

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.
Carrera de Ingeniería En Mantenimiento Eléctrico.

IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA SCADA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO – SOLAR CON INTEGRACIÓN A LA RED ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Autor:

Darwin Javier Lastra Viveros

Director:

Msc. Eliana Carolina Ormeño Mejía

Ibarra – Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA IDENTIDAD:	DE	1003788237	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	Darwin Javier Lastra Viveros	
DIRECCIÓN:	Otavalo, la Esperanza de Azama		
EMAIL:	darwinllastry@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0989711988

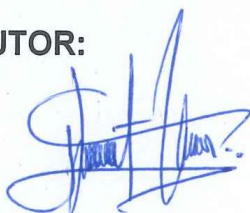
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA SCADA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO – SOLAR CON INTEGRACIÓN A LA RED ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
AUTOR:	Darwin Javier Lastra Viveros
FECHA:	29/01/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Magister Eliana Ormeño

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de Enero de 2020.

EL AUTOR:



Firma

Nombre: Darwin Javier Lastra Viveros

Cédula: 1003788237



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Darwin Javier Lastra Viveros, con cédula de identidad Nro. 1003788237, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA SCADA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO – SOLAR CON INTEGRACIÓN A LA RED ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 29 días del mes de enero de 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Darwin Lastra", is written over a horizontal line.

Firma

Nombre: Darwin Javier Lastra Viveros

Cédula: 1003788237

DECLARACIÓN

Yo, **Darwin Javier Lastra Viveros**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Nombre: Darwin Javier Lastra Viveros

C.I.: 1003788237



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Msc. Eliana Ormeño

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante; Lastra Viveros Darwin Javier certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA SCADA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO – SOLAR CON INTEGRACIÓN A LA RED ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**, Para la obtención de título de Ingeniero en Mantenimiento; aprobando la defensa, impresión y empastado.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Eliana Ormeño', is written over a horizontal line.

Msc. Eliana Ormeño
DIRECTOR DEL PROYECTO

Dedicatoria

“VIVIRÁS PARA VER LOS HORRORES COMETIDOS POR LOS HOMBRES MÁS ALLÁ DE TU COMPRENSIÓN”.

Nikola Tesla.

Dedico el presente trabajo a DIOS por haberme permitido la vida y guiarme por un buen camino haciendo posible la culminación de las metas planteadas.

A mis padres recalcando el apoyo incondicional y esfuerzo de mi madre que siempre ha sido mi motor y motivo constante para esforzarme y salir adelante.

A maestros y amigos, que con su conocimiento me ayudaron a culminar esta meta.

Darwin Lastra.

Agradecimientos

Agradezco a dios por darme la vida y ayudarme a superar dificultades, permitiéndome entender, resolver y superar dificultades.

A mi madre Rosa que es el pilar fundamental de mi vida, quien me apoyo a pesar de dificultades y problemas y supo siempre guiarme fomentando incesantemente la humildad y responsabilidad, incitando el agradecimiento reciproco hacia los demás.

A mis amigos quienes fueron parte del camino, manteniendo objetivos en común me brindaron su apoyo desinteresadamente.

A los Ing. Diana, Eliana, Andrés, Jhonny y Gerardo. Quienes con sus conocimientos me ayudaron a lograr esta meta.

Darwin Lastra.

Tabla de Contenido

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	II
TÉCNICA DEL NORTE	II
1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	II
2. CONSTANCIAS	¡Error! Marcador no definido.
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	
TÉCNICA DEL NORTE	IV¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
DECLARACIÓN	V¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR	VI¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CERTIFICA	VL¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTOS	VIII
TABLA DE CONTENIDO.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS	XVII
ANTEPROYECTO	XX
A1. INTRODUCCIÓN.....	XX
A2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XXI
EL PROBLEMA.....	XXI
A3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.	XXI
A4. ALCANCE DEL TRABAJO	XXII
A5. VIABILIDAD DEL TRABAJO	XXII
A6. OBJETIVO GENERAL	XXIII
A7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	XXIII
CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. SISTEMA SCADA	1
1.1.1. CONCEPTOS ASOCIADOS A UN SISTEMA SCADA	1
1.1.2. FUNCIONES PRINCIPALES DE UN SISTEMA SCADA.....	3
1.1.3. PROGRESO DE LOS SISTEMAS SCADA	3
1.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA SCADA	4
1.2.1. HARDWARE	4
1.2.1.1. UNIDAD CENTRAL (MASTER TERMINAL UNIT, MTU).....	5
1.2.1.2. UNIDAD REMOTA (REMOTE TERMINAL UNIT, RTU).....	5
1.2.1.3. MEDIOS FÍSICOS DE COMUNICACIÓN.....	6
1.2.2. SOFTWARE	6
1.2.2.1. TIA PORTAL.....	7
1.2.2.2. LABVIEW.....	10
1.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	10

1.3.1. FUNCIONAMIENTO DEL PLC.....	11
1.3.2. FUNCIONES DE UN PLC	12
1.3.2.1. UNIDAD DE ENTRADAS	12
1.3.2.2. UNIDADES DE SALIDA	13
1.3.2.3. UNIDAD LÓGICA	14
1.3.2.4. UNIDAD DE MEMORIA.....	14
1.3.2.5. MÓDULOS DE UN PLC	14
1.3.2.6. MÓDULO DE COMUNICACIÓN	14
1.3.2.7. MÓDULO PARA CONEXIÓN DE RACK REMOTO	14
1.3.2.8. MÓDULO DE INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA	15
1.3.2.9. MÓDULO DE ENTRADA Y SALIDA.....	15
1.3.3. APLICACIONES DE LOS PLC.....	15
1.3.4. REDES Y PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	16
1.3.4.1. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PPI.....	16
1.3.4.2. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MPI.....	16
1.3.4.3. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PROFIBUS	17
1.3.4.4. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN FREEPORT	17
1.3.4.5. COMUNICACIÓN ESTÁNDAR RS 485.....	18
1.4. DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN EL CONTROL Y OBTENCIÓN DE DATOS DEL SISTEMA.18	
1.4.1. CONTACTOR.....	19
1.4.2. (TC'S) TRANSFORMADORES DE MEDIDA DE CORRIENTE	20
1.4.3. ANALIZADOR DE RED	21
1.4.4. INVERSORES	23
1.5. PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	24
1.6. APLICACIONES DE SISTEMAS SCADA EN ENERGÍAS RENOVABLES	25
1.7. MARCO LEGAL	26
1.7.1. AUTORIZACIÓN PARA LA CONEXIÓN, INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE CONSUMIDORES CON MICRO GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.	27
CAPÍTULO 2.....	29
DISEÑO DEL SISTEMA SCADA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, CONTROL Y MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS.....	29
2.1. INTRODUCCIÓN	29
2.2. ANÁLISIS DEL OBJETIVO	29
2.3. DIAGRAMAS DEL SISTEMA.....	30
2.4. DISEÑO DEL SISTEMA SCADA	33
2.4.1. ADQUISICIÓN DE DATOS.	33
2.4.1.1. PLC SIEMENS S7-1200.....	33
2.4.1.2. INTERFAZ DE COMUNICACIÓN	34

2.4.1.3. CONFIGURACIÓN DE INSTRUCCIONES PRINCIPALES PARA ESTABLECER COMUNICACIÓN.....	35
2.4.2. PROGRAMACIÓN DE LA COMUNICACIÓN RS-485.....	39
2.4.2.1. CONFIGURACIÓN DE SEGMENTOS PARA ESTABLECER LA COMUNICACIÓN RS-485.....	39
2.4.3. PROGRAMACIÓN DEL DIRECCIONAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	42
2.4.3.1. PROGRAMACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RED Y SU DIRECCIONAMIENTO.....	48
2.4.4. DISEÑO DEL INTERFAZ.....	50
2.4.5. NI - OPC SERVER.....	58
2.6. DIMENSIONAMIENTOS PARA LOS EQUIPOS DEL SISTEMA SCADA.....	60
2.6.1. MEDICIÓN DE VOLTAJES Y CORRIENTES EN EL EDIFICIO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD.....	60
CAPÍTULO 3.....	63
IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA SCADA AL SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDO EÓLICO – SOLAR.....	63
3.1. INTRODUCCIÓN.....	63
3.1.1. UBICACIÓN FÍSICA.....	63
3.1.2. ADQUISICIÓN Y REVISIÓN DE LOS EQUIPOS.....	64
3.1.3. SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR.....	64
3.2. INSTALACIÓN DE EQUIPOS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, CONTROL Y MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS.....	66
3.2.1. INSTALACIÓN DE TC'S (TRANSFORMADORES DE CORRIENTE) EN EL TABLERO DE INVERSORES.....	67
3.2.2. INSTALACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL (MANUAL Y AUTÓMATA).....	67
3.2.3. INSTALACIÓN DE ANALIZADORES DE RED.....	69
3.2.5. INSTALACIÓN DEL ORDENADOR.....	73
3.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	74
3.3.1. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ANALIZADORES DE RED.....	75
3.3.2. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO PLC.....	76
3.3.3. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL ORDENADOR Y LOS PROGRAMAS.....	76
3.4. RESULTADOS.....	77
3.4.1. VOLTAJES DE GENERACIÓN DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR.....	77
3.4.2. CORRIENTE DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO SOLAR.....	78
3.4.3. POTENCIA GENERADA POR EL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR.....	79
3.4.4. PARÁMETROS TRIFÁSICOS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICO – SOLAR.....	80
3.4.5. ENERGÍAS APORTADAS POR EL SISTEMA EÓLICO – SOLAR.....	81
3.4.6. DISTORSIÓN TOTAL ARMÓNICA EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN.....	81
3.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	82
3.6. PRESUPUESTO.....	85

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS.....	92
ANEXO A: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL REGULADOR DE ENERGÍA REACTIVA MASTER CONTROL VAR.....	92
ANEXO B. RELACIÓN DE BORNES CONTROLLER MASTER CONTROL VAR.....	94
ANEXO C. BORNES DEL EQUIPO CON LAS RESPECTIVAS CONEXIONES.	94
ANEXO D: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MULTÍMETRO DIGITAL TRIFÁSICO REHE.....	95
ANEXO E: CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO DEL ANALIZADOR DE RED TRIFÁSICO REHE.	96
ANEXO F: SE MUESTRA LAS DIMENSIONES DEL ANALIZADOR DE RED.	98
ANEXO G: TABLA DE CARACTERÍSTICAS DEL INVERSOR MONOFÁSICO 300W.....	99
ANEXO H: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PLC SIEMENS S7-1200.	100
ANEXO I: PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE LA INSTRUCCIÓN MB_COMM_LOAD_DB.....	101
ANEXO J: PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE LA INSTRUCCIÓN MB_MASTER.	103
ANEXO K: PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE LA INSTRUCCIÓN MB_SLAVE.	104
ANEXO L. CREACIÓN DE UN PROYECTO EN EL SOFTWARE TIA PORTAL.	105
ANEXO M: MFO MULTI-MOUNT CURRENT TRANSFORMER.	107
ANEXO N: SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, AC/DC/RELÉ.....	108
ANEXO O. DIAGRAMA UNIFILAR DE GENERACIÓN EÓLICA - SOLAR	110
ANEXO P. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICO – SOLAR CON CONEXIÓN A LA RED.....	111
ANEXO Q. PASOS PARA CREAR UN PROYECTO EN LABVIEW.	112
ANEXO R. DESCRIPCIÓN PARA LA CONFIGURACIÓN DEL OPC SERVER.	114
ANEXO S. PROGRAMACIÓN EN LABVIEW.	116
ANEXO T. DIAGRAMA UNIFILAR Y CONEXIONADO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	117
ANEXO U. PARÁMETROS DE RED MEDIDOS EN LA CARGA Y RED DEL EDIFICIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA POR LOS ANALIZADORES DE RED REHE.	118
PRACTICAS	120
PRACTICA N°1	120
PRACTICA N°2.....	122
PRACTICA N°3.....	124
PRACTICA N°4.....	127
PRACTICA N°5.....	130

Índice de Figuras

FIG. 1. COMPONENTES DE UN SISTEMA SCADA.	5
FIG. 2. INTERFAZ DE UN SISTEMA SCADA.	6
FIG. 3. VISTA PRINCIPAL TIA PORTAL.	8
FIG. 4. VISTA PRINCIPAL DEL PROYECTO.	9
FIG. 5. ESTRUCTURA DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.	11
FIG. 6. CICLO DE UN PLC.	11
FIG. 7. FUNCIONES DEL PLC MEDIANTE SUS UNIDADES.	12
FIG. 8. CAPTADORES ACTIVOS, DISPOSITIVOS QUE SE ACCIONAN AL SER ENERGIZADOS.	13
FIG. 9. CAPTADORES PASIVOS, DISPOSITIVOS DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO.	13
FIG. 10. PROTOCOLO PPI.	16
FIG. 11. PROTOCOLO MPI.	17
FIG. 12. PROTOCOLO PROFIBUS.	17
FIG. 13. COMUNICACIÓN RS 485.	18
FIG. 14. CONTACTOR.	19
FIG. 15. REGULADOR DE ENERGÍA REACTIVA MASTER CONTROL VAR.	21
FIG. 16. ANALIZADOR DE RED.	22
FIG. 17. ALIMENTACIÓN Y TIPO DE CONEXIONES PARA MEDICIÓN DE PARÁMETROS.	22
FIG. 18. PARÁMETROS DE MEDICIÓN ELÉCTRICOS PINES DE ENTRADA Y SALIDA.	23
FIG. 19. INVERSOR CON INTEGRACIÓN A LA RED.	23
FIG. 20. PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN.	25
FIG. 21. INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN.	27
FIG. 22. DIAGRAMA UNIFILAR DE GENERACIÓN EÓLICA - SOLAR.	30
FIG. 23. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICO – SOLAR CON CONEXIÓN A LA RED.	31
FIG. 24. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA SCADA.	32
FIG. 25. (PLC) S7-1200.	34
FIG. 26. INSTRUCCIÓN MB_COMM_LOAD_DB.	35

