.2. REGULADOR DE CARGA

Los reguladores solares MPPT, esenciales en sistemas fotovoltaicos, desempeñan una función crítica al optimizar la eficiencia en la conversión de energía solar en electricidad. Su característica distintiva radica en la capacidad de rastrear dinámicamente el Punto de Máxima Potencia (MPP) de los paneles solares, ajustando continuamente la tensión y corriente de salida.

Este proceso permite extraer la máxima cantidad de energía disponible bajo diversas condiciones de iluminación y temperatura, provocando un incremento sustancial en la eficiencia del sistema. Además de su operación dinámica, muchos reguladores MPPT incorporan funciones de control de carga de la batería, garantizando una gestión eficiente y segura de la energía almacenada, lo cual es crucial para la vida útil de las baterías en sistemas fotovoltaicos. En resumen, los reguladores MPPT son componentes clave para optimizar la producción de energía, mejorar la eficiencia y garantizar un rendimiento óptimo en sistemas solares.

La razón subyacente para establecer un voltaje aparentemente alto en los paneles solares se basa principalmente en dos motivos: reducir el posible descenso de voltaje debido al aumento de la temperatura; y, asegurar una carga precisa de la batería. Para lograr esto, es necesario que la tensión Voc de la placa solar sea superior al voltaje aparente de la batería. [7]



Figura 2. Regulador de carga MPPT

Fuente: Autores

2.1.3. BATERÍA (SISTEMA DE ALMACENAMIENTO)

En sistemas de paneles solares, las baterías desempeñan un papel crucial al almacenar la energía generada durante los periodos de alta radiación solar para su uso posterior cuando la generación es baja o inexistente. Hay varios tipos de baterías utilizadas en aplicaciones solares, y la

elección depende de factores como la capacidad de almacenamiento, el ciclo de vida, el costo y el rendimiento. Dos tipos comunes son las baterías de plomo-ácido y las baterías de iones de litio.

- Las baterías de plomo-ácido, ya sean de tipo de electrolito líquido o sellado, son una opción tradicional y económica. Son adecuadas para sistemas de energía solar de pequeña a mediana escala y ofrecen una buena relación costo-rendimiento. Sin embargo, tienen una menor vida útil y una densidad de energía más baja en comparación con las baterías de litio.
- Las baterías de iones de litio, por otro lado, han ganado popularidad debido a su alta densidad de energía, mayor ciclo de vida, menor peso y tamaño más compacto. Aunque son más costosas inicialmente, su eficiencia y durabilidad a largo plazo pueden hacerlas más rentables en sistemas solares más grandes y de mayor escala. En resumen, la elección entre estos tipos de baterías depende de los requisitos específicos del sistema, el presupuesto y las expectativas de rendimiento a lo largo del tiempo. [8]

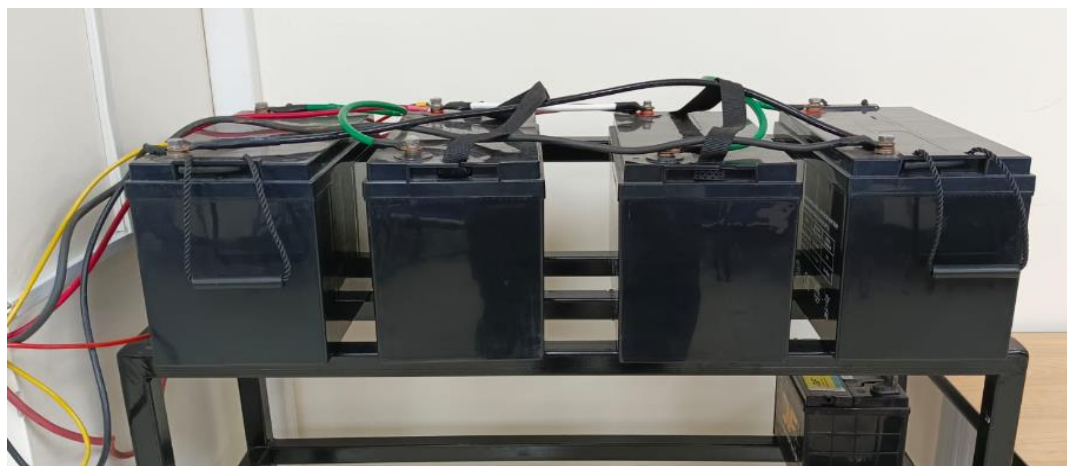


Figura 3. Baterías de Litio (sistema de almacenamiento)

Fuente: Autores

2.1.4. INVERSOR

El inversor, un componente central en sistemas fotovoltaicos, facilita la transformación de la Corriente Continua (DC) generada por los paneles solares en Corriente Alterna (AC). Esta conversión es esencial para habilitar el funcionamiento sin inconvenientes de cargas diseñadas para operar con corriente alterna. La función principal del inversor radica en sincronizar y

modular la corriente continua generada por los paneles solares, garantizando así la compatibilidad con la red eléctrica convencional y permitiendo la utilización de dispositivos y equipos alimentados por corriente alterna en el sistema fotovoltaico. [9]



Figura 4. Inversor Energy Phoenix Inverter 12/1200-120V

Fuente: Autores

2.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica proviene directamente de la radiación solar utilizando paneles solares, siendo una forma de energía renovable. Esta tecnología convierte esta radiación en energía eléctrica.

El procedimiento se inicia al exponer una de las superficies de una célula fotoeléctrica, integrante de los paneles solares, a la luz solar. Esto genera una diferencia de potencial eléctrico entre las dos superficies, lo que provoca el movimiento de electrones y, por ende, la generación de una corriente eléctrica. Esta corriente se conduce a lo largo de la red de distribución hasta llegar a los lugares donde se utiliza. [10]



Figura 5. Energía solar fotovoltaica [10]

Fuente: Autores

2.3 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar se refiere a la energía liberada por el sol, que viaja en forma de fotones a través del espacio y se esparce en todas las direcciones mediante ondas electromagnéticas. Esta energía juega un papel esencial al dar forma a los procesos atmosféricos y al clima en movimiento.

En el núcleo del sol, ocurren reacciones nucleares de fusión que actúan como la principal fuente de energía solar. Estas reacciones producen radiación electromagnética en diversas frecuencias o longitudes de onda. La propagación de esta radiación en el espacio se realiza a la velocidad de la luz, que es de 299.79 km/s. En otro contexto, la constante solar indica la cantidad de radiación que llega por unidad de área en un momento específico. A una distancia externa a la atmósfera de la Tierra y en un plano perpendicular a los rayos solares, esta constante tiene un valor promedio de 1366 w/m². [11]



Figura 6. Radiación Solar

Fuente: Autores

2.4 SISTEMAS DE MONITORIZACION

La supervisión de un sistema implica la obtención de información detallada sobre los eventos que ocurren en el entorno, requiriendo un conocimiento profundo del proceso en cuestión. La creciente necesidad en los procesos de producción, en aspectos de, calidad rendimiento y flexibilidad. hace imperativa la integración de nuevas tecnologías para el control y vigilancia. La adopción de innovaciones tecnológicas en la industria no solo posibilita la reducción de paradas no programadas, sino también la capacidad de prever situaciones anómalas y responder de manera rápida y eficaz, garantizando así la continuidad y uniformidad en la producción.

El término SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), se utiliza para referirse a cualquier software que proporcione acceso a datos remotos de un proceso, permitiendo el control de dicho proceso mediante el uso de las herramientas de comunicación específicas para cada caso. [12]

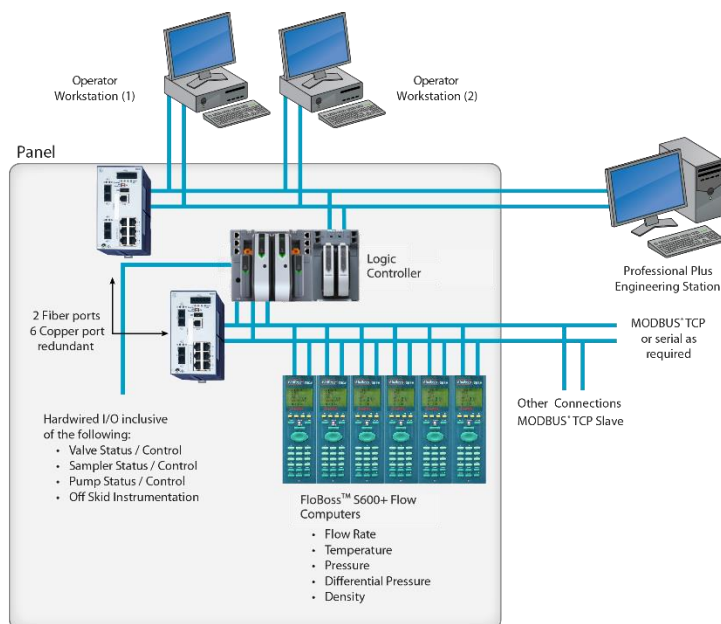


Figura 7. Sistema de monitorización

Fuente: Emerson.com

2.5 SCADA

Es un procedimiento o sistema destinado a la obtención de datos, control, y supervisión, diseñado para ejecutar tareas o ajustar parámetros establecidos por un maestro en relación con una o varias variables remotas. Se centra en la gestión y control de la adquisición de datos. Este sistema proporciona una amplia cantidad de información, la cual puede presentarse de diversas maneras según las necesidades del operador o usuario que lo maneje. [13]

- Se puede acceder a datos en tiempo real para asistir al operador.
- Con el uso de diversos softwares y protocolos, es viable supervisar los datos de referencia desde ubicaciones distintas, prescindiendo de la necesidad de encontrarse físicamente en la localidad o sitio.
- La mejora en la calidad se logra mediante sistemas más confiables que reducen los errores humanos, una problemática común en la industria.

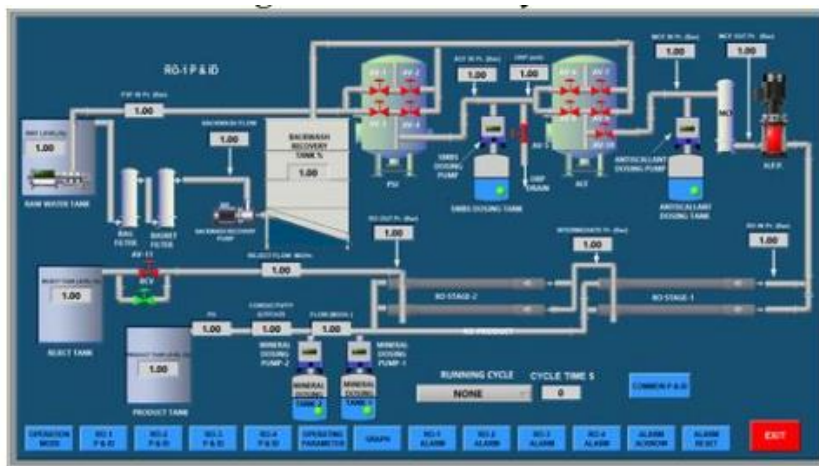


Figura 8. Scada

Fuente: Scada System

2.6 ELEMENTOS UTILIZADOS

2.6.1. SEL-3530 CONTROLADOR AUTOMÁTICO EN TIEMPO REAL (RTAC)

El RTAC SEL-3530, diseñado para su implementación tanto en subestaciones de proveedores de energía como en sistemas de automatización y control industrial, proporciona un control integral y versátil del sistema, respaldado por una seguridad integrada, una configuración fluida y una lógica unificada que aseguran su fiabilidad. Este dispositivo realiza la conversión de datos entre diversos protocolos, establece comunicación con dispositivos configurados y conectados, y además incorpora un motor de lógica IEC 61131 integrado, lo que lo convierte en una solución completa y poderosa para gestionar de manera eficiente la operación y supervisión de sistemas energéticos y procesos industriales.

El sistema detecta y filtra de manera automática la información de eventos provenientes de los relés SEL que están enlazados. Los detalles de la falla, como su ubicación y la corriente asociada, se incorporan a las etiquetas correspondientes, lo que facilita su recuperación mediante protocolos SCADA. Además, es posible llevar a cabo la recopilación y el almacenamiento automático de los eventos a través del RTAC utilizando el software AcSELeRator Team® SEL-5045. Este enfoque optimiza el proceso de captura y análisis de

datos, permitiendo una gestión más eficaz y detallada de la operación y el rendimiento del sistema energético y de control industrial. [14]



Figura 9. SEL-3530 Controlador automático en tiempo real (RTAC)

Fuente: Autores

2.6.2. RELÉ DE PROTECCIÓN DE ALIMENTADOR SEL-751

El SEL-751 proporciona la solución ideal para salvaguardar tanto los alimentadores de las empresas suministradoras de energía como los de la industria. Proporciona respaldo para la entrada de voltaje y corriente, ya sea analógica de baja energía (LEA) o convencional, con opciones versátiles en módulos de entrada y salida, así como una instalación sencilla y ajustes de configuración ágiles.

Este relé, el SEL-751, Ofrece protección integral para circuitos de distribución en configuraciones tanto radiales como en bucle. Sus capacidades incluyen la mitigación de arcos eléctricos, la localización de fallos, la detección de fallas de alta impedancia, la identificación de conductores rotos, el análisis de eventos y más. La integración de este relé a sistemas de comunicación serial o Ethernet es rápida y adaptable, gracias a su compatibilidad con una amplia gama de protocolos, incluyendo IEC 61850 Edición 2, IEC 60870-5-103, protocolo de redundancia paralela (PRP) IEC 62439, EtherNet/IP, protocolo de tiempo de precisión (PTP) IEEE 1588, Modbus y DNP3, entre otros. [15]



Figura 10. SEL-751 Relé de protección de alimentador

Fuente: Autores

2.6.3. SENSOR DE RADIACIÓN TOTAL SOLAR RS485

El sensor de radiación solar total emplea el principio fotoeléctrico para medir la amplitud espectral de radiación solar en el rango de 0,3 a 3 μm . Este dispositivo utiliza un elemento fotosensible altamente preciso, capaz de absorber un amplio espectro de radiación y demostrar estabilidad en su absorción en el espectro mencionado. Además, incorpora una cubierta antipolvo con una transmitancia de luz de hasta 95% para proteger el sensor.

La cubierta antipolvo ha sido tratada especialmente para minimizar la acumulación de polvo, lo que efectivamente previene que los factores ambientales interfieran con los componentes internos y garantiza mediciones precisas de radiación solar. El producto sigue el protocolo de comunicación estándar Modbus-RTU 485, facilitando la lectura directa de los valores actuales de radiación solar, y su diseño compacto y estético requiere de poco espacio para su instalación.

En diversas áreas como la energía solar, el monitoreo de gases, la agricultura, la degradación de materiales de construcción y la medición de contaminación atmosférica, este producto encuentra aplicaciones extendidas para medir la energía de la radiación solar. (ComWinTop, s.f.)



Figura 11. Sensor de radiación total solar RS485

Fuente: Autores

2.6.4. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

El transformador de corriente, también conocido como transformador de intensidad, desempeña un papel esencial al proporcionar una corriente menor y proporcional a la que fluye por una línea de alimentación. En el ámbito industrial, las corrientes suelen ser excesivamente elevadas para conectar directamente con instrumentos de medición. Aquí es donde entra en juego el transformador de corriente, ya que permite reducir estas corrientes elevadas a valores más manejables para la mayoría de los dispositivos, generalmente por debajo de 5 amperios.

Adicionalmente, el transformador de corriente desempeña una función de vital importancia al asegurar un aislamiento galvánico efectivo entre su bobinado primario (que maneja la alta corriente) y el secundario, donde se ubican los equipos de medición o protección. [16]



Figura 12. Transformadores de corriente

Fuente: Autores

2.6.5. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS

Se puede caracterizar como un protocolo de intercambio de solicitudes y respuestas, utilizando la metáfora de maestro y esclavo para describir la dinámica de comunicación. Siempre se establecerá una conexión en pares, lo que implica que un dispositivo iniciará una solicitud y luego aguardará una respuesta. El componente que inicia el proceso, generalmente un (HMI), construirá cada solicitud, mientras que el esclavo, en este caso un sensor, responderá. Las solicitudes, respuestas y los niveles de red se encuentran definidos por las diversas capas que conforman el protocolo. [17]

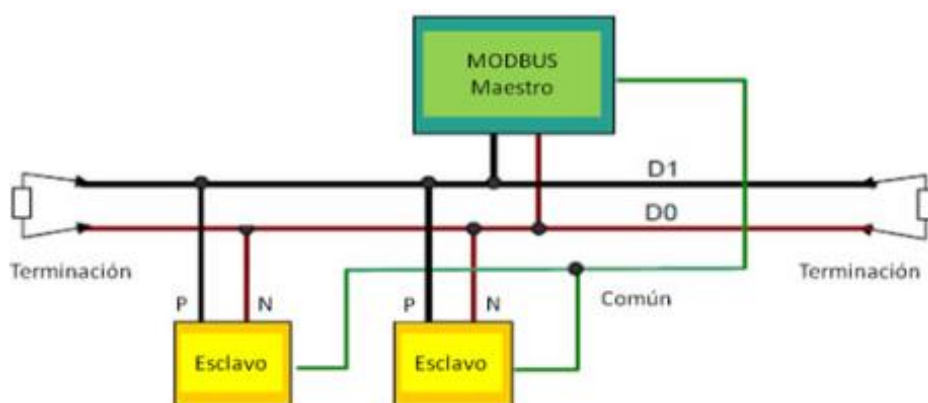


Figura 13. Protocolo de comunicación Modbus

Fuente: Uaeh.edu.mx

2.6.6. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN IEC 61850

El protocolo IEC61850, conocida como "Redes de comunicaciones en subestaciones", representa una normativa global que está transformando los sistemas de protección y control de la energía eléctrica. Esta norma posibilita la integración completa en un solo protocolo y red, abarcando los distintos niveles del sistema eléctrico: desde el proceso hasta la estación. Centra su atención en la integración de dispositivos de distintos fabricantes, disminuyendo así la demanda de adaptadores de protocolo y acortando los tiempos de ingeniería. Esta estandarización se diseñó para cumplir con diversos requisitos de funciones en subestaciones, tales como protección, control, automatización, medición, monitoreo y recopilación de datos.

A diferencia de protocolos comunes como DNP3 o Modbus, la normativa IEC 61850 organiza la información en grupos y nodos lógicos, encapsulando toda la información generada en la subestación dentro de estos grupos. Los beneficios que ofrece esta norma frente a otros protocolos incluyen la interoperabilidad entre fabricantes, una mayor estabilidad en la instalación, simplificación de la ingeniería, racionalización de la información, reducción del cableado tradicional a favor de una red LAN, facilidad en la configuración y arranque, así como la disminución de costos de mantenimiento. [18]

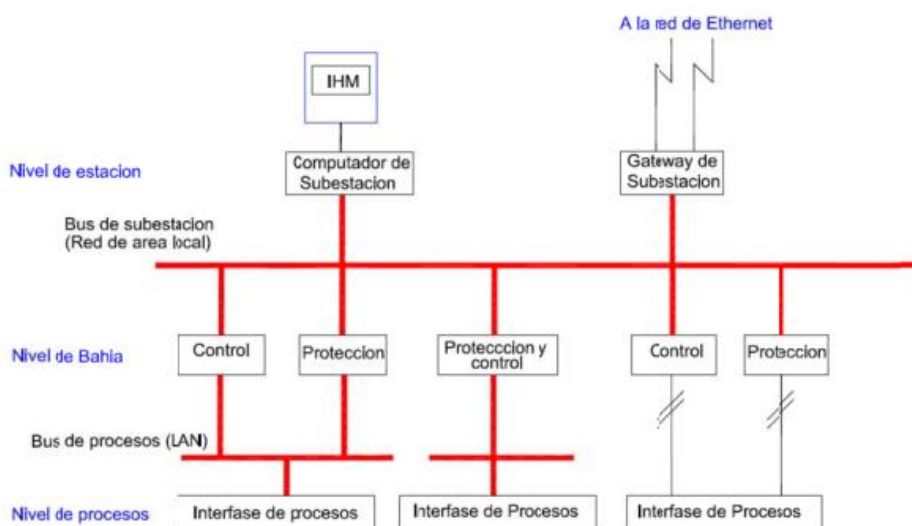


Figura 14. Protocolo de comunicación IEC 61850

Fuente: IEC 61850 Process Connection

2.6.7. CMC 356 EQUIPO UNIVERSAL DE PRUEBAS DE RELÉ Y HERRAMIENTAS DE PUESTA EN SERVICIO (OMICRON)

El CMC 356 es ideal para aplicaciones que necesitan versatilidad y potencia máximas. Con sus seis fuentes de corriente potentes y flexibles, es una solución completa para probar todos los tipos de relés de protección, desde los más antiguos hasta los más modernos, incluyendo los que siguen la norma IEC 61850. Para los ingenieros, resulta especialmente útil, ya que les permite confirmar la conexión correcta de los cables en transformadores y realizar mediciones precisas usando corrientes de hasta 128 A. Su interfaz de red integrada facilita pruebas detalladas en entornos IEC 61850, incluyendo simulación y suscripción GOOSE opcional, junto con la capacidad de simular valores de muestra. Además, permite recuperar, evaluar y registrar la comunicación SCADA entre sistemas según la norma IEC 61850. [19]



Figura 15. Equipo de pruebas CMC 356

Fuente: Autores

2.6.8. CONVERTIDOR USB A RS485

Un convertidor USB a RS485 permite una comunicación bidireccional entre un puerto USB de computadora y dispositivos RS485. Su característica principal es su alimentación directa desde el puerto USB, prescindiendo de la necesidad de una fuente externa de alimentación. Asegura una compatibilidad total con los estándares USB y RS485 actuales, así como un desempeño óptimo con altas velocidades de transmisión y mínima tasa de errores, garantizando una inversión segura y profesional. Utilizado ampliamente en automatización industrial, sistemas de seguridad, control de acceso, lectura y escritura de datos en dispositivos controlados por

PLC, entre otros, su interfaz USB se conecta directamente al PC, mientras que la interfaz RS485 cuenta con una bornera de 2 pines con tornillos (A(D+) y B(D-)). (TECmikro, s.f.)



Figura 16. Convertidor USB a RS485

Fuente: Autores

2.6.9. SMART SWITCH ETHERNET 24 PUERTOS SEL – 2730M

Es un dispositivo de red que facilita la conexión y comunicación de hasta 24 dispositivos en una red local. La característica "gestionado" significa que este interruptor permite a los administradores de red supervisar y controlar de manera más avanzada cada puerto de forma individual. Esto incluye funciones como la configuración de la red, la priorización del tráfico y la detección de problemas, lo que proporciona un mayor control y eficiencia en la administración de la red. Este tipo de dispositivos son comúnmente utilizados en entornos empresariales o industriales donde se requiere una administración más sofisticada de la red. (Selinc, 2023).



Figura 17. Smart Switch ethernet

Fuente: Autores

2.6.10. ENRUTADOR INDUSTRIAL EN LA NUBE 3G/WAN DELTA DX-3001H9

Este equipo de adquisición de datos es una solución versátil y robusta conectada a la nube, diseñada para recopilar y gestionar información de manera eficiente. Ofrece un canal bidireccional para la transferencia de datos entre el dispositivo y la nube, asegurando una conexión segura sin necesidad de servidores VPN adicionales. Compatible con una amplia gama de bandas y tecnología 3G, admite velocidades de transmisión de hasta 21,6 Mbps (descarga) / 5,76 Mbps (carga), garantizando una rápida transferencia de datos. Además, cuenta con funciones de seguridad avanzadas como firewall, filtrado de direcciones IP/MAC/URL y prevención de ataques DoS para proteger la integridad de la información.

Sus múltiples interfaces periféricas, como puertos RS-485, RS-232 y LAN, permiten una conexión versátil con diversos dispositivos. Asimismo, ofrece funciones avanzadas de gestión y monitoreo, incluyendo configuraciones programables, estadísticas de flujo de datos, diagnóstico de fallas, enclavamiento de dispositivos y alarmas personalizadas con alertas por correo electrónico. Con aplicaciones para Android e iOS, este equipo permite un monitoreo en línea desde dispositivos móviles, asegurando una gestión integral desde cualquier lugar.

Físicamente, está diseñado en una carcasa metálica IP30 resistente, apta para montaje en pared, con tolerancias ambientales que van desde temperaturas de -20 °C a 70 °C y humedad relativa de 5 % a 95 %. Los requerimientos de energía se sitúan en un voltaje de entrada de 12 a 48 VCC y una corriente máxima de 1A, con protección contra sobrecargas. Con estas características, este dispositivo ofrece una solución completa y segura para la adquisición de datos en entornos industriales y de gestión remota. [20]



Figura 18. Enrutador delta DX-3001H9

Fuente: Autores

2.6.11. FUENTE DE ALIMENTACIÓN DC

Una fuente de 120VAC a 24VDC convierte la corriente eléctrica de 120 voltios de corriente alterna a 24 voltios de corriente continua (VDC). Esto permite alimentar dispositivos que requieran una menor tensión para su funcionamiento, como componentes electrónicos, sensores, actuadores o equipos industriales, garantizando una fuente de energía adecuada y estable para su operación.



Figura 19. Fuente 24VDC

Fuente: Autores

2.6.12. BANCO DE PRUEBAS PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

El Banco de Pruebas de la Universidad Politécnica Salesiana fue realizado en el año 2015 para ofrecer a los estudiantes una experiencia práctica y comprensible sobre el comportamiento de las líneas de transmisión en sistemas eléctricos de potencia (S.E.P). Al carecer la universidad de instalaciones para simular estas líneas y su flujo de potencia, este banco de pruebas brinda la oportunidad de estudiar fenómenos reales utilizando circuitos equivalentes y analizando el flujo de energía. Además, se convierte en una herramienta valiosa para futuros proyectos de graduación al posibilitar estudios detallados de sistemas en condiciones de falla, ofreciendo un módulo complementario y aprovechando los beneficios de este banco de pruebas. [21]

El principal elemento para utilizar dentro de este módulo es el Analizador de la marca Siemens modelo PAC3200, el cual es un dispositivo de monitoreo y medición de energía compacto y versátil; permite analizar y registrar parámetros eléctricos clave como voltaje, corriente, potencia activa y reactiva, factor de potencia, armónicos, entre otros, en tiempo real. Su pantalla intuitiva y su capacidad de comunicación Modbus TCP/IP facilitan su integración en sistemas de gestión de energía.

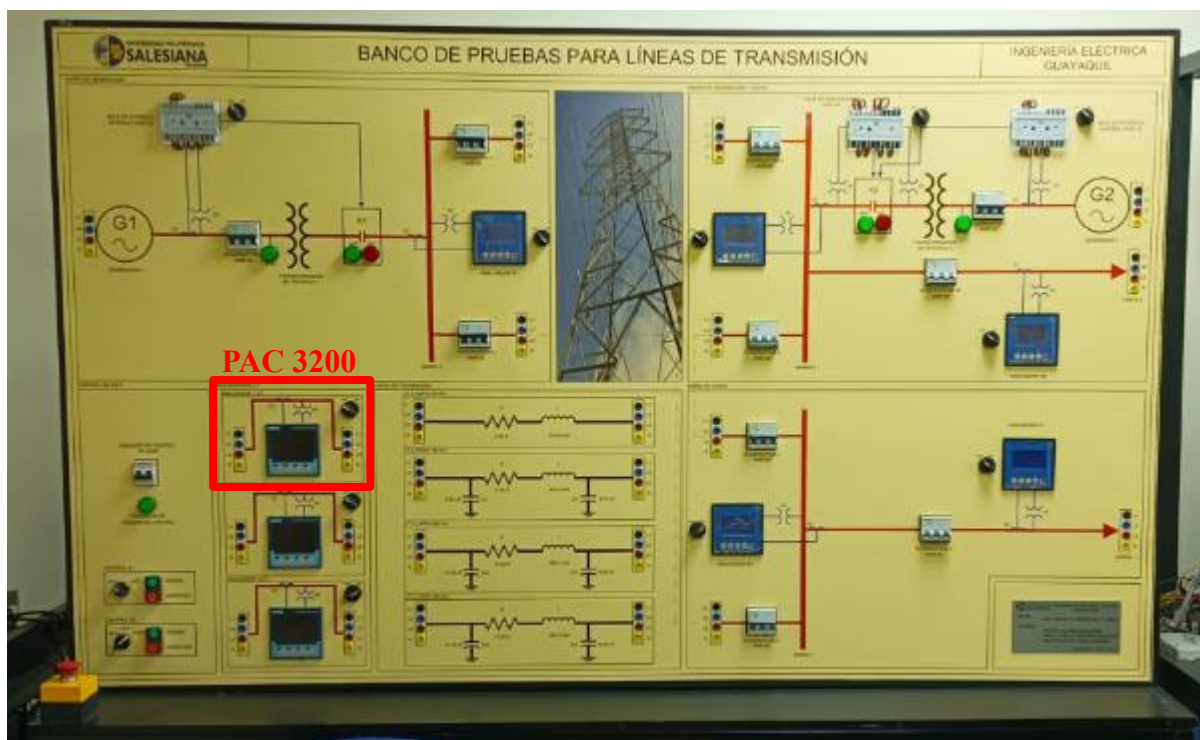


Figura 20. Banco de pruebas de LT

Fuente: Autores

2.7 SOFTWARE UTILIZADOS

2.7.1. SOFTWARE ACSELERATOR RTAC SEL – 5033

El software AcSELERator RTAC [22] es una herramienta gráfica y amigable, diseñada para simplificar la configuración del dispositivo RTAC de SEL. Este programa permite a los usuarios aprovechar plenamente el rendimiento del RTAC, facilitando su configuración De forma eficaz

y sin dificultades. Su interfaz intuitiva permite realizar modificaciones y adaptaciones de manera ágil, proporcionando una experiencia comprensible durante la configuración del RTAC.

Algunas de las cualidades clave incluye desarrollar programas personalizados mediante la programación lógica conforme a la normativa IEC 61131, la verificación en línea de sistemas y la recuperación forzada de datos, la automatización de funciones habituales mediante la interfaz de comandos en línea, así como la incorporación de varios protocolos de comunicación como IEC 61850, MODBUS, SERIAL ,DNP3 y ETHERNET.

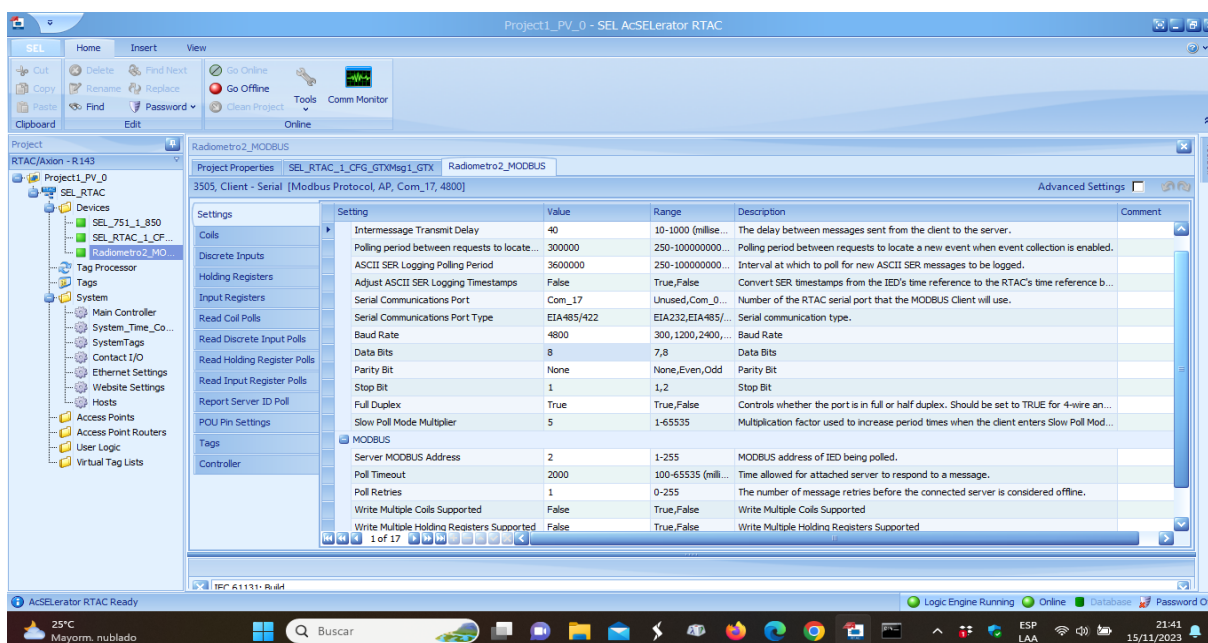


Figura 21. ACSELERATOR RTAC SEL – 5033

Fuente: Autores

2.7.2. SOFTWARE ACSELERATOR QUICKSET SEL – 5030

El software AcSElerator QuickSet SEL – 5030 [23] representa una solución diseñada específicamente para simplificar y acelerar la configuración, inicio y manejo de dispositivos empleados en la protección, control, medición y supervisión de sistemas de energía. Dirigido a ingenieros y técnicos, ofrece las herramientas esenciales para realizar eficazmente diversas

tareas. Además, este programa presenta una expansión opcional llamada QuickSet Device Manager, incluida de manera gratuita, que amplía las capacidades de gestión, control y manejo de versiones de los dispositivos. Con esta ampliación, los usuarios tienen la posibilidad de acceder a más funciones para gestionar de manera óptima los dispositivos que forman parte en los sistemas de potencia. Para este proyecto específico, se empleará la opción de utilizar la conexión TCP-IP para establecer comunicación directa entre los diferentes equipos mediante la red ETHERNET.