FIG. 27. INSTRUCCIÓN MB_COMM_LOAD_DB.....	36
FIG. 28. INSTRUCCIÓN MB_SLAVE.....	38
FIG. 30. CONFIGURACIÓN DE LA INSTRUCCIÓN DEL MÓDULO (MB_COMM_LOAD).....	39
FIG. 31. PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE LA INSTRUCCIÓN MB_MASTER.....	40
FIG. 32. TON TIME PERMITE ESTABLECER LA PETICIÓN DE DATOS AL ESCLAVO CADA DETERMINADO TIEMPO.....	41
FIG. 33. CONTADOR PARA SELECCIÓN DE DIRECCIONAMIENTO DE MEMORIA DE LECTURA.....	45
FIG. 34. LECTURA DE PARÁMETROS DEL ANALIZADOR.....	45
FIG. 35. SELECCIÓN DEL BLOQUE DE REGISTROS A LEER.....	46
FIG. 36. BLOQUE DE DIRECCIONAMIENTO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS.....	46
FIG. 37. SEGMENTOS EN LOS CUALES SE DIRECCIONAN LOS PARÁMETROS TOMADOS DE CADA UNO DE LOS BLOQUES.....	49
FIG. 38. SEGMENTO 1 CORRESPONDIENTE A LOS PARÁMETROS DE TENSIONES FASE-NEUTRO.....	50
FIG. 39. PROCESO PARA CREAR LA INTERFAZ EN LABVIEW.....	51
FIG. 40. CREACIÓN DE VARIABLES EN EL SOFTWARE LABVIEW.....	52
FIG. 41. PROCEDIMIENTO PARA IMPLEMENTAR LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL EN EL SOFTWARE LABVIEW.....	52
FIG. 42. VARIABLES CREADAS EN LABVIEW.....	53
FIG. 43. INTERFAZ REALIZADA EN LABVIEW PARA VISUALIZAR Y CONTROLAR LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN.....	54
FIG. 44. BLOQUES CON VARIABLES DE TENSIÓN LÍNEA-LÍNEA Y TENSIÓN LÍNEA-NEUTRO.....	54
FIG. 45. BLOQUES CON VARIABLES DE FACTOR DE POTENCIA Y (THD).....	55
FIG. 46. BLOQUES CON VARIABLES DE FACTOR DE COSENO DEL ÁNGULO PHI Y LA CORRIENTE EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN.....	55
FIG. 47. BLOQUES CON VARIABLES DE FRECUENCIA Y TEMPERATURA, ASÍ COMO LOS PARÁMETROS TRIFÁSICOS GENERADOS.....	56
FIG. 48. BLOQUES CON VARIABLES DE LA ENERGÍA CONSUMIDA Y GENERADA POR EL SISTEMA.....	56
FIG. 49. BLOQUES CON VARIABLES DE LA POTENCIA ACTIVA, REACTIVA INDUCTIVA Y REACTIVA CONSUMIDA.....	57

FIG. 50. BLOQUES CON VARIABLES DE LA POTENCIA REACTIVA CAPACITIVA, APARENTE Y REACTIVA GENERADA.....	57
FIG. 51. BLOQUES CON VARIABLES PARA EL CONTROL DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR.....	57
FIG. 52. CONFIGURACIÓN DEL NI OPC SERVER.....	58
FIG. 53. VARIABLES OPC.	59
FIG. 54. MULTÍMETRO DIGITAL FLUKE 177 DE VALOR EFICAZ VERDADERO.....	60
FIG. 55. UBICACIÓN EN DONDE SE IMPLEMENTO LA PLATAFORMA SCADA.....	63
FIG. 56. TURBINA EÓLICA Y PANELES SOLARES.	64
FIG. 57. TABLERO DE INVERSORES.....	65
FIG. 58. SISTEMA DE GENERACIÓN CON ACOPLA A LA RED Y ADQUISICIÓN DE DATOS.	66
FIG. 59. INSTALACIÓN DE TC'S EN EL TABLERO DE INVERSORES.....	67
FIG. 60. INSTALACIÓN DE CONTACTORES, PULSADORES Y LUCES INDICADORAS AL TABLERO DE INVERSORES.....	67
FIG. 61. IMPLEMENTACIÓN DE CONTACTORES PARA EL CONTROL DEL SISTEMA EÓLICO - SOLAR.....	68
FIG. 62. SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DEL SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICO - SOLAR.....	69
FIG. 63. ANALIZADORES DE RED REHE INSTALADOS EN EL TABLERO DE INVERSORES.	69
FIG. 64. VOLTAJES LÍNEA – NEUTRO EN LA RED UTN Y LA CARGA DEL EDIFICIO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD.	70
FIG. 65. INSTALACIÓN DEL REGULADOR DE ENERGÍA REACTIVA MASTER CONTROL VAR. 71	
FIG. 66. ESQUEMA DE CONEXIONADO TRIFÁSICO DEL MASTER CONTROL VAR.....	72
FIG. 67. IMPLEMENTACIÓN DEL PLC Y MÓDULO DE COMUNICACIÓN.....	73
FIG. 68. BASE SOPORTE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL COMPUTADOR Y PLC.....	73
FIG. 69. IMPLEMENTACIÓN DE ORDENADOR PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICO - SOLAR.	74
FIG. 70. IMPLEMENTACIÓN COMPLETA DEL SISTEMA SCADA.	75
FIG. 71. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE ANALIZADORES.	75
FIG. 72. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC.....	76
FIG. 73. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL ORDENADOR Y SOFTWARES.....	76
FIG. 74. TENSIÓN FASE - NEUTRO DE LAS L1, L2 Y L3 DEL SISTEMA DE GENERACIÓN.	77

FIG. 75. TENSIÓN FASE - FASE ENTRE LÍNEAS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN.....	78
FIG. 76. CORRIENTE EN LAS LÍNEAS L1, L2 Y L3 DEL SISTEMA DE GENERACIÓN.....	78
FIG. 77. POTENCIA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN.....	79
FIG. 78. FACTOR DE POTENCIA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN.....	80
FIG. 79. DATOS TRIFÁSICOS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN.....	80
FIG. 80. ENERGÍA APORTADA POR EL SISTEMA DE GENERACIÓN A LA RED DE LA UTN.....	81
FIG. 81. THD EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICO – SOLAR.....	82

Índice de Cuadros

TABLA 1. 1. TIPOS DE TC'S.....	20
TABLA 1.2. UBICACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.....	20
TABLA 1.3. CARACTERÍSTICAS DEL INVERSOR.	24
TABLA 2.1. MAPEO DE LAS DIRECCIONES MODBUS EN LA MEMORIA IMAGEN DE PROCESO DE LA CPU.....	37
TABLA 2.2. MAPEO DEL REGISTRO DE RETENCIÓN MODBUS EN LA DIRECCIÓN DB MB_HOLD_REG DEL PLC.....	37
TABLA 2.3. FUNCIONES DE DIAGNÓSTICO MODBUS MB_SLAVE.	38
TABLA 2.4: MAPA DE MEMORIA MODBUS: VARIABLES DE MEDIDA 1.	42
TABLA 2.5: MAPA DE MEMORIA MODBUS: VARIABLES DE MEDIDA 2.	44
TABLA 2.6: MAPA DE MEMORIA MODBUS: VARIABLES DE MEDIDA 3.	44
TABLA 2.7. MAPA DE DIRECCIÓN Y REGISTRO.	47
TABLA 2.8. PARÁMETROS DE RED Y GENERACIÓN OBTENIDO MEDIANTE MEDICIÓN.....	60
TABLA: 2.9. EQUIPOS Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS QUE CONSTITUYEN EL SISTEMA SCADA.....	61
TABLA 3.1. PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LA RED Y LA CARGA DE EL EDIFICIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.	70
TABLA 3.2. PARÁMETROS DE MEDIDA DE LA CONTROLLER MASTER CONTROL VAR (CONEXIÓN TRIFÁSICA).....	72
TABLA 3.3. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA RED DEL EDIFICIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.	82
TABLA 3.4. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE GENERACIÓN HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR.	83
TABLA 3.5. PRESUPUESTO DE EQUIPOS UTILIZADOS E EL PROYECTO.....	85

Resumen

El presente proyecto consiste en diseñar e implementar una plataforma de adquisición, monitoreo y control de parámetros eléctricos de un sistema de generación híbrido eólico - solar ubicado en la ciudad de Ibarra – Imbabura en el edificio de la Carrera de Electricidad en la Universidad Técnica Del Norte, la plataforma SCADA permitirá observar y controlar de forma manual y automática las aportaciones del sistema de generación eólico - solar a la red.

El proyecto se lo realiza previo a la implementación del sistema de generación híbrido eólico - solar, en donde se considera prioritario conocer el aporte que estaría realizando el sistema de generación híbrido en la red de la Universidad Técnica Del Norte y que tan factible sería observar en ese instante de tiempo la energía aportada por el sistema a la red.

Entre los objetivos planteados, el general es implementar una plataforma SCADA para el monitoreo y control de un sistema híbrido eólico - solar integrado a la red eléctrica en el edificio de la carrera de electricidad. Para el cumplimiento de cada uno de los objetivos se estableció un estudio que lleve a cumplir con cada uno de ellos, en primera instancia se realiza la recopilación bibliográfica acerca de los sistemas SCADA y los elementos que intervienen en su estructura, como estudio siguiente se realizó el diseño del sistema para la adquisición, monitoreo y control de parámetros eléctricos y finalmente se implemento los equipos que hacen posible efectuarse un sistema SCADA.

El diseño del proyecto está basado en la obtención de parámetros eléctricos mediante un analizador de red Control MASTER Var que cuenta con la comunicación MODBUS RTU (RS-485), la cual permite compartir los parámetros de red leídos por el analizador a equipos externos como el PLC y visualizar los datos medidos mediante una interfaz gráfica como LabVIEW.

En el proyecto se describe de forma ordenada y detallada cada uno de los programas utilizados para establecer la comunicación, el monitoreo y control de los parámetros generados por el sistema híbrido eólico _ solar.

Palabras claves: Adquisición de datos, parámetros eléctricos, eólico, solar, sistema SCADA, conexión a la red, sistema de generación, analizador de RED, PLC, LabVIEW, monitoreo.

Abstract

The present project consists of designing and implementing a platform for the acquisition, monitoring and control of electrical parameters of a hybrid wind-solar generation system located in the city of Ibarra - Imbabura in the building of the Career of Electricity at the Universidad Técnica Del Norte. The SCADA platform will allow the manual and automatic observation and control of the contributions of the wind-solar generation system to the grid.

The project is carried out before the implementation of the hybrid wind-solar generation system, where it is considered a priority to know the contribution that the hybrid generation system would be making to the grid of the Universidad Técnica Del Norte and how feasible it would be to observe at that moment of time the energy contributed by the system to the grid.

Among the proposed objectives, the general one is to implement a SCADA platform for the monitoring and control of a hybrid wind-solar system integrated to the electric grid in the building of the electricity race. For the fulfillment of each one of the objectives a study was established that leads to fulfill each one of them, in first instance the bibliographical compilation is made about the SCADA systems and the elements that take part in their structure, as following study the design of the system for the acquisition, monitoring and control of electrical parameters was made and finally the equipment that makes possible to make a SCADA system was implemented.

The design of the project is based on obtaining electrical parameters by means of a Control MASTER Var network analyzer that has MODBUS RTU communication (RS-485), which allows sharing the network parameters read by the analyzer to external equipment such as the PLC and displaying the measured data by means of a graphic interface such as LabVIEW.

The project describes in an orderly and detailed way each one of the programs used to establish the communication, monitoring and control of the parameters generated by the hybrid wind _ solar system.

Keywords: Data acquisition, electrical parameters, wind, solar, SCADA system, grid connection, generation system, grid analyzer, PLC, LabVIEW, monitoring.

ANTEPROYECTO

TEMA

Implementación de una plataforma SCADA para el monitoreo y control de un sistema híbrido eólico – solar con integración a la red eléctrica en el edificio de la Carrera de Electricidad en la universidad técnica del norte.

A1. INTRODUCCIÓN

Unas de las disciplinas más importantes de la ingeniería son los sistemas de automatización, los mismos que poseen un amplio campo de aplicación. Un sistema de automatización es capaz de adquirir datos, almacenar, supervisar y controlar de forma completa una industria sin requerir personal humano, debido a que las tareas pueden ser llevadas a cabo por medio de aplicaciones de software, sensores y transmisores de campo. (Ortiz, 2011).

En la actualidad se conocen distintas fuentes de energía eléctrica que, en el transcurso del tiempo se ha ido mejorando el control y la producción de diferentes tipos de energía cada vez más complejos. Para su obtención es necesario utilizar otro tipo de energía presente en la naturaleza, se pueden clasificar en fuentes de energías renovables y no renovables. La fuente de energía no renovable se caracteriza por ser recursos presentes en la naturaleza, desarrollado por procesos naturales muy complejos que requieren gran cantidad de tiempo, los más conocidos son los combustibles fósiles por ejemplo los hidrocarburos y el carbón vegetal. Las fuentes renovables están presentes en la naturaleza, se las conoce como renovables ya que el uso humano o la intervención con las mismas no ocasiona su agotamiento, como ejemplo los vientos, la radiación solar, el agua en movimiento, etc. (Pérez & López, Los sistemas SCADA en la automatización industrial., 2015).

El hombre ha desarrollado equipos que gracias a la ciencia y tecnología nos permite adquirir una múltiple gama de información y datos eléctricos, con la ayuda de estos equipos y utilizando programas de control y adquisición de datos (SCADA) se puede conseguir eficientes sistemas inteligentes de uso racional.

Hernández & Ledesma (2010) afirman que, las tecnologías disponibles especialmente para tareas de automatización y control, han llegado a optimizar y mejorar los sistemas de monitoreo de energía. También han contribuido con los grandes cambios en el sector eléctrico haciendo énfasis en el control, supervisión y adquisición de datos que ayudaran a realizar un estudio más versátil de procesos industriales.

Salazar & Villacreses (2015) establecen que, debido al gran avance tecnológico que se ha desarrollado, muchas instituciones, fabricas, oficinas y casas, tratan de aprovechar al máximo las nuevas tecnologías, por lo que se habla de edificios inteligentes, sistemas integrados de monitoreo, etc. Estas nuevas tendencias por motivos de confiabilidad de sus sistemas obligan a integrar todos sus equipos tales como sistema de generación, calefacción, bombas, aire acondicionado, sistema de alarmas entre otros a ser monitoreados y controlados mediante sistemas SCADA.

A2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria en el Ecuador, por causa del cambio de la matriz energética, ha obligado a los estudiantes a relacionarse de manera temprana con tecnologías encaminadas a la generación de electricidad mediante diversos sistemas, dichos sistemas son monitoreados y controlados mediante softwares y sistemas de control, por consiguiente permitirá habituarse con el uso de equipos electrónicos de potencia, integración y mantenimiento de dispositivos industriales conectados a la red eléctrica, lo que conllevará a que tengan una mejor competitividad en el ámbito laboral.

La Universidad Técnica del Norte (UTN), actualmente no cuenta con un sistema de control y monitoreo en tiempo real, es por esta razón que se implementa una plataforma SCADA, permitiendo que el estudiante se familiarice con este tipo de sistemas y adquirir conocimientos que ayudaran a su desarrollo profesional. Además, este proyecto permitirá monitorear y controlar el sistema híbrido eólico - solar con integración a la red eléctrica en el edificio de la Carrera de Ingeniería en Electricidad.

EL PROBLEMA

¿Es posible diseñar e implementar una plataforma SCADA para el monitoreo y control de un sistema híbrido eólico - solar integradas a la red eléctrica en el edificio de la Carrera de Electricidad en la Universidad Técnica del Norte?

A3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.

Los equipos de monitoreo, control, automatización y adquisición de datos se encuentran en constante cambio simplificando sus estructuras y mejorando cada vez más sus procesos existentes. Sin lugar a duda la importancia del presente proyecto radica en poseer una herramienta para el control, monitoreo y adquisición de datos, realizada con dispositivos y

software de aplicación industrial, que a su vez ayudara a la formación de profesionales en las áreas afines con la Carrera de Electricidad, automatización y control industrial. De igual manera permitirá el monitoreo y control en tiempo real del sistema de producción de energía eléctrica híbrido eólica – solar con integración a la red eléctrica.

Previo a lo antes mencionado, se puede afirmar que por medio de los dispositivos y software utilizados en un sistema (SCADA) los estudiantes podrán adquirir experiencia llevando a la par los conocimientos teóricos con los prácticos, logrando de esta forma un aprendizaje significativo capaz de articular el contexto netamente académico con el sector industrial.

A4. ALCANCE DEL TRABAJO

Se desea Implementar una plataforma SCADA para el monitoreo y control de un sistema híbrido eólico – solar integrado a la red eléctrica en el edificio de la Carrera de Electricidad en la Universidad Técnica del Norte previamente implementado en dos proyectos trabajados en conjuntos para la instalación del sistema real. El presente trabajo tiene como finalidad adquirir y supervisar en tiempo real la producción obtenida por los sistemas eólico y solar.

A5. VIABILIDAD DEL TRABAJO

El presente trabajo se basa en una investigación de carácter tecnológico sobre lo referente a sistemas Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA), y configuraciones de comunicación mediante la utilización del PLC para el control automatizado y obtención de variables. La implementación del presente trabajo se llevará a cabo en las instalaciones de la Carrera de Ingeniería Eléctrica. Por lo tanto, el tipo de alcance de la investigación es tecnología y práctica.

El proyecto reúne características, condiciones técnicas y operativas que aseguran el cumplimiento de sus metas y objetivos. La implementación de sistemas SCADA en la actualidad es común puesto que se establece como una herramienta muy utilizada en procesos industriales, por estas razones cuenta con el suficiente acceso de información mediante internet, revistas, libros, etc.

El trabajo de investigación se lo pretende realizar aproximadamente en el año 2019, llevando a cabo la finalización de todos los procesos investigativos como el diseño e implementación del sistema de supervisión, control y adquisición de datos. El financiamiento se lo realizara por medio de recursos monetarios propios por lo consiguiente la investigación e implementación no requiere de un financiamiento mayor.

Se realizará la implementación del sistema SCADA con la ayuda de los docentes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, quienes aportaran con los conocimientos obtenidos mediante su vida profesional proporcionando soluciones solidas a posibles problemas que podrían aparecer mediante se desarrolla la investigación.

A6. OBJETIVO GENERAL

Implementar una plataforma SCADA para el monitoreo y control de un sistema híbrido eólico - solar integrado a la red eléctrica en el edificio de la Carrera de Electricidad.

A7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar el estado del arte de las diversas tecnologías asociadas a la implementación de un sistema SCADA.
2. Diseñar el sistema SCADA estableciendo las características del hardware y software para la adquisición de datos, control y monitoreo de parámetros eléctricos.
3. Implementar la plataforma SCADA al sistema híbrido eólico – solar con integración a la red eléctrica.

CAPÍTULO 1

Marco Teórico

1.1. Sistema SCADA

Los sistemas SCADA (por sus siglas en ingles, Supervisory Control And data Acquisition) se diseñaron en primeras instancias para cubrir las necesidades de un control centralizado, sobre procesos industriales, distribuidos en áreas extensas es así como la definición clásica hace referencia a la operación de procesos controlados de forma remota. (Chancosa, 2017).

Están basados como aplicaciones de software diseñadas con el propósito de controlar y supervisar procesos a distancia. Se rigen en la adquisición de datos de procesos remotos en los cuales proporcionan comunicación con ciertos equipos de campo llegando a controlar el proceso a través de un software especializado. (Aguirre , 2013). Un sistema SCADA opera mediante software de control de producción, este se comunica con los dispositivos de campo para el control de procesos de forma automática, semiautomática o manual mediante la pantalla del ordenador. De igual manera, proporciona información del proceso a operadores, supervisores de control de calidad, supervisión y mantenimiento. (Jalanoca & Benavides, 2017).

Las labores de supervisión y control generalmente están relacionadas con el software SCADA, con esta herramienta se puede visualizar en la pantalla del computador cada una de las áreas remotas que conforman el sistema, los estados en las que se encuentran, las situaciones de alarma y realizar cambios físicos sobre algún equipo lejano. (Hernández & Ledesma, 2010).

Todo es ejecutable en tiempo real, y el operador de planta mediante este sistema tiene la posibilidad de supervisar y controlar los métodos tomando acciones según lo requerido en el proceso.

1.1.1. Conceptos asociados a un sistema SCADA

Rios (2006), describe algunas definiciones importantes que debe conocerse:

- a) Adquisición de datos. – Su función principal es la recolección y procesamiento de datos para su posterior almacenamiento, despliegue, transmisión o manipulación matemática para la obtención de información adicional.
- b) El sistema. – Intervienen varios elementos que cooperan de manera vinculada para

lograr un objetivo.

- c) El control. – Se ejerce poder y disponibilidad para obligar el comportamiento de cierto elemento con el fin de obtener un objetivo específico.
- d) Control de supervisión. – En esta etapa la información de diferentes parámetros dispersos se concentra en un lugar para su procesamiento y como criterio para ejecutar alguna acción de control. Se lo define como el monitoreo y control de procesos.

Las acciones de control se pueden clasificar de la siguiente forma:

1. Manual. - El usuario decide todas las acciones a ejecutar.
 2. Semiautomático. - Algunas actividades se realizan de manera automática y algunas se dejan a discreción del usuario.
 3. Automático. - Todas las acciones se ejecutan de manera automática seteadas a parámetros requeridos por el usuario.
- e) Señal analógica. – Se define como una variable continua en el tiempo y que puede tener un valor cualquiera dentro de un rango definido; es generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo en función del tiempo.
 - f) Señal digital. - Está definida como aquella que solo puede tener dos valores los que pueden ser (1 o 0) y es discreta en el tiempo.
 - g) Tiempo real. – Es la acción que está siendo procesada en el ordenador y cuya acción progresa paralelamente al tiempo del “mundo real”, cuando el ordenador es capaz de mostrar en el mismo instante lo que ocurre en un proceso instalado se entiende que la acción ocurre en tiempo real.

Al emplear computadoras, controladores o cualquier dispositivo que funciona en base a un programa de computación para procesar información de campo, aparece un desfase en el tiempo o un retardo, incidiendo en la exactitud instantánea del valor mostrado. Esto puede pasar desapercibida, particularmente en la medición de variables “lentas” pudiendo ser considerable si se trata de variables “rápidas”.

1.1.2. Funciones principales de un sistema SCADA

Hernández & Ledesma (2010), refiere las funciones principales que realiza el sistema SCADA:

- Supervisión remota. – El operador será capaz de observar desde la pantalla el progreso de las variables de control, así como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas. Con la supervisión remota de un sistema SCADA el usuario puede conocer el estado de las instalaciones bajo su propia responsabilidad y controlar de manera eficiente las labores de producción y mantenimiento en el campo, mientras que por medio del control remoto lo primordial de los sistemas SCADA es que permiten activar o desactivar equipos a conveniencia del operador o de manera automática. (Aguirre , 2013).
- Control remoto. –Mediante el sistema se controlar la activación y desactivación de los equipos (así como, abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera manual y automática. El operador puede ejecutar acciones de control y podrá modificar la evolución del proceso en situaciones irregulares que se generen.
- Adquisición de datos. - Recolectar, procesar, almacenar y mostrar la información recibida en forma continua desde los equipos de campo. (Hernández & Ledesma, 2010).
- Representación de alarma. – Está función permite alertar al operador sobre condiciones anormales o eventos en los que se requiera intervención del operador. Estos eventos pueden ser mostrados mediante colores o señales auditivas. (Aguirre , 2013). Estas señales de alarma permiten alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable, estas pueden ser visuales o sonoras. (Hernández & Ledesma, 2010).

1.1.3. Progreso de los sistemas SCADA

Los sistemas de Interfaz Hombre Maquina (HMI)/SCADA utilizan el ordenador y las tecnologías de comunicación para mecanizar el monitoreo y control de procesos industriales. Dichos sistemas son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complicados o muy geográficamente dispersos ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes en tiempos cortos y ordenados, y la presentan a un operador en una forma amigable. Los sistemas HMI/SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas. (Carranco & Celi, 2010).

El monitoreo de estos sistemas se lo realiza mediante un computador, en donde se puede visualizar parámetros de control, lo que se denomina como HMI (Human Machine Interface), en donde se ofrece una función complementaria de monitorización como observar distintos parámetros. (Pérez, 2015).

La mayoría de los sistemas HMI/Scada que están siendo instalados se están convirtiendo en una parte integral de la estructura de gerenciamiento de la información corporativa. Estos sistemas ya no son vistos por la gerencia simplemente como herramientas operacionales, sino como un recurso importante de información. En este papel continúan sirviendo como centro de responsabilidad operacional, pero también proporcionan datos a los sistemas y usuarios fuera del ambiente del centro de control que dependen de la información oportuna en la cual basan sus decisiones económicas cotidianas. La mayoría de los vendedores principales de HMI/SCADA han reconocido esta tendencia, y están desarrollando rápidamente métodos eficientes para tener disponibles los datos, mientras protegen la seguridad y funcionamiento del sistema. La arquitectura de los sistemas actuales integra a menudo muchos ambientes de control diferentes, tales como tuberías de gas y aceite, en un solo centro de control. (Carranco & Celi, 2010).

Esta arquitectura proporciona la transferencia automática de la responsabilidad del control de cualquier ordenador que pueda llegar a ser inasequible por cualquier razón, a una computadora de reserva en línea, sin interrupción significativa de las operaciones.

1.2. Componentes de un sistema SCADA

Aguirre (2013) menciona en su obra que la finalidad de un sistema SCADA es monitorear, controlar y supervisar desde un punto central distintos procesos de una o varias plantas, por ello un sistema SCADA se compone de:

- Hardware
- Software

1.2.1. Hardware

Todos los sistemas SCADA requieren de hardware para dar la gestión requerida a la información captada: por lo cual está comprendido de:

En la Figura 1 se puede apreciar los componentes de un sistema SCADA.

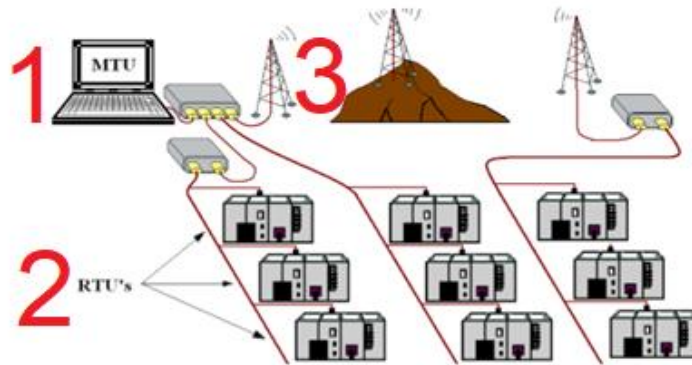


Fig. 1. Componentes de un sistema SCADA.

Fuente: (Aguirre , 2013).

En la Figura 1 se puede observar los componentes que conforman el sistema SCADA:

- 1) Unidad Terminal Maestra (MTU)
- 2) Unidades Terminales Remotas (RTU)
- 3) Medios físicos de comunicación.