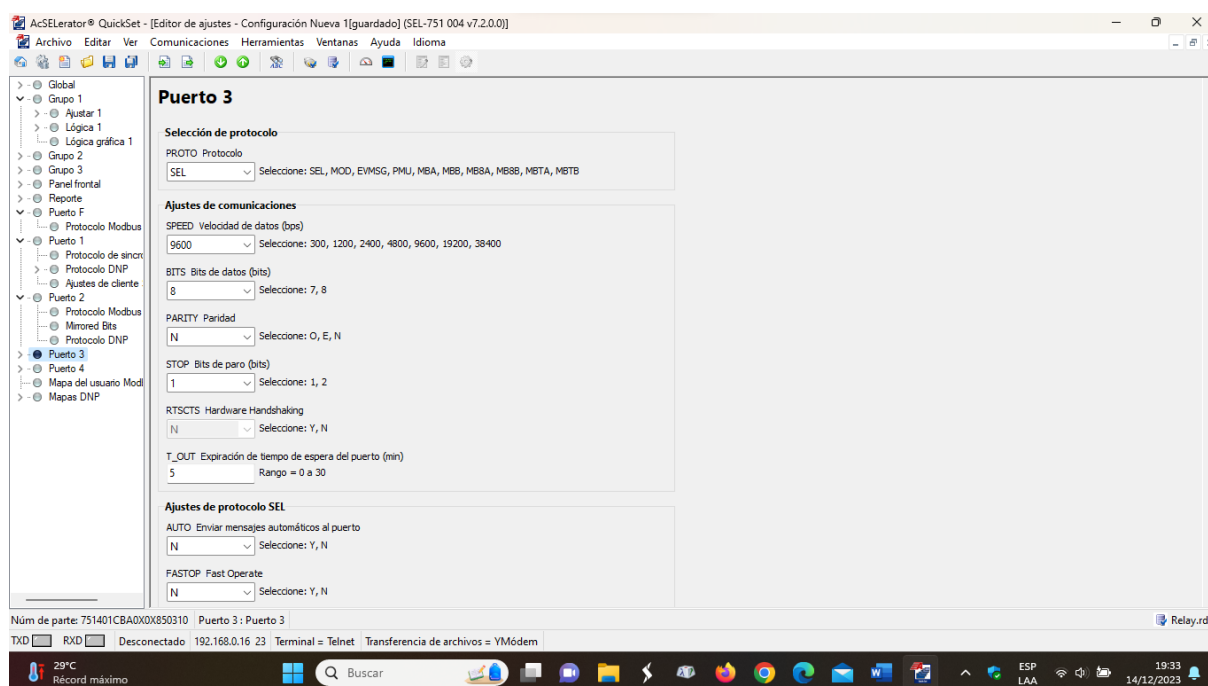


Figura 22. AcSElerator QuickSet SEL – 5030

Fuente: Autores

2.7.3. SOFTWARE ACSELERATOR ARCHITECT SEL – 5032

El software AcSElerator Architect [24], es una herramienta especializada en la configuración y documentación de sistemas basados en el estándar IEC 61850. Su enfoque se centra en sistemas que utilizan protocolos como GOOSE, valores muestreados y mensajes de fabricación (MMS), comúnmente empleados en aplicaciones de bus de proceso y SCADA. La función principal de Architect es facilitar y acelerar el proceso de configuración y documentación de

estos sistemas, garantizando la adecuada aplicación de los estándares y protocolos mencionados.

Algunas propiedades clave de este software incluyen La fácil incorporación de dispositivos, un editor de estructuras de servidor, la administración de datos y archivos de configuración, soporte para múltiples protocolos de comunicación, librerías de configuración y la capacidad de configurar dispositivos de control y protección.

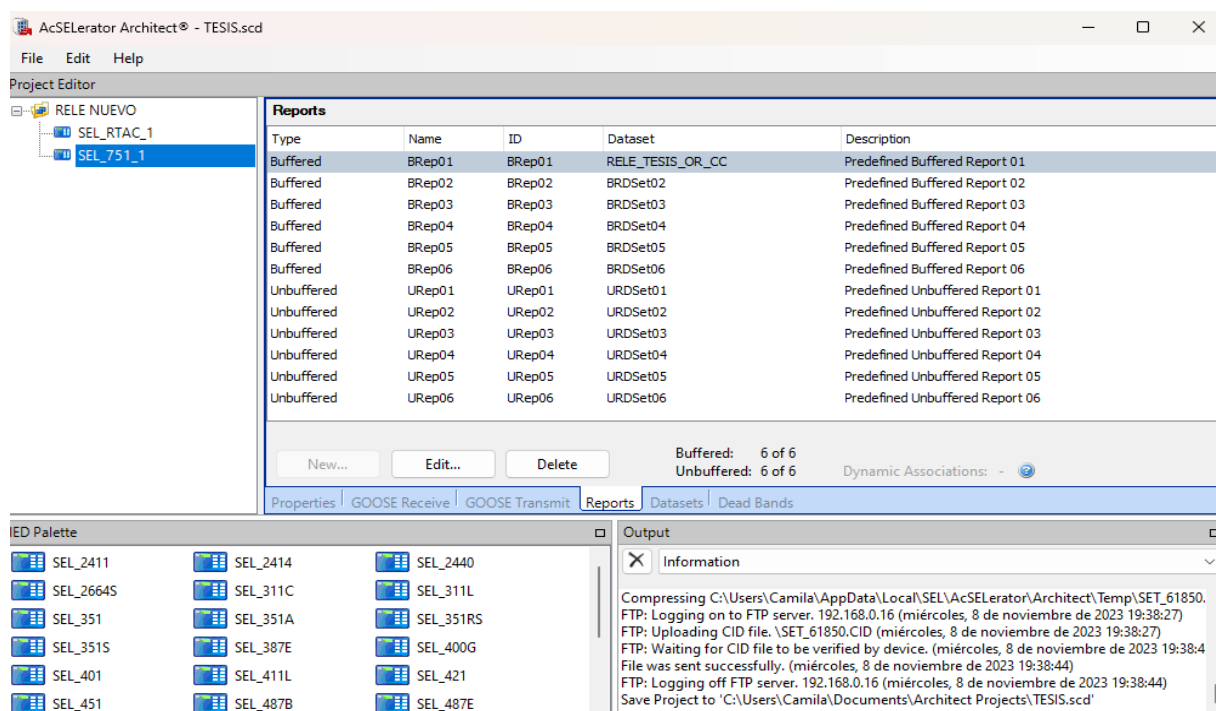


Figura 23. AcSELERator Architect SEL – 5032

Fuente: Autores

2.7.4. SOFTWARE TEST UNIVERSE

El software Test Universe [25], desarrollado por OMICRON, es una solución exhaustiva y fácil de utilizar destinada a la familia de dispositivos CMC. Este software permite la combinación de diversos módulos de pruebas adaptados para cada aplicación, facilitando la creación de planes de prueba automatizados y flexibles que abarcan un amplio conjunto de funciones. Su

primordial enfoque está en evaluaciones basadas en parámetros, cubriendo todas las generaciones de dispositivos de protección, desde los modelos electromecánicos hasta los IED multifuncionales en sistemas de subestaciones completamente digitalizados.

Junto con los dispositivos de protección, la conjunción del equipo CMC y el software Test Universe facilita la eficaz verificación de contadores de energía, analizadores de calidad de energía, transductores eléctricos, reguladores de tensión y demás dispositivos, garantizando una eficiencia óptima en las pruebas.

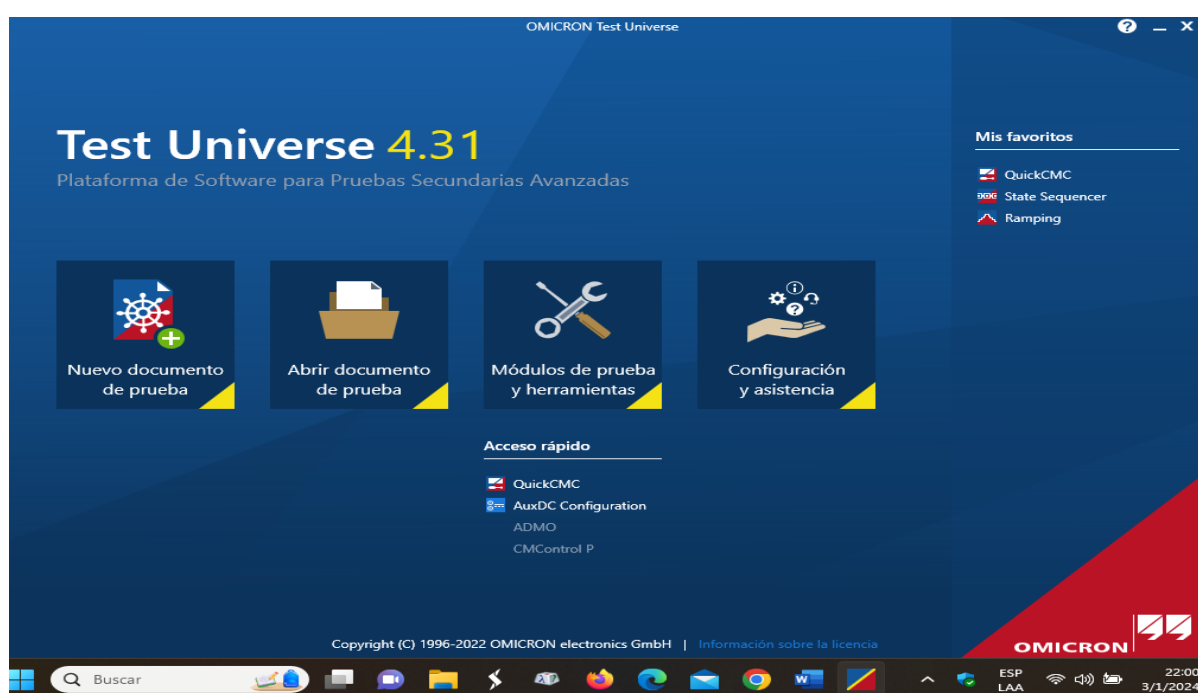


Figura 24. Software Test Universe

Fuente: Autores

2.7.5. SOFTWARE QUICKCMC

El software QuickCMC [26] ofrece una interfaz de usuario intuitiva y poderosas funciones para realizar pruebas controladas por PC en diversos dispositivos, como relés de protección y transductores. Esta herramienta asegura pruebas rigurosas y eficaz, asegurando la confiabilidad y el óptimo funcionamiento de los equipos asociados. Su enfoque es facilitar el desarrollo de

pruebas, manteniendo funcionalidades avanzadas para pruebas exhaustivas. Algunas características clave incluyen el control simultáneo de múltiples señales del equipo CMC, cálculos de fallos, representación gráfica en diagramas de vectores e informes personalizables.

El programa QuickCMC ofrece una característica de cálculo de falta automatizado para identificar magnitudes adecuadas de voltaje, corriente y fase para diversos tipos de fallos. También, proporciona un modo de paso o rampa para identificar valores críticos y realizar pruebas de elementos de protección. Además, incluye funciones para monitorear contactos secos y húmedos, medir tiempos de manera precisa y mostrar datos de transductores, ofreciendo información valiosa para el análisis del equipo de prueba. También permite almacenar resultados de pruebas, generando informes personalizables con notas adicionales para mejorar la comprensión de los resultados y facilitar su documentación.

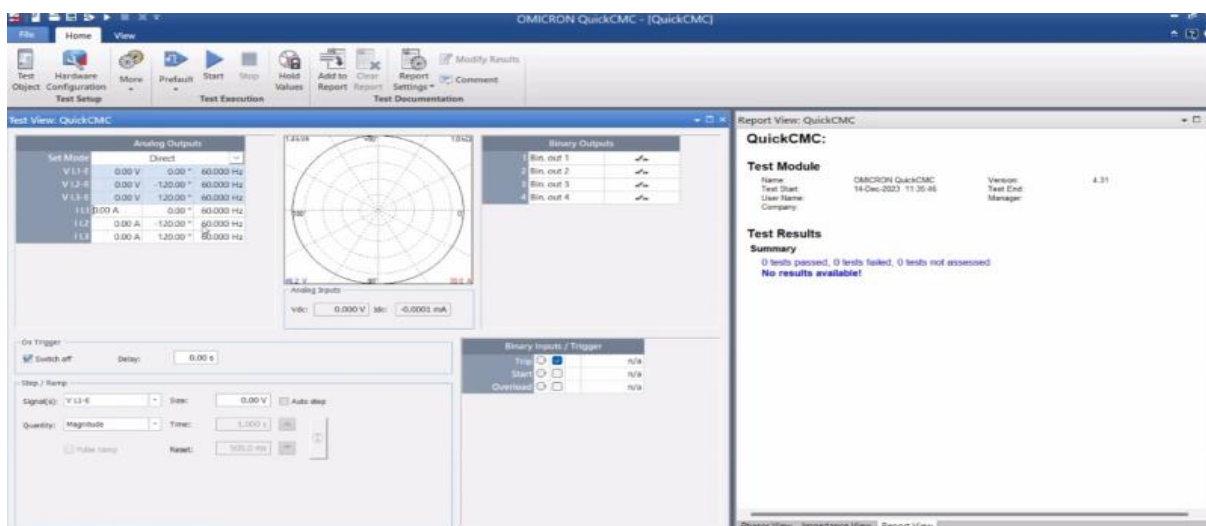


Figura 25. Software QuickCMC

Fuente: Autores

2.7.6. SIMATIC WINCC

WinCC, o Windows Control Center, se erige como una plataforma esencial en entornos industriales, dedicada a la supervisión y gestión de procesos bajo Windows. Integrado con software de PLCs, el sistema SCADA abarca tanto hardware como software, incluyendo unidades terminales remotas para controlar y registrar datos en la automatización industrial al

permitir interacciones fluidas entre operadores y aplicaciones. Sus funciones clave incluyen la organización cronológica de datos, gestión eficiente de archivos, creación de representaciones visuales, generación de informes detallados y la sincronización precisa de tiempos de ejecución. Esto lo convierte en una herramienta vital para optimizar y controlar procesos en la industria eléctrica y electrónica. [27]

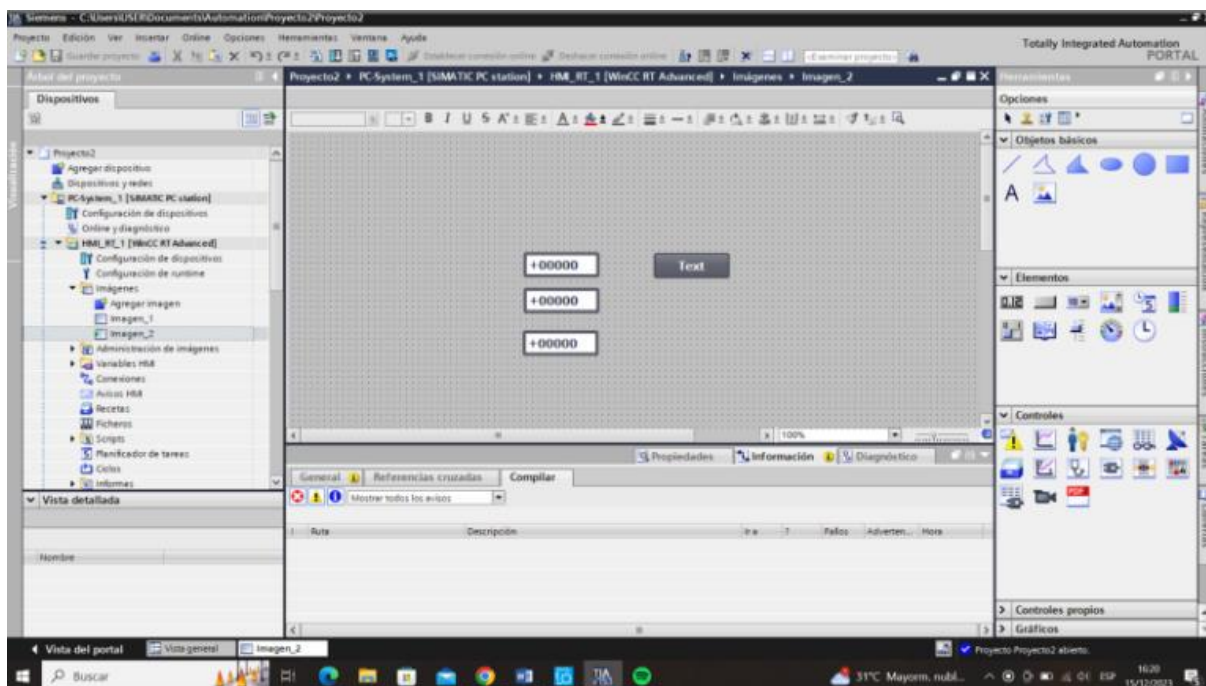


Figura 26. WinCC

Fuente: Autores

2.7.7. MODBUS POLL

Modbus Poll destaca como un simulador maestro Modbus fundamental para los desarrolladores de dispositivos esclavos Modbus y otros profesionales que buscan probar y simular el protocolo Modbus. Su interfaz de múltiples documentos permite monitorizar simultáneamente varios esclavos Modbus y áreas de datos. En cada ventana, se especifica el ID del esclavo, función, dirección, tamaño y tasa de sondeo para supervisar y controlar registros y bobinas. Con la capacidad de leer y escribir registros, cambiar valores con un simple doble clic o modificar

múltiples registros/bobinas, ofrece versatilidad. Además, ofrece diversos formatos de datos como flotante, doble y largo, incluyendo el intercambio de orden de palabras para un análisis más preciso y completo. [28]

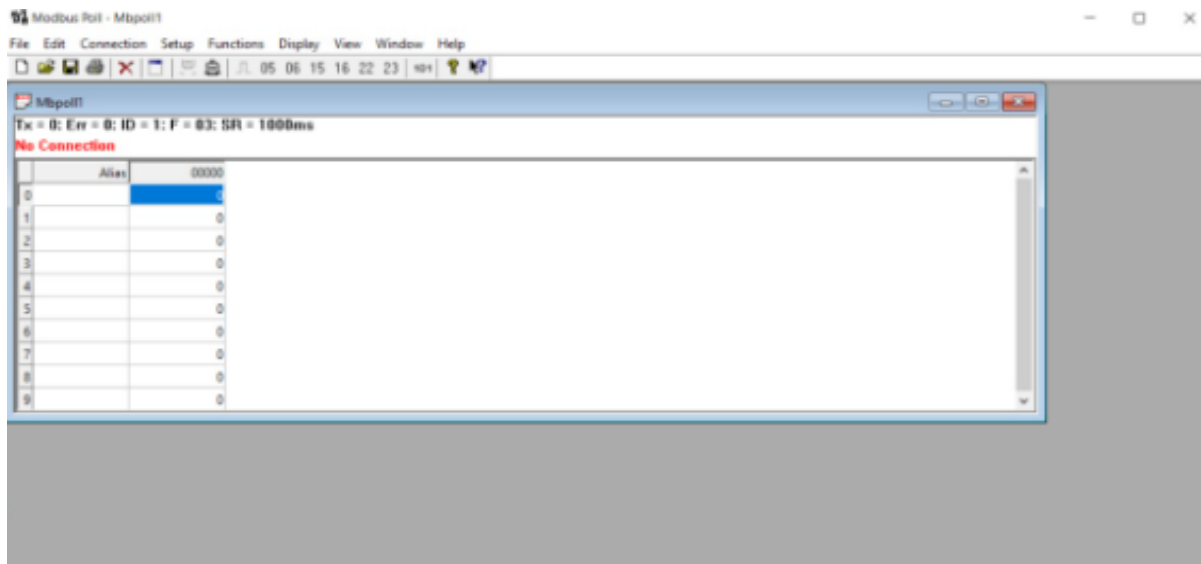


Figura 27. Modbus Poll

Fuente: Autores

CAPITULO III

3. MARCO METOLÓGICO

3.1 RED LAN O PROTOTIPO PROPUESTO

- Topología:** La investigación propuesta para la red fotovoltaica se basa en la implementación estratégica de configuración en estrella. Este diseño específico ilustrado en la figura 28 se elige debido a su capacidad para conectar cada dispositivo individual directamente a un nodo central, en este caso, una switch. Esta configuración ofrece una gestión eficiente al minimizar las colisiones de datos y simplificar la resolución de problemas en la red. Además, al dirigir todas las comunicaciones a través del nodo central, se facilita la administración y el monitoreo, permitiendo una distribución efectiva de datos entre los dispositivos pertinentes.

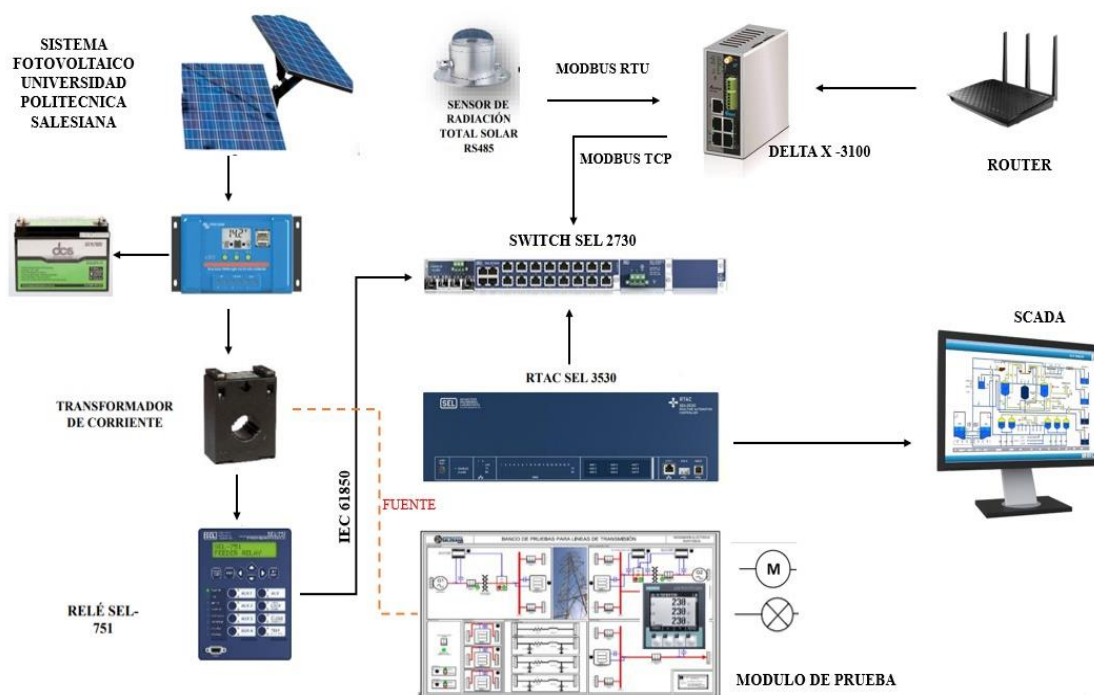


Figura 28. Conexión de los equipos

Fuente: Autores

3.2 ASIGNACIÓN DE IP A LOS DISPOSITIVOS

La asignación estratégica de direcciones IP para los distintos dispositivos del proyecto, tales como medidores, concentradores de datos y el sistema SCADA, en un mismo segmento de red alineado a la switch como nodo central, adquiere una importancia vital. Esta configuración facilita una gestión integrada y la comunicación eficiente de la red fotovoltaica. La presentación detallada de las direcciones IP identificadas en la tabla 1 asegura una asignación clara y sin conflictos, garantizando un funcionamiento óptimo y una base documental fundamental para el mantenimiento y expansión futura del sistema.

EQUIPO	DIRECCIÓN IP	MÁSCARA DE SUBRED	PUERTA DE ENLACE
RTAC SEL 3530	192.168.0.10	255.255.255.0	192.168.0.1
RELÉ SEL - 751	192.168.0.16		
ANALIZADOR PAC 3200	192.168.0.17		
PASARELA DX-3001H9	192.168.0.40		
WIN CC	192.168.0.10		
SWITCH	192.168.0.239		
PC	192.168.0.30		

Tabla 1. Direcciones IP de los dispositivos

3.3 COMUNICACIÓN DE EQUIPOS

Dentro del entorno Command Prompt (CMD) en sistemas Windows, el apartado de configuración de red ofrece una serie de funcionalidades cruciales para gestionar la conectividad y configuración de redes. Enfocándonos en la comunicación, el comando 'ping' utilizado en la figura 29 es una herramienta esencial que permite verificar la conexión o desconexión con dispositivos remotos. Esta función posibilita la verificación activa de la transferencia de datos entre dispositivos, ofreciendo información sobre la recepción y

transmisión de paquetes, así como la detección de pérdida de datos. Es fundamental destacar que para lograr la comunicación efectiva entre equipos, es imperativo que la PC y la Switch estén ubicadas en el mismo segmento de red. Esta condición es esencial para facilitar la interacción fluida y la transmisión eficiente de datos entre dispositivos dentro de la red.

```

(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 1ms, Máximo = 5ms, Media = 2ms

C:\Users\USER>ping 192.168.0.10

Haciendo ping a 192.168.0.10 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.10:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms

C:\Users\USER>ping 192.168.0.40

Haciendo ping a 192.168.0.40 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.40: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.40: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.40: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.40: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.40:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms

C:\Users\USER>ping 192.168.0.17

Haciendo ping a 192.168.0.17 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.17: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.17: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.17: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.17: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.17:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 1ms, Máximo = 3ms, Media = 1ms

C:\Users\USER>
  
```

Figura 29. Conexión de los equipos (CMD)

Fuente: Autores

3.4 AJUSTES DE PARÁMETROS DE LA RED A LOS EQUIPOS

3.4.1. COMPUTADORA

Para la configuración de nuestra PC en el proyecto, se asignó una dirección IP específica, detallada en la Tabla 1, dentro del segmento de red designado. Este proceso involucró la navegación al 'Panel de control' y la sección de 'Redes e internet'. En esa área, se accedió a la configuración de red para modificar la dirección IP, siguiendo el procedimiento visualizado en la Figura 30.

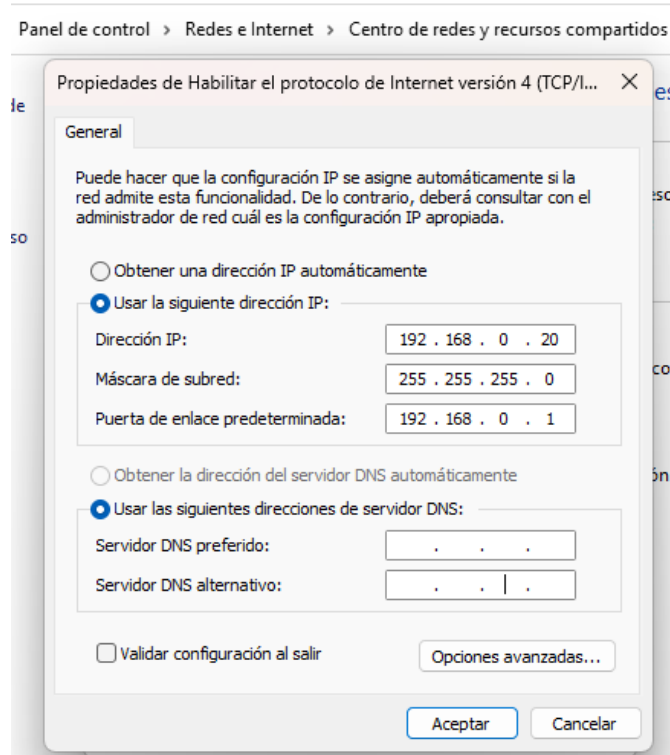


Figura 30. Configuración IP de la PC

Fuente: Autores

3.4.2. RTAC SEL – 3530

Dentro de la configuración de nuestro dispositivo RTAC SEL- 3530 se cuenta con diversos interfaces de comunicación, incluyendo los puertos de red Ethernet (Puertos F, 1 y 2) y el puerto USB de tipo B. Estos se emplean para realizar operaciones como la entrada web, ajustes de configuración y enlaces con bases de información abierta.

A continuación, se menciona la serie de pasos aplicados en la interfaz web:

1. Mediante la introducción de la dirección IP "192.168.0.10" en la barra de búsqueda de nuestro navegador conectado a Internet, y con la conexión de un cable Ethernet entre la Switch y la RTAC, conseguimos acceder a la interfaz web de nuestro dispositivo. Al ingresar, conforme se muestra en la figura 31, se solicitarán las credenciales de usuario y contraseña previamente establecidas en el proyecto, identificadas como "Generacion" y "Ups_cr2000".

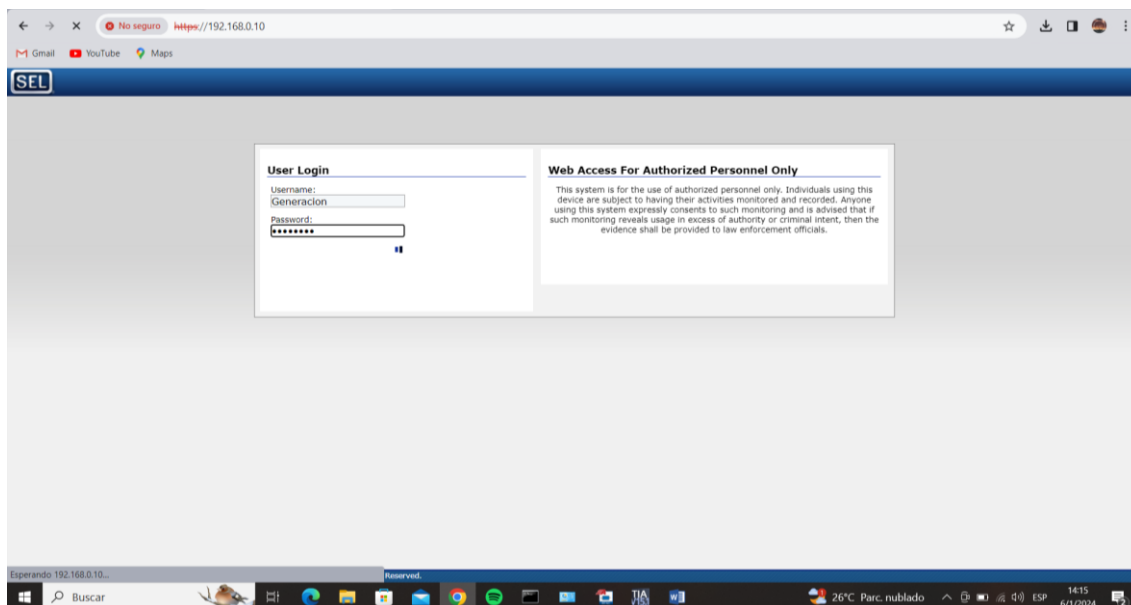


Figura 31. Interfaz web RTAC 3530

Fuente: Autores

2. Una vez que se validó que la información del usuario y contraseña ingresado es correcta, se nos desplegará la interfaz principal visualizada en la pantalla web mostrada en la figura 32.

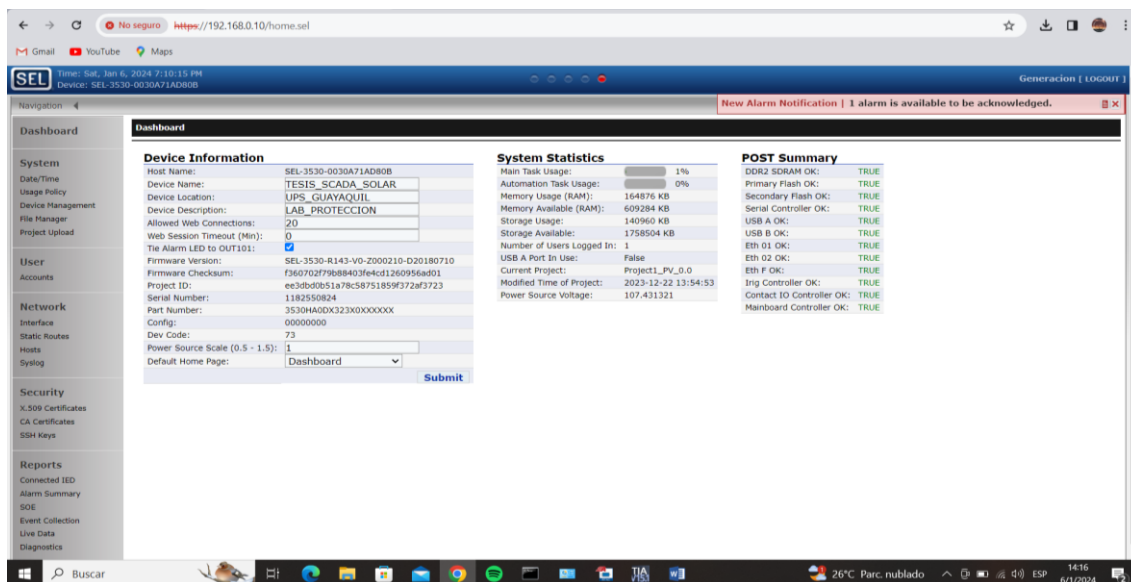


Figura 32. Pantalla principal web RTAC 3530

Fuente: Autores

3. Finalmente, al acceder a la sección "Network" y seleccionar la opción "Interfaces", dentro de la pestaña "Edit", procedemos a realizar el ajuste del IP asignado según los valores especificados en la tabla 1. En este caso, la modificación se lleva a cabo en el puerto Eth 1, detallada en la figura 33.

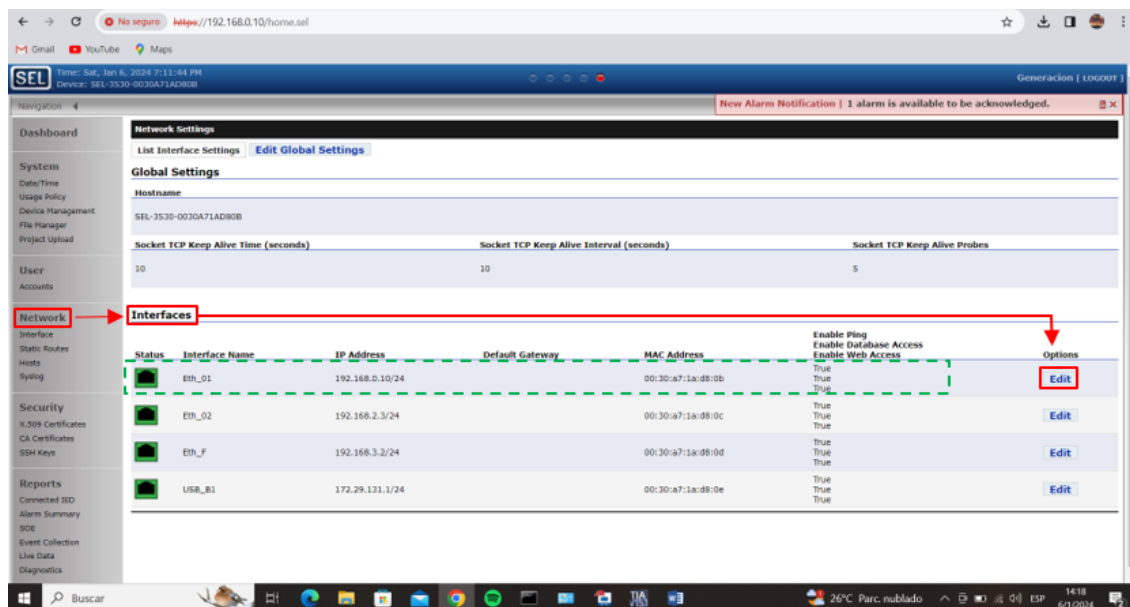


Figura 33. Visualización de la IP en el puerto 1

Fuente: Autores

3.4.3. RELÉ SEL – 751

Los relés SEL se encuentran preconfigurados con distintas direcciones IP, por lo que es necesario realizar ajustes manuales a través de los botones en el panel frontal. El proceso para modificar la dirección IP se realiza de la siguiente manera:

1. Accedemos al menú principal y seleccionamos la opción "Set/Show" utilizando los botones de navegación.
2. Luego, elegimos el parámetro "Port" y accedemos a su submenú.
3. Seleccionamos el puerto 1, designado para la conexión Ethernet de los relés SEL 751.