1.2.1.1. Unidad central (Master Terminal Unit, MTU)

Las acciones principales que se realizan en el centro de control son la recopilación y el archivo de datos. Toda la información recopilada en el proceso productivo se pondrá a disposición de diversos usuarios que la necesiten. (Rodríguez, 2013).

Centro del sistema, es el componente del cual el personal de operaciones se valdrá para la observación de distintas variables de los procesos en el sistema de control, generalmente una MTU es un PC, el cual cumple funciones de solo monitoreo o a su vez almacenamiento y procesamiento ordenado de datos. (Aguirre , 2013).

1.2.1.2. Unidad Remota (Remote Terminal Unit, RTU)

Se comprende como el conjunto de elementos que corresponden a las labores de control, en la que también interviene la supervisión del sistema, su ubicación es apartada del centro de control y establecen comunicación por medio de un determinado canal. (Rodríguez, 2013).

Una RTU es una unidad independiente que permite el control y la adquisición de datos, por lo general se basa en microprocesadores de tal forma que monitorean y controlan los equipos en diferentes ubicaciones remotas desde la ubicación central. (Aguirre , 2013).

1.2.1.3. Medios físicos de comunicación

Chancosa (2017), define que es el medio por la cual podemos transmitir información o varios paquetes de datos, dichas formas de comunicación presentan ventajas y desventajas, por ello hay que saber seleccionarlas para cubrir las necesidades específicas de operación.

- a) Red de comunicación. – Se encarga de transmitir la información entre la planta y la unidad terminal maestra (MTU), su transmisión puede presentarse por cables o de forma inalámbrica en donde hacer uso de protocolos industriales.
- b) Instrumentación de campo. – Es constituida por todos los dispositivos que permiten realizar la automatización o control del sistema (PLC), controladores de procesos industriales y actuadores son los encargados de la captación de la captación del sistema.

En los sistemas SCADA se utiliza la combinación de radios y señales directas seriales como dato importante la conexión entre sistemas se pueden hacer incluso a través Wireless es decir de forma inalámbrica. (Lojan & Iñigues, 2018).

1.2.2. Software

El software de un sistema SCADA permite construir el (HMI), este software es capaz de emitir alarmas sonoras o visuales en caso de fallas y también restringir accesos. Con este medio la comunicación posible es entre dispositivos de campo, niveles de supervisión, niveles gerencia y administrativos. El sistema HMI consta de un grupo de pantallas donde se encuentre esquematizado en su totalidad con gráficos el proceso a monitorear, En la Figura 2 se puede observar el sistema de control para la generación eólica - solar. (Chancosa, 2017).



Fig. 2. Interfaz de un sistema SCADA.

Fuente: (Jalanoca & Benavides, 2017).

En la Figura 2 se observa la plataforma SCADA a implementarse para el control y monitoreo del sistema de generación híbrido, en las que para observar los parámetros generados se deberá dar clic en cada una de las viñetas, las cuales mostrarán los datos correspondientes. Para el diseño del sistema se utilizan softwares como:

- 1) LabVIEW
- 2) TIA Portal
- 3) NI OPC Server

En donde se realizará la configuración para el enlace entre ellas.

1.2.2.1. TIA Portal

Según el manual SIMATIC (2019), TIA Portal (por su nombre en inglés, Totally Integrated Automation Portal) es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva procesos de planificación y producción. Ofrece un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento. Incorpora las últimas versiones de SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnósticos de todos los controles SIMATIC, pantalla de visualización y accionamientos SIMATIC de última generación.

La principal utilidad es que TIA Portal ofrece distintas aplicaciones de software industrial para procesos de producción en un mismo interfaz que facilita la programación, interconexión y la operación, también la vista del portal orientada a tareas los elementos del proyecto.

La integración de los diferentes elementos en una única plataforma simplificando la ingeniería ha permitido puestas en marcha instantáneas, detección de errores de programación, fácil migración de sistemas existentes y reducción de tiempos al parar los procesos. En la Figura 3 se aprecia la vista principal del software TIA Portal.

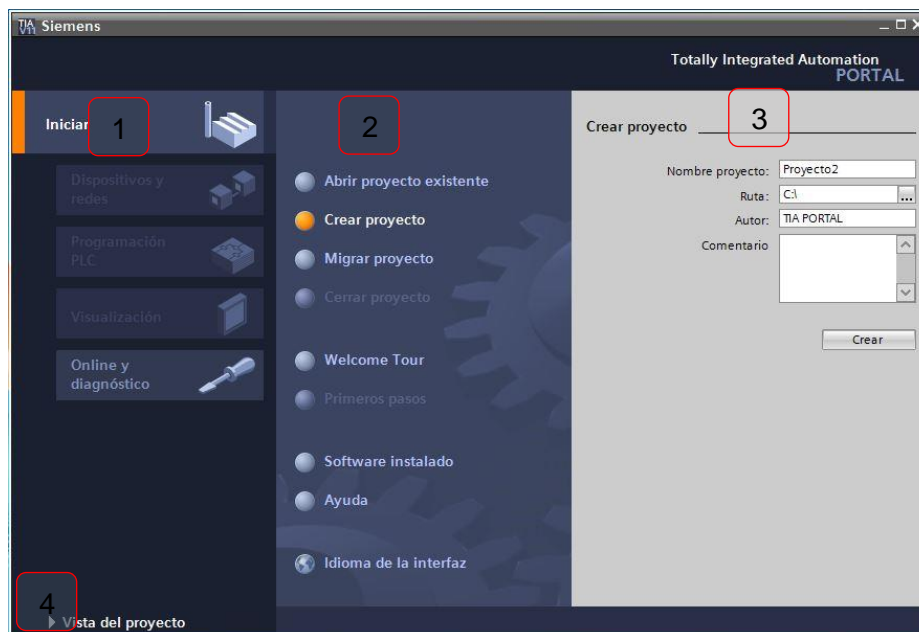


Fig. 3. Vista principal TIA Portal.

Fuente: (SIMATIC, 2019).

- 1) Portal para tareas donde se encuentra las funciones básicas en el que se designa distintas tareas.
- 2) Acciones que se ejecutan y que pueden cambiar en función del portal.
- 3) Ventana de selección de acción del portal.
- 4) En este apartado es posible el cambio de vista del proyecto.

Vista del proyecto

Permite visualizar la estructura de cada uno de los componentes de un proyecto, posee editores que facilitan la edición de los componentes del proyecto.

En la Figura 4 se muestra la vista del proyecto y sus diferentes apartados para posteriormente ser desarrollado.

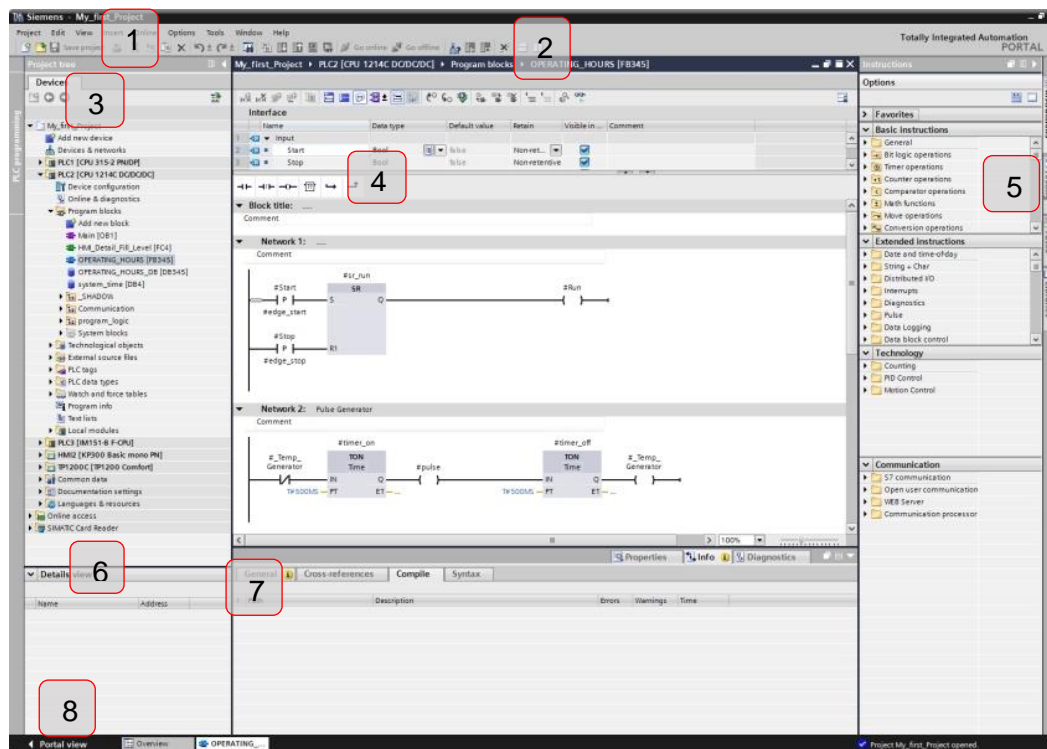


Fig. 4. Vista principal del proyecto.

Fuente: (SIMATIC, 2019).

- 1) Barra de menú en la que se muestran todos los comandos necesarios para trabajar en el software.
- 2) Barra de herramientas donde se encuentra botones de acceso directo a los comandos más frecuentes.
- 3) Árbol del proyecto en donde se accede a componentes y datos del proyecto en el que se agrega, edita, consulta y modifica a los componentes.
- 4) Área de trabajo donde se visualiza los objetos y se abren para editarlos.
- 5) Task Cards para mantener seleccionado a cualquier objeto.
- 6) Vista detallada para visualizar el contenido del objeto seleccionado.
- 7) Ventana de inspección donde se visualiza la información del objeto seleccionado.
- 8) Segmento para cambiar la vista del portal.

Para la creación del proyecto se requiere diversas instrucciones que luego de su análisis podremos determinar según nuestros requerimientos y necesidades.

1.2.2.2. LabVIEW

National Instruments Corporation (2019) lo describe como un software de ingeniería de sistemas que ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar los aspectos de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. Con esta visualización se mejora el desarrollo en la integración de hardware, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas.

LabVIEW constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que impliquen adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW son las siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.
- LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC. Sin embargo, se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para la programación en este software no se requiere una gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos afiliados a ingenieros y se apoya en símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para la creación de aplicaciones y procesos, incluye librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo el lenguaje de programación.

1.3. Controlador Lógico Programable (PLC)

Un PLC (por su nombre en inglés, Programmable Logic Controller) es un dispositivo que es

utilizado para controlar por medio de una lógica definida a través de programación. Los autómatas programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuarios almacenado en su memoria. (Carranco & Celí, 2010). En la Figura 5 se presenta la estructura de un controlador lógico programable.

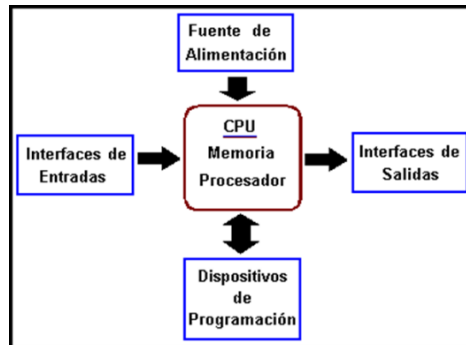


Fig. 5. Estructura de un Controlador Lógico Programable.

Fuente: (Carranco & Celí, 2010)

En la Figura 5 se puede apreciar la estructura del PLC, en donde se aprecia que la memoria es el centro de funcionamiento y cuenta con interfaces de entrada, fuente de alimentación, dispositivos de generación y interfaces de salida.

A continuación, se realiza la descripción del funcionamiento del PLC.

1.3.1. Funcionamiento del PLC

Como la finalidad primordial es la de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales, estas se realizan en un mismo intervalo de tiempo tanto para entradas y salidas. Es a donde recurre el CPU para la ejecución del programa, dependiendo de la obtención de las salidas estas se guardarán en una memoria temporal. Cuando el programa es ejecutado por completo, todas las imágenes de salida son transferidas en un mismo lapso al módulo de salida. También se realizan otra serie de acciones que se repiten de forma periódica, definiendo un ciclo de operación como se muestra en la Figura 6. (Carranco & Celí, 2010).

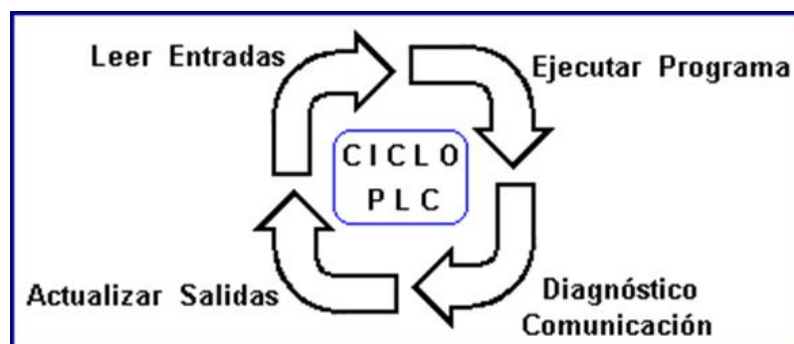


Fig. 6. Ciclo de un PLC.

Fuente: (Carranco & Celí, 2010).

Se ingresa el programa a través de un dispositivo adecuado (cardador de programa o PC) y este se almacena en la memoria del de la CPU. La CPU que es el cerebro del PLC procesa la información que recibe del exterior mediante la interface de entrada y de acuerdo con el programa, se activara una salida de acorde con la interfaz de salida. Cuando la CPU ordena una activación de la salida, la interfaz adapta la señal y acciona un dispositivo (transistor, relé, etc.). (Carranco & Celí, 2010).