4. En el puerto 1, se ajustan los parámetros "IPADDR", "SUBNETM" y "DEFRTR" conforme a las direcciones IP asignadas a cada dispositivo, como se detallan en la Tabla 1.
5. Para modificar las direcciones IP, se requiere ingresar la clave predeterminada proporcionada por el equipo, conocida como "TAIL".
6. Además, se activa la función "Protocolo IEC61850" en el relé correspondiente.
7. Una vez realizados los ajustes, se procede a guardar los cambios realizados para asegurar su aplicación efectiva.

En la figura 34 se muestra un poco de las pantallas visualizadas para una mejor explicación.



Figura 34. Configuración Relé Sel - 751

Fuente: Autores

3.4.4. ANALIZADOR SIEMENS SENTRON PAC 3200

El Analizador de redes PAC 3200 viene preconfigurado con una dirección IP por defecto. Con el fin de ajustarnos a los parámetros definidos en la tabla 1, realizaremos la configuración manual de la dirección IP de dicho equipo y será ilustrado mediante las pantallas en la figura 35.

1. Dentro del Menú principal, nos vamos a dirigir al apartado de “Ajustes”.
2. Procedemos a ingresar al submenú de “Comunicaciones”.
3. Realizamos el cambio de la IP de forma manual, de igual forma a la máscara de subred y puerta de enlace, a través del botón “Edit”.
4. Una vez ajustados los parámetros, precedemos a guardar los cambios en el botón “Ok”.
5. Finalmente, procedemos a reiniciar el equipo como paso de autoguardado y validación de los ajustes.



Figura 35. Configuración IP PAC 3200

Fuente: Autores

3.4.5. ENRUTADOR DELTA DX-3001H9

El DIADevice es un software para configurar de forma ágil los dispositivos de red. Los usuarios conectan el dispositivo Delta DX a un PC mediante un cable de red. Esta herramienta facilita la configuración veloz y sencilla de los ajustes de red del dispositivo, logrando la vinculación completa con la cuenta en la nube DIACloud. Se mostrará una serie de pasos para poder enlazar el dispositivo a nuestra Pc.

1. Enlazamos el dispositivo a la fuente de energía y a la computadora mediante un cable de red
2. Conectamos el cable de red conectado a Internet al puerto WAN del dispositivo.
3. Ejecutamos el software DIADevice y hacemos clic en el apartado "Detectar". Como se muestra en la figura 36

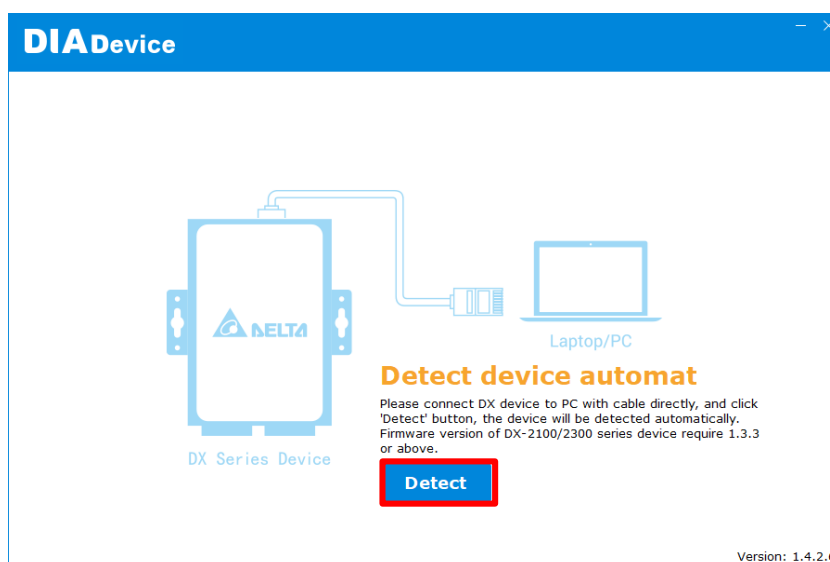


Figura 36. DiaDevice Software

Fuente: Autores

3. Tras la detección del dispositivo por parte de DIACom, se dirigirá automáticamente a la página de inicio de sesión, donde ingresaremos el nombre de usuario y la contraseña (lo cual es admin/admin) y luego presionamos “Enter” para iniciar sesión, ver figura 37.

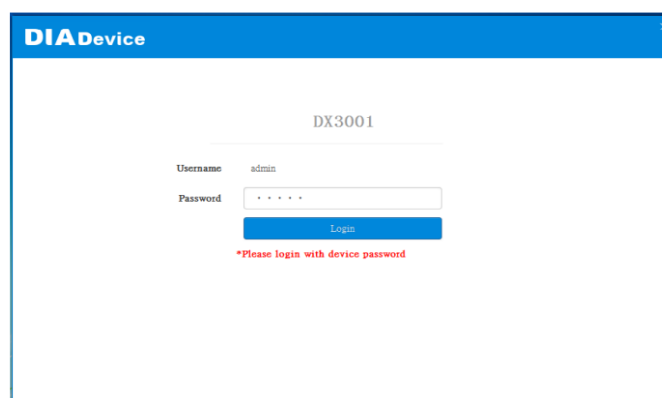


Figura 37. DiaDevice inicio de sesión

Fuente: Autores

4. Después de pasar la autenticación, se muestra la página de información del equipo, que incluye datos fundamentales del del equipo (Nombre del equipo, Número de serie, firmware, dirección IP de la LAN), estatus de la red, contenido de WAN y datos de almacenamiento en la nube.

Como se nos muestra en la figura 38 el dispositivo se encuentra enlazado correctamente.

The screenshot displays the DIA Device software interface. On the left, there is an image of a white industrial device labeled 'DX3001_ED1B' with a QR code and a button labeled 'Open Device Webpage'. The main area shows a status bar with a green checkmark and the text 'Internet Connected'. Below this, there are two sections: 'WAN' and 'Cloud'. The 'WAN' section has a 'Network Setting' button and lists IP Address (192.168.1.3), Subnet Mask (255.255.255.0), and Gateway Address (192.168.1.1). The 'Cloud' section has a 'Bind Device' button and lists Cloud Account (oscarpaul_rodriguez@hotmail.com), Secure Tunnel (default), and Service Status (Enabled). At the bottom, a grey bar displays 'Lan IP Address: 192.168.200.147', 'SN: DX30010220130054', and 'Firmware: 1.3.3.2'.

Figura 38. DiaDevice Software enlazado

Fuente: Autores

3.5 AJUSTES DE PARÁMETROS EN SOFTWARES UTILIZADOS

En este proyecto, se busca lograr el monitoreo de una red fotovoltaica, para ellos, es necesario la elección precisa de programas que se adapten a los equipos y protocolos definidos por el fabricante, como son el IEC 61850 en caso de relés y MODBUS TCP para otros medidores del sistema. La integración de estos elementos permitirá la creación y diseño de un sistema SCADA eficiente.

A continuación, se presentará una descripción detallada de cada uno de los programas implementados en nuestro proyecto, acompañado de una guía paso a paso para su correcto funcionamiento.

3.5.1. ACSELERATOR QUICKSET SEL – 5030

La función principal del software “AcSELeRator QuickSet” radica en facilitar la comunicación y realizar ajustes directos entre relés de tipo SEL (Schweitzer Engineering Laboratories). Su diseño permite simplificar la configuración y la programación de los relés SEL, permitiendo acceder y modificar parámetros críticos de manera eficiente, así como una visualización en su HMI integrado.

En la figura 39 se ilustra la pantalla principal del software, a partir de ella comenzaremos con las configuraciones de nuestro relé Sel – 751.

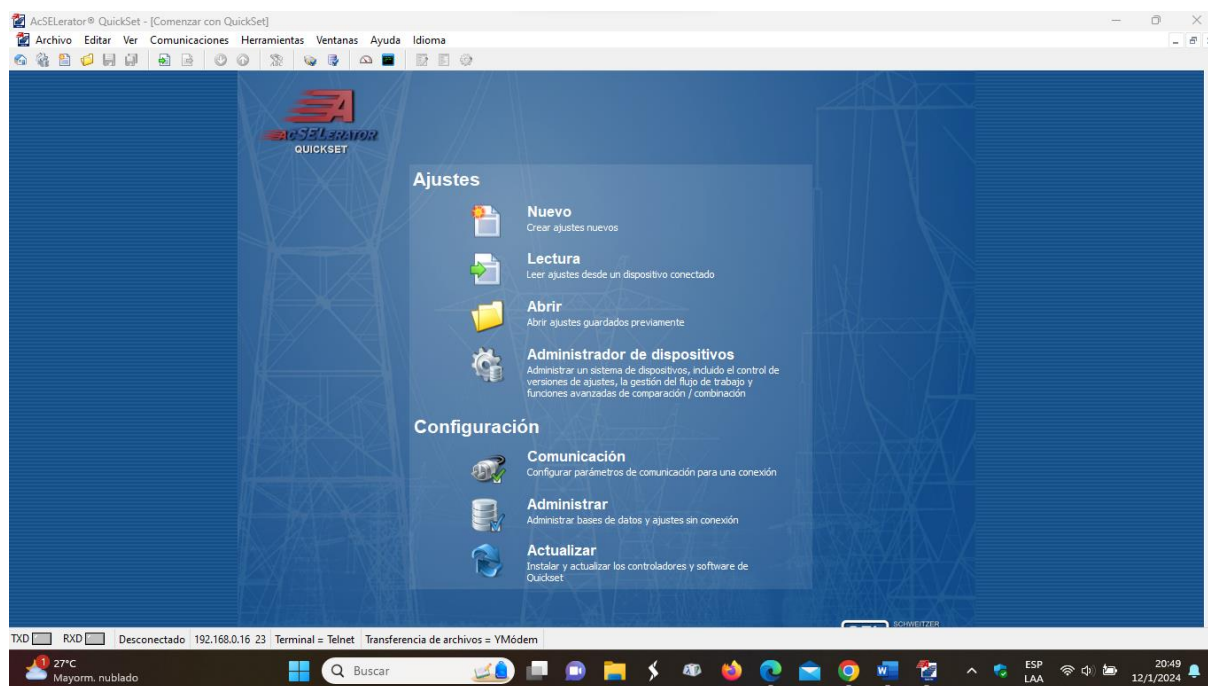


Figura 39. Pantalla principal QuickSet

Fuente: Autores

1. Nos dirigimos a la parte superior de la pantalla principal e ingresamos en el apartado de “comunicaciones” seguido del submenú “parámetros”, ver figura 40.

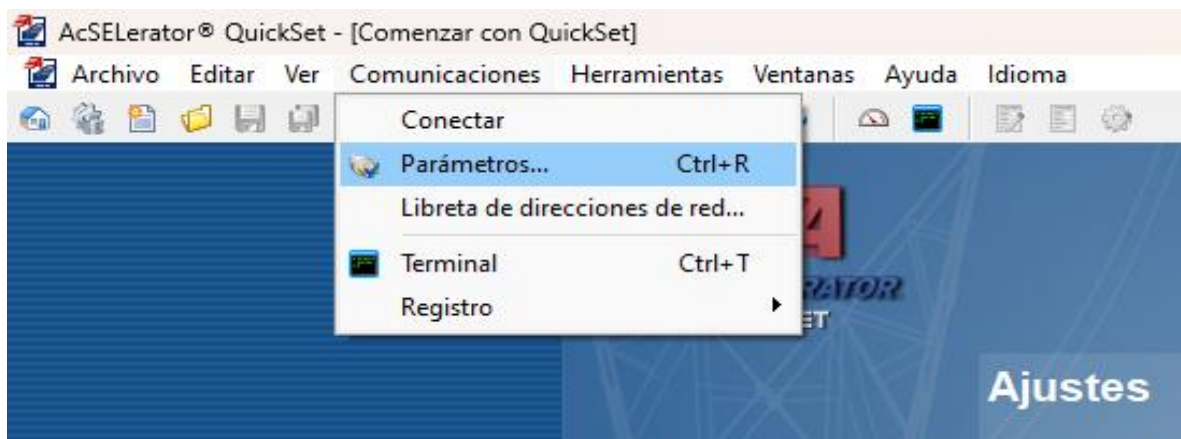


Figura 40. Comunicaciones/Ajustes Quickset

Fuente: Autores

En la figura 41 se ilustra la pantalla previa a los ajustes.

Figura 41. Pantalla de ajustes previos

Fuente: Autores

2. Procedemos a llenar la Pantalla de parámetros de comunicación desplegada en la figura 42 que será explicada en la tabla 2 y damos en “Aceptar” para comenzar a comunicar.

Parámetros de comunicación	
Tipo de conexión activa	Utilizaremos la opción “Red”
Nombre de conexión	El sistema lo establece con uno previamente guardado.
Dirección IP del host	Se configura la dirección IP del relé a comunicar.
Número de puerto (Telnet)	Se utiliza por defecto el número 23.
Opción de transferencia de archivos	Seleccionar la opción “Telnet” para facilidad de comunicación en terminal.
Contraseña de nivel uno	Definida por el fabricante como “OTTER”
Contraseña de nivel uno	Definida por el fabricante como “TAIL”

Tabla 2. Parámetros de comunicación Quickset

The screenshot shows a dialog box titled "Parámetros de comunicación" with a close button (X) in the top right corner. The "Tipo de conexión activa" dropdown menu is set to "Red". Below this, there are three tabs: "Serial", "Red" (which is selected), and "Módem". The "Nombre de conexión" field is empty. The "Dirección IP del host" field contains "192.168.0.16". The "Número de puerto(Telnet)" field contains "23". The "Número de puerto(FTP)" field contains "21". Under "Opción de transferencia de archivos", there are four radio buttons: "FTP", "TCP sin procesar", "Telnet" (which is selected), and "SSH". Below these are fields for "ID de usuario", "Contraseña", "Contraseña de nivel uno" (masked with dots), and "Contraseña de nivel dos" (masked with dots). At the bottom, there are buttons for "Guar en Ita. de direc", "Predet", "Aceptar" (highlighted with a red box), "Cancelar", "Aplicar", and "Ayuda".

Figura 42. Ajuste de parámetros de comunicación Quickset

Fuente: Autores

3. En la figura 43 podemos confirmar que el relé se encuentra conectado.

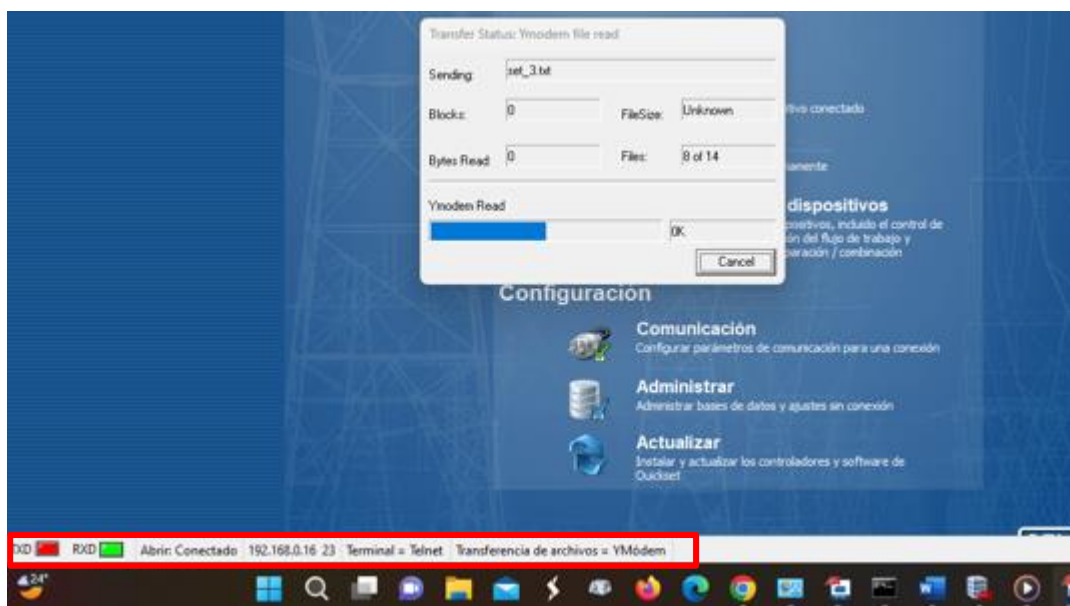


Figura 43. Relé Sel 751 conectado con Quickset

Fuente: Autores

4. La figura 44 se ilustra que la información de los parámetros de comunicación fueron efectivos dentro del Software.

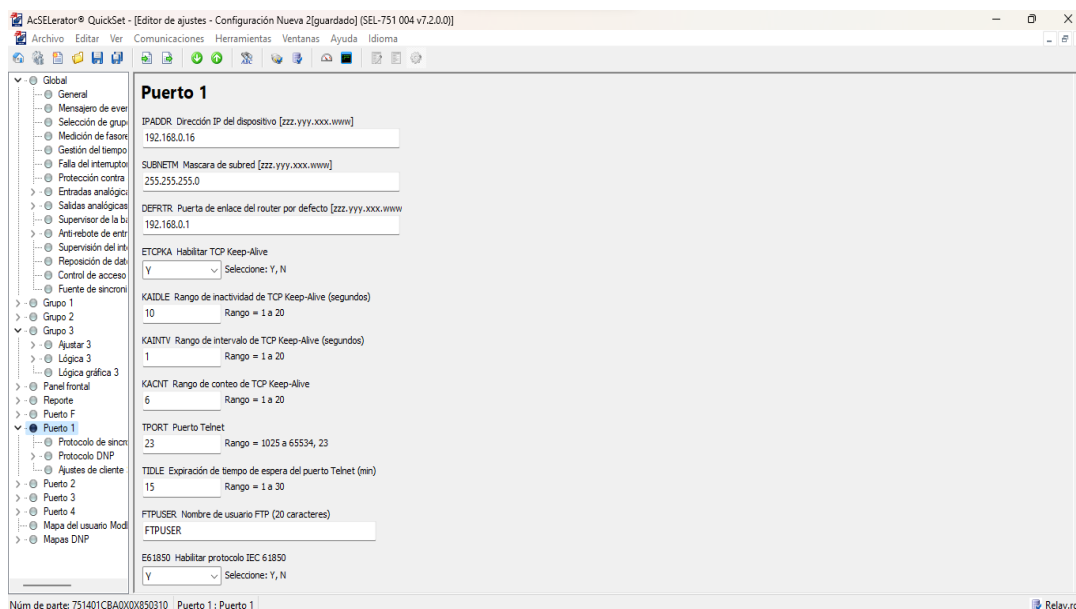


Figura 44. Confirmación de ajustes efectivos en Quickset

Fuente: Autores

5. Una vez ingresado al Software se nos presentará la pantalla ilustrada en la figura 45 que corresponde al editor de configuraciones para nuestro relé, siendo este la parte más importante del mismo porque nos permite ajustar los valores funcionales a trabajar como son: CT, PT, Tipo de conexión y Voltaje nominal.

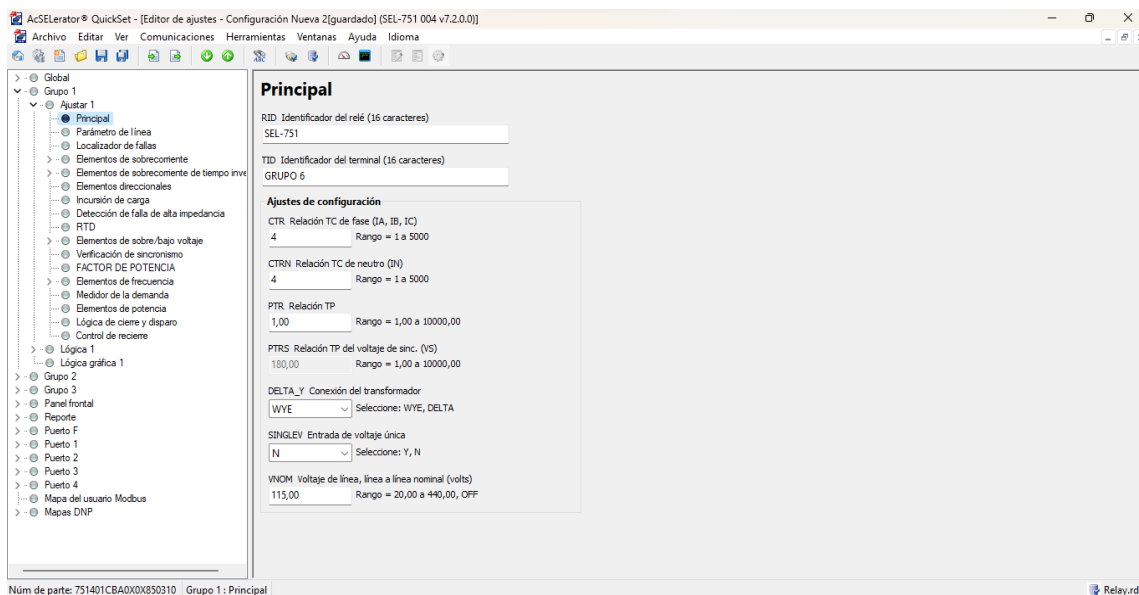


Figura 45. Editor de configuraciones para el Relé

Fuente: Autores

Nota: Dentro del capítulo 4 se presentará parte del Interfaz HMI que viene integrado dentro del Software y que solo se puede acceder a través del ícono señalado en la figura 46 cuando el Relé se encuentre comunicado para visualizar los valores leídos por el mismo.

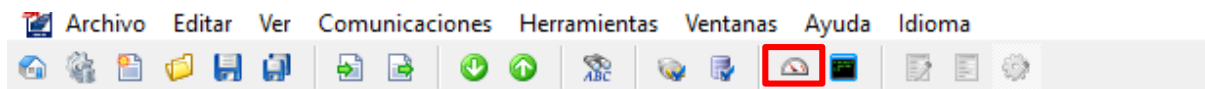


Figura 46. Ícono para visualización HMI

Fuente: Autores

3.5.2. ACSELERATOR ARCHITECT SEL – 5032

El software “AcSELERator Architect” sobresale como una herramienta esencial para editar y desarrollar aplicaciones en conformidad con la normativa IEC 61850. Esto no solo garantiza la interoperabilidad entre equipos, sino que también facilita la comunicación efectiva de información crítica en el ámbito de la automatización. Ofreciendo un marco de programación fácil de usar, simplifica la creación de proyectos utilizando protocolos clave como MMS y GOOSE, fortaleciendo así la confiabilidad del sistema y asegurando una implementación robusta y acorde con los protocolos establecidos.

Para comenzar con la configuración del Relé Sel – 751 dentro de este software, se ilustra la Interfaz de programación en la figura 47, donde contamos con las siguientes partes:

- **Project Editor:** Dentro de esta parte se configuras las CID del relé, al igual que se muestran las propiedades como reportes, Datasets, Goose, entre otros.
- **IED Palette:** Nos ofrece la elección de los equipos SEL cargados entro del software para ser configurados por el operador.
- **Output:** Nos presenta la información de las actividades realizadas en el proyecto.

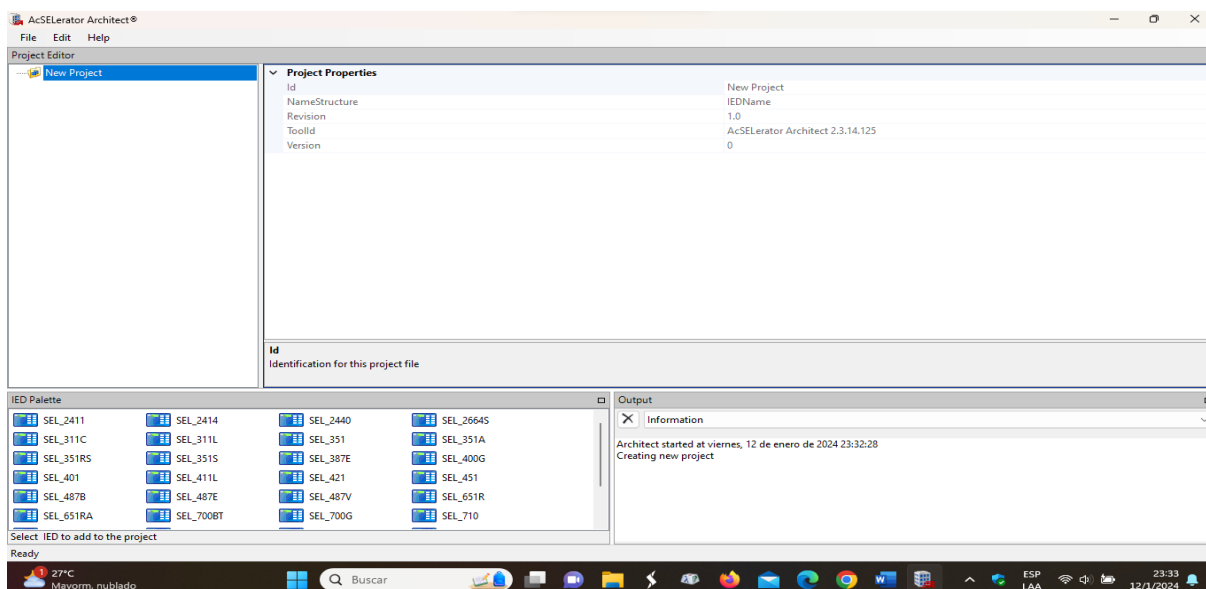


Figura 47. Interfaz de edición en Architect

Fuente: Autores

1. Procedemos a agregar los dispositivos necesarios para nuestro proyecto, en este caso, lo son la RTAC 3530 y el Relé Sel 751. Para ello, damos clic derecho sobre la parte de “New Project” y nos colocamos en el apartado de “Add IED” el cual nos desplegará el menú completo de todos los dispositivos que se encuentran en el software. La imagen 48 ilustra la elección de Relé y la imagen 49 para la RTU.

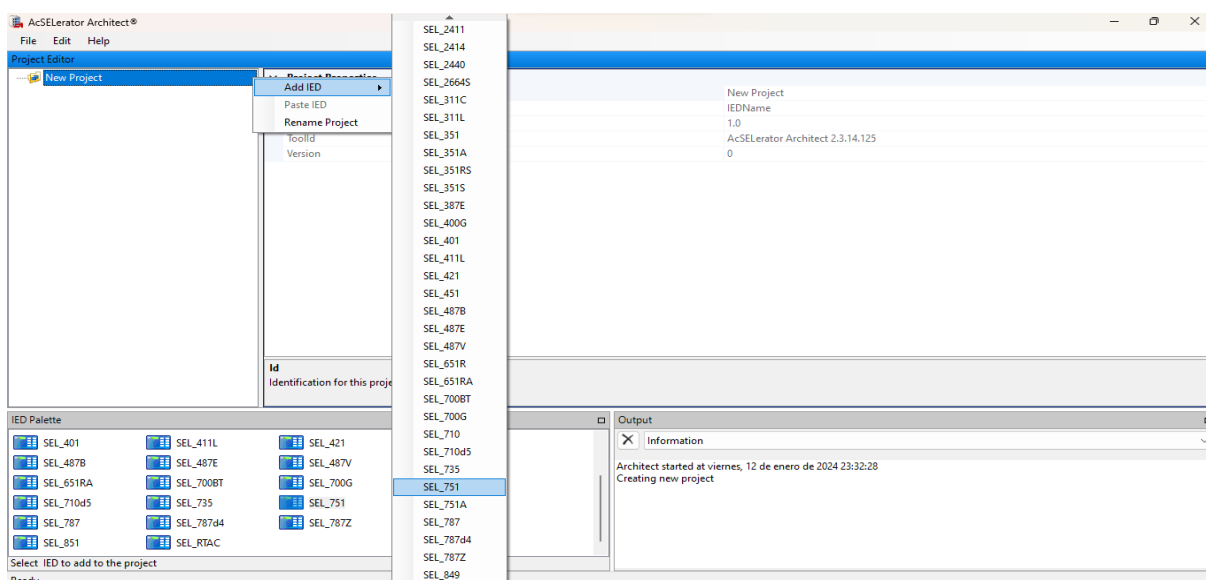


Figura 48. Elección del Relé en Architec

Fuente: Autores

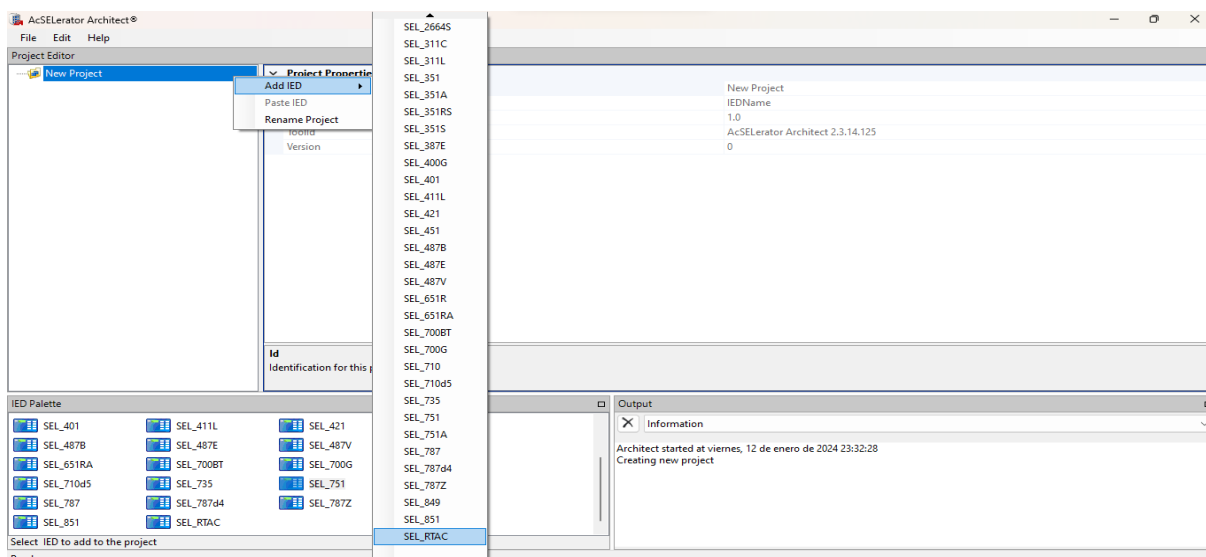


Figura 49. Elección de la RTAC en Architec

Fuente: Autores

2. Una vez elegidos los equipos, procedemos con la elección de la versión de cada uno de ellos y dando Clic en “Ok” una vez seleccionado los mismos. Para ello, será ilustrado en las figuras 50 y 51 respectivamente.

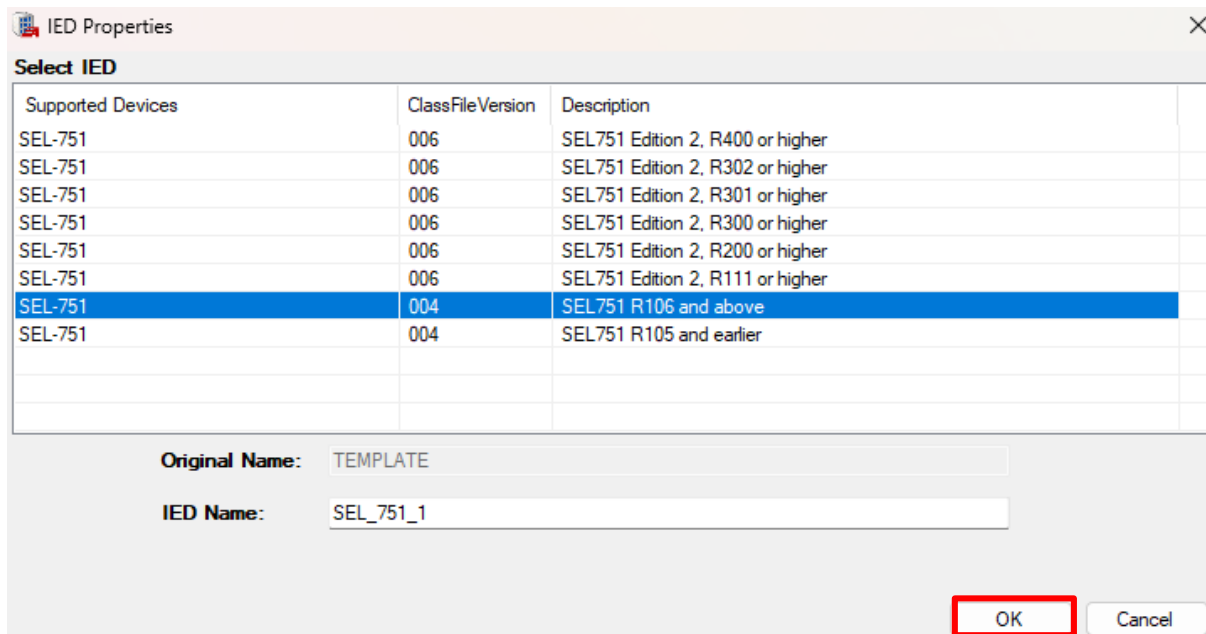


Figura 50. Elección versión de Relé

Fuente: Autores

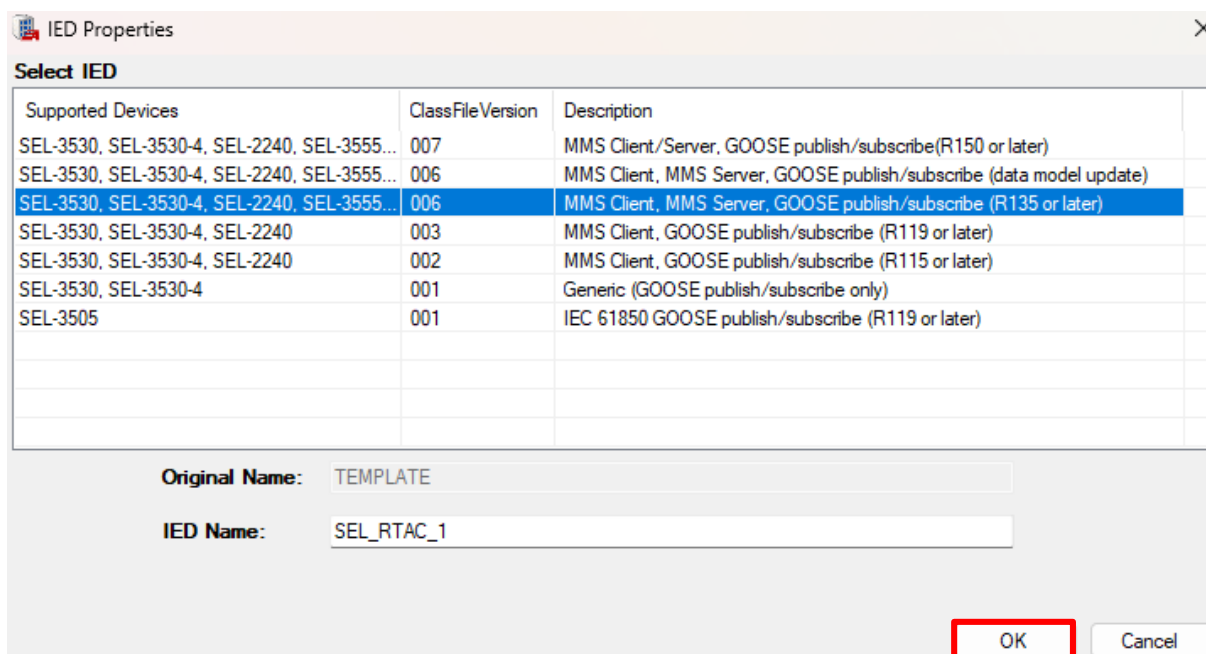


Figura 51. Elección versión de RTU

Fuente: Autores

3. El sistema automáticamente arrojará la pantalla mostrada en la figura 52, donde procedemos a realizar la elección del modelo de control.