1.3.2. Funciones de un PLC

Las funciones de un PLC se las puede identificar mediante sus unidades, entre ellas se tienen:

- 1) Adquisición de datos por medio de la unidad entradas digitales y analógicas.
- 2) Toma de decisiones mediante reglas programadas, generar ciclos de tiempo, realizar cálculos matemáticos.
- 3) Almacenar datos en la unidad de memoria.
- 4) Establecer comunicación con otros sistemas externos.

En la Figura 7 se puede apreciar la estructura de un PLC.

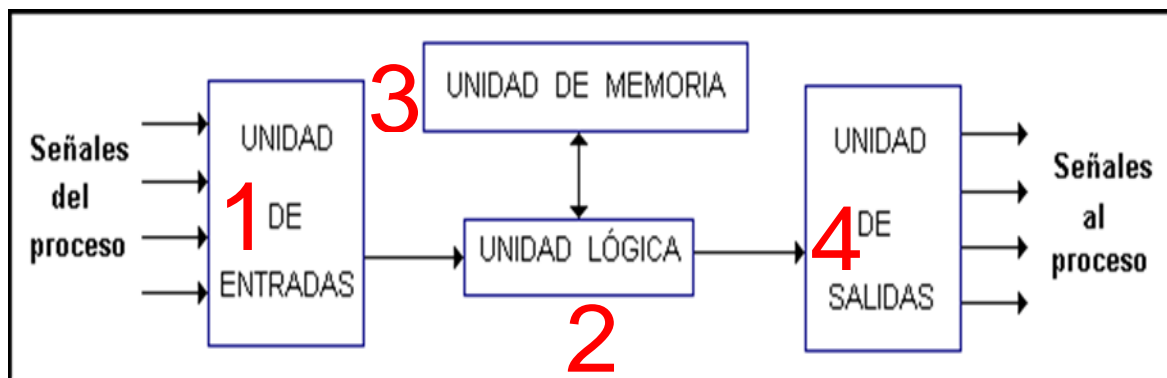


Fig. 7. Funciones del PLC mediante sus unidades.

Fuente: (Carranco & Celí, 2010).

Un Controlador Lógico Programable comprende de unidades que hacen posible el cumplimiento de importantes funciones en el PLC. (Carranco & Celí, 2010).

1.3.2.1. Unidad de entradas

Esta unidad se encarga de unir los captores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, etc.) en un tiempo determinado las entradas se transfieren a la memoria de imagen de entrada. Esta información receptada es transferida al CPU para ser procesada conforme a la programación. Los captores se pueden distinguir de acuerdo con la forma de su conexión en

el módulo de entradas pudiendo ser activos o pasivos. (Martínez, 2015).

En la Figura 8 se puede evidenciar dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una fuente externa para cambiar su estado lógico.

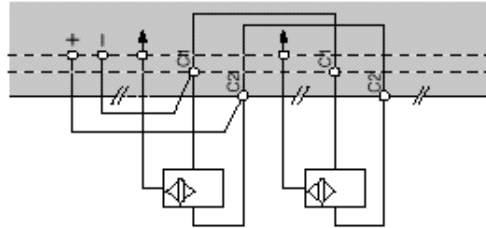


Fig. 8. Captadores activos, dispositivos que se accionan al ser energizados.

Fuente: (Tecnológico, 2019).

Los captadores activos son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una fuente de voltaje para variar su estado lógico (1 – 0, apagado – encendido, activo – no activo). (Martínez, 2015).

Los captadores pasivos son aquellos que cambian su estado lógico (1 – 0, apagado – encendido, activo – no activo) establecidos mediante accionamiento mecánico, como se muestra en la Figura 9.

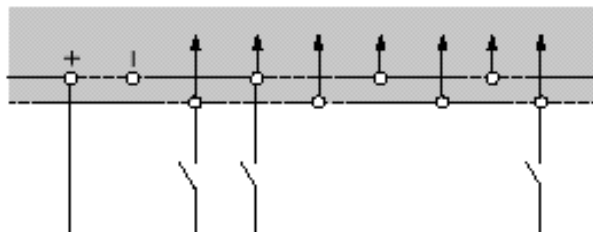


Fig. 9. Captadores pasivos, dispositivos de accionamiento mecánico.

Fuente: (Tecnológico, 2019).

Los dispositivos que cumplen con este accionamiento son interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.

1.3.2.2. Unidades de salida

Martínez (2015) menciona en su obra que las unidades de salida son aquellas que se encargan de poner en marcha los actuadores como son, (bobinas de contactos, pulsadores, lámparas, etc.) a través de la activación mediante elementos electrónicos como el SCR, triac, transistores y transductores. La información entregada por las entradas a la CPU, se transfieren a las memorias de imagen de salida, por lo que mediante la interface de salida son activadas y al mismo tiempo los actuadores conectados en ellas.

1.3.2.3. Unidad lógica

Es la parte más esencial de un PLC. Denominado como el cerebro del sistema se basa en un microprocesador, que es el encargado de realizar las instrucciones programadas con la finalidad de controlar el proceso. La unidad lógica recibe órdenes del operador mediante el panel de control y las unidades de entrada y procesa las órdenes enviando respuestas a través de las unidades de salida. (Jiménes Ramíres, 2015).

1.3.2.4. Unidad de memoria

La unidad de memoria comprende el almacenamiento de las instrucciones que se deben ejecutar, en donde permite la implementación de tareas específicas como: secuencias, lógica, conteo temporizado, entre otros. (Candia García, Galindo López, Carmona Rendón, & Gonzáles Hernández, 2016).

1.3.2.5. Módulos de un PLC

Los módulos básicos de un PLC se encargan del trabajo de intercomunicación entre los dispositivos industriales exteriores al PLC y todos los circuitos electrónicos de baja potencia que comprenden a la unidad central de proceso del PLC, que es donde se almacena y ejecuta el programa de control (Chancosa, 2017).

1.3.2.6. Módulo de comunicación

La comunicación entre el PLC y PC se da mediante la interfaz ethernet que presenta el módulo o su cable serial. El módulo a través de la interfaz suministra la información para que el programa realice la interpretación de comandos a ejecutar. (Klenner, Salazar, & Salazar, 2012).

1.3.2.7. Módulo para conexión de rack remoto

Normalmente llamados gabinetes o racks los cuales forman parte del PLC son los elementos fundamentales ya que permiten añadir entradas o salidas a un PLC, mejorando la funcionalidad de los equipos con sistemas que pueden encontrarse a grandes distancias. También permiten la conexión física a todos los elementos de entrada y salida que de ser necesario se añadirán a los diversos racks existentes. (LOGICBUS, 2019).

1.3.2.8. Módulo de interfaz hombre–máquina

La interfaz Hombre máquina se denominan a los métodos gráficos que permiten visualizar las variables de control o cambios a efectuarse en los parámetros de este, se puede evidenciar el comportamiento de dichas variables en un lenguaje fácil de comprender para las personas. (Klenner, Salazar, & Salazar, 2012).

1.3.2.9. Módulo de entrada y salida

Podemos definir a los módulos de entrada como los que se conectan eléctricamente a sensores y botones en donde la información receptada es emitida al (CPU) para ser procesada con respecto a la programación ejecutada. Mientras que los módulos de salida se encargan de activar o desactivar actuadores. La información que fue enviada por los módulos de entrada al (CPU) se ejecuta y se envía a los módulos de salidas en donde se activaran los elementos conectados en ellas. (Jiménes Ramíres, 2015).

1.3.3. Aplicaciones de los PLC

El sector tecnológico, con su radical crecimiento a través de los años, ha avanzado hasta el punto actual, donde su próxima migración se inclina a lo que se llama industria 4.0. (Cano Padrón, Cárdenas Carballo, De los Santos Hernández, Aparicio Marroquín, & López Molina, 2018).

La alta adquisición de los PLC se da ya que abarcan un alto desempeño específico al desarrollo en múltiples sectores como: industrial, comercial, de servicios y residencial dentro de aquellos sectores las aplicaciones requieren de un control que permita la activación de máquinas o equipos que esté de acuerdo con una serie de ordenes o varias condiciones que se dan durante el proceso. Un PLC posee entradas y salidas digitales, A las entradas se conectan elementos como pulsadores, suiches, sensores ópticos, magnéticos y capacitivos, sensores digitales para variables con temperaturas, presión, nivel, humedad entre otros. En las salidas digitales se conectan actuadores que primordialmente controlan la potencia de motores, válvulas, lámparas y resistencias eléctricas. Son entradas y salidas digitales porque solo toman dos estados (encendido – apagado, 1 – 0). (Álvarez Salazar & Mejía Anrango, 2017).

1.3.4. Redes y protocolos de comunicación

Los CPU soportan varios protocolos de comunicación, estos permiten configurar la red conforme al rendimiento y funcionalidad que la aplicación lo exija.

- Interfaz punto a punto (PPI).
- Interfaz multipunto (MPI).
- Process Field Bus (PROFIBUS).
- Freeport.

1.3.4.1. Protocolo de comunicación PPI

Esta interfaz establece la comunicación del HMI maestro con diferentes dispositivos como ordenadores y PLC's a una cierta distancia como se muestra en la Figura 10.

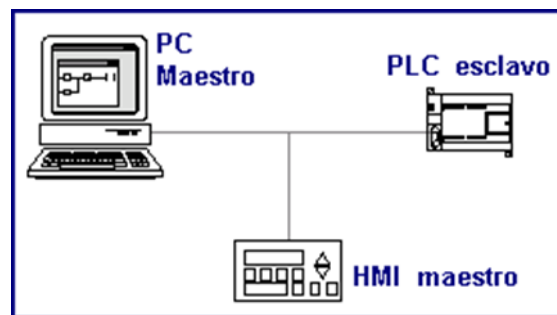


Fig. 10. Protocolo PPI.

Fuente: (Carranco & Celí, 2010).

A este protocolo de comunicación se lo denomina punto a punto en donde los maestros envían peticiones a los esclavos y estos responden. Los esclavos siempre esperan a que los maestros realicen una petición o soliciten respuestas. (Cocarico, 2017).

1.3.4.2. Protocolo de comunicación MPI

Con este tipo de interfaz es posible comunicar fácilmente distancias reducidas sin la intervención de módulos adicionales, la distancia máxima de los nudos de red de MPI deben ser de 50 metros y se aumenta hasta 1100 metros utilizando repetidores, este protocolo MPI soporta la comunicación maestro-maestro, o bien maestro-esclavo como se muestra en la Figura 11. (Cocarico, 2017).

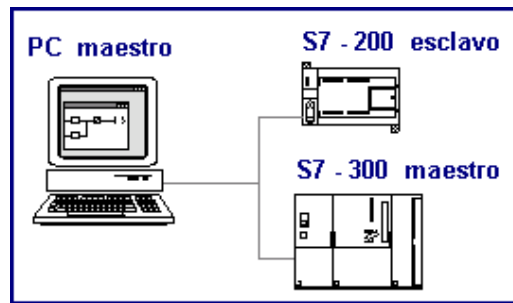


Fig. 11. Protocolo MPI.

Fuente: (Carranco & Celí, 2010).

Con la interface multipunto es posible establecer al PLC como maestro o esclavo, ya que se comunica sin importar la función con la que fue seteado (Carranco & Celí, 2010).

1.3.4.3. Protocolo de comunicación PROFIBUS

Se utiliza este protocolo de comunicación por la gran capacidad de transmisión de datos, con esta comunicación el PLC puede desenvolverse como maestro o esclavo, también cuenta con servicios de comunicación de los Datos Globales. El PROFIBUS se ha diseñado para establecer una comunicación rápida con unidades periférica descentralizadas este sistema contiene desde módulos sencillos hasta controladores de motores y sistema de automatización. (Cocarico, 2017). La Figura 12 muestra la comunicación del maestro, en donde permite detectar los tipos de esclavos conectados.

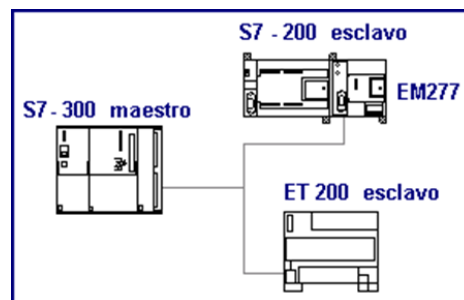


Fig. 12. Protocolo PROFIBUS.

Fuente: (Carranco & Celí, 2010).

Con este sistema de comunicación se puede establecer hasta 32 esclavos, en donde se complementa con solo un PLC como maestro.

1.3.4.4. Protocolo de comunicación FREEPOR

Con el protocolo FREEPOR es posible definir los protocolos por el usuario generando un sinnúmero de enlaces con dispositivos inteligentes. Se puede controlar el funcionamiento del

puerto de comunicación utilizando interruptores de recepción y transmisión. (Carranco & Celí, 2010).

1.3.4.5. Comunicación estándar RS 485

La comunicación serial es asíncrona. Por lo que para establecer comunicación siempre será requerido un bit adicional, el cual se utilizará para que el emisor y receptor intercambien la señal de pulso. La comunicación RS 485 es semi dúplex o half dúplex. La red soportara la configuración maestra – esclavo, de hasta 32 dispositivos configurados como esclavos. (Carranco & Celi, 2010). En la Figura 13 se muestra la comunicación RS 485.

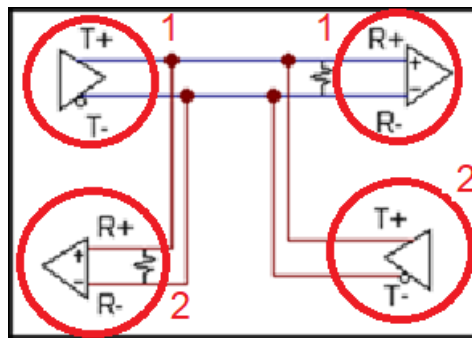


Fig. 13. Comunicación RS 485.

Fuente: (Carranco & Celí, 2010).

La comunicación se establece a grandes distancias, esta comprende hasta los 1200 metros la velocidad de transferencia es de 38.4 Kbps, el voltaje es de (1 a 6) voltios. (Carranco & Celi, 2010).

En la Figura 13 se observa: (1) el medio físico de transmisión determinado como par trenzado. (2) admite 32, 128 o 256 estaciones esclavos en 1 solo par, con una longitud máxima de 1200 metros operando entre 300 y 19 200 bit/s y la comunicación half-duplex (semidúplex) dependiendo del consumo de cada driver.

1.4. Dispositivos utilizados en el control y obtención de datos del sistema.

En este apartado se explica cada uno de los dispositivos utilizados en el proyecto como contactores, transformadores de medida de corriente (TC's), analizadores de RED, entre otros equipos que intervienen en la obtención de parámetros eléctricos y generación del sistema.

1.4.1. Contactor

El contactor es un elemento electromecánico cuya función principal es interrumpir la corriente de la carga. Este tipo de dispositivo tiene la posibilidad de ser accionados a distancia, manteniendo su estado hasta recibir una señal de acción por parte del circuito de mando. (Ruiz, 2019). En la Figura 14 se muestra las partes del contactor.

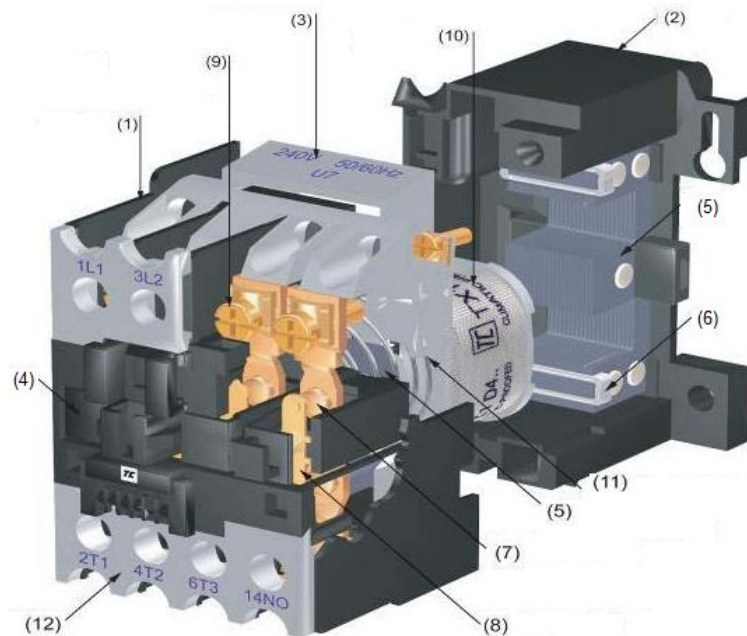


Fig. 14. Contactor.

Fuente: (Ruiz, 2019).

(Odar Pacherez & Palacios Briones, 2019).


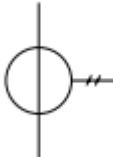
En la Figura 14 se enumera cada una de las partes del contactor a continuación, se detalla el nombre de cada parte del contactor:

- 1) Carcasa de la cámara de arco
- 2) Base
- 3) Bobina de papel
- 4) Porta-contactos
- 5) Electroimán de movimiento y electroimán fijo
- 6) Anillo de sombra
- 7) Contacto fijo
- 8) Contacto móvil
- 9) Montaje de tornillos en los terminales
- 10) Alambre de cobre esmaltado
- 11) Resorte de retroceso
- 12) Sábana protectora

1.4.2. (TC's) Transformadores de medida de corriente

Los transformadores de corriente son utilizados para reducir un valor de corriente en una línea energizada a un nivel normalizado, de esta manera se alimenta a los equipos de medida, protección o control. En la Tabla 1.1, se puede observar los tipos de TC's. (Zúñiga, 2017).

TABLA 1. 1. Tipos de TC's.

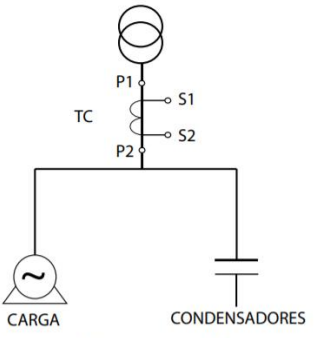
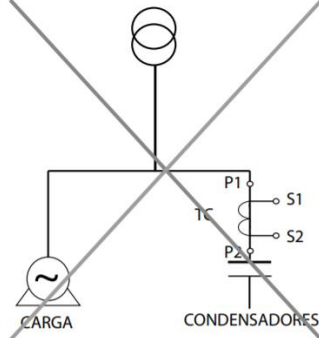
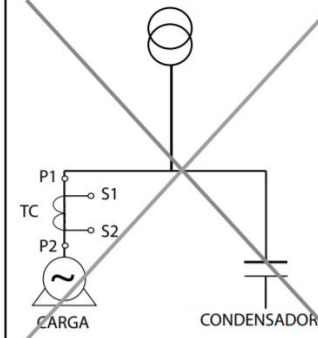
Tipos de TC's	
TC de medida	TC de protección
 <p>Se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible.</p>	 <p>Se utilizan para la protección contra sobrecorrientes y fallas a tierra en sistemas eléctricos.</p>

Fuente: (Zúñiga, 2017).

El transformador de corriente (TC), está diseñado para inducir una corriente diferente en el devanado secundario la cual es proporcional a la corriente que se está midiendo en su devanado primario.

En la Tabla 1.2, se puede observar la forma correcta e incorrecta de la ubicación en la que se debe colocar los TC's con respecto a la carga.

TABLA 1.2. Ubicación de los transformadores de corriente.

CORRECTO	INCORRECTO	
 <p>Los transformadores de corriente (TC) deben medir la corriente conjunta de condensadores más las cargas Si no funciona, verificar que los TC no estén cortocircuitados.</p>	 <p>Si se conectan los TC en esta posición NO SE CONECTARÁ NINGÚN CONDENSADOR a pesar de que haya cargas inductivas. El equipo no compensa.</p>	 <p>Si se conectan los TC en esta posición SE CONECTARÁN TODOS LOS CONDENSADORES, pero no se desconectan al disminuir la carga. Riesgo de sobrecompensar la red sin existir carga.</p>

Fuente: (Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019).

1.4.3. Analizador de RED

Un analizador de red permite el monitoreo de varios parámetros eléctricos (VRMS) con el fin de evidenciar el comportamiento de la carga en cualquier tipo de red. (Alvernia, 2017).

El presente proyecto cuenta con tres analizadores de RED la razón es que dos permitirán la visualización directa de los parámetros eléctricos de la RED del edificio de la Carrera de Electricidad. Para la medición de los parámetros generados por el sistema híbrido eólico – solar se utilizará un regulador de energía reactiva MASTER control Var, ya que es el único que ofrece la posibilidad de usar tres transformadores de medida. Lo más importante y lo que le hace útil para este proyecto es que cumple con las funciones de analizador de RED y control de corriente de fuga. Todos los parámetros eléctricos serán tomados y mostrados en el sistema SCADA en donde será posible la visualización de los parámetros eléctricos generados por el sistema. En la Figura 15 se muestra el analizador de red instalado para medir los parámetros del sistema de generación instalado en el edificio de la Carrera de Electricidad.



Fig. 15. Regulador de energía reactiva MASTER control Var.

Fuente: (Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019).

Master control Var es un regulador que facilita el mantenimiento preventivo por medio de la programación de alarmas y opciones para comprobar el estado de los condensadores, ofreciendo máxima supervisión y seguridad del equipo de compensación de reactiva. Al mismo tiempo permite medir los principales parámetros como son (tensión, corriente, armónicos, potencia activa, potencia reactiva, etc.). En el Anexo A, se puede observar las características técnicas del regulador de energía reactiva junto con la acción de las teclas principales.

En la Figura 16 se observa como se mostrará los valores de tensión a ser medidos en la red del edificio de la Carrera de Electricidad.



Fig. 16. Analizador de RED.

Fuente: (REHE PARAMETER METER, 2018).

El voltaje de la red debe ser conectado directamente al aparato de forma paralela, mientras que para la corriente se utilizara TC's los cuales permiten obtener valores de corriente y disminuirlos a valores soportados por el analizador. En la Figura 17 se puede visualizar la forma de conexión para medir el voltaje y la corriente.

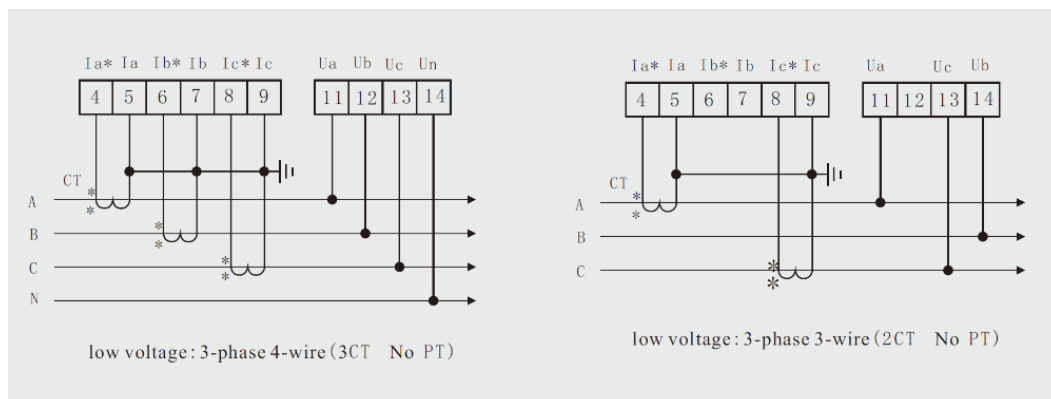


Fig. 17. Alimentación y tipo de conexiones para medición de parámetros.

Fuente: (REHE PARAMETER METER, 2018).

En donde también se observa los tipos de conexiones que presenta un analizador de RED. Antes de conectar el aparato a la red se debe comprobar la frecuencia, tensión máxima en el circuito de medida de tensión y la corriente máxima. (CIRCUTOR S.A., 2017).

La Figura 18 muestra los pines para suministrar los voltajes y corrientes al analizador.

2) Electric parameters measurement+Switch input +Switch output

4	5	6	7	8	9	11	12	13	14					
Ia*	Ia	Ib*	Ib	Ic*	Ic	Ua	Ub	Uc	Un					
						voltage signal input								
75	76	77	78	79	80	81	15	16	17	18	19	20	21	22
DI5	DI6	DI7	DI8	DI9	DI10	DI11	DO1	DO2	DO3	DO4				
Switch input							Switch output							
Power supply		Switch input					reactive pulse		active pulse		RS485-1		RS485-2	
L	N	DI1	DI2	DI3	DI4	COM	Eq+	Eq-	Ep+	Ep-	A	B	A	B
1	2	71	72	73	74	70	49	50	47	48	58	59	55	56

Fig. 18. Parámetros de medición eléctricos pines de entrada y salida.

Fuente: (REHE PARAMETER METER, 2018).

En la Figura 18 se puede visualizar que la alimentación de corriente se debe insertar en los pines 4, 5, 6, 7, 8 y 9, mientras que los voltajes deben ser conectados en los pines 11, 12, 13 y el neutro en el pin 14.

1.4.4. Inversores

El inversor de red se define como un equipo electrónico capaz de convertir corriente continua (CD) en corriente alterna (CA). También controla el voltaje de entrada, voltaje de salida y la frecuencia. Existen varios tipos de inversores los cuales se clasifican por el sistema de operación siendo algunos capaces de integrarse, inyectando a la RED eléctrica la energía producida a través de generadores múltiples como pueden ser fotovoltaicos y eólicos. En la Tabla 1.3 se puede visualizar las características del inversor. Los inversores también funcionan de manera aislada estos son capaces de suministrar energía para distintas cargas usando un banco de baterías. (González, 2018). En la Figura 19 se muestra el inversor para la integración automática a la red.



Fig. 19. Inversor con integración a la RED.

Fuente: (GTI Grid Series, 2019).

TABLA 1.3. Características del inversor.

Grid-series models	200W	300W	400W	500W	600W	800W	1000W
Recommend use solar panels	320Wp	420Wp	520Wp	620Wp	720Wp	1050Wp	1250Wp
DC Maximum Input Power	300W	400W	500W	600W	700W	900W	1200W
DC maximum voltage	V _p DC30.2VDC						
DC voltage range	V _p 10.5V~28VDC						
Maximum output power factor	99%						
Maximum input current	15A	20A	25A	30A	40A	45A	65A
AC output power	200W	300W	400W	500W	600W	800W	1000W
AC maximum output power	200W	300W	400W	500W	600W	1000W	
Anti-voltage protection	Fuse						
AC standard voltage range	90~140VAC/180~260VAC						
AC frequency range	55Hz~63Hz/ 45Hz-53Hz						
Output current total harmonic distortion	THDIAC <5%						
Phase	<1%						
Islanding protection	VAC;f AC						
Output short circuit protection	Current-limiting						
Show	LED						
Installation	Wall hanging						
Cooling	Fan						
Standby Power	<1W						
Night Power	<1W						
Ambient temperature range	-25 °C~60 °C						
Humidity	0~99%(Indoor Type Design)						
Waterproof	Indoor Type Design						
Electromagnetic Compatibility	EN50081.part1 EN50082.part1						
Power System Disturbance	EN61000-3-2 EN60950-1						
Network test	DIN VDE 1026						
Certificate	CE						

Fuente: (GTI Grid Series, 2019).

En la Tabla 1.3 se pueden observar las características del inversor utilizado en el sistema de generación.