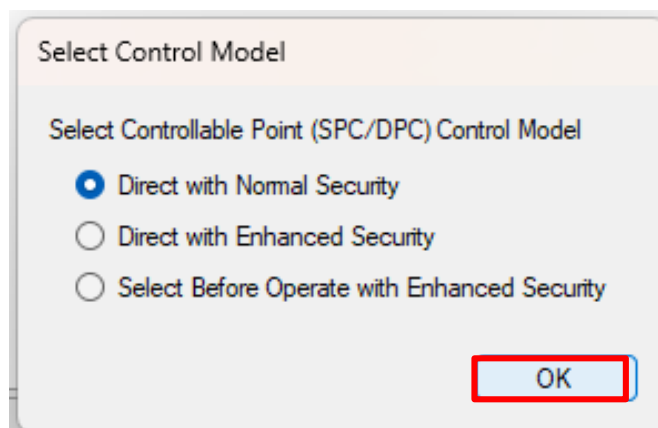


Figura 52. Selección del modelo de control

Fuente: Autores

4. En la tabla 1 fueron indicadas las IP respectivas a utilizar dentro de cada equipo, la cual haremos uso en la pestaña “Properties”. Para el relé se indica en la figura 53 y para la RTAC en la figura 54.

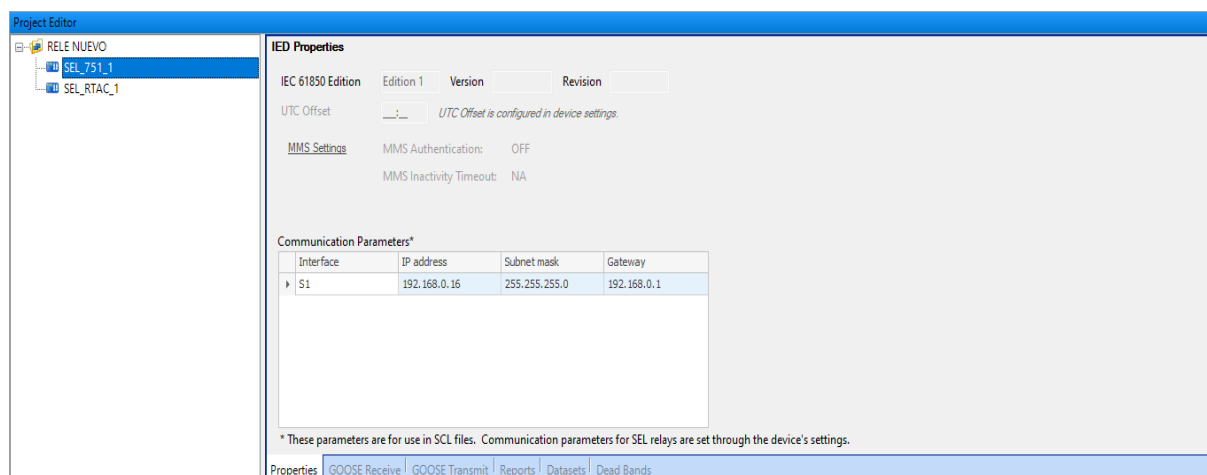


Figura 53. IP para el RELÉ

Fuente: Autores

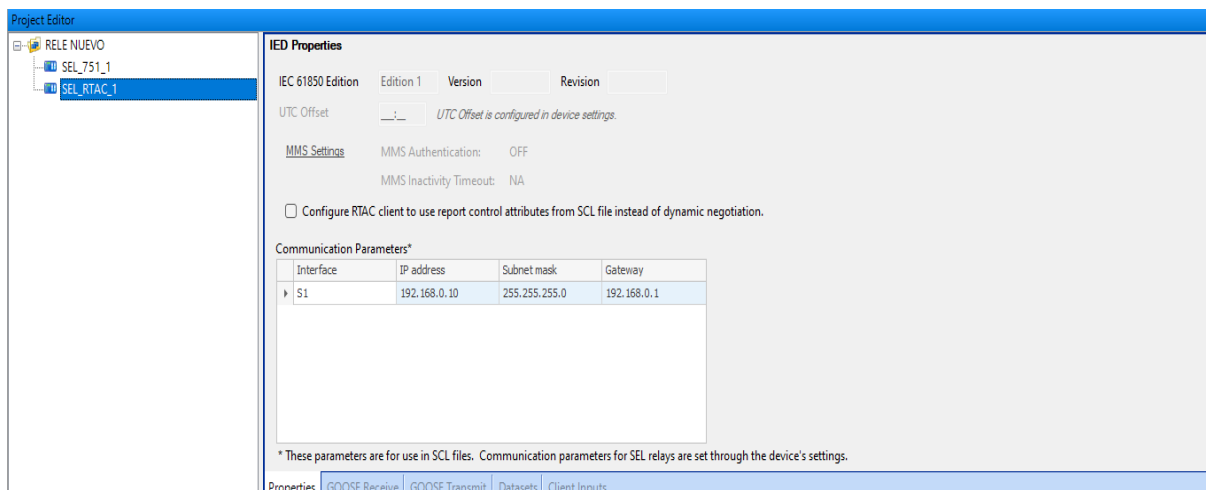


Figura 54. IP para la RTAC

Fuente: Autores

5. En el apartado “Datasets” es donde se muestran los diferentes nodos lógicos que viene predefinidos por el fabricante como ilustra en la figura 55. Los mismos pueden ser eliminador por el usuario en caso de no necesitarlos y crear nuevos en base a las necesidades de su proyecto.

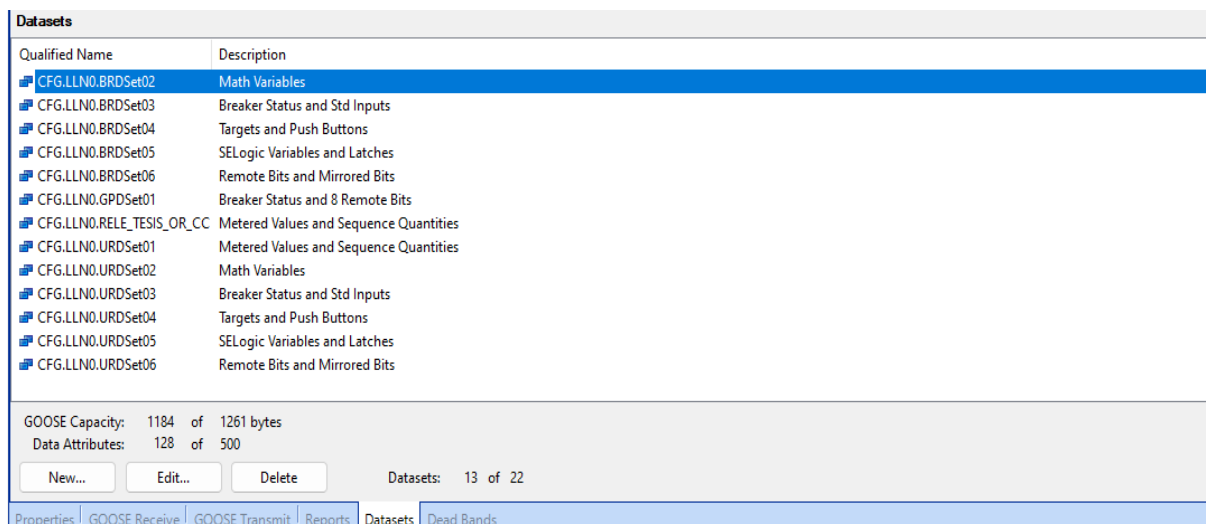


Figura 55. Datasets del fabricante

Fuente: Autores

6. Para este proyecto, el relé únicamente contará con la función de medidor, por ello, utilizaremos “Metered Values and Sequence Quantities” y dentro de este apartado procederemos a agregar todas las variables que deseamos medir en nuestro sistema como se puede apreciar en la figura 56.

Nota: Las variables utilizadas fueron consultadas en el manual del fabricante específicamente en el apartado “IEC 61850 Communications - Table G.40 Logical Device: MET (Metering)”, la cual estará adjuntada en el Anexo 1 para más información.

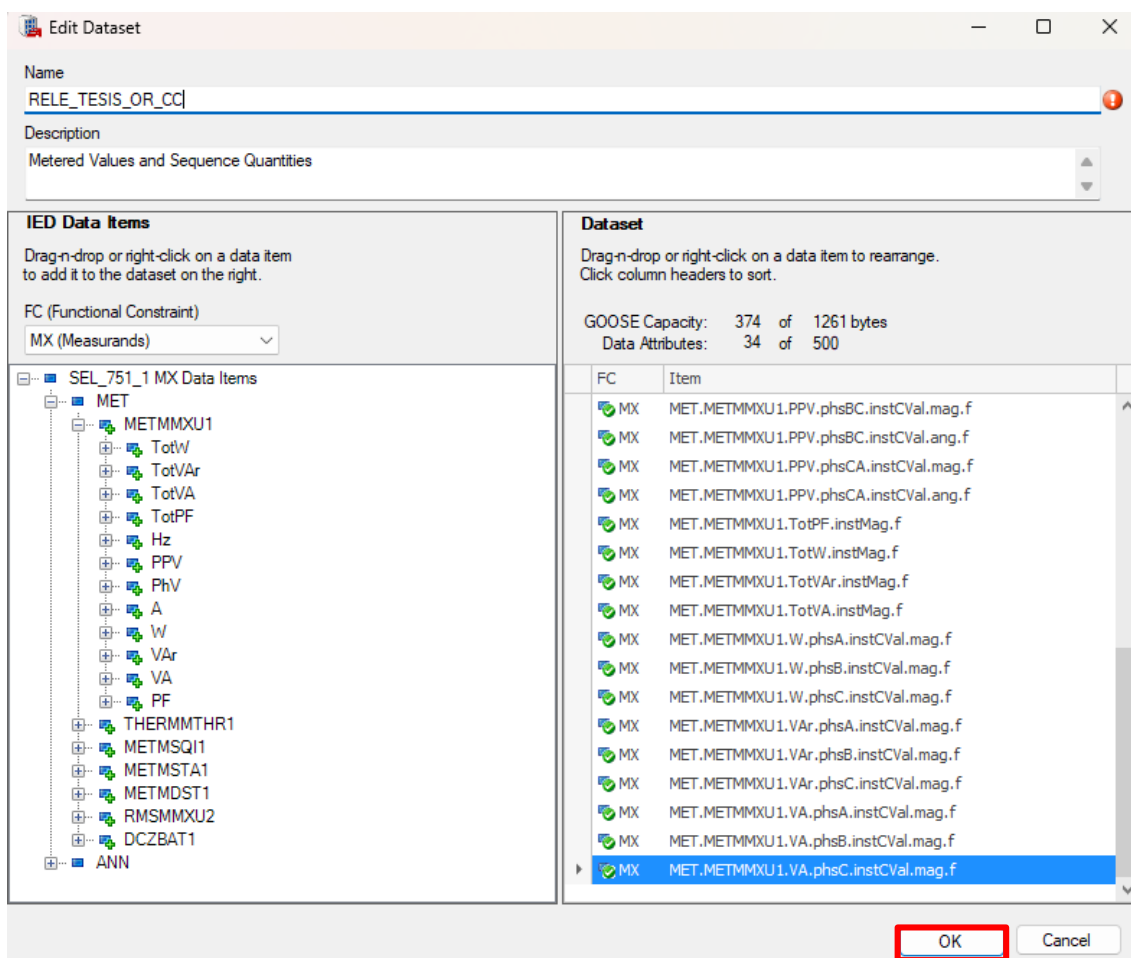


Figura 56. Variables por medir en el relé

Fuente: Autores

7. En el apartado “Dead Bands” podemos visualizar todos los nodos lógicos que fueron agregados al relé, ver figura 57.

DOI	Mag	Angle	Units
TotW	500		kWatts
TotVAr	500		kVAr
TotWA	500		kVA
TotPF	0,05		
Hz	0,5		Hz
PPV.phsAB	500		V
PPV.phsBC	500		V
PPV.phsCA	500		V
PhV.phsA	500		V
PhV.phsB	500		V
PhV.phsC	500		V
PhV.res	500		V
A.phsA	10		A
A.phsB	10		A
A.phsC	10		A

Figura 57. Dead Bands del relé

Fuente: Autores

8. Para la creación de los reportes MMS de los DataSets ya creados, nos vamos a dirigir la pestaña de “Reports” y procedemos a llenar con la información solicitada, ver Figura 58.

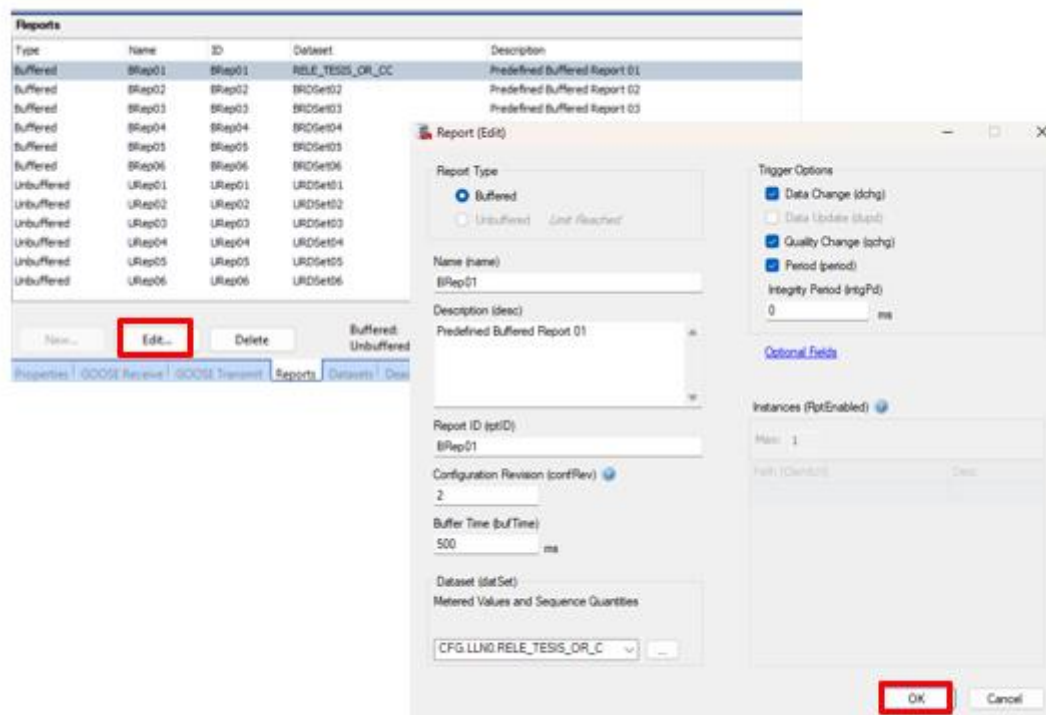


Figura 58. Creación de reportes MMS

Fuente: Autores

9. Estos reportes deben ser enviados a la RTAC tal como se visualiza en la figura 59.

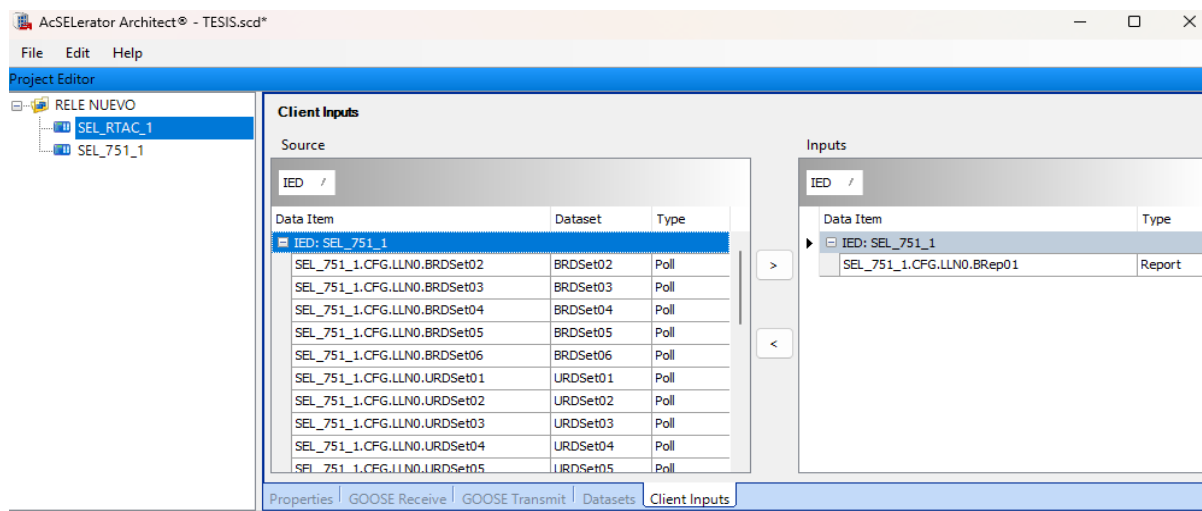


Figura 59. Envío de reportes a RTAC

Fuente: Autores

10. Una vez elaborados de los reportes en formato MMS, se debe proceder con el envío de los ajustes realizados a los clientes IEC 61850, para ellos, damos clic derecho sobre el Relé 751 y seleccionamos la opción “Send CID”, ver figura 60.

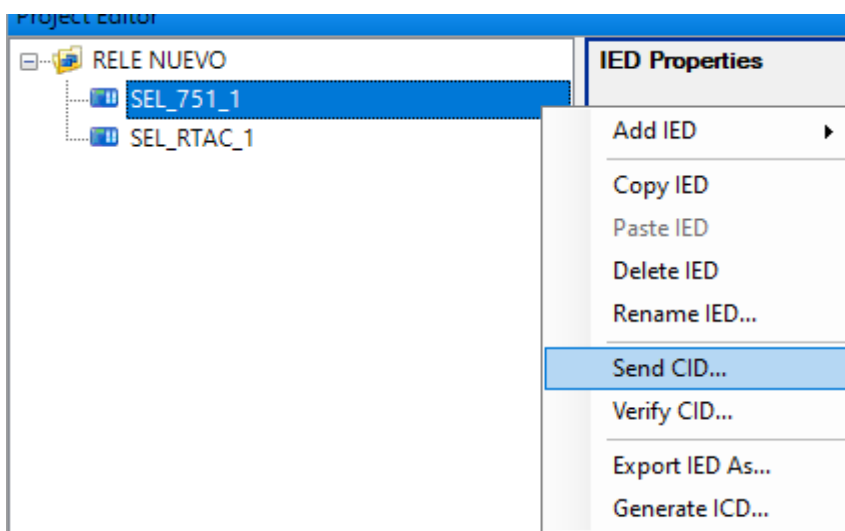


Figura 60. Envío de CID del Relé

Fuente: Autores

11. Una vez que se empiece a realizar el envío el software mostrará el mensaje que se indica en figura 61. Damos clic en “Next”, donde el programa automáticamente mostrará el avance del mismo.

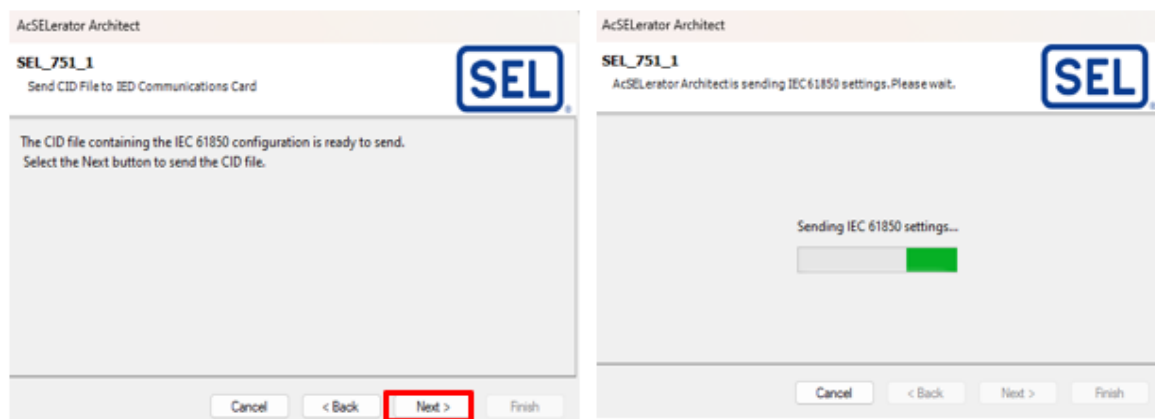


Figura 61. Proceso de envío CID

Fuente: Autores

12. El programa envía el mensaje que la información fue enviada correctamente tal como se visualiza en la figura 62.

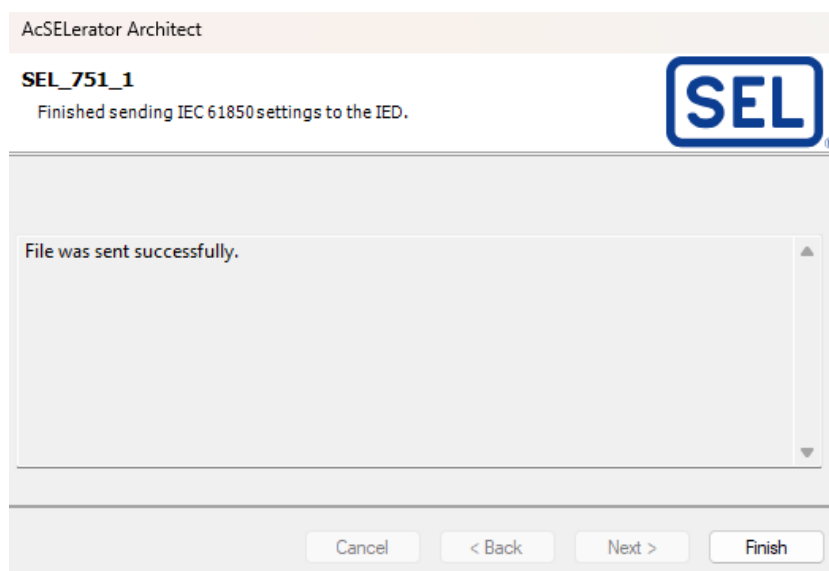
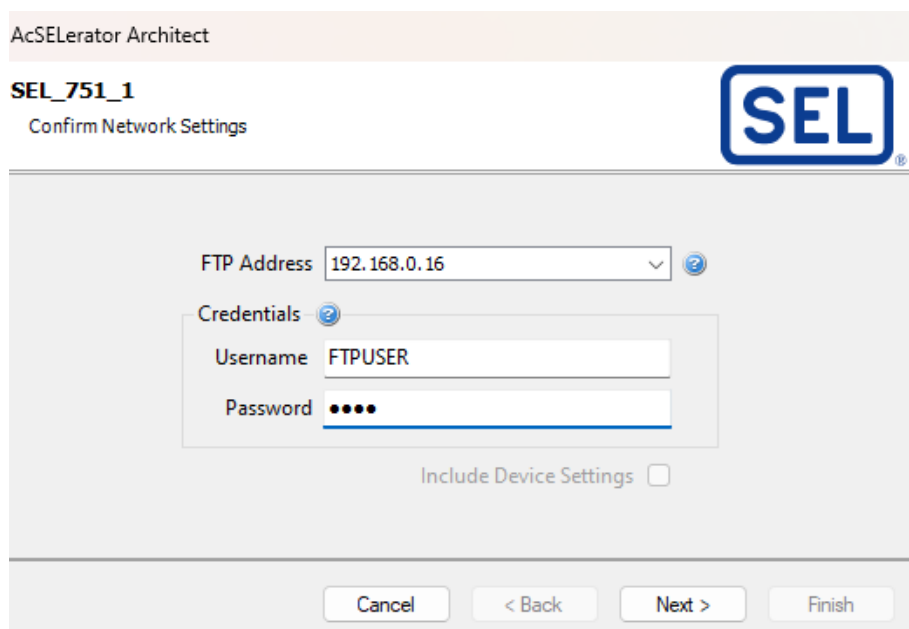


Figura 62. Envío exitoso del CID

Fuente: Autores

13. Finalmente, el software nos mostrará la pantalla ilustrada en la figura 63 donde se solicita el ingreso del usuario “FTUSER” y contraseña “TAIL” definidos por el fabricante para confirmar las configuraciones de red realizadas.



The screenshot shows a software window titled "AcSElerator Architect" with a sub-window "SEL_751_1" and the text "Confirm Network Settings". The SEL logo is in the top right. The main area contains a form with the following elements:

- FTP Address: 192.168.0.16 (with a dropdown arrow and a help icon)
- Credentials section (with a help icon):
 - Username: FTUSER
 - Password: masked with four dots
- Include Device Settings:
- Navigation buttons at the bottom: Cancel, < Back, Next >, Finish

Figura 63. Confirmación de configuraciones de red

Fuente: Autores

3.5.3. DIADEVICE NETWORK STATUS

Para facilitar la comunicación del Radiómetro, implementamos la pasarela Delta, que posibilita la transferencia de datos desde el protocolo de comunicación Modbus RTU (485) a Modbus TCP/IP. Este proceso se llevó a cabo de manera efectiva mediante el software DIADEVICE NETWORK, siguiendo una secuencia detallada de pasos que describiremos a continuación.

1. Una vez que nos encontramos con nuestro enrutador en línea debemos ir a la parte de “System” que se encuentra en parte superior de la página, como se observa en la figura 64

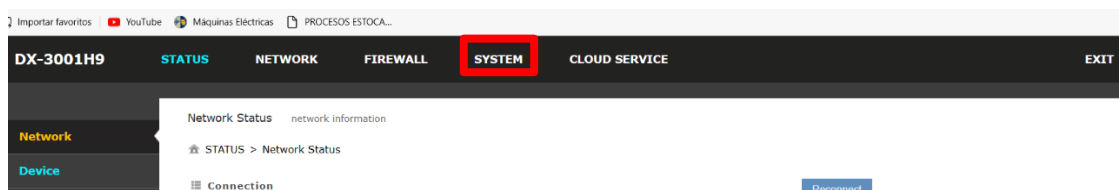


Figura 64. Network/System DIADVICE

Fuente: Autores

2. En el apartado “System” escogemos la interfaz Rs485 que es el medio de comunicación por el cual nuestro radiómetro nos puede mostrar los diversos valores, tal como se visualiza en la figura 65.

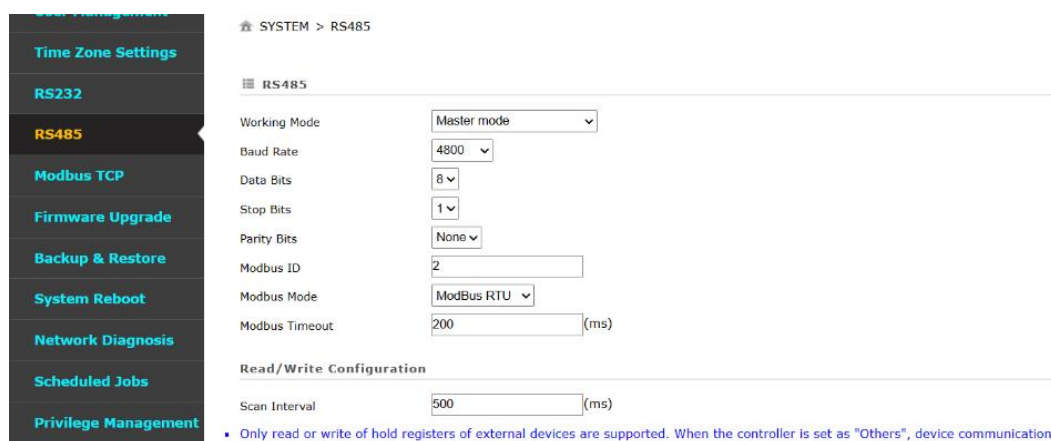


Figura 65. RS485 en DIADVICE

Fuente: Autores

3. La opción para escoger se debe hacer en base al manual del equipo a usar, en nuestro caso el radiómetro tiene una velocidad de 4800 bps, Data Bits 8, stop Bits 1, se configura el modo de comunicación para el dispositivo. El dispositivo es compatible con ModBus RTU y ModBus ASCII. El temporizador de tiempo de espera va desde 200 ms hasta 5000 ms. Si el valor establecido está fuera de rango, se cambiará automáticamente al valor máximo o mínimo. Tal como se observa en la figura 66.

Nota: Para más información, el manual completo se encontrará en el Anexo 2.

🏠 SYSTEM > RS485

☰ RS485

Working Mode

Baud Rate

Data Bits

Stop Bits

Parity Bits

Modbus ID

Modbus Mode

Modbus Timeout (ms)

Read/Write Configuration

Scan Interval (ms)

- Only read or write of hold registers of external devices are supported. When the controller is set as "Others", device communication address should be input in hexadecimal.
- When the register address of the external device is standard Modbus address, which is in the range of 400001 to 4XXXXX, the latter 4 digits of the address should minus one, and then convert the result to hexadecimal. For example, communication address of standard Modbus address 40242 will be 00F1.
- When communicate with PLC of Delta, the starting address can be set as the internal register number. For example, input 0 for register D0.
- The acceptable address range of this device is from 2048 to 4095 in decimal.

[Add Mappings](#)

Row Number	Read/Write	Slave ID	Controller	Address Type	Slave Starting Address	Device Starting Address(\$2048-\$4095)	Length(1-123)	Operation
1	Readonly	2	Others	W(HEX)	2	\$2064	50	Delete

Figura 66. Ajuste de parámetros RS485

Fuente: Autores

4. Para Configura la dirección de inicio del dispositivo se debe escoger un rango (decimal, el rango de entrada es de \$2048 a \$4095). El símbolo "\$" especifica que la coincidencia debe comenzar al principio de la dirección de inicio del dispositivo, además se escoge el número de la dirección continúa seguido de la dirección mapeada predeterminada, como se observa en la figura 67.

- When communicate with PLC of Delta, the starting address can be set as the internal register number. For example, input 0 for register D0.
- The acceptable address range of this device is from 2048 to 4095 in decimal.

[Add Mappings](#)

Row Number	Read/Write	Slave ID	Controller	Address Type	Slave Starting Address	Device Starting Address(\$2048-\$4095)	Length(1-123)	Operation
1	Readonly	2	Others	W(HEX)	2	\$2064	50	Delete

Figura 67. Dirección de inicio del equipo

Fuente: Autores

5. Para añadir los registros debemos dirigirnos a la opción de “Register Management” que se encuentra en la parte de “System”, en el cual se debe colocar el rango de dirección usado anteriormente y definir un numero específico de mapeo a visualizar, y guardamos los cambios en la opción de “Save”, como se aprecia en la figura 68.

Nota: Para la visualización de los registros se debe acceder al DiaCloud lo cual será mostrado en el capítulo siguiente.

Figura 68. Register Management

Fuente: Autores

3.5.4. ACSELERATOR RTAC SEL - 5033

Dentro de nuestro proyecto, Asclerator RTAC asume un papel fundamental como el software principal para la adquisición y concentración de datos en tiempo real. Su característica destacada es la habilidad para transformar datos entre los distintos protocolos integrados en la RTU. Además, su robusta seguridad integrada añade un nivel adicional de confiabilidad al sistema, consolidando su papel esencial en la gestión eficiente y segura de la información en los equipos.

1. Al ingresar al programa el sistema nos mostrará una pantalla de seguridad donde nos solicita una contraseña para el ingreso, la misma fue definida por el fabricante como “TAIL” e ingresamos dando clic en “Login”, ver figura 69.

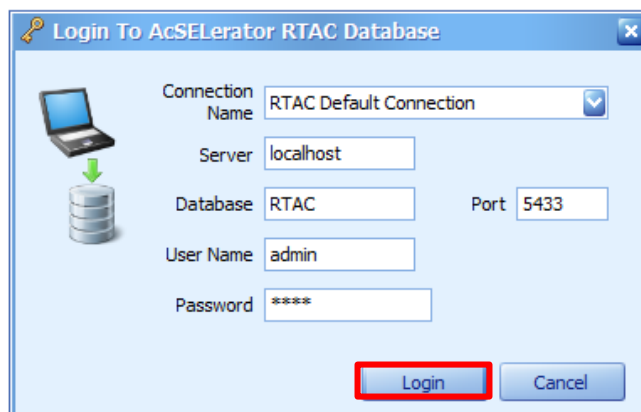


Figura 69. Contraseña de ingreso software RTAC

Fuente: Autores

2. Una vez validada la contraseña, procedemos con la creación del proyecto en la pestaña de “New project”, seguido de una pantalla que nos indica la elección del modelo de la RTAC y su versión elegida en la figura 70, para continuar damos clic en “Create”.

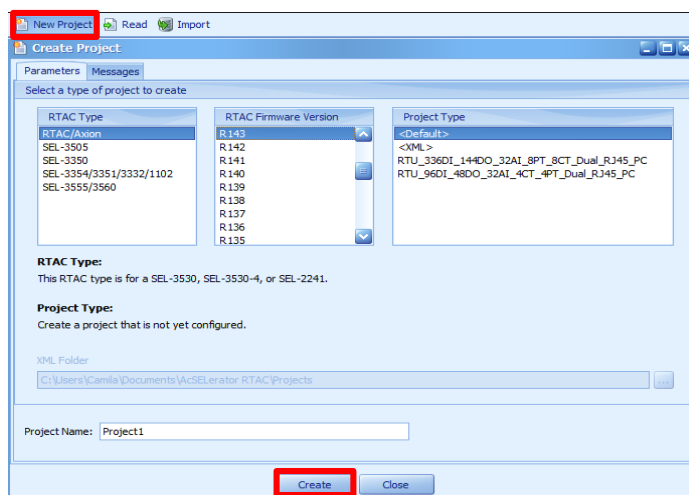


Figura 70. Elección versión de la RTAC

Fuente: Autores

3. En el menú principal nos dirigimos a la pestaña de “Insert” y elegiremos el apartado de “IEC 61850” seguido de “Set IEC 61850 configuration” que es el apartado donde cargaremos la información del archivo .SCD creado en el Architec para el Relé 751 y la RTAC, ver figura 71 y 72.

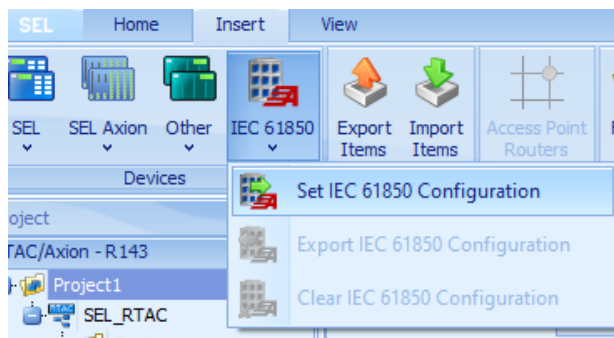


Figura 71. Elección del protocolo IEC 61850

Fuente: Autores

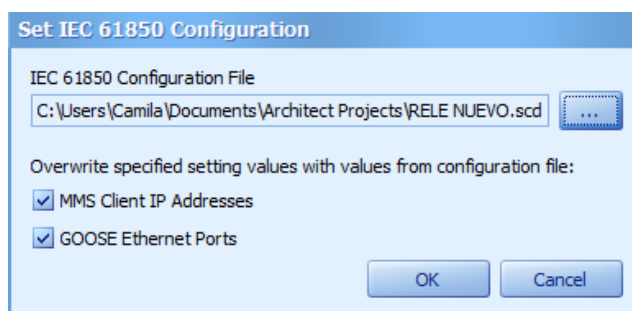


Figura 72. Archivo .SCD para IEC 61850

Fuente: Autores

4. Una vez cargado correctamente el archivo .SCD, podremos visualizar en la figura 73 que se crea automáticamente el Apartado de RELÉ Y RTAC en nuestro software.

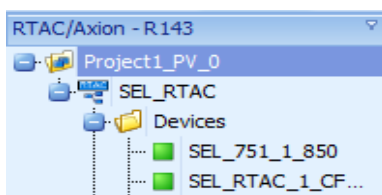


Figura 73. Relé y RTAC creados en el software

Fuente: Autores

5. En el apartado “Settings” podemos ver las configuraciones que han sido guardadas en el Relé y RTAC respectivamente, Ver figura 74 y 75.

Settings	Setting	Value	Range	Description	Comm
Datasets	Subnet Name	Architect		Name of the subnetwork to which this IED belongs, as indicated within the Architect Pr...	
Reports	IED Name	SEL_751_1		Name of the remote IED that this IEC 61850 Client POU will control.	
CFG.LLN0.RELE_TESIS_OR_CC	Access Point	S1		Name of the IED access point connected to the named subnetwork.	
CFG.LLN0.RELE_TESIS_OR_CC Status Tags	IP Address	192.168.0.16		The IP address of the remote IED. A valid IPv4 dotted decimal address is required.	
CFG.LLN0.RELE_TESIS_OR_CC Binary Control Tags	Client Identifier	SEL_751_1		This setting can be defined using any characters. Each IEC 61850 client that may com...	
CFG.LLN0.RELE_TESIS_OR_CC Control Tags	Request Timeout	4000	20-65535 (millis...	The maximum time allowed for the remote IED to respond to a client request.	
All Binary Control Tags	Request Retries	0	0-255	The number of additional attempts by the client to issue a request that the remote IE...	
All Other Control Tags	Heart Beat Interval	100	1-65535 (secon...	The interval between status requests when the remote IED is idle.	
POU Pin Settings	MMS Comtrade Enable	False	True,False	This will enable the collection of all files in the Comtrade folder in server via MMS file tr...	
Tags	MMS FileServices Period	3600	0, 30-4294967 (...	The period in which the files from the server are collected.	
Controller					

Figura 74. Settings Relé Sel - 751

Fuente: Autores

Settings	Setting	Value	Range	Description	Comment
Message	Ethernet_Port	Eth_01	Eth_01,Eth_02	GOOSE Physical ethernet interface that messages will be transmitted and/or received ...	
Message Data	GOOSE_Test_Blocks_Tag_Up...	False	True,False	Received Test parameter blocks tag updates.	
POU Pin Settings					
Tags					
Controller					

Figura 75. Settings RTAC - 3530

Fuente: Autores

6. Para la creación de servidores con protocolo MODBUS TCP/IP, nos vamos a dirigir a la opción “Devices”, seguido de “Add Other Device” y “Modbus Protocol”, ver figura 76.

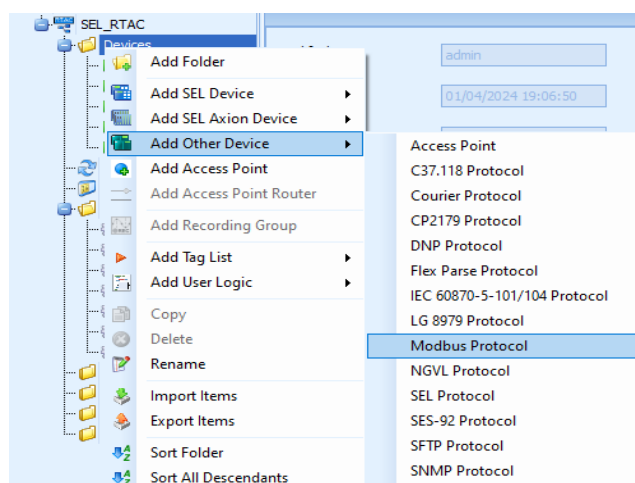


Figura 76. Creación de dispositivos Modbus

Fuente: Autores

7. Tanto el Sensor de irradiancia solar (radiómetro) como el Analizador de redes (PAC 3200) utilizarán la conexión de tipo “Cliente – Servidor” como se puede apreciar en las figuras 77 y 78 respectivamente.

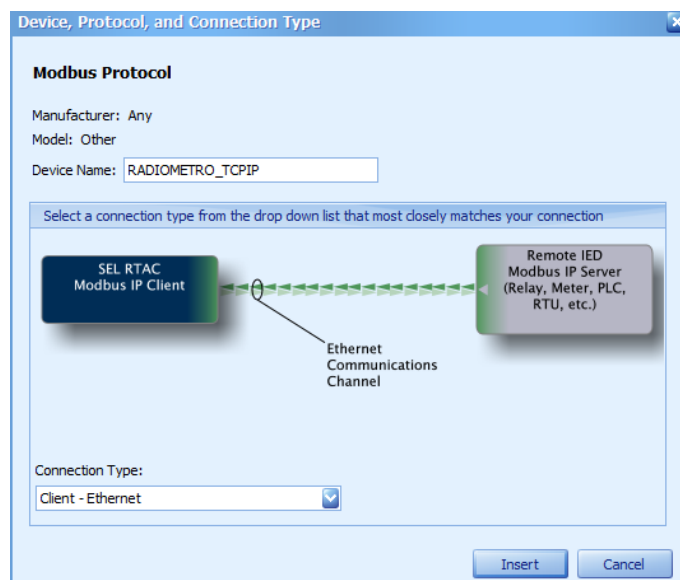


Figura 77. Tipo de conexión Radiómetro

Fuente: Autores

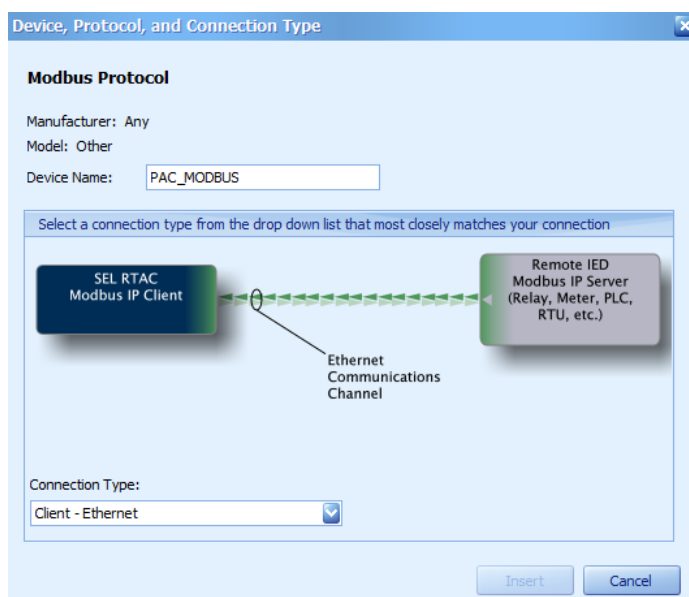


Figura 78. Tipo de conexión Analizador de red

Fuente: Autores

8. En el apartado “Settings” podemos realizar las configuraciones (IP del dispositivo, puerto IP, Adress) para el Radiómetro y el Analizador respectivamente, Ver figura 79 y 80.

Nota: Considerar que esta información viene dada por los fabricantes y serán detalladas en el Anexo 3.



Figura 79. Settings Radiómetro

Fuente: Autores



Figura 80. Settings PAC 3200

Fuente: Autores

9. La creación de las variables a monitorear por parte de nuestros medidores se realiza en la parte de “Input Register” y “Read Input Register Polls” respectivamente, ver Imagen 81, 82, 83 y 84. Al igual que los “Settings” estas tablas vienen dadas por los fabricantes de cada equipo y serán adjuntadas en los Anexos respectivos de este proyecto.

Enable	Tag Name	Tag Type	Tag Alias	Register Address Start	Register Address Stop	Variation	Bit Reference	Number of Bytes	Status Value	Inst Magnitude
True	PAC_MODBUS.IREG_00009	MV		9	10	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00011	MV		11	12	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00013	MV		13	14	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00015	MV		15	16	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00017	MV		17	18	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00019	MV		19	20	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00021	MV		21	22	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00023	MV		23	24	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00025	MV		25	26	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00027	MV		27	28	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00029	MV		29	30	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00031	MV		31	32	32 bit float MSR				
True	PAC_MODBUS.IREG_00033	MV		33	34	32 bit float MSR				

Figura 81. Input Register PAC 3200

Fuente: Autores

Poll Number	Starting Address	Quantity	Poll Period
3	3	2	2000
4	7	2	2000
5	9	2	2000
6	11	2	2000
7	13	2	2000
8	15	2	2000
9	17	2	2000
10	19	2	2000
11	21	2	2000
12	23	2	2000
13	25	2	2000
14	27	2	2000
15	29	2	2000

Figura 82. Read Input Register Polls PAC 3200

Fuente: Autores

Enable	Tag Name	Tag Type	Tag Alias	Register Address Start	Register Address Stop	Variation	Bit Reference	Number of Bytes	Status Value
True	RADIOMETRO_TCP_MODBUS.IREG_00000	MV		2080	2080	16 bit signed MSB			

Figura 83. Input Register Radiómetro

Fuente: Autores

The screenshot shows the 'Settings' window for 'RADIOMETRO_TCP_MODBUS'. The 'Discrete Inputs' section is active, displaying a table with the following data:

Drag a column header here to group by that column	Poll Number	Starting Address	Quantity	Poll Period
	1	2080	2	2000

Figura 84. Read Input Register Polls Radiómetro

Fuente: Autores

10. Para el sistema Scada es necesario realizar la creación de otro dispositivo dentro del software, para ello utilizaremos la configuración de “Server – Ethernet” a través de protocolo Modbus para lograr la comunicación efectiva desde la RTAC siendo esta quien envía información hasta el HMI creado en WinCC que la recibe, Ver figura 85.

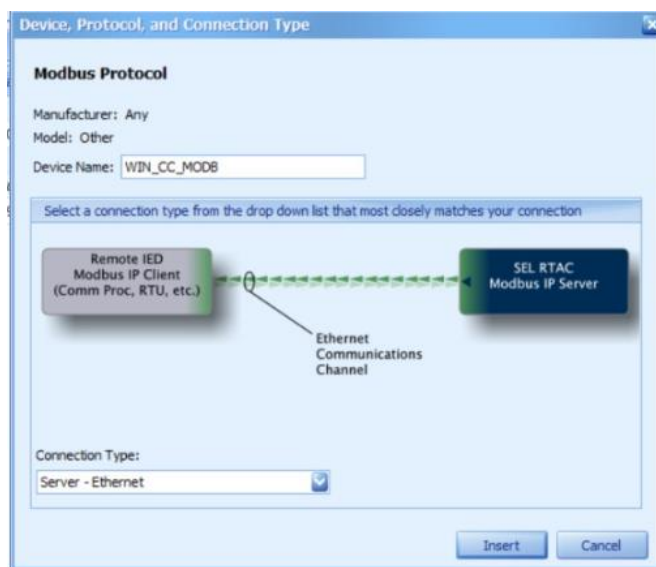


Figura 85. Tipo de conexión WinCC

Fuente: Autores

11. Al igual que en los otros dispositivos, en el apartado de “Settings” podremos configurar la dirección IP del equipo al que se encargará de enviar la información, que en este caso sería el de la computadora, ver imagen 86.

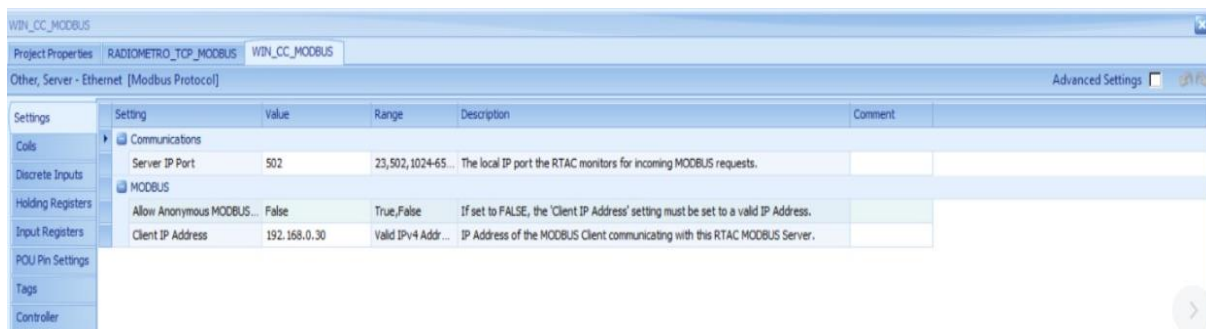


Figura 86. Settings WinCC

Fuente: Autores

12. En este caso, la creación de las variables será global, es decir, todas las variables que tendremos entre el Relé Sel 751, el Analizador de redes PAC 3200 y el radiómetro, serán creadas en una sola lista a través del “Input Registers” iniciando desde la dirección “00” con una variación de 16 bits ilustrados en la figura 87.

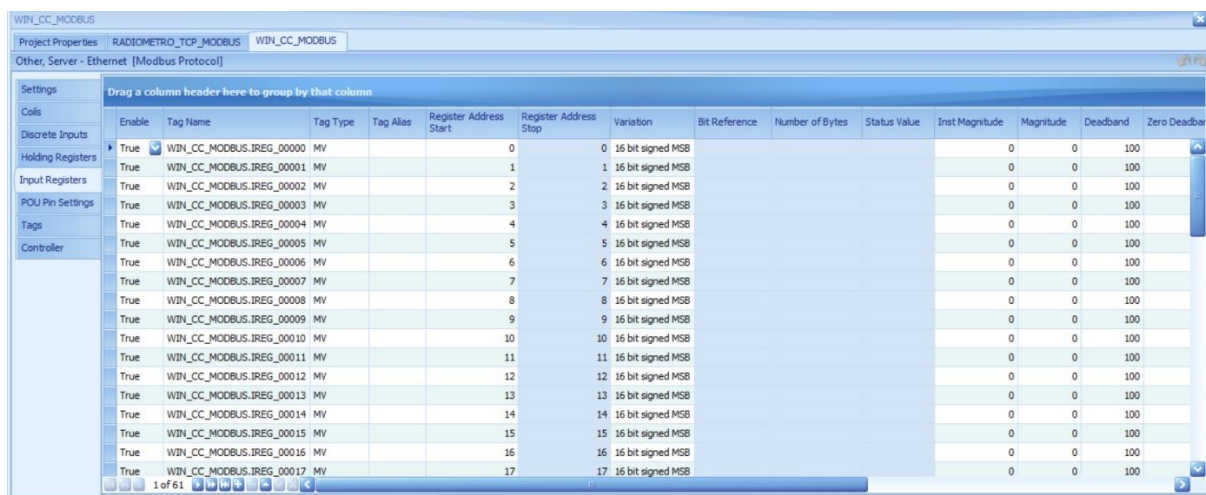


Figura 87. “Input Registers WinCC”

Fuente: Autores

13. En la figura 88 se ilustra el menú del “Tag Processor” que es la herramienta principal para el mapeo de las variables creadas en el proyecto, para ello, es necesario que nosotros en la parte de “Destination Tag Name” coloquemos todas las variables a donde queremos que sean dirigidas y en el apartado “Source Expression” de donde provienen.

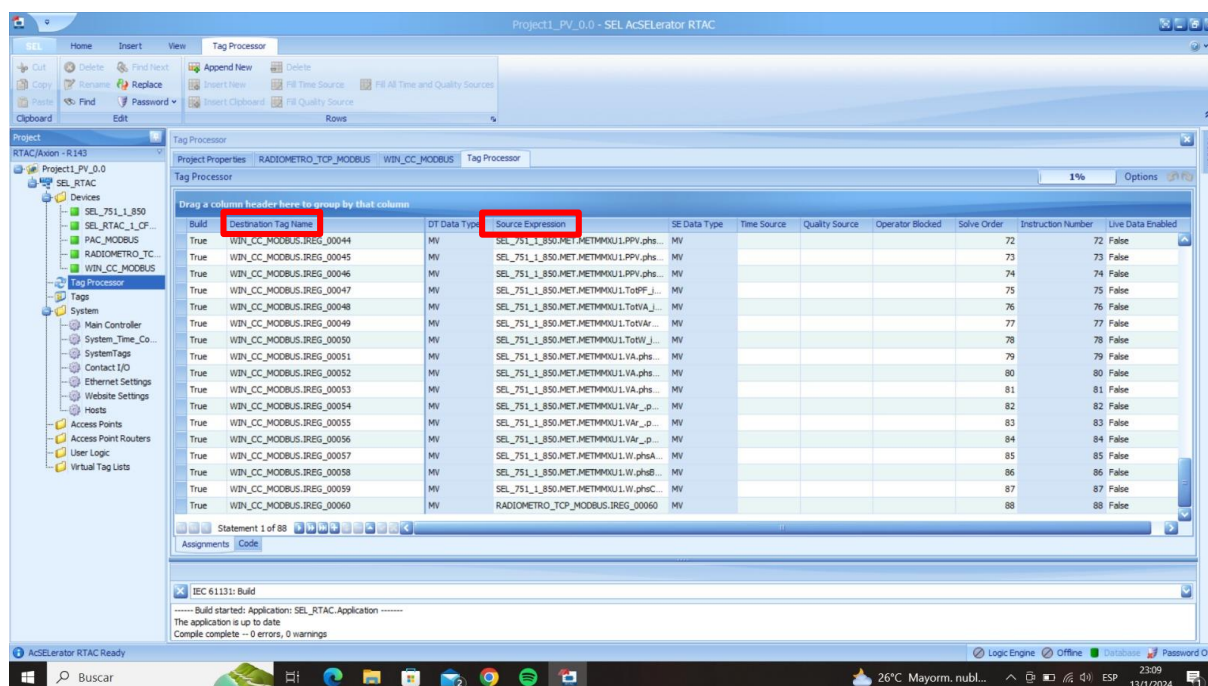


Figura 88. Creación del Tag Processor

Fuente: Autores

14. Finalmente, restaría poner la RTAC SEL 3530 en línea y así poder identificar en el capítulo 4 si nuestras configuraciones fueron realizadas de forma correcta dentro software y obtenemos los resultados deseados. La figura 89 muestra la pantalla arrojada por el sistema una vez que damos clic en el botón de “Go Online”, la RTAC solicitará ingreso del el usuario y contraseña que fueron indicados en el apartado 3.4.2 de este capítulo.

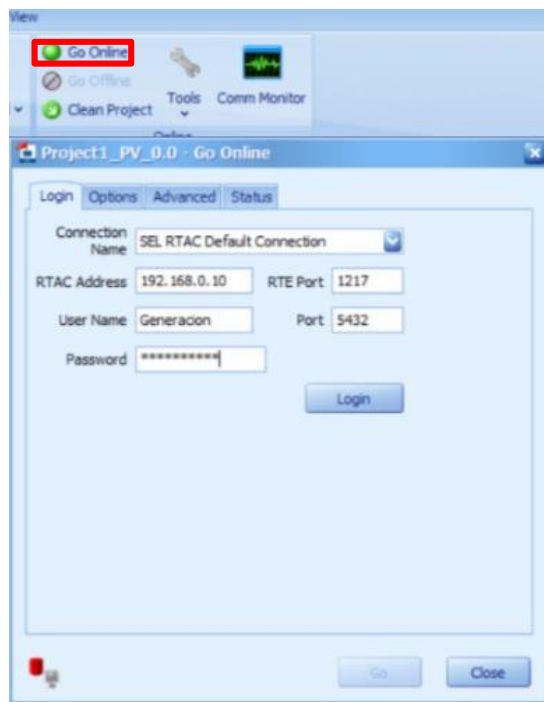


Figura 89. Validación de credenciales para poner la RTAC en línea

Fuente: Autores

3.5.5. SIMATIC WIN CC

La esencia fundamental de nuestro proyecto radica en la creación de un sistema de monitoreo para una red fotovoltaica con el uso de la RTAC SEL 3530. Para materializar esta visión, hemos implementado un sistema SCADA mediante WinCC, una herramienta de automatización altamente efectiva. Con este software, logramos la recopilación en tiempo real de datos provenientes de diversos equipos involucrados en el proyecto, lo que posibilita la visualización y supervisión instantánea.

Para la creación del sistema, procedemos con los siguientes pasos:

1. Ingresamos al Software Tia Portal V15.1 y procedemos a dar clic en la opción de “Crear proyecto”. Una vez dentro, procedemos a llenar la tabla con los datos solicitado y damos clic en “crear”. Ver imagen 90.

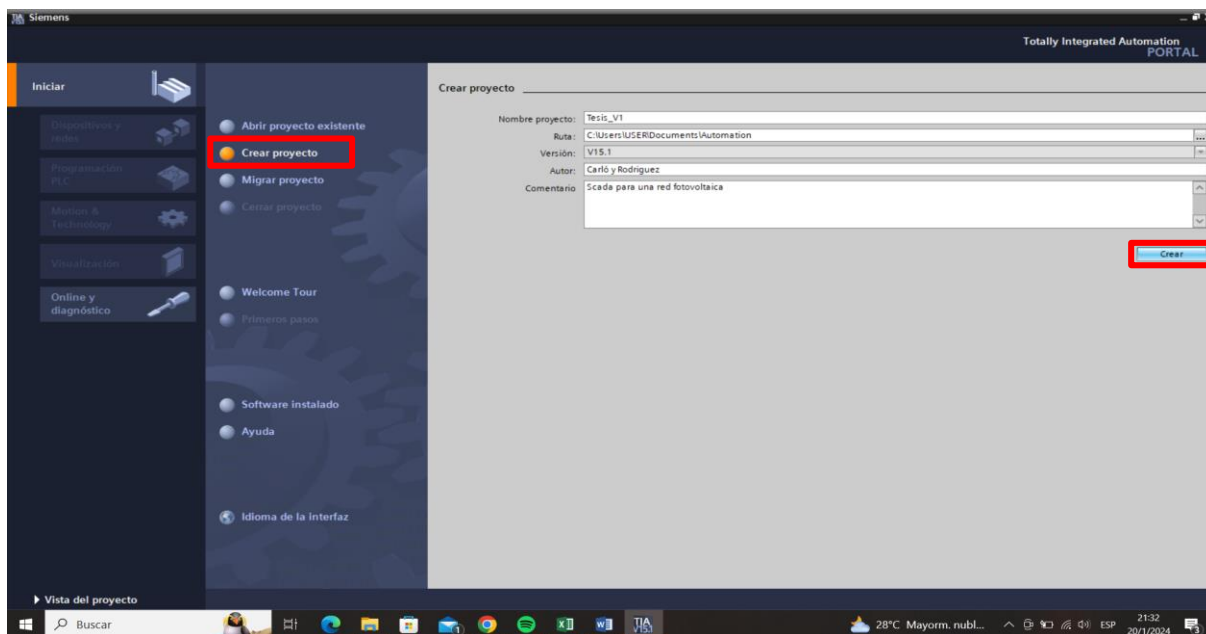


Figura 90. Creación del proyecto Scada

Fuente: Autores

2. Procedemos con la configuración del dispositivo, en este caso para la creación de nuestro HMI hacemos la elección de “WinCC RT Advanced” y damos clic en “Agregar”. Ver imagen 91.

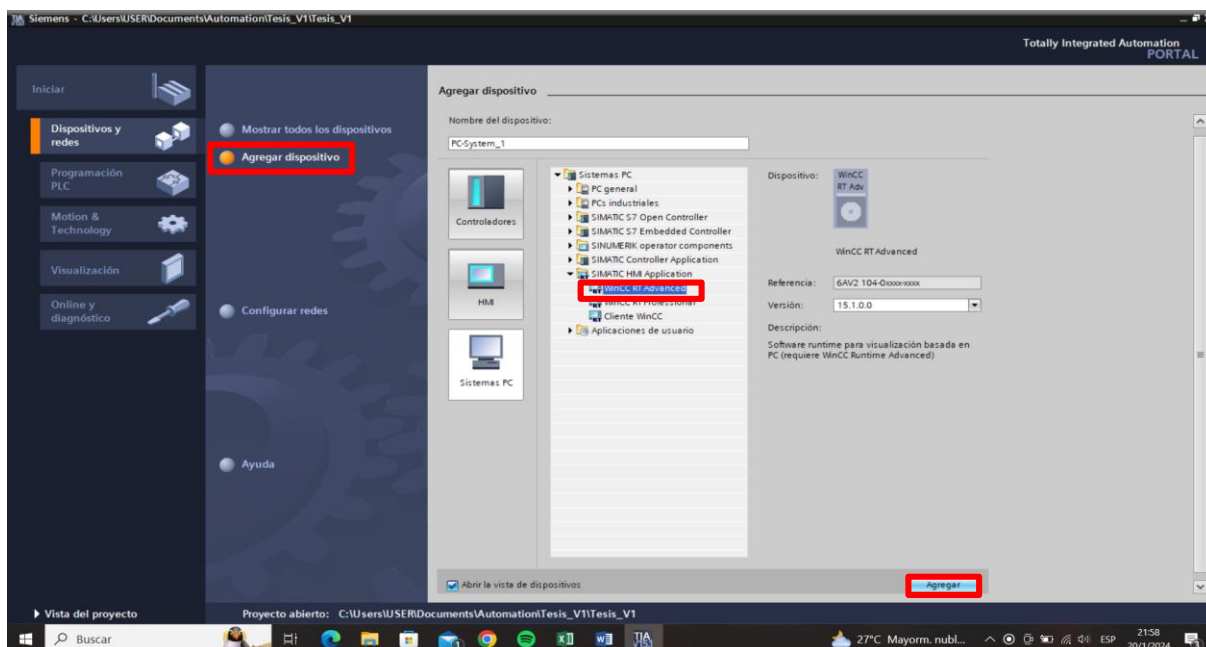


Figura 91. Elección HMI

Fuente: Autores

3. Una vez realizados estos pasos, ingresamos a la parte de creación del HMI, como se ilustra en la figura 92.

- En la parte superior contamos con la barra principal de tareas, donde podemos realizar las acciones de “Guardar proyecto”, “Iniciar simulación del proyecto”, “Compilar datos”, entre otros.

- En el lado derecho contamos con el “Árbol del proyecto”, es decir, la parte principal donde podemos realizar las imágenes, plantillas, conexiones, tablas de variables, etc.

- Y finalmente, en el lado derecho tenemos las herramientas principales, como son objetos básicos, elementos, controles, etc.

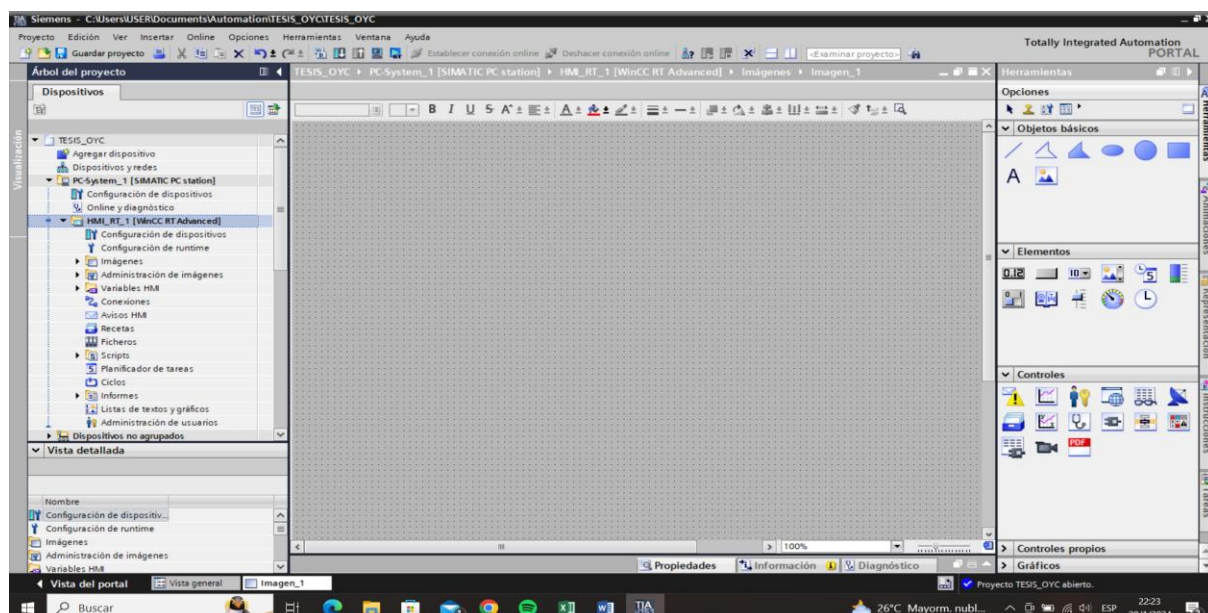


Figura 92. Pantalla principal WinCC

Fuente: Autores

4. Dentro del árbol del proyecto, en el apartado de “Administración de imágenes” realizamos la plantilla principal de nuestro proyecto, Ver figura 93.

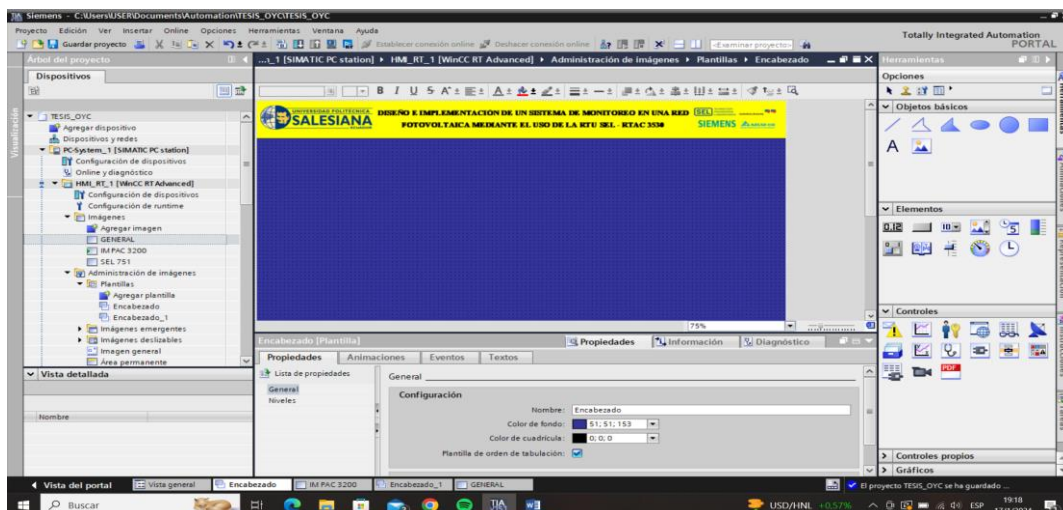


Figura 93. Creación de plantilla

Fuente: Autores

5. La creación de pantallas a visualizar en el HMI fue realizada dentro del apartado “Imágenes”. En cada una fueron utilizadas las herramientas como “Botones” que iban asociados entre pantalla, “Contadores” que eran los encargados de mostrar en pantalla los principales valores medidos en el sistema, al igual que una figura representativa del equipo que se está probando en ese momento. Ver figura 94.