1.5. Pirámide de la automatización

La automatización se encarga de controlar máquinas o procesos industriales de forma óptima, mejorando la calidad del producto y su productividad. Los sistemas de automatización pueden ser clasificados en distintos niveles, conformando la pirámide de la automatización.

SMC INTERNATIONAL TRAINING (2019) refiere las siguientes definiciones para los niveles determinados en la pirámide de la automatización, como se muestra en la Figura 20.

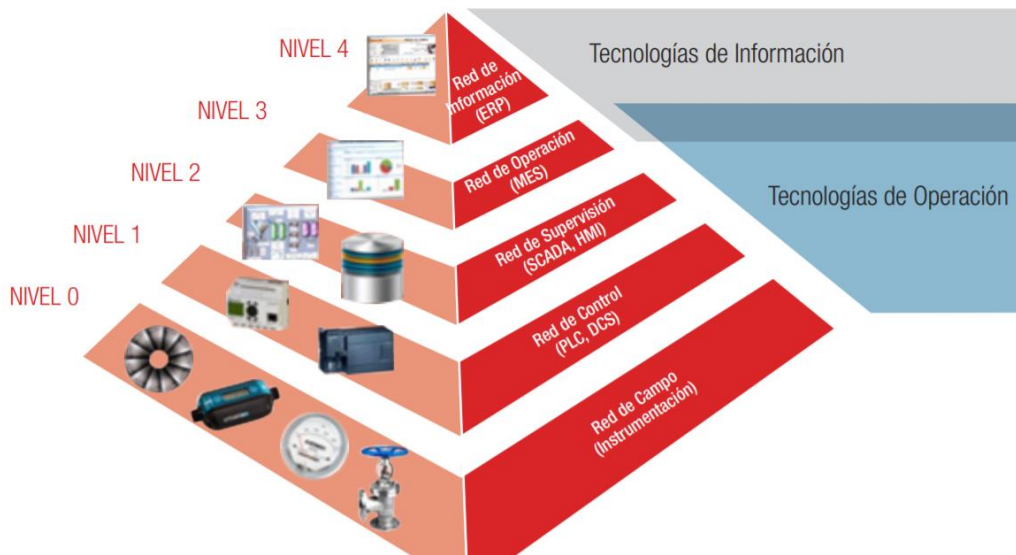


Fig. 20. Pirámide de la automatización.

Fuente: (SMC INTERNATIONAL TRAINING, 2019).

- Nivel 0 Adquisición de datos de campo o instrumentos. - Intervienen sensores y actuadores que se encuentran repartidos por el proceso y permite el control de las máquinas y equipos de producción.
- Nivel 1 Red de control (PLC). - Los equipos de este nivel utilizarán datos del proceso proporcionados por los instrumentos y darán consignas a los actuadores.
- Nivel 2 Red de supervisión (SCADA, HMI). - Están destinados a controlar la secuencia y/o producción.
- Nivel 3 Red de operación. - Nivel donde se gestionan los flujos de trabajo para producir u optimizar los productos finales.
- Nivel 4 Red de información o de gestión. - Se desarrolla todas las actividades necesarias en un proceso, comunicando distintas plantas y manteniendo relaciones en el sistema.

1.6. Aplicaciones de sistemas SCADA en energías renovables

Es importante saber que para el desarrollo de un sistema SCADA, cualquiera que fuese la utilización que se lo vaya a dar se debe tener claro las señales de entrada y salida, sus requerimientos de adquisición, visualización y registro.

Los sistemas SCADA y monitoreo basado en modelos, proporciona una plataforma intuitiva de visualización y análisis en tiempo real a través de una interfaz gráfica de usuario inteligente, diagrama unifilar, vista geoespacial y paneles digitales que a su vez presentan ventajas al contar con este tipo de sistemas y acciones que se han derribado de esta

implementación como:

- a) Control de supervisión. - Aplicando objetivos y restricciones para lograr una operación óptima de los sistemas de generación solar o eólica.
- b) Simulación predictiva. - Predecir el comportamiento del sistema en respuesta a las acciones y eventos del operador utilizando datos archivados y en tiempo real.
- c) Gestión de alarmas y notificaciones. - Alarmas basadas en análisis de energía, datos en tiempo real y notificaciones de paneles fotovoltaicos, generadores eólicos y dispositivos de campo.
- d) Reproducción de eventos. - Investigación de causa efecto, las operaciones del sistema, las acciones alternativas y los escenarios “qué pasaría si”
- e) Arquitectura del sistema SCADA. - Comunicación perfecta con cualquier sistema de adquisición de datos.

1.7. Marco legal

Este apartado trata acerca de la base legal expuesta en el país para la implementación de energías renovables no convencionales.

El estado promoverá, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

ARCONEL Ley N° 001/18 (2008) es la regulación que rige desde el 22 de octubre del 2018, en donde trata de generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica, cuyo objetivo es establecer las condiciones para el desarrollo, implementación y participación de consumidores que cuenten con sistema de micro generación fotovoltaica hasta 100kW de capacidad nominal instalada, ubicados en techos, superficies de viviendas o en edificaciones para las categorías residencial y general determinados en el pliego tarifario en bajo o medio voltaje.

Esta regulación es aplicable a las empresas distribuidoras y para aquellos usuarios regulados, que decidan, previo al cumplimiento de requisitos, instalar un sistema de micro generación fotovoltaica con una capacidad nominal instalada de hasta 100 kW en medio y/o bajo voltaje, que operen en sincronismo con la red, cuya producción sea auto consumida en sus propias instalaciones y aporten eventuales excedentes a la red de distribución, en caso de que existan.

1.7.1. Autorización para la conexión, instalación y operación de consumidores con micro generación fotovoltaica.

La regulación del ARCONEL Ley N° 001/18 (2008) determina:

- a) Las condiciones técnicas y comerciales para la instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 100kW de capacidad nominal instalada.
- b) Las condiciones para la medición.
- c) Los requisitos y procedimiento para la conexión a las redes de la empresa distribuidora y la autorización de instalación y operación de la micro generación fotovoltaica.
- d) La operación en sincronismo con la red de distribución; y; • El tratamiento comercial de la energía producida, de la energía consumida y eventuales excedentes de generación entregados al sistema de distribución.
- e) Las condiciones técnicas y comerciales para la instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 100 kW de capacidad nominal instalada.
- f) Los requisitos y procedimiento para la conexión a las redes de la empresa distribuidora y la autorización de instalación y operación de la micro generación fotovoltaica.
- g) Las condiciones para la medición.
- h) La operación en sincronismo con la red de distribución.
- i) El tratamiento comercial de la energía producida, de la energía consumida y eventuales excedentes de generación entregados al sistema de distribución.

En la Figura 21 se muestra el esquema de instalación del sistema de micro generación fotovoltaica.

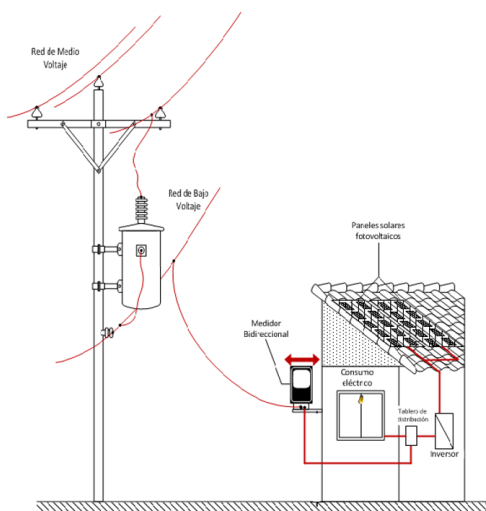


Fig. 21. Instrucciones de instalación.

Fuente: (ARCONEL Ley N° 001/18, 2008).

En la Figura 21 se observa la implementación de un sistema de generación fotovoltaica con acople a la red. En donde se muestra el esquema de conexión permitiendo conectar la salida de los paneles solares al inversor, de este a el tablero de distribución y finalmente a la carga. El acople a la red se lo realiza mediante un medidor bidireccional permitiendo identificar la energía consumida y generada.

La regulación del ARCONEL Ley N° 001/18 (2008) señala que los requisitos para la instalación de un sistema de generación integrada a la RED son:

- a) Diagrama unifilar con los equipos a instalar.
- b) Especificaciones generales del equipamiento.
- c) Esquema de conexión a la red de distribución de medio o bajo voltaje.
- d) Modo de conexión.
- e) Estudio del sistema de protecciones y equipo de seccionamiento.
- f) Aspectos técnicos complementarios respecto a las protecciones.
- g) Número y potencia de los paneles fotovoltaicos.
- h) Potencia total instalada del sistema fotovoltaico.
- i) Estimación de la producción energética mensual y anual del proyecto.
- j) Características de los inversores.
- k) Potencia de cortocircuito.
- l) Las características del punto de entrega y medición.
- m) Los niveles de voltaje máximos y mínimos de la red.
- n) Punto propuesto para la conexión.
- o) Cualquier otra información solicitada por la empresa de distribución.

CAPÍTULO 2

Diseño del sistema SCADA para la adquisición de datos, control y monitoreo de parámetros eléctricos

2.1. Introducción

La necesidad de efectuar procesos cada vez más rápidos y precisos ha llevado al hombre a mejorar e innovar formas de controlar y automatizar procesos por medio de sensores, transductores, PLC, variadores, etc. Sin embargo, todas las innovaciones y progresos no han sido suficientes para la industria, en la actualidad se requiere controlar, monitorear y adquirir datos de las variables de un sistema como voltajes, corrientes, potencias, etc. Así poder determinar las condiciones del funcionamiento en el proceso.

Se implementa un sistema SCADA el cual permite controlar de manera manual o automática la generación del sistema eólico – solar y visualizar los parámetros de RED trifásicos, aportados por el sistema de generación eólico – solar como Voltajes (V), Corrientes (A), Potencias (W), Frecuencias (Hz), etc. A través de un analizador de RED.

Se visualiza la aportación energética de cada uno de los sistemas tanto solar como eólico, además se dispondrá de distintos pulsadores los cuales permitirán mediante contactores, activar o desactivar la aportación tanto de la generación eólica como la generación solar.

La implementación del sistema SCADA en el edificio de la Carrera de Electricidad permitirá obtener los parámetros eléctricos de generación eólica – solar, además de los parámetros de la red del edificio de la Carrera de Electricidad y mostrarlos en tiempo real. De esta manera ayudara a los estudiantes a complementar los conocimientos tanto teóricos como prácticos.

El desarrollo del proyecto se inicia a partir del del sistema de generación híbrido eólico - solar ya implementado previamente, con la configuración del PLC, la comunicación a través de RS-485, la interconexión del módulo de comunicación obteniendo los parámetros generados y el diseño de un interfaz en donde se podrá visualizar de manera continua y en tiempo real parámetros eléctricos.

2.2. Análisis del objetivo

El diseño del sistema SCADA para el monitoreo y control de un sistema híbrido eólico – solar integrado a la RED eléctrica del edificio de la Carrera de Electricidad en la UTN, tiene como propósito adquirir y supervisar en tiempo real la producción de energía eléctrica

obtenida por los sistemas de generación eólica – solar, además de incentivar el uso de energías renovables automatizadas en donde se pueda evidenciar y controlar la generación total del sistema instalado.

2.3. Diagramas del sistema

En la Figura 22, se muestra el diseño del diagrama unifilar en donde los paneles solares y la turbina de viento son conectados a los reguladores de carga mediante disyuntores DC – AC, los reguladores son responsables de la carga y descarga de la batería, los inversores DC/AC están conectados a los bornes de la batería mediante una Barra DC y a la salida de los inversores el resultante es un voltaje de 120V AC que se conectan con la red pública de bajo voltaje de la UTN.

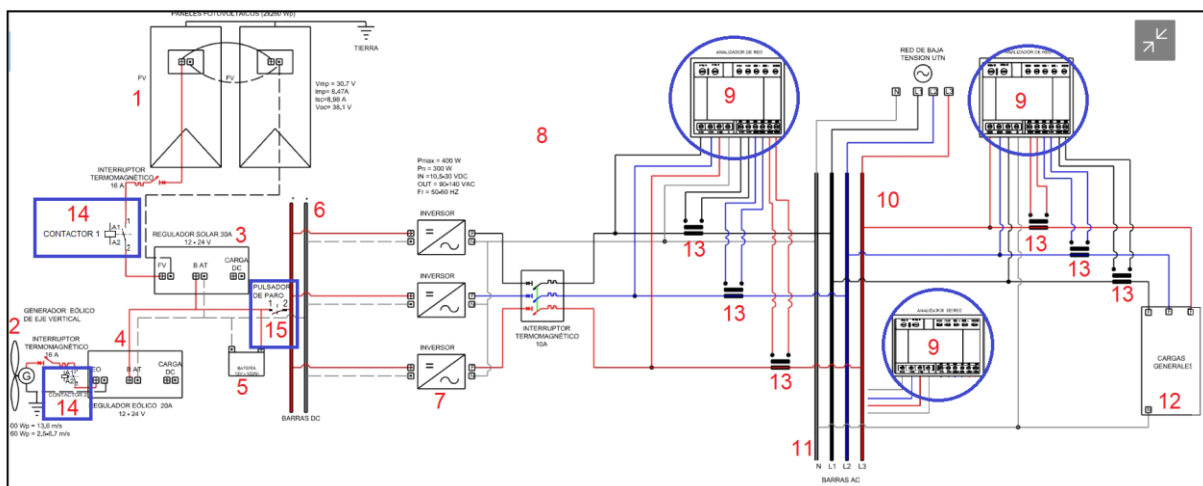


Fig. 22. Diagrama unifilar de generación eólica - solar.

Fuente: (Cruceira, 2019) .

En la Figura 22 se puede observar el diseño establecido previamente para la generación híbrida eólica – solar, en donde se implemento contactores, analizadores e interruptores para poder automatizar y obtener los parámetros eléctricos generados por el sistema.