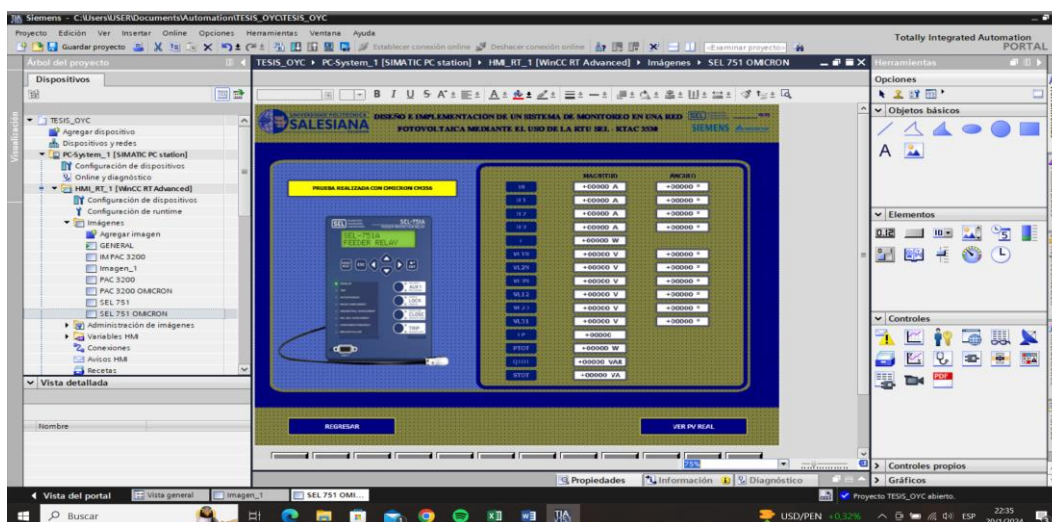


Figura 94. Creación de pantallas

Fuente: Autores

6. Las variables del sistema fueron creadas dentro del apartado “Variables HMI”, donde se visualiza una tabla respectiva que solicita el nombre de la variable, el tipo de dato, la dirección asignada y la conexión, como se ilustra en la figura 95, estas variables son asignadas a cada contador para que sean mostradas una vez iniciada la simulación.

Es fundamental considerar que la dirección asignada viene de las variables creadas en el Software AcSELeRator RTAC, ver figura 96.

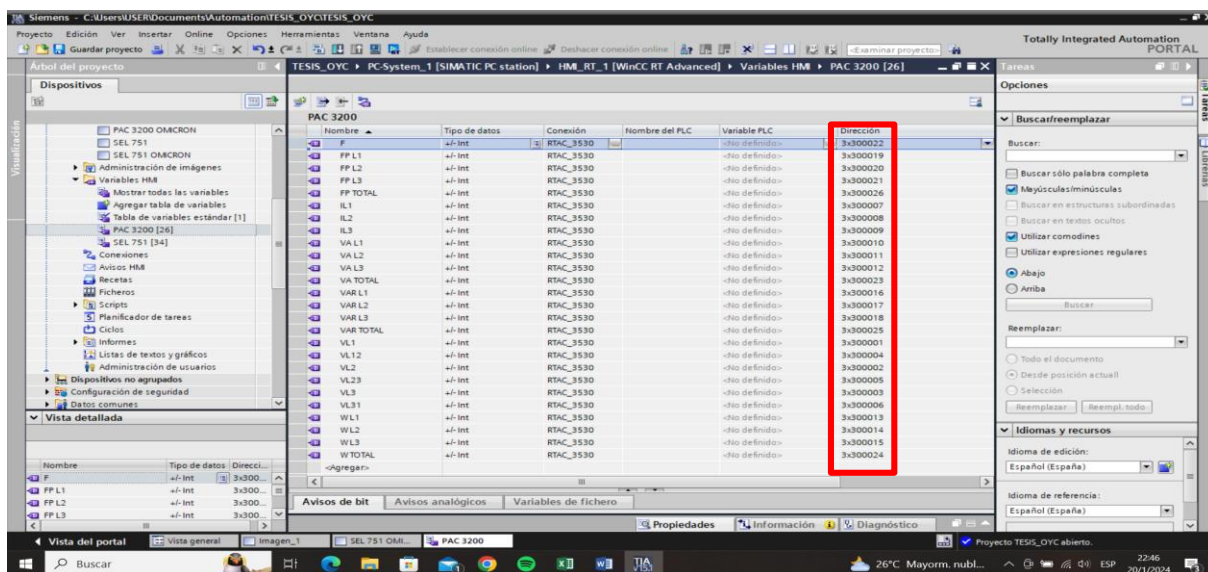


Figura 95. Tabla de variables HMI

Fuente: Autores

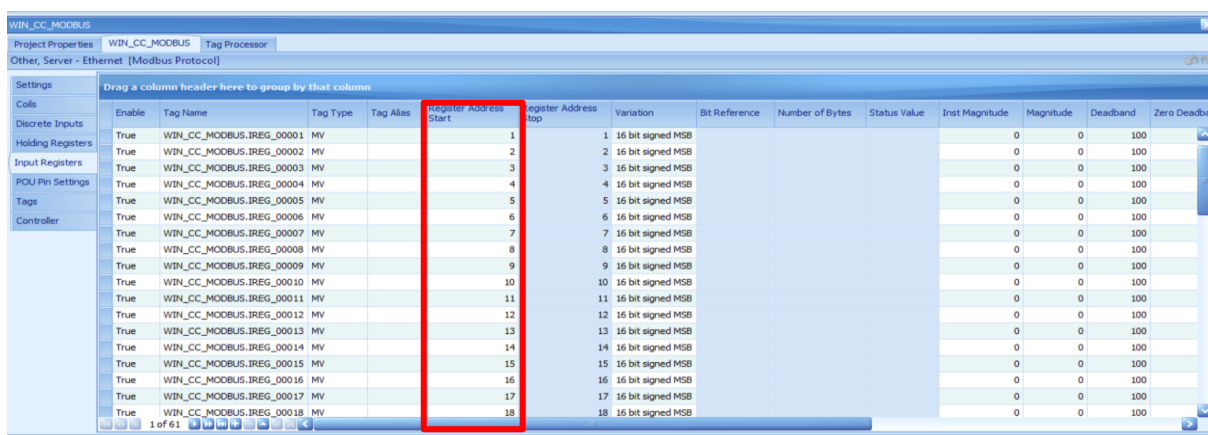


Figura 96. Variables creadas en RTAC

Fuente: Autores

Las tablas adjuntadas a continuación muestran con mayor detalle las variables y direcciones creadas para cada medidor del sistema.

Variables asignadas en WinCC: Analizador de Redes PAC 3200			
Variables	Unidad de Medida	Dirección	Formato
Voltaje de línea 1 – Neutro	V	3x300001	Decimal
Voltaje de línea 2 – Neutro	V	3x300002	Decimal
Voltaje de línea 3 – Neutro	V	3x300003	Decimal
Voltaje de línea 12	V	3x300004	Decimal
Voltaje de línea 23	V	3x300005	Decimal
Voltaje de línea 31	V	3x300006	Decimal
Corriente de línea 1 – Neutro	A	3x300007	Decimal
Corriente de línea 2 – Neutro	A	3x300008	Decimal
Corriente de Línea 3 – Neutro	A	3x300009	Decimal
Potencia aparente L1	VA	3x300010	Decimal
Potencia aparente L2	VA	3x300011	Decimal
Potencia aparente L3	VA	3x300012	Decimal
Potencia activa L1	W	3x300013	Decimal
Potencia activa L2	W	3x300014	Decimal
Potencia activa L3	W	3x300015	Decimal
Potencia reactiva L1	VAR	3x300016	Decimal
Potencia reactiva L2	VAR	3x300017	Decimal
Potencia reactiva L3	VAR	3x300018	Decimal
Factor De potencia L1		3x300019	Decimal
Factor De potencia L2		3x300020	Decimal
Factor De potencia L3		3x300021	Decimal
Frecuencia	Hz	3x300022	Decimal
Potencia aparente TOTAL	VA	3x300023	Decimal
Potencia TOTAL	W	3x300024	Decimal
Potencia reactiva TOTAL	VAR	3x300025	Decimal
Factor De potencia TOTAL	—	3x300026	Decimal

Tabla 3. Variables asignadas a PAC 3200

Variables asignadas en WinCC: Relé SEL 751			
Variables	Unidad de Medida	Dirección	Formato
Corriente neutro	°	3x300026	Decimal
	A	3x300027	Decimal
Corriente línea 1	°	3x300028	Decimal
	A	3x300029	Decimal
Corriente línea 2	°	3x300030	Decimal

	A	3x300031	Decimal
Corriente línea 3	°	3x300032	Decimal
	A	3x300033	Decimal
F	Hz	3x300034	Decimal
Voltaje de línea 1 - Neutro	°	3x300035	Decimal
	V	3x300036	Decimal
Voltaje de línea 2 - Neutro	°	3x300037	Decimal
	V	3x300038	Decimal
Voltaje de línea 3 - Neutro	°	3x300039	Decimal
	V	3x300040	Decimal
Voltaje de línea 12	°	3x300041	Decimal
	V	3x300042	Decimal
Voltaje de línea 23	°	3x300043	Decimal
	V	3x300044	Decimal
Voltaje de línea 31	°	3x300045	Decimal
	V	3x300046	Decimal
Factor de potencia	—	3x300047	Decimal
Potencia aparente TOTAL	VA	3x300048	Decimal
Potencia reactiva TOTAL	VAR	3x300049	Decimal
Potencia activa TOTAL	W	3x300050	Decimal
Potencia aparente L1	VAR	3x300051	Decimal
Potencia aparente L2	VAR	3x300052	Decimal
Potencia aparente L3	VAR	3x300053	Decimal
Potencia reactiva L1	VA	3x300054	Decimal
Potencia reactiva L2	VA	3x300055	Decimal
Potencia reactiva L3	VA	3x300056	Decimal
Potencia activa L1	W	3x300057	Decimal
Potencia activa L2	W	3x300058	Decimal
Potencia activa L3	W	3x300059	Decimal

Tabla 4. Variables asignadas a SEL 751

Variables asignadas en WinCC: Sensor de radiación solar			
Variable	Unidad de Medida	Dirección	Formato
Radiación solar	W/m ²	3x300060	Decimal

Tabla 5. Variable asignada a sensor de radiación solar

7. Finalmente, en la figura 97 realizamos la conexión con nuestra RTAC, es decir, direccionamos nuestro sistema SCADA con la IP del equipo que es nuestro principal concentrador de datos.

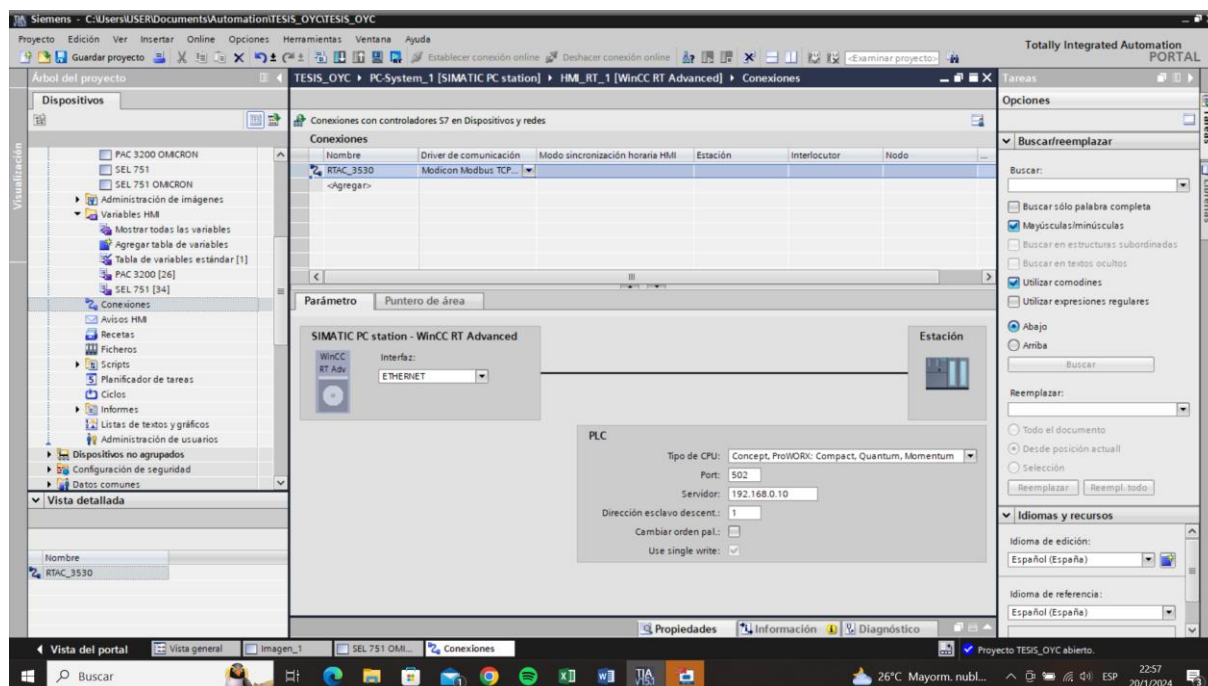


Figura 97. Direccionamiento de SCADA con RTAC

Fuente: Autores

3.6 ESCENARIO PLANTEADO DEL PROYECTO EN ETAP

ETAP se erige como una herramienta informática avanzada que posibilita la modelación y simulación de sistemas eléctricos, ofreciendo al operador un conjunto integral de recursos esenciales para la planificación, análisis y gestión operativa. En el contexto de nuestro proyecto, su aplicación resultó imprescindible para la representación detallada del sistema de energía solar de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, el cual se encuentra interconectado con la red eléctrica local.

1. Se inicia el proceso creando un proyecto, al cual se le atribuye un nombre y se elige la frecuencia de operación del sistema, confirmándolo con un clic en el botón "OK", tal como se ilustra en la figura 98. Adicionalmente, el sistema solicitará información detallada, incluyendo

el nombre del proyecto, datos del usuario y el nivel de acceso correspondiente, como se evidencia en la figura 99. Este paso inicial establece las bases fundamentales del proyecto, asegurando una identificación clara y la configuración precisa de parámetros esenciales para su desarrollo.

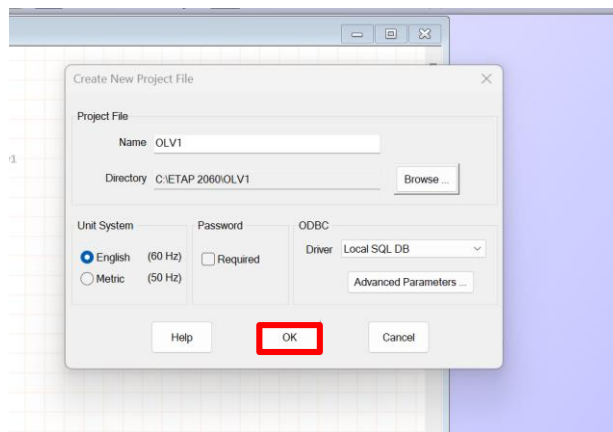


Figura 98. Creación del proyecto

Fuente: Autores

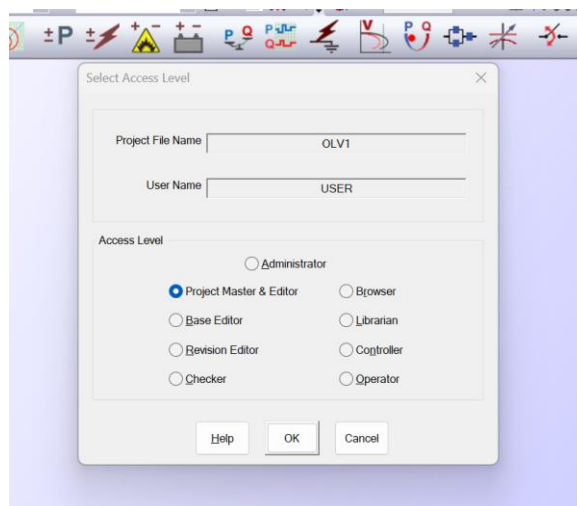


Figura 99. Información del proyecto

Fuente: Autores

2. Una vez creado el proyecto, tenemos la parte principal donde podemos empezar a diseñar nuestro sistema, en la parte derecha podemos encontrar los diferentes equipos que nos da el programa y se dividen en dos partes, equipos AC y equipos DC, para ello, debemos elegir

los necesarios a simular en este caso: Panel Solar, inversor, carga, cables y equipos de analizadores. Ver figura 100.

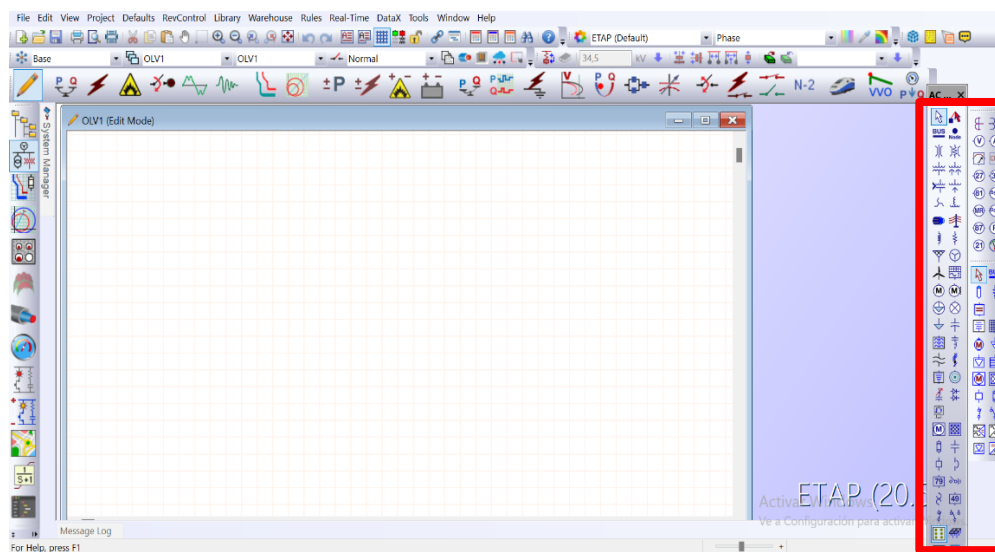


Figura 100. Elementos AC y DC del software

Fuente: Autores

3. Características del PV: Se escoge en la librería del sistema “Jinko Solar” que es la marca de paneles usados en la Universidad Politécnica Salesiana que es de 265 wp como se observa en la figura 101. Los paneles tienen una conexión mixta lo cual se especifica dentro de la opción de PV Array, como se visualiza en la figura 102.

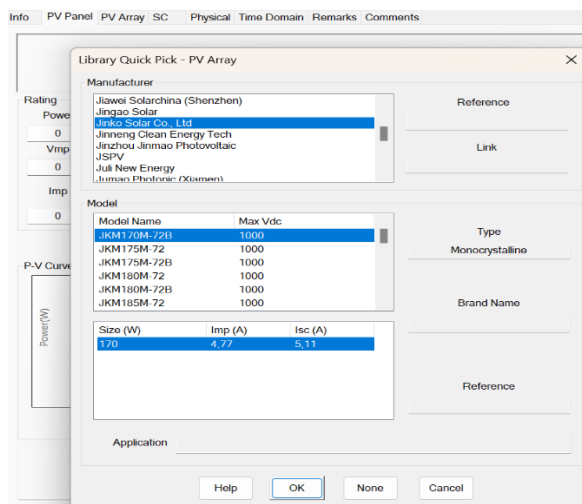


Figura 101. Elección del tipo de panel solar utilizado

Fuente: Autores

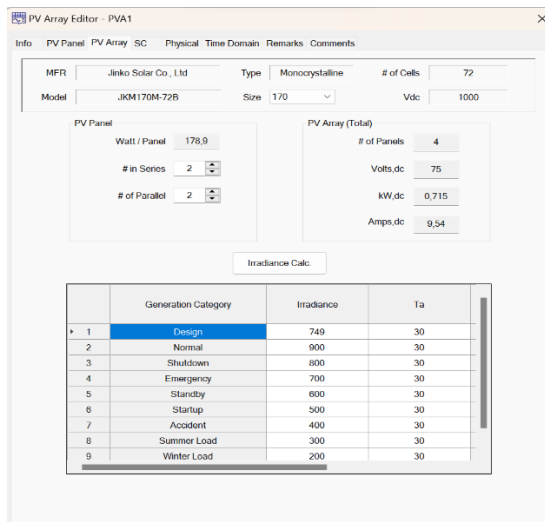


Figura 102. Elección de la conexión del panel

Fuente: Autores

4. En cuanto a las baterías, se procede a completar la información relevante ilustrada en la figura 103, incluyendo el voltaje nominal de las baterías, establecido en 12V, el voltaje del sistema fijado en 24V, y la capacidad nominal, que asciende a 683,65 Ah. Estos valores se obtienen a partir de datos previamente recolectados del sistema fotovoltaico de la Universidad Politécnica Salesiana, garantizando así una configuración coherente y alineada con las especificaciones del sistema energético existente.

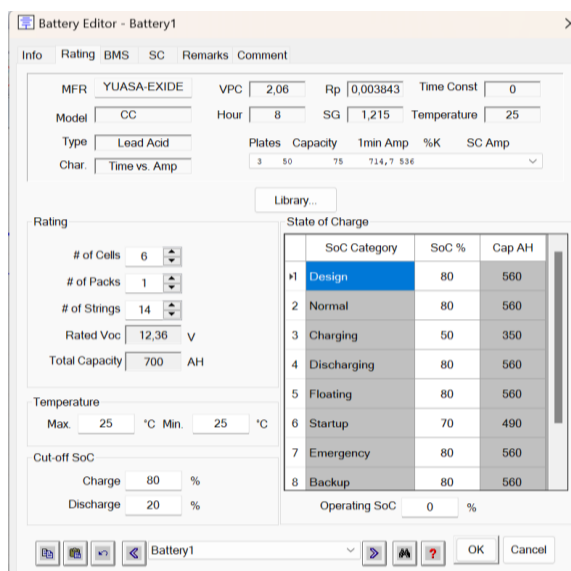


Figura 103. Información de las baterías del sistema

Fuente: Autores

5. Para el caso del inversor solar que tiene una entrada de corriente continua (generada por los paneles solares) y una salida de corriente alterna (utilizada por los electrodomésticos y otros dispositivos eléctricos) debemos llenar la información correspondiente como se muestra en la figura 104. Tal es el caso de la potencia que es de 1060 w valor que se obtiene con la cantidad de paneles y la potencia de los mismo.

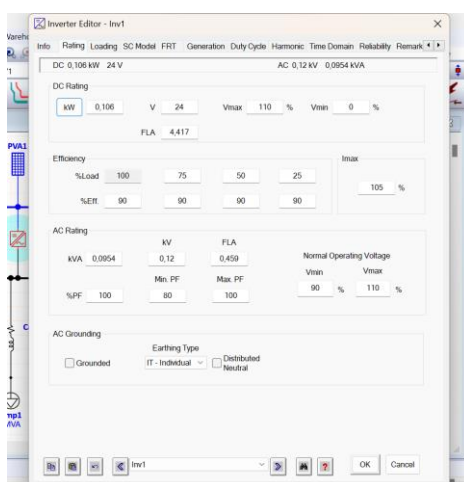


Figura 104. Información del inversor

Fuente: Autores

6. Para el caso de las cargas se colocan los datos a lo que está alimentando el sistema Pv, que en este caso sería la iluminación del laboratorio de generaciones, el cual consta de 8 lámparas led de 40 w cada una, pero en la simulación se colocó una sola carga con 320 w que sería la potencia acumulada que entregan en total las 8 lámparas led. Ver figura 105.

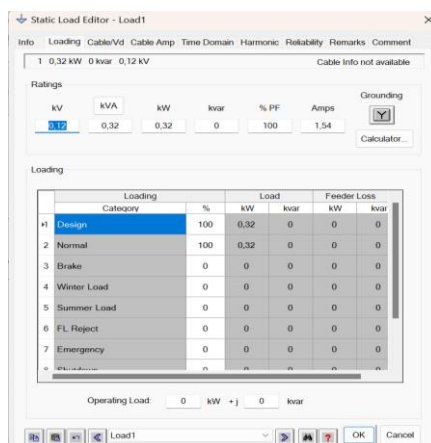


Figura 105. Cargas del sistema

Fuente: Autores

7. Finalmente tenemos un diseño Unifilar de la siguiente manera que se muestra en la figura 106 que fue utilizado para comprender mejor el sistema eléctrico representado.

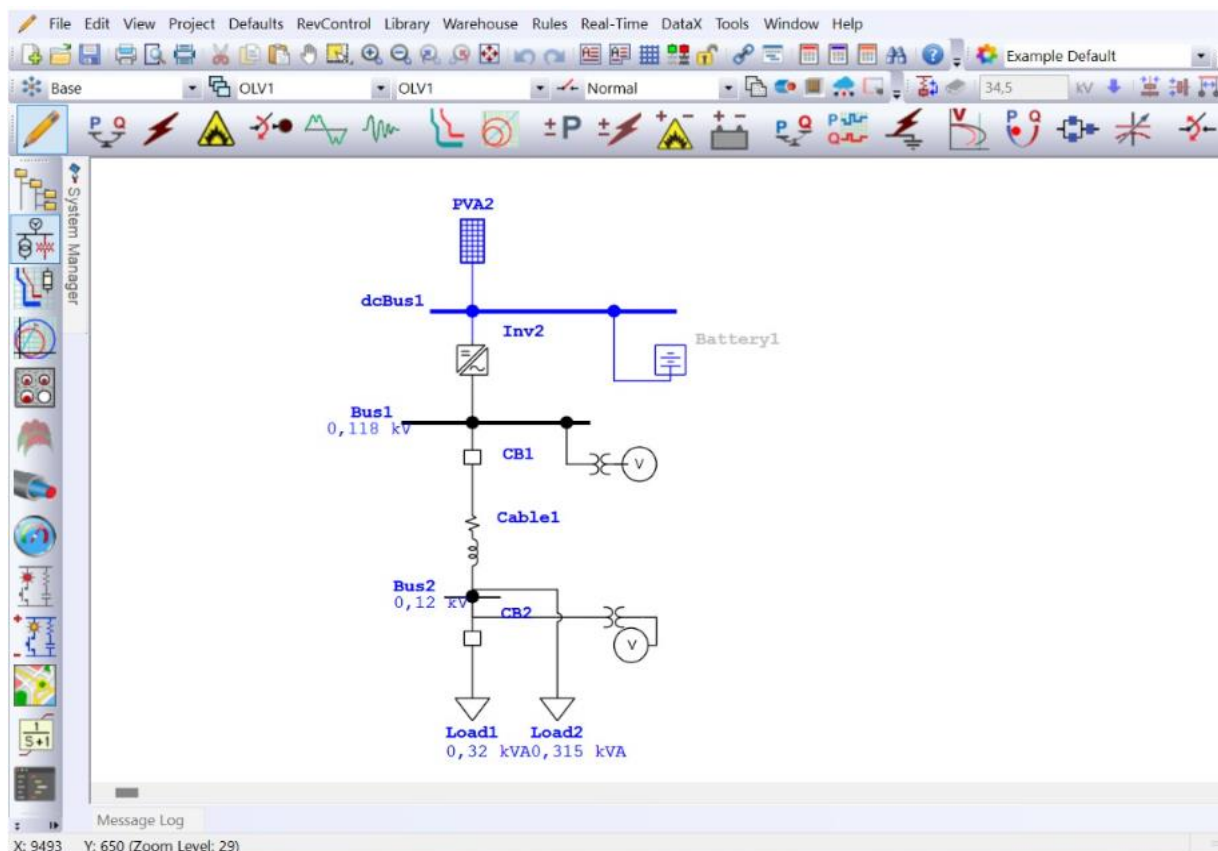


Figura 106. Sistema Solar creado en ETAP

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 PRUEBA DE COMUNICACIÓN DE LOS EQUIPOS CON LA RTAC

El propósito de esta prueba radica en verificar la exitosa implementación de las configuraciones previamente establecidas en el Capítulo III. La comprobación se lleva a cabo mediante la revisión de la pestaña "Controller" de cada equipo creado en el software "AcSElerator RTAC". Se verifica que el parámetro "Offline" esté marcado como "False", indicando de esta manera que el equipo está en línea y listo para la lectura de las variables solicitadas. Este procedimiento asegura la correcta comunicación de los equipos con la RTU, validando así la eficacia de las configuraciones realizadas.

✓ Relé Sel – 751

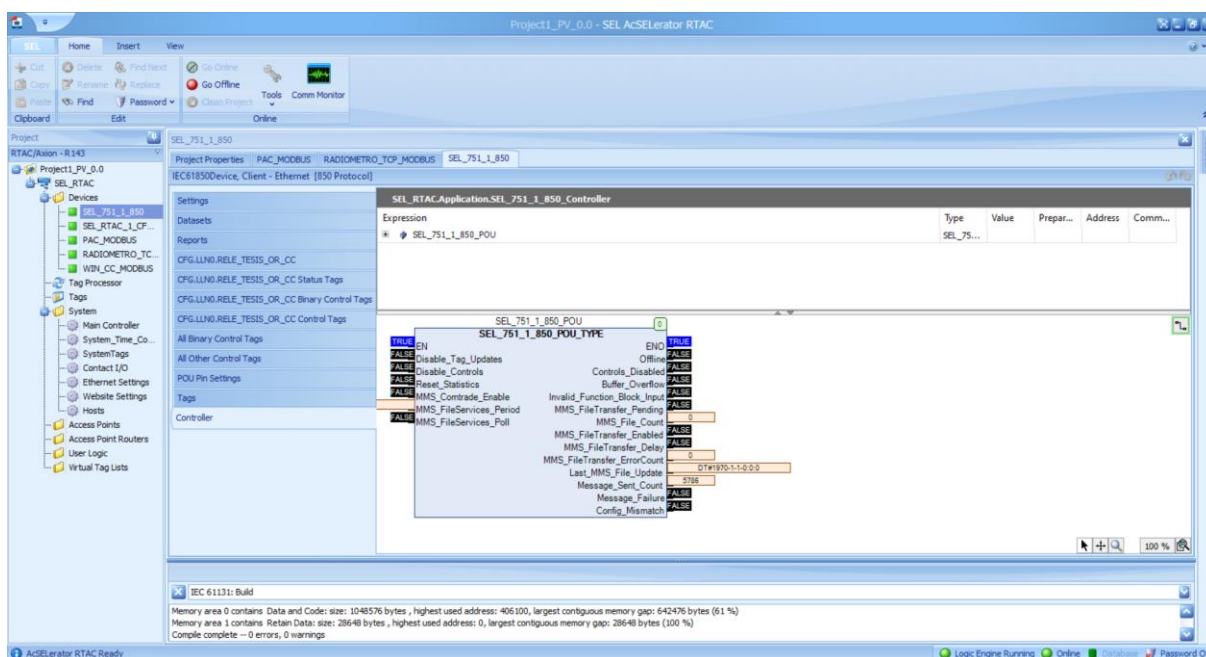


Figura 107. Relé Sel – 751 en línea con la RTAC

Fuente: Autores

✓ Analizador de Redes Sentron PAC 3200

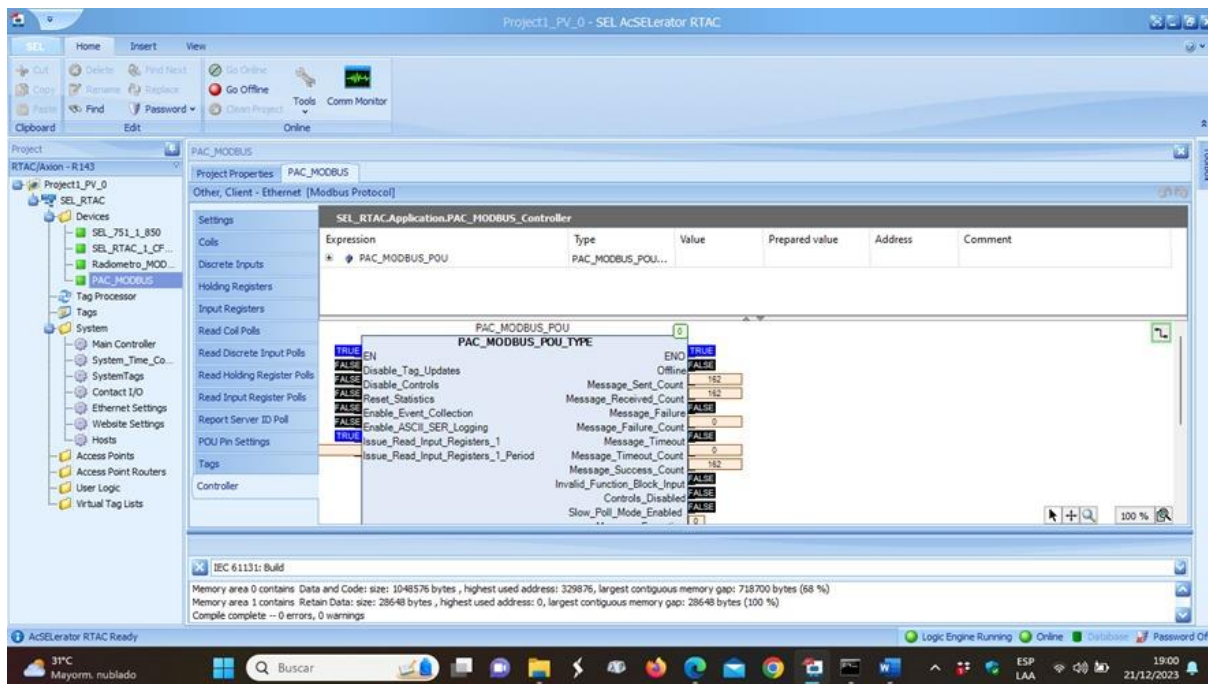


Figura 108. Analizador de redes Sentron PAC 3200 en línea con la RTAC

Fuente: Autores

✓ Sensor de Irradiancia Solar (Radiómetro)

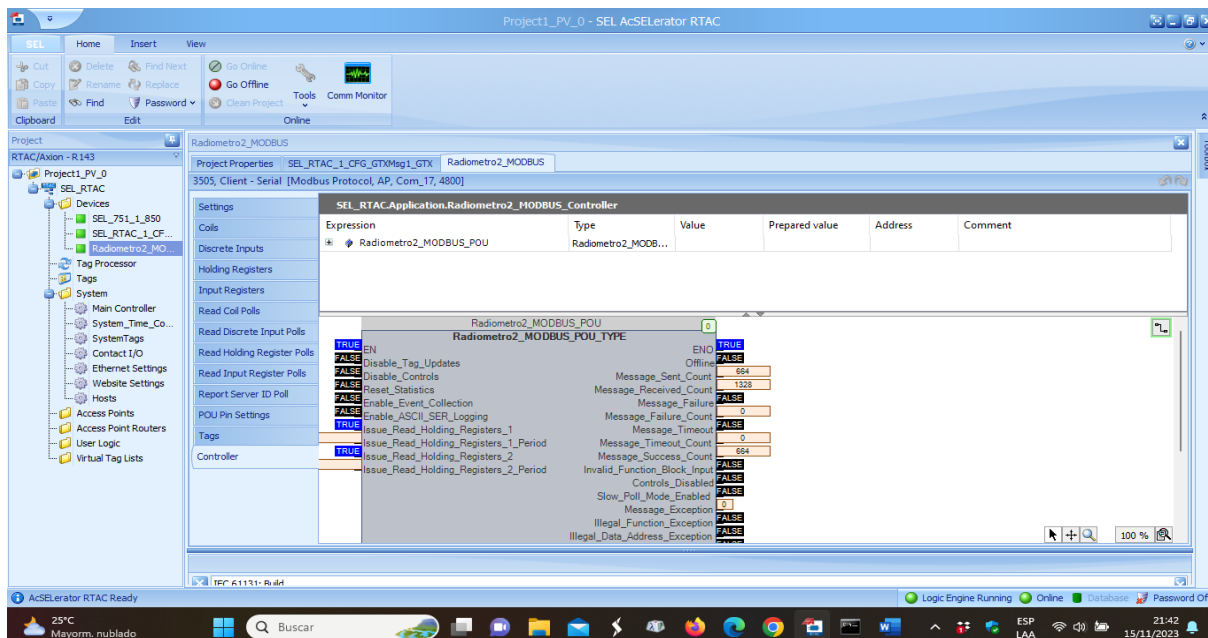


Figura 109. Sensor de irradiancia solar (Radiómetro) en línea con la RTAC

Fuente: Autores

✓ Sistema SCADA

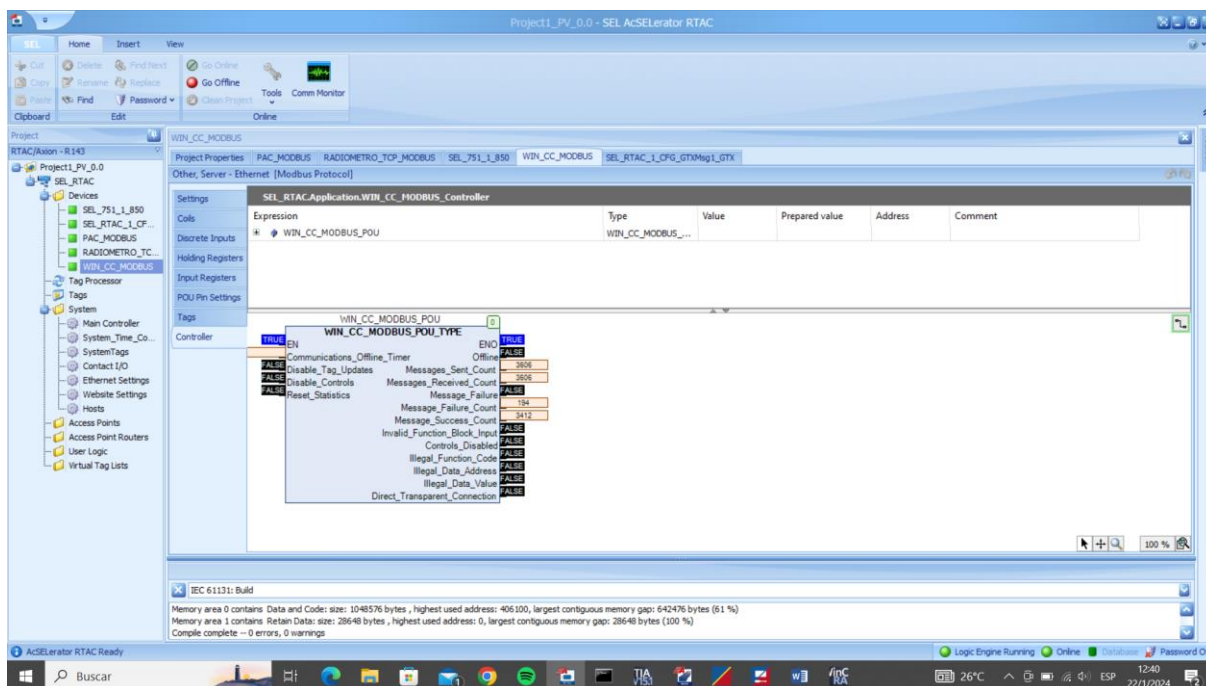


Figura 110. Sistema SCADA en línea con la RTAC

Fuente: Autores

4.2 PRUEBA DE INYECCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE A LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN (RELÉ SEL 751 – ANALIZADOR DE REDES SENTRON PAC 3200) CON LA MALETA DE PRUEBAS OMICRON CMC356

Con el objetivo de confirmar la integridad operativa de los equipos y ajustar las tablas de datos según las especificaciones precisas proporcionadas por los fabricantes, se implementó un proceso de prueba. Este involucró la aplicación controlada de voltajes y corrientes a los dispositivos (Relé SEL 751 y Analizador de Redes PAC 3200), permitiendo así verificar la concordancia entre los valores mostrados en la pantalla de los medidores físicos y los reflejados en el software "AcSElerator RTAC", específicamente en la pestaña "Tags". Esta fase de prueba resultó esencial para la creación de las tablas de variables destinadas al sistema SCADA, ya que facilitó la identificación precisa de diversos tipos de datos, consolidando así la fiabilidad en la lectura y presentación de la información.

✓ Relé Sel – 751

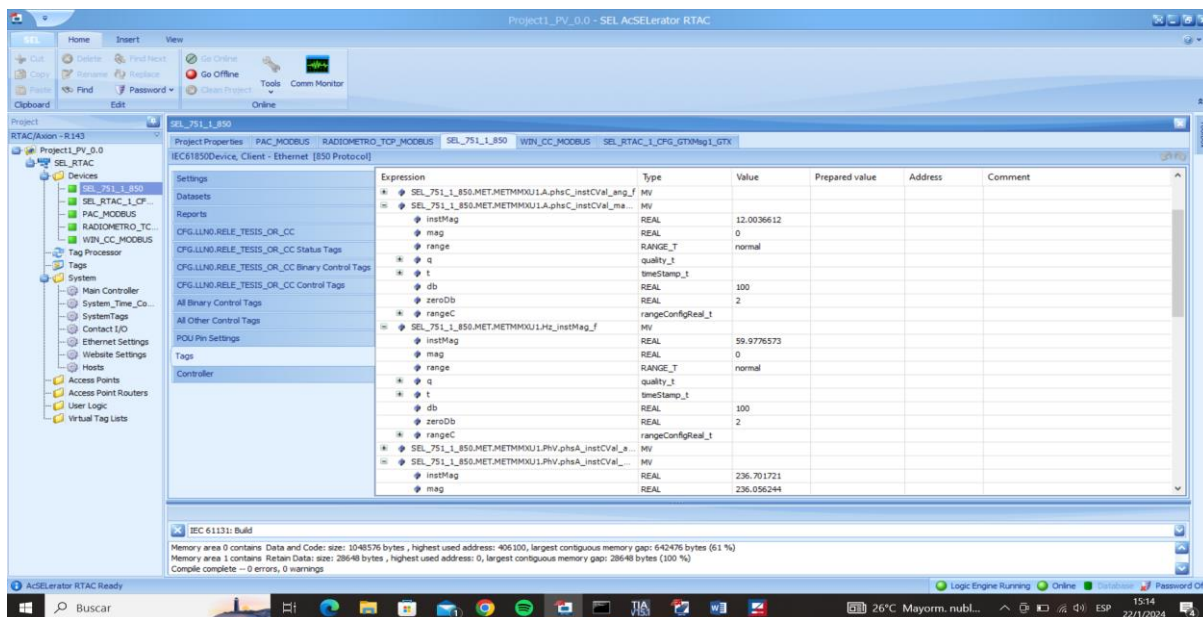


Figura 111. Tags del Relé SEL 751 en AcSELeRator RTAC

Fuente: Autores

✓ Analizador de redes Sentron PAC 3200

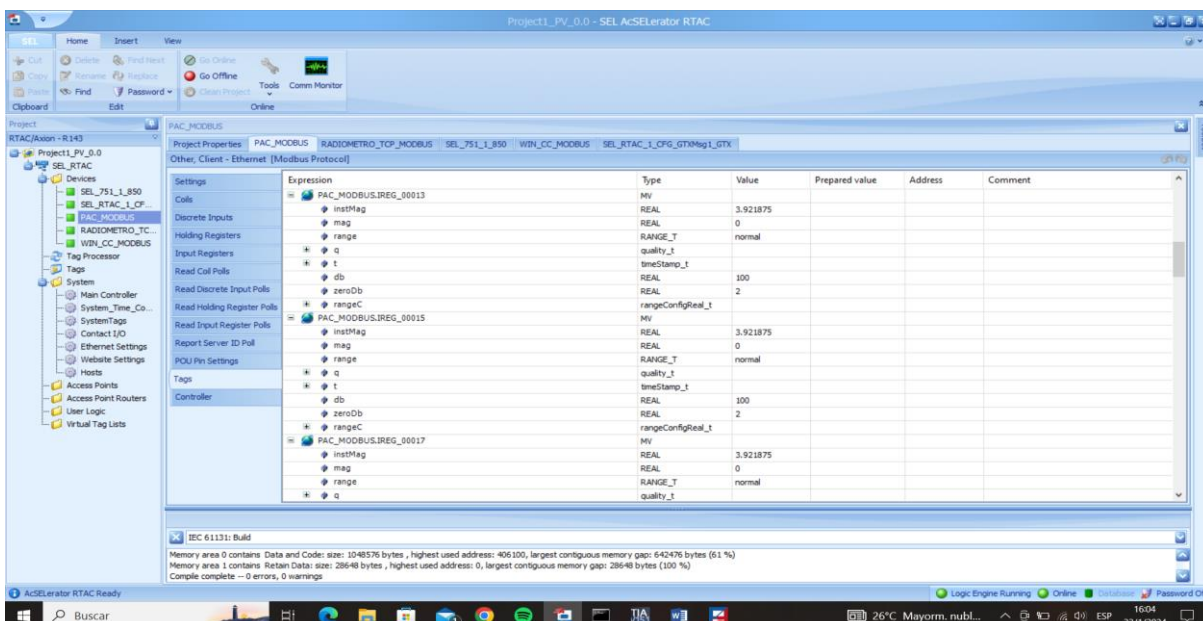


Figura 112. Tags del Analizador de Redes PAC 3200 en AcSELeRator RTAC

Fuente: Autores

4.3 PRUEBA EN EL SISTEMA SCADA

Dado que el monitoreo de la Red Fotovoltaica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil constituye el objetivo principal del proyecto, se implementó un sistema de control SCADA que fue sometido a una verificación exhaustiva en dos fases:

1. **Prueba de inyección de voltajes y corrientes utilizando la maleta de pruebas Ómicron CMC356:** Esta fase tenía como propósito validar un amplio conjunto de variables leídas en el sistema, con los objetivos detallados en el punto 4.2. Se llevó a cabo una prueba de inyección de voltajes y corrientes al Relé SEL 751 y al Analizador de Redes PAC 3200, utilizando la maleta de pruebas Ómicron CMC356. Esto permitió comprobar la robustez y la capacidad del sistema SCADA para gestionar y presentar de manera precisa y eficiente un conjunto diverso de variables.



Figura 113. Lectura del Sistema SCADA en Relé SEL 751

Fuente: Autores

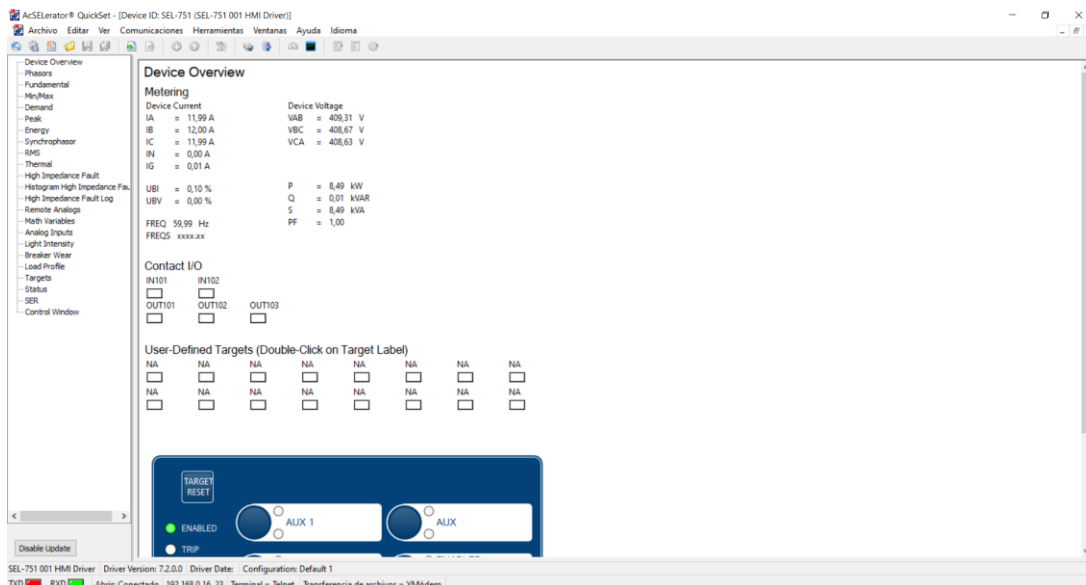


Figura 114. Verificación de las variables con AcSELERator Quickset

Fuente: Autores



Figura 115. Lectura del Sistema SCADA en PAC 3200

Fuente: Autores

Prueba en el Sistema Solar Fotovoltaico de la UPS: Con el objetivo de realizar el monitoreo de los perfiles principales del sistema monofásico, se procedió a una prueba directa en el Sistema Solar real de la Universidad Politécnica Salesiana. Esta prueba práctica garantizó la correlación efectiva entre los datos recolectados por el sistema SCADA y las mediciones reales, consolidando la confiabilidad y la precisión del monitoreo implementado.

Para respaldar la precisión de los datos, se realizaron mediciones de los valores reales del Sistema Solar con una Pinza Amperométrica FLUKE en el Laboratorio de Generación de la Universidad Politécnica Salesiana, específicamente en el interior del panel de distribución.

La confirmación del valor medido de radiación solar se llevó a cabo a través de DIACloud, asegurando la coherencia de las lecturas del radiómetro expuesto al sol desde la ventana del mismo laboratorio. Es crucial destacar que el radiómetro cuenta con un programa suministrado por los fabricantes para lecturas, cuya explicación detallada se proporcionará en el Anexo 5 de este proyecto, brindando una comprensión exhaustiva de su funcionamiento y calibración.



Figura 116. Pantalla principal SCADA con medición de Radiación Solar

Fuente: Autores

Register ID	Value	Timestamp
\$2069	0	2023-12-21 20:51
\$2070	0	2024-01-18 15:33
\$2071	0	2024-01-18 15:33
\$2072	0	2024-01-18 15:33
\$2073	257	2024-01-18 15:35
\$2074	0	2024-01-18 15:33
\$2075	0	2024-01-18 15:33

Figura 117. Validación del valor de irradiancia solar en DIACloud

Fuente: Autores

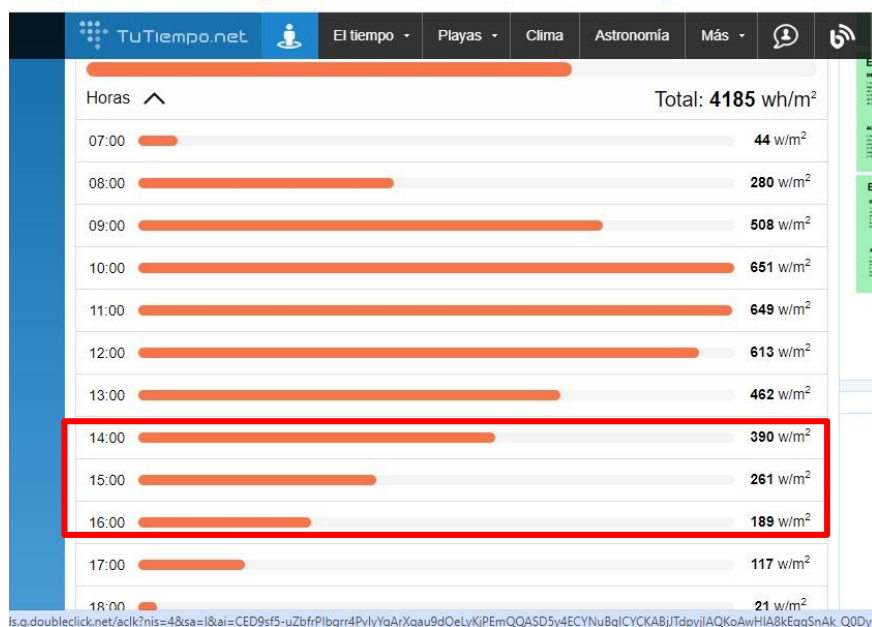


Figura 118. Verificación de la irradiancia solar en Guayaquil 18/01/2024

Fuente: TuTiempo.net



Figura 119. Radiómetro expuesto a Luz Solar 15:35pm

Fuente: Autores

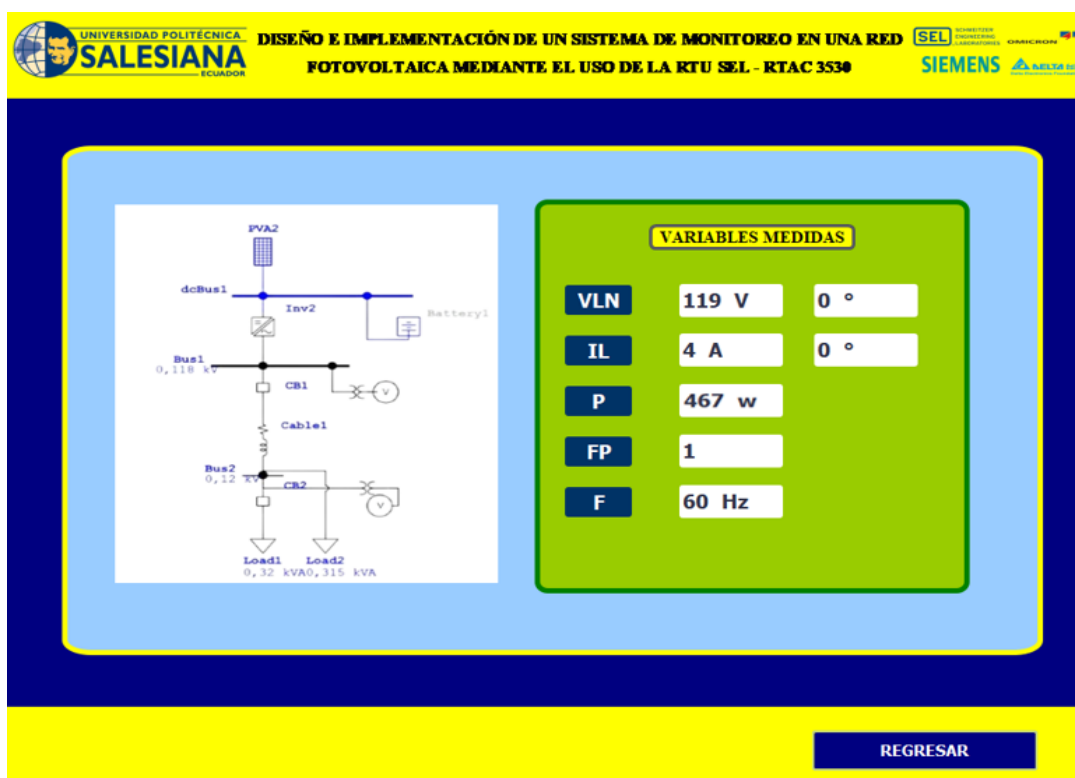


Figura 120. SCADA Sistema Solar

Fuente: Autores

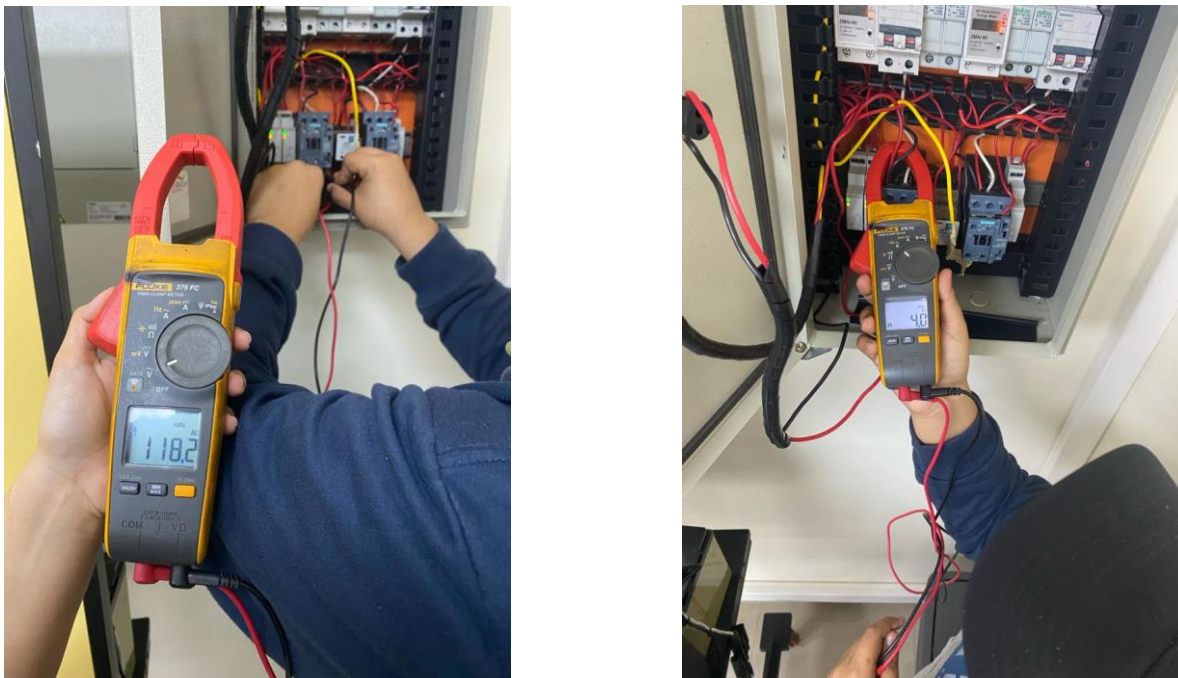


Figura 121. Verificación con pinza Amperométrica en panel de distribución

Fuente: Autores



Figura 122. Sistema Solar Fotovoltaico de la UPS Sede Guayaquil

Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El sistema SCADA desarrollado utilizando el software WINCC ha sido fundamental en la gestión y supervisión de los dispositivos inteligentes conectados al sistema fotovoltaico. Esta interfaz permite la integración y control centralizado de los IED, facilitando la adquisición de datos y la visualización de los parámetros eléctricos desde un centro de control.
- La comunicación basada en el estándar IEC 61850 garantiza una interoperabilidad eficiente y segura entre los dispositivos y el centro de control, permitiendo el intercambio de información en tiempo real y facilitando la toma de decisiones en la operación.
- El software Etap fue una herramienta de ayuda al proporcionar una representación técnica precisa del escenario, ofreciendo una guía efectiva para la realización de mediciones.
- La culminación del proyecto ha permitido la realización de pruebas simultáneas en el Sistema de Energía Principal (SEP) de generación al establecer una conexión efectiva con los dispositivos inteligentes (IEDs), la unidad remota RTU RTAC 3530, el ordenador y la interfaz del operador HMI mediante el uso de un relé y un analizador PAC 3200. En este proceso, se ha llevado a cabo una exhaustiva verificación del correcto funcionamiento del rele, validando los ajustes implementados para asegurar su operatividad y rendimiento óptimos durante las prácticas correspondientes.
- Se ha creado una guía exhaustiva que detalla los pasos esenciales para el diseño del sistema SCADA, que integra los Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs), siguiendo rigurosamente las directrices de la normativa IEC 61850. En dicha guía, se han definido minuciosamente los procedimientos que abarcan desde la configuración de los IEDs y la estructuración de la topología de red hasta la especificación de los protocolos de comunicación, asegurando una integración eficaz con el SCADA. Esta guía sirve como una referencia clara y precisa, garantizando una implementación exitosa del sistema SCADA y el cumplimiento de los estándares establecidos por la normativa IEC 61850.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para asegurar el óptimo desempeño de la asociación de los nodos lógicos vinculados a la RTU RTAC SEL-3530, se aconseja realizar una validación exhaustiva de la información proporcionada en la hoja de datos de cada uno de los Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IED). Este proceso es crucial para verificar la precisión de los datos y garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos por la normativa IEC 61850.
- Es recomendable seguir meticulosamente los pasos delineados, que incluyen desde la configuración de los IED hasta la definición de la topología de red y la implementación de los protocolos de comunicación. La realización de esta validación y el seguimiento riguroso de los procedimientos asegurarán una operación e integración correctas de los nodos lógicos incorporados a la RTU RTAC SEL-3530, en total conformidad con los estándares establecidos.
- Es esencial mantener una vigilancia íntegra en el aspecto de la comunicación, asegurándose de que los equipos, en particular la RTU y el SCADA, estén interconectados en la misma red. Asimismo, se subraya la importancia de configurar las direcciones IP de manera precisa para facilitar un enlace efectivo. La omisión de esta precaución puede generar conflictos en la red, obstaculizando la obtención de los valores necesarios y comprometiendo la operación fluida del sistema.
- Emplear el comando CMD para verificar la interconexión de los equipos es crucial. Esto permite confirmar su conexión efectiva al switch, asegurando una evaluación rápida y precisa del estado de la red.
- Utilizar este proyecto como modelo para futuras implementaciones, especialmente en la integración de protección numérica mediante relés, con comunicación a través del protocolo IEC 61850, enfocado en la utilización de equipos que simulen de manera precisa el entorno real y mayores ajustes en los sistemas de monitoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Guapucal, W. (2021). Diseño de módulo didáctico para estudio de coordinación de protecciones eléctricas de sistemas de potencia. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- [2] Ríos, A., Manzano, S., & Guevara, D. (2015). Evolución Tecnológica de los Sistemas Remotos de Monitoreo en las Instalaciones Fotovoltaicas. *Revista Politécnica*, 36(1), 78. Recuperado a partir de https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/414
- [3] Satian, J. (2018). Diseño e implementación de un módulo de pruebas para la capacitación del departamento de ingeniería de la empresa Siselec S.A utilizando el protocolo de comunicación IEC 61850 para la simulación de un sistema Scada de una subestación eléctrica básica. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.
- [4] B. O. Olorunfemi, O. A. Ogbolumani, and N. Nwulu, “Solar Panels Dirt Monitoring and Cleaning for Performance Improvement: A Systematic Review on Smart Systems,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 17. MDPI, Sep. 01, 2022. doi: 10.3390/su141710920.
- [5] Perdomo, D. & Venegas, A. (2019). Sistema de monitoreo de paneles solares por medio del paradigma del internet de las cosas. [Tesis de grado]. Pontifica Universidad Javeriana.
- [6] Módulo fotovoltaico. (s. f.). Enel Green Power. <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/modulo-fotovoltaico>
- [7] G. S. Ajustín Castejón, “www.elsolucionario.org,” *Instal. Solares Fotovoltaicas*, no. *Instal. Solares Fotovoltaicas*, pp. 98–100.
- [8] Rodríguez, L. (2004). COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO. España: Universidad de Jaen. GRUPO IDEA - I+D en Energía Solar y Automática.
- [9] Mohd, N., & Aziz, S. (2018). Performance Factors of the Photovoltaic System: A Review. *MATEC Web of Conferences* 225:03020. DOI: 10.1051/mateconf/201822503020, 1-6.
- [10] ENEL, “¿Qué es la energía solar y cómo funciona?,” 2018.

- [11] Ingenioweb, “Radiación solar en Ecuador,” Enercity S.A., 2022.
- [12] J. Colomer , J. Meléndez y J. Ayza, «Sistemas de Supervisión,» Cetisa Boixareu Editores, S.A, Barcelona, 2000.
- [13] I. Donado-Romero y J. Villamizar-Rincón, «Metodología para estandarización de componentes SCADA bajo normas ISA,» *Visión electrónica*, 12(1), pp. 14-21 doi: 10.14483/22484728.13402, 2018.
- [14] Schweitzer Engineering Laboratories (SEL), ““SEL-3530. Controlador de automatización en tiempo real (RTAC),” 2023.
- [15] Schweitzer Engineering Laboratories (SEL), “SEL-751. Relé de protección de alimentador,,” 2023.
- [16] areatecnologia.com. (s. f.). Transformador de corriente o trafo de intensidad Aprende facil. <https://areatecnologia.com/electricidad/transformador-de-corriente.html>
- [17] Kléver, C. G. (2020). Diseño e implementación del sistema SCADA en el módulo de Comunicación IEC 61850 para monitoreo de los IED De los módulos de protección de sistemas de generación, líneas de transmisión y redes de distribución. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19097>
- [18] J. F. Prieto Ordoñez, «Aplicabilidad de la Norma IEC61850 en Sistemas Scada en la Red de Transmisión Eléctrica de Colombia,»
- [19] CMC 356. (2022). OMICRON. <https://www.omicronenergy.com/es/productos/cmc-356/>
- [20] Delta Electronics India. (s. f.). DX-3001H9 - Delta Electronics India. <https://deltaelectronicsindia.com/industrial-automation/industrial-ethernet-solution/3g-routers-2/dx-3001h9-2/>
- [21] Oseguera et al. (2015). Diseño y construcción de un banco de pruebas para las diferentes líneas de transmisión. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.
- [22] “SEL-5033 softwareSoftware ACCELERATOR RTAC | Schweitzer Engineering Laboratories.” <https://selinc.com/products/5033/>

[23] “SEL-5030 ACSELERATOR QuickSet Software | Schweitzer Engineering Laboratories.”
<https://selinc.com/products/5030/>

[24] “SEL-5032 ACSELERATOR Architect Software | Schweitzer Engineering Laboratories.”
<https://selinc.com/products/5032/>

[25] “Test Universe - Potente software de PC para pruebas avanzadas en secundario - OMICRON.” <https://www.omicronenergy.com/es/productos/test-universe/>

[26] “QuickCMC - OMICRON.” <https://www.omicronenergy.com/es/productos/quickcmc/>

[27] Industrias GSL. (2022, 1 marzo). *Wincc*.

<https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/wincc-siemens>

[28] *Modbus Master Simulator*. (s. f.). https://www.modbustools.com/modbus_poll.html

ANEXOS

Anexo 1. “IEC 61850 Communications - Table G.40 Logical Device: MET (Metering)”

Fuente: Schweitzer Engineering Laboratories (SEL)

Table G.40 Logical Device: MET (Metering) (Sheet 1 of 4)

Logical Node	Attribute	Data Source	Comment
Functional Constraint = DC			
DevIDLPHD1	PhyNam.model	PARTNO	Part number
Functional Constraint = MX ^a b			
DCZBAT1	Vol.instMag.f	VDC	Station dc battery voltage
METMDST1	DmdA.nseq.instCVal.mag.f	3I2D	Negative-sequence current demand
METMDST1	DmdA.phsA.instCVal.mag.f	IAD	A-phase current demand
METMDST1	DmdA.phsB.instCVal.mag.f	IBD	B-phase current demand
METMDST1	DmdA.phsC.instCVal.mag.f	ICD	C-phase current demand
METMDST1	DmdA.res.instCVal.mag.f	IGD	Residual current demand
METMDST1	PkDmdA.nseq.instCVal.mag.f	3I2PD	Negative-sequence current peak demand
METMDST1	PkDmdA.phsA.instCVal.mag.f	IAPD	A-phase current peak demand
METMDST1	PkDmdA.phsB.instCVal.mag.f	IBPD	B-phase current peak demand
METMDST1	PkDmdA.phsC.instCVal.mag.f	ICPD	C-phase current peak demand
METMDST1	PkDmdA.res.instCVal.mag.f	IGPD	Residual current peak demand
METMMXU1	A.phsA.instCVal.mag.f	IA_MAG	Current, A-phase, magnitude
METMMXU1	A.phsA.instCVal.mag.f	IA_ANG	Current, A-phase, angle
METMMXU1	A.phsB.instCVal.mag.f	IB_MAG	Current, B-phase, magnitude
METMMXU1	A.phsB.instCVal.mag.f	IB_ANG	Current, B-phase, angle
METMMXU1	A.phsC.instCVal.mag.f	IC_MAG	Current, C-phase, magnitude
METMMXU1	A.phsC.instCVal.mag.f	IC_ANG	Current, C-phase, angle
METMMXU1	A.res.instCVal.mag.f	IG_MAG	Current, calculated-residual, magnitude
METMMXU1	A.res.instCVal.mag.f	IG_ANG	Current, calculated-residual, angle
METMMXU1	A.neut.instCVal.mag.f	IN_MAG	Neutral current, magnitude
METMMXU1	A.neut.instCVal.mag.f	IN_ANG	Neutral current, angle

Table G.40 Logical Device: MET (Metering) (Sheet 2 of 4)

Logical Node	Attribute	Data Source	Comment
METMMXU1	Hz.instMag.f	FREQ	Frequency
METMMXU1	PF.phsA.instCVal.mag.f	PFA	Power factor, A-phase, magnitude
METMMXU1	PF.phsB.instCVal.mag.f	PFB	Power factor, B-phase, magnitude
METMMXU1	PF.phsC.instCVal.mag.f	PFC	Power factor, C-phase, magnitude
METMMXU1	PhV.phsA.instCVal.mag.f	VA_MAG	Voltage, A-phase-to-neutral, magnitude
METMMXU1	PhV.phsA.instCVal.mag.f	VA_ANG	Voltage, A-phase-to-neutral, angle
METMMXU1	PhV.phsB.instCVal.mag.f	VB_MAG	Voltage, B-phase-to-neutral, magnitude
METMMXU1	PhV.phsB.instCVal.mag.f	VB_ANG	Voltage, B-phase-to-neutral, angle
METMMXU1	PhV.phsC.instCVal.mag.f	VC_MAG	Voltage, C-phase-to-neutral, magnitude
METMMXU1	PhV.phsC.instCVal.mag.f	VC_ANG	Voltage, C-phase-to-neutral, angle
METMMXU1	PhV.res.instCVal.mag.f	VG_MAG	Zero-sequence voltage, magnitude
METMMXU1	PhV.res.instCVal.mag.f	VG_ANG	Zero-sequence voltage, angle
METMMXU1	PPV.phsAB.instCVal.mag.f	VAB_MAG	Voltage, A-to-B-phase, magnitude
METMMXU1	PPV.phsAB.instCVal.mag.f	VAB_ANG	Voltage, A-to-B-phase, angle
METMMXU1	PPV.phsBC.instCVal.mag.f	VBC_MAG	Voltage, B-to-C-phase, magnitude
METMMXU1	PPV.phsBC.instCVal.mag.f	VBC_ANG	Voltage, B-to-C-phase, angle
METMMXU1	PPV.phsCA.instCVal.mag.f	VCA_MAG	Voltage, C-to-A-phase, magnitude
METMMXU1	PPV.phsCA.instCVal.mag.f	VCA_ANG	Voltage, C-to-A-phase, angle
METMMXU1	TotPF.instMag.f	PF	Power factor, three-phase, magnitude
METMMXU1	TotVA.instMag.f	S	Apparent power, three-phase, magnitude
METMMXU1	TotVAr.instMag.f	Q	Reactive power, three-phase, magnitude
METMMXU1	TotW.instMag.f	P	Real power, three-phase, magnitude
METMMXU1	VA.phsA.instCVal.mag.f	SA	Apparent power, A-phase, magnitude
METMMXU1	VA.phsB.instCVal.mag.f	SB	Apparent power, B-phase, magnitude
METMMXU1	VA.phsC.instCVal.mag.f	SC	Apparent power, C-phase, magnitude
METMMXU1	VAr.phsA.instCVal.mag.f	QA	Reactive power, A-phase, magnitude
METMMXU1	VAr.phsB.instCVal.mag.f	QB	Reactive power, B-phase, magnitude
METMMXU1	VAr.phsC.instCVal.mag.f	QC	Reactive power, C-phase, magnitude
METMMXU1	W.phsA.instCVal.mag.f	PA	Real power, A-phase, magnitude
METMMXU1	W.phsB.instCVal.mag.f	PB	Real power, B-phase, magnitude
METMMXU1	W.phsC.instCVal.mag.f	PC	Real power, C-phase, magnitude

Anexo 2. Manual de usuario Enrutador Delta DX30001

Fuente: Autores

Introducción al DIACloud

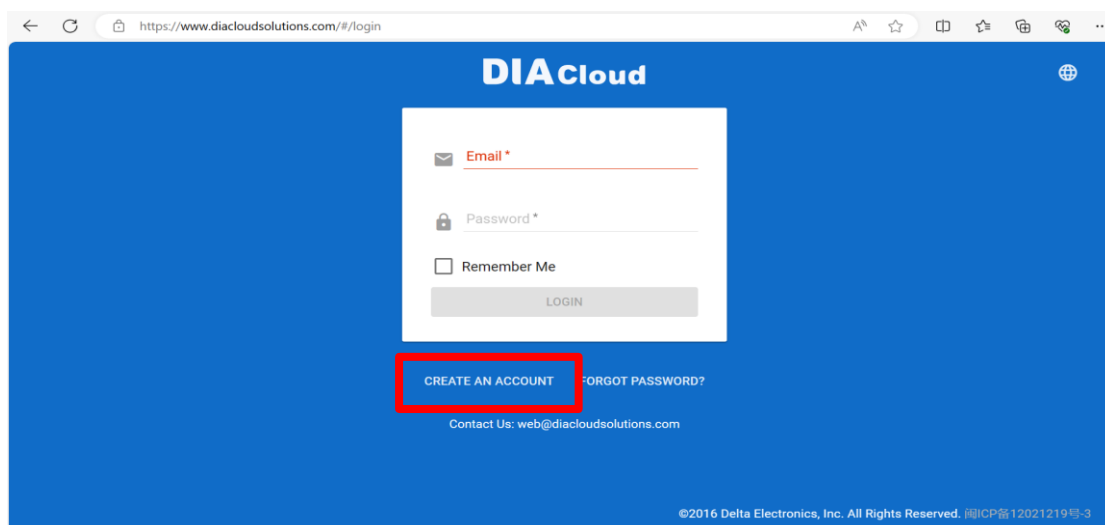
El DIACloud Web es un portal web de la plataforma de nube DIACloud. Donde los usuarios pueden verificar el estado de los dispositivos industriales conectados a través de DIACloud Web, explorar datos recopilados, recibir advertencias, notificaciones y otros mensajes enviados por la plataforma en la nube, crear y gestionar subcuentas y redes de seguridad virtuales, y revisar el inicio de sesión y el registro de la interfaz.

Todo esto con el objetivo de mejorar la administración de dispositivos, optimizar el rendimiento y la eficiencia de los dispositivos, disminuir los gastos operativos y elevar la calidad del servicio.

- **Instrucciones para el DIACloud**
- **Registro e inicio de sesión**

Para el registro e inicio de sesión es necesario seguir una secuencia de pasos que se mostrará a continuación:

1. Abrimos la página web de DIACloud (<http://www.DIACloudSolutions.com>). Si ya tenemos una cuenta, ingresa tu nombre de usuario y la contraseña en la página siguiente para iniciar sesión; si aún no tienes una cuenta, haz clic en "CREAR UNA CUENTA" para registrarte. Luego, el sistema te redirigirá a la página de registro.




2. Ingresa una dirección de correo electrónico, contraseña y otra información relevante en la página de registro. Selecciona "Estoy de acuerdo" y haz clic en "CREAR UNA CUENTA". Asegúrate de que la información de tu región sea correcta, de lo contrario, podría causar problemas en el pago cuando extiendas tu servicio.

Email*
 oscarpaul_rodriguez@hotmail.com
 Password*

 Confirm Password*

 Person Enterprise
 Name*
 Ups
 Country
 EC - Ecuador
 Verification Code*
 JXWJQ
 I Agree AGREEMENT
CREATE AN ACCOUNT
©2016 Delta Electronics, Inc. All Rights Reserved. 国ICP备12021219号-3

3. Después de hacer clic en "CREAR UNA CUENTA", se mostrará una página de felicitaciones y se enviará un link de activación a la dirección de correo electrónico que has utilizado como tu cuenta de DIACloud.

 DIACloud <account@diacloudsolutions.com>
Para: Usted

Dear User,

Please complete your registration by following the link below:

https://www.diacloudsolutions.com/#/activate?n=oscarpaul_rodriguez%40hotmail.com&t=vEAXrn0xfsVOB_mvkCFSmevQsRxRx9G

Please activate your account within 48 hours, otherwise you need to re-create your account.

If you did not register recently, or believe you have received this email in error. Please disregard this message.

请点击下面的链接完成注册:

https://www.diacloudsolutions.com/#/activate?n=oscarpaul_rodriguez%40hotmail.com&t=vEAXrn0xfsVOB_mvkCFSmevQsRxRx9G

请在48小时内激活您的账号, 否则您需要重新注册。

4. Una vez realizado la validación de correo ya podemos ingresar a nuestra cuenta de DIACloud web, el cual nos permitirá explorar datos recopilados, recibir advertencias, notificaciones y otros mensajes enviados como se mencionó anteriormente. Podemos observar la cantidad de equipos enlazados y los que están en línea.

The screenshot shows the DIACloud dashboard with a blue sidebar menu on the left containing: HOME, DEVICES, ALARMS, SECURE TUNNELS, SUB USERS, LOGS, ORDERS, and PROFILE. The main content area features four summary cards: 'Devices in Total' with a value of 1, 'Devices is Online' with a value of 1, 'Alarms in 24 Hours' with a value of 0, and 'Secure Tunnels is Usable' with a value of 1. The footer of the sidebar indicates copyright information for Delta Electronics, Inc. (©2016 Delta Electronics, Inc. All Rights Reserved. #BCP#81202121948-3).

5. Para ver el estatus de nuestro equipo accedemos una vez que demos click en “DEVICES” aquí se nos mostrara una lista de dispositivos. La información incluye el nombre del dispositivo, el número de serie del dispositivo, el tipo de dispositivo, el uso de almacenamiento, el uso de datos y la hora de vinculación del dispositivo.

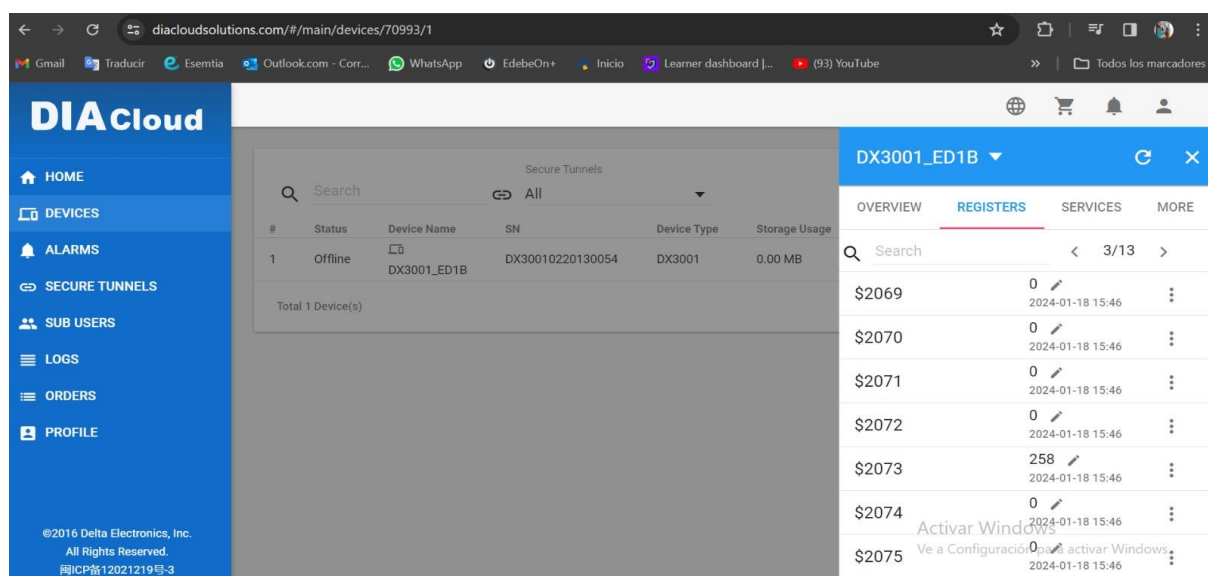
- El color verde indica que el dispositivo está en línea.
- El color gris indica que el dispositivo está fuera de línea.

The screenshot shows the 'DEVICES' page in DIACloud. A table lists device information with columns: #, Status, Device Name, SN, Device Type, Storage Usage, Data Usage, Created, and Operation. A red box highlights the first row of the table. Below the table, it says 'Total 1 Device(s)'. The sidebar menu is the same as in the previous screenshot.

#	Status	Device Name	SN	Device Type	Storage Usage	Data Usage	Created	Operation
1	Online	DX3001_ED1B	DX30010220130054	DX3001	0.00 MB	0.14 MB	2023-12-08 23:47	...

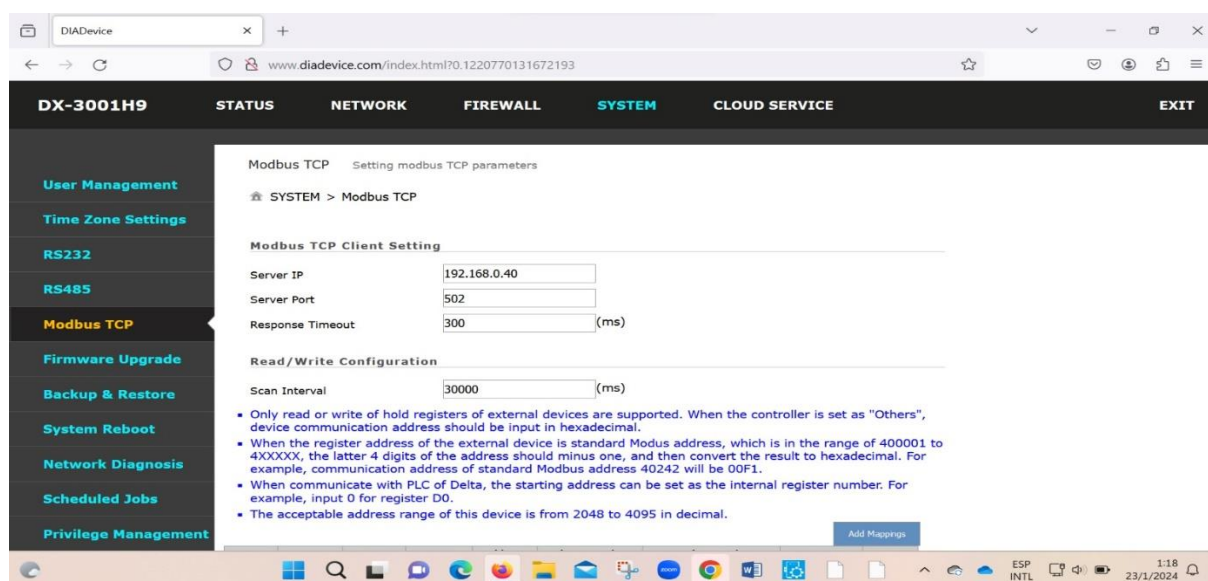
6. Para la visualización de datos accedemos en el apartado “REGISTERS” la cantidad de registros dependerá a la cantidad de dirección de inicio que se asignó anteriormente en el DIADevice.

En nuestro caso podemos observar un valor de registro de 258 que equivale al valor de irradiación en ese momento, también se muestra la hora del registro y la fecha. Los valores se actualizarán automáticamente si existe una variación en la irradiancia o también de un lapso de tiempo el cual nosotros le asignamos en el DIADevice



The screenshot shows the DIACloud web interface. On the left is a navigation menu with options: HOME, DEVICES, ALARMS, SECURE TUNNELS, SUB USERS, LOGS, ORDERS, and PROFILE. The main content area is titled "Secure Tunnels" and displays a table of devices. The table has columns for #, Status, Device Name, SN, Device Type, and Storage Usage. One device is listed: #1, Status: Offline, Device Name: DX3001_ED1B, SN: DX30010220130054, Device Type: DX3001, Storage Usage: 0.00 MB. Below the table, it says "Total 1 Device(s)". To the right, there is a detailed view for device "DX3001_ED1B" with tabs for OVERVIEW, REGISTERS, SERVICES, and MORE. The REGISTERS tab is active, showing a list of registers with values and timestamps. The register \$2073 has a value of 258, while others are 0. The interface also shows a Windows watermark and a search bar.

7. Finalmente, si queremos verificar la dirección IP con la que está trabajando nuestro equipo, podemos realizarlo en la parte de Modbus TCP, y de esa forma comprobar que es el mismo parámetro que fue integrado en la RTAC.



The screenshot shows the DIADevice web interface. The top navigation bar includes: DX-3001H9, STATUS, NETWORK, FIREWALL, SYSTEM (highlighted), CLOUD SERVICE, and EXIT. The left sidebar contains a menu with options: User Management, Time Zone Settings, RS232, RS485, Modbus TCP (highlighted), Firmware Upgrade, Backup & Restore, System Reboot, Network Diagnosis, Scheduled Jobs, and Privilege Management. The main content area is titled "Modbus TCP" and "Setting modbus TCP parameters". It shows the following settings:

- SYSTEM > Modbus TCP
- Modbus TCP Client Setting:
 - Server IP: 192.168.0.40
 - Server Port: 502
 - Response Timeout: 300 (ms)
- Read/Write Configuration:
 - Scan Interval: 30000 (ms)

 Below the settings, there are several notes:

- Only read or write of hold registers of external devices are supported. When the controller is set as "Others", device communication address should be input in hexadecimal.
- When the register address of the external device is standard Modbus address, which is in the range of 400001 to 4XXXXX, the latter 4 digits of the address should minus one, and then convert the result to hexadecimal. For example, communication address of standard Modbus address 40242 will be 00F1.
- When communicate with PLC of Delta, the starting address can be set as the internal register number. For example, input 0 for register D0.
- The acceptable address range of this device is from 2048 to 4095 in decimal.

 The interface also shows a Windows watermark and a taskbar at the bottom with the date 23/1/2024 and time 1:18.

Anexo 3. Manual CWT-SI Sensor de Irradiancia Solar

Fuente: ComWinTop



深圳市盈科互动科技有限公司 CWT CO., LIMITED
TEL: +86-755-26719954 | www.comwintop.com

CWT-SI Solar irradiance sensor (RS485 type) manual



Parameters:

- Power supply range :10V~30V DC
- Output: RS 485 (standard Modbus-RTU protocol)
- Power consumption :0.08W
- Working humidity: 0%~100%RH
- Working temperature: -40 C ~ 60 C
- Spectral range: 0.3~3 μ m
- Measuring range: 0~1800W/m²
- Resolution :1W/m²
- Response time: \leq 10S
- Nonlinear: $<\pm 2\%$
- Annual stability: $\leq \pm 2\%$
- Cosine response: $\leq \pm 10\%$
- Cable length: default is 60cm (can be customized)

Wiring

	Cable color	Description
Power	Brown	Power + (10~30V DC)
	Black	Power -
Communication	Yellow	485+
	Blue	485-

Installation method

1. After the installation is complete, remove the protective cover
2. Make sure the bracket is installed and the irradiance sensor is parallel to the ground.
3. Secure the sensor to the mounting bracket by using a screw through the mounting hole on the sensor.
4. Please note that the dust cover should not be damaged during the installation process, so as not to affect the measurement accuracy.

Product size



RS485 communication Default parameters: 4800,n,8,1

Default device address is 1

Modbus RTU protocol

Read status registers, read function code: 0x30					
Register address (Hex)	PLC Address (decimal)	meaning	Number of bytes	unit	remark
0000H	40001	Solar irradiance value	2	1 W/m ²	Read
0052H	40083	Calibration value	2	1 W/m ²	Read/Write
Parameters registers, read function code: 0x30, write function code: 0x60					
07D0H	42001	Slave ID	2	1-254	Read/Write
07D1H	42002	baud rate	2	0: 2400 1: 4800 2: 9600 Default 4800	Read/Write

Anexo 4. Magnitudes medidas mediante Modbus con los códigos de función 0x03 y 0x04

Fuente: SIEMENS

Tabla 3-6 Magnitudes medidas disponibles

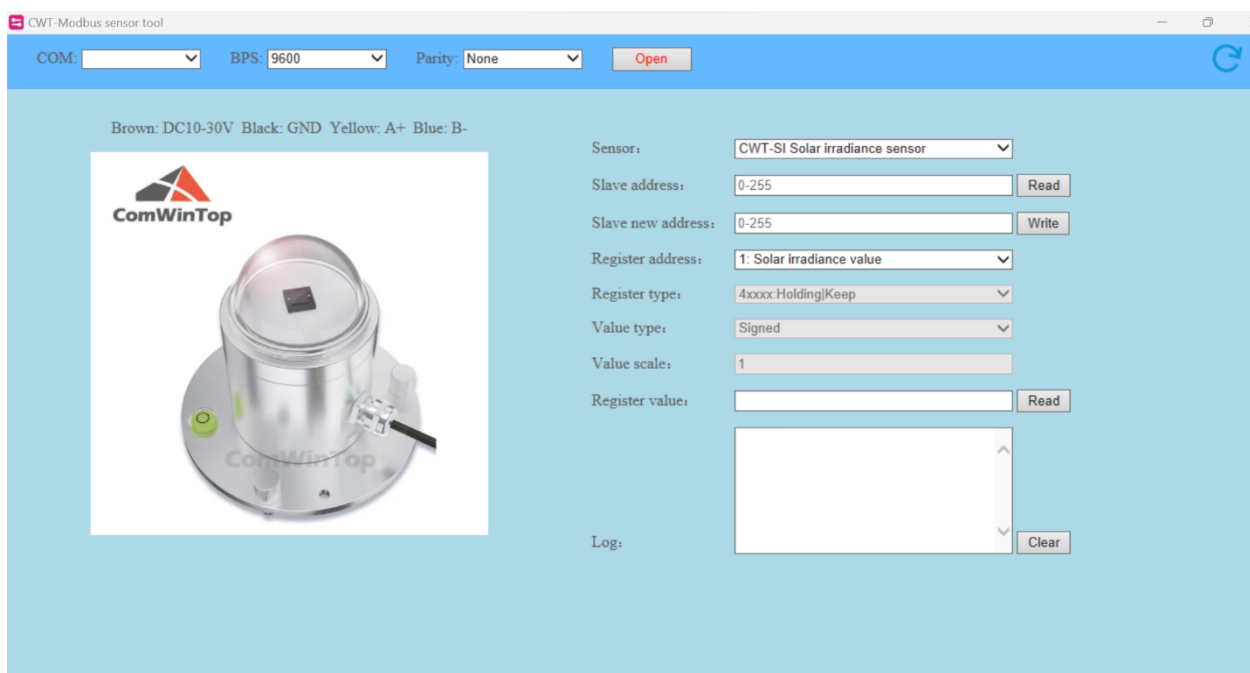
Offset	Número de registros	Nombre	Formato	Unidad	Rango admitido	Acceso
1	2	Tensión U_{L1-N}	Float	V	-	R
3	2	Tensión U_{L2-N}	Float	V	-	R
5	2	Tensión U_{L3-N}	Float	V	-	R
7	2	Tensión U_{L1-L2}	Float	V	-	R
9	2	Tensión U_{L2-L3}	Float	V	-	R
11	2	Tensión U_{L3-L1}	Float	V	-	R
13	2	Corriente L1	Float	A	-	R
15	2	Corriente L2	Float	A	-	R
17	2	Corriente L3	Float	A	-	R
19	2	Potencia aparente L1	Float	VA	-	R
21	2	Potencia aparente L2	Float	VA	-	R
23	2	Potencia aparente L3	Float	VA	-	R
25	2	Potencia activa L1	Float	W	-	R
27	2	Potencia activa L2	Float	W	-	R
29	2	Potencia activa L3	Float	W	-	R
31	2	Potencia reactiva L1	Float	var	-	R
33	2	Potencia reactiva L2	Float	var	-	R
35	2	Potencia reactiva L3	Float	var	-	R
37	2	Factor de potencia L1	Float	-	0 ... 1	R
39	2	Factor de potencia L2	Float	-	0 ... 1	R
41	2	Factor de potencia L3	Float	-	0 ... 1	R
43	2	THD-R en tensión L1	Float	%	0 ... 100	R
45	2	THD-R en tensión L2	Float	%	0 ... 100	R
47	2	THD-R en tensión L3	Float	%	0 ... 100	R
49	2	THD-R en corriente L1	Float	%	0 ... 100	R
51	2	THD-R en corriente L2	Float	%	0 ... 100	R
53	2	THD-R en corriente L3	Float	%	0 ... 100	R
55	2	Frecuencia	Float	Hz	45 ... 65	R
57	2	Tensión media U_{L-N}	Float	V	-	R
59	2	Tensión media U_{L-L}	Float	V	-	R
61	2	Corriente media	Float	A	-	R
63	2	Potencia aparente total	Float	VA	-	R
65	2	Potencia activa total	Float	W	-	R
67	2	Potencia reactiva total	Float	var	-	R
69	2	Factor de potencia total	Float		-	R
71	2	Desbalance de amplitudes en tensión	Float	%	0 ... 100	R
73	2	Desbalance de amplitudes en corriente	Float	%	0 ... 200	R

Anexo 5. Manual de instrucciones para la herramienta de configuración CWT-SI para el Sensor de Irradiancia Solar.

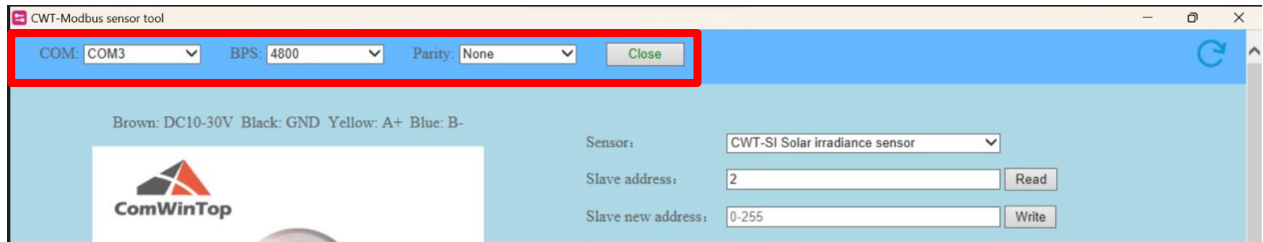
Fuente: Autores

Para optimizar la experiencia de uso del sensor, se recomienda seguir cuidadosamente una serie de pasos al utilizar el software proporcionado por el fabricante, el cual se encuentra disponible para descargarlo en la página web oficial (comwintop.com). Estos pasos garantizan una configuración efectiva y un rendimiento óptimo del sensor, asegurando así un aprovechamiento completo de sus capacidades y funcionalidades

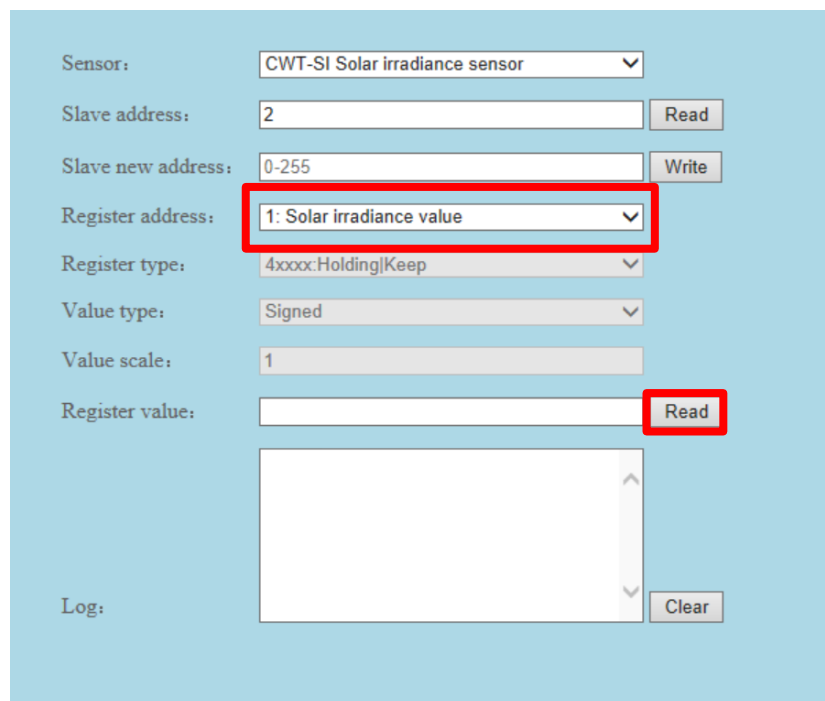
1. Conectar el sensor, conecta el sensor a la PC mediante un convertidor RS485 a USB y ejecutamos el software.



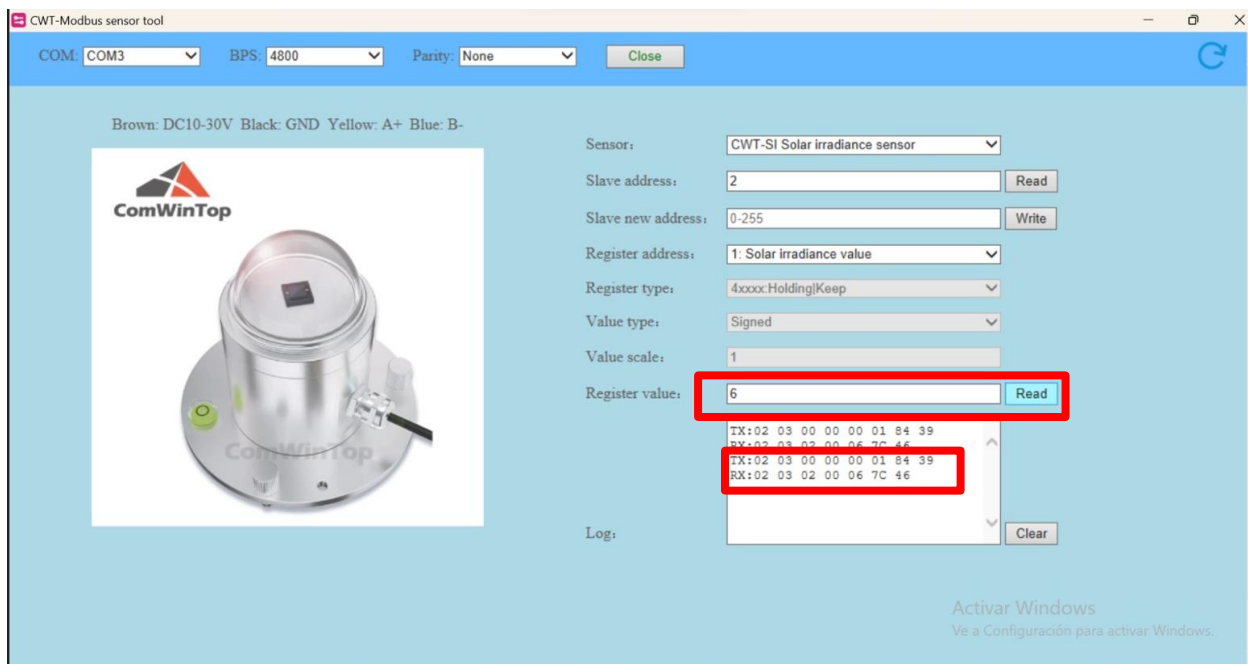
2. Una vez que tengamos conectado el dispositivo en el apartado de COM escogemos a cuál puerto se encuentra conectado, en nuestro caso es COM 3 y para el apartado de BPS se escoge 4800 lo cual se menciona en el apartado de “parámetros predeterminados” y damos clic en open para abrir el puerto.



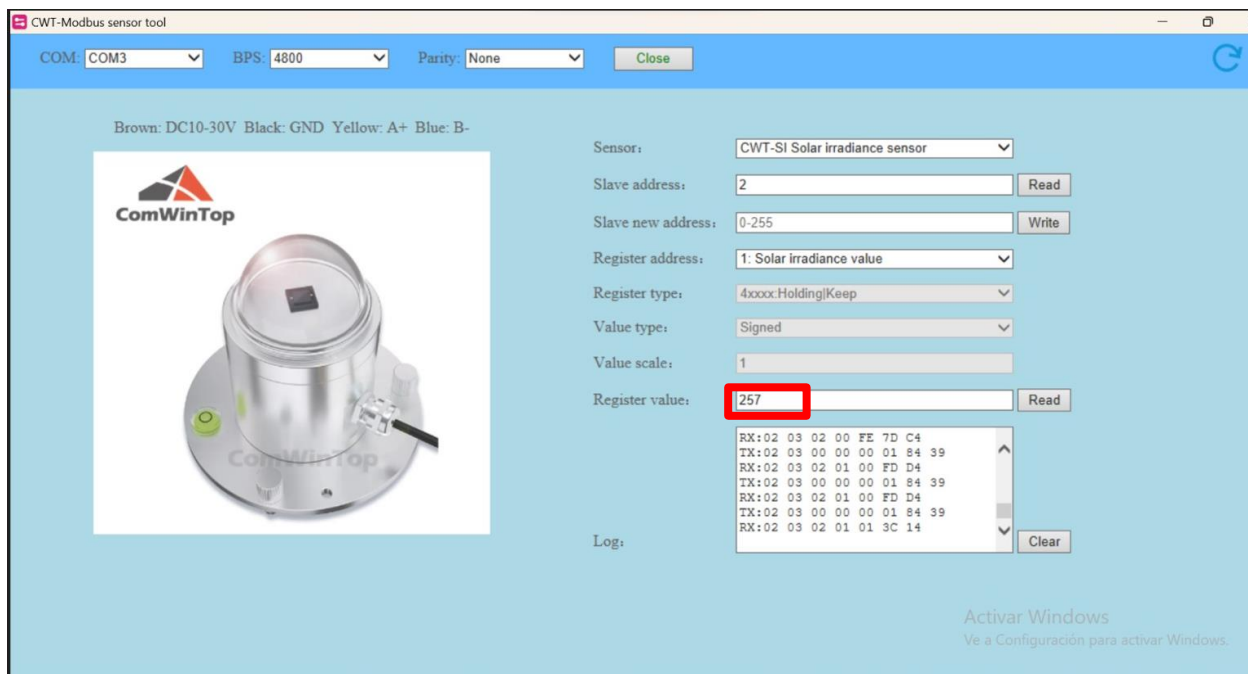
3. Para la dirección de esclavo se coloca el número 2 que es la dirección asignada para este equipo, aunque puede variar, el tipo de registro se deja en “Irradiación solar” y pulsamos en “Read”.



4. Finalmente se visualizará el valor del registro dado por el sensor el cual se visualizará como un número entero, en este caso como prueba se observa un valor de 6, aunque también se puede visualizar en (Hexadecimal).



5. Como prueba podemos hacer una comparación de irradiancia al usar este Software y el DIACloud al momento de tener valores: El valor que se visualizó en el DIACloud es el mismo que se visualiza con el software de 257 w/m2.



Anexo 6. Conexión de los equipos en pruebas de inyección con maleta Omicron CMC356

Fuente: Autores