Elementos del sistema de generación son:

- 1) Paneles solares.
- 2) Turbina eólica.
- 3) Regulador solar.
- 4) Regulador eólico.
- 5) Batería.
- 6) Barra DC.
- 7) Inversores que con auto - integración a la red.
- 8) Disyuntor trifásico.
- 10) RED eléctrica UTN.

- 11) Barra AC.
- 12) Carga eléctrica UTN.

Los elementos implementados para la adquisición de datos son:

- 9) Analizadores de RED.
- 13) Transformadores para medición de corriente.
- 14) Contactores.
- 15) Pulsador de paro.

En la Figura 23, se muestra el diagrama de flujo que describe el funcionamiento de los sistemas de generación eólico – solar con conexión a la red.

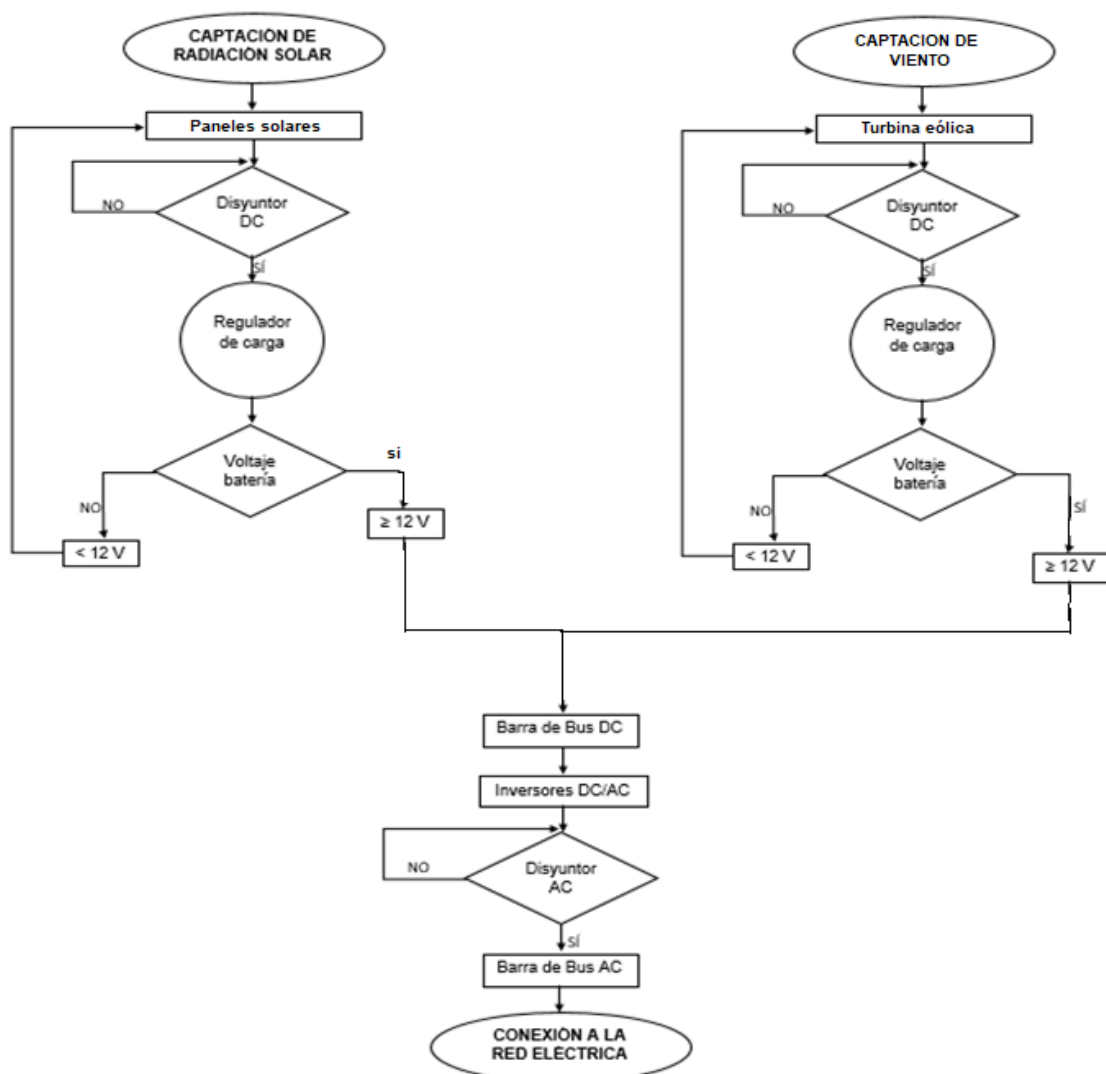


Fig. 23. Diagrama de flujo del sistema de generación eólico – solar con conexión a la red.

Fuente: Autor.

En la Figura 23 se observa el sistema de generación híbrido, en donde se inicia por la captación de radiación solar y captación de viento. La forma de energía obtenida se

transforma a energía eléctrica a través de la utilización de paneles solares y la turbina eólica. Los vatajes y corrientes generados ingresan a los reguladores donde estos se encargan de cargar la Batería constantemente mientras haya generación. La batería es conectada a una barra DC, de donde se alimenta todos los inversores DC/AC. Los inversores cuentan con la capacidad de igualar los parámetros generados con los de la red, cuando los parámetros generados son iguales a los de la red el sistema de generación se acopla exitosamente.

En la Figura 24, se muestra el diagrama de flujo que describe el funcionamiento total del sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA).

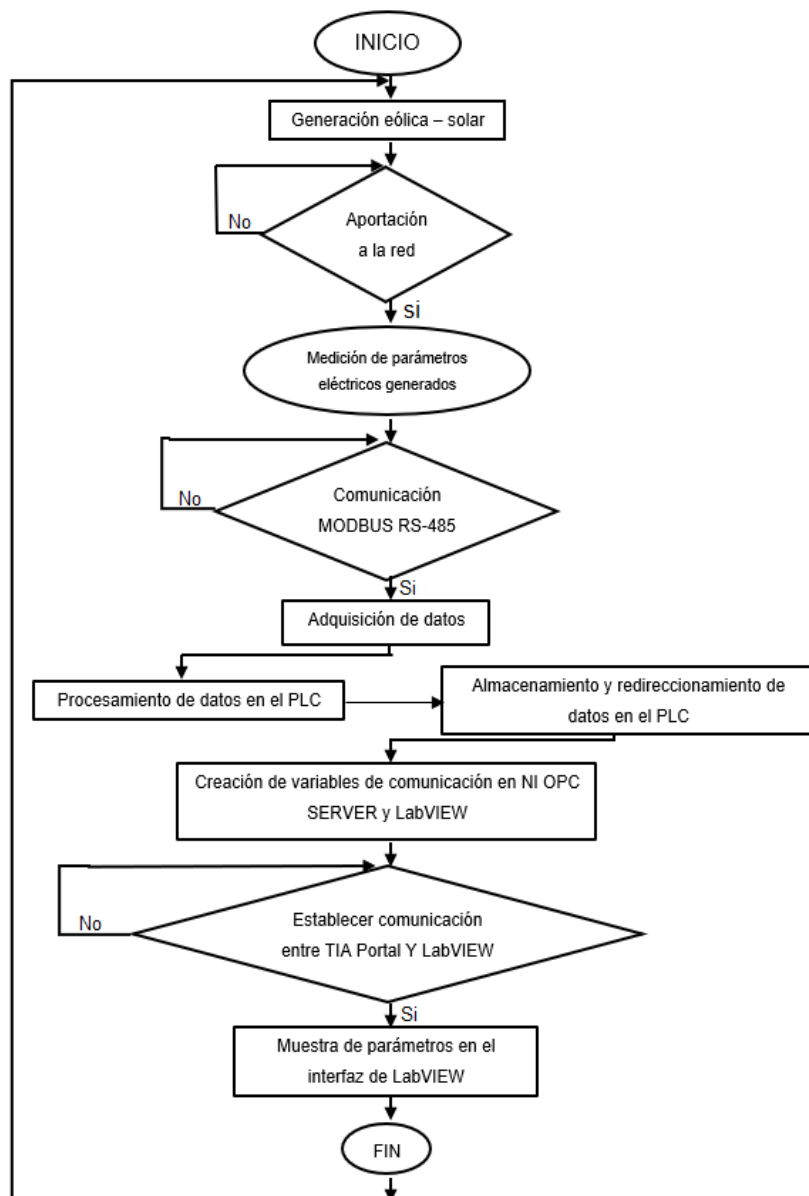


Fig. 24. Diagrama de flujo del sistema SCADA.

Fuente: Autor.

En la Figura 24 se detalla el funcionamiento del sistema SCADA, en donde luego de la generación y la aportación a la red, se procede a medir los parámetros eléctricos generados con el analizador de red control MASTE Var, el cual mediante comunicación MODBUS RS – 485 comparte los datos al PLC. Los datos medidos son almacenados y redireccionados a la memoria del PLC mediante programación en el TIA Portal. Para la visualización de los datos se crean variables en LabVIEW. Las variables creadas que contienen los datos medidos son visualizadas en el interfaz diseñado.

2.4. Diseño del sistema SCADA

Para el diseño del sistema SCADA se requiere los dispositivos que harán posible el funcionamiento del sistema, como equipo fundamental en el sistema de automatización está el (PLC), este es programado con el software TIA Portal, innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva procesos de planificación y producción. Ofrece un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento, se realizará la programación para cumplir con la tarea específica de obtener datos y guardarlos en su unidad de memoria.

Los parámetros eléctricos se mostrarán mediante un (HMI) que será realizado en LabVIEW que es un software de ingeniería que ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar los aspectos de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración.

Se diseñará el interfaz de tal forma que los parámetros eléctricos obtenidos se muestren de manera ordenada y progresiva.

2.4.1. Adquisición de datos.

En este apartado se realizará el análisis del PLC con las instrucciones por las cuales es posible establecer comunicación entre dispositivos, también se describirá paso a paso la programación en segmentos realizada para la obtención de parámetros eléctricos del sistema de generación híbrido eólico – solar.

2.4.1.1. PLC Siemens S7-1200

En el manual SIEMENS (2015) menciona que el controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la capacidad de controlar muchos dispositivos para distintas tareas de automatización. El S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones

gracias a su configuración flexible y amplio juego de instrucciones. En la Figura 25, se muestra las partes de un PLC S7-1200.

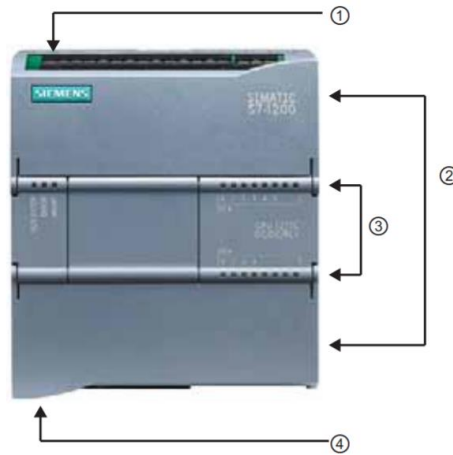


Fig. 25. (PLC) S7-1200.

Fuente: (SIEMENS, 2015).

1. Conector de alimentación PLC
2. Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
3. LED's de estado para las E/S integradas
4. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

En el Anexo H, se muestra las características principales de un (PLC) S7-1200.

2.4.1.2. Interfaz de Comunicación

La comunicación establecida en el presente proyecto es la de punto a punto ya que se puede enviar directamente información a un dispositivo externo, recibir información de otros dispositivos e intercambiar información (enviar y recibir datos) con otros dispositivos. (SIEMENS, 2015).

Así como en las personas al comunicarse necesitan de un emisor y un receptor siendo a su vez necesario poder entenderse por medio de un canal que en este caso es el idioma, de la misma forma en las comunicaciones industriales se necesita dos dispositivos y para ejercer la comunicación entre ellos deben estar basadas en un protocolo compatible entre ellas.

La interfaz de comunicación que dispone el PLC S7-1200 permite una conexión de punto a punto, mediante la aplicación de CPU con interfaces como RS-485 y RS-232. En este proyecto se utilizará la antes mencionada comunicación RS-485 ya que gracias a esta comunicación el PLC permite enviar o recibir información de uno o varios dispositivos externos.

Al utilizar la comunicación RS-485 o comúnmente llamada comunicación en serie se denomina maestro al PLC S7-1200 y al analizador de red se lo denomina esclavo, puesto que el maestro será quien inicie la comunicación enviando una petición al esclavo, este la recibe, la procesa y da una respuesta a la misma, cuando la respuesta llega al maestro es procesada y solo entonces puede enviar otra petición.

La programación del PLC se la realiza mediante el software STEP 7 (Tía Portal) en la que se puede definir a cada uno de los elementos utilizados en la comunicación como maestro o esclavo de MODBUS RTU. Revelo (2017), menciona que la opción maestro MODBUS RS-485 permite la comunicación de hasta 32 esclavos uno tras otro.

2.4.1.3. Configuración de instrucciones principales para establecer comunicación.

Para poder establecer comunicación entre el maestro (PLC) y los esclavos (dispositivos de captación de datos), es importante definir con cierta instrucción a los elementos a través del software TIA Portal, estas instrucciones son:

- a) MB_COMM_LOAD es un bloque de configuración muy importante del PLC debido a que requiere ser llamado tanto en el maestro como en el esclavo para la comunicación MODBUS. El bloque se lo utiliza para seleccionar el módulo de comunicación, en el cual se puede ajustar los parámetros de comunicación y también ejecuta el enlace con los parámetros para establecer comunicación entre el maestro o esclavo. Como primer ciclo se debe determinar la activación del sistema como paso siguiente se debe insertar el módulo de comunicación en el parámetro PORT, la velocidad de transmisión en el parámetro BAUD y el control de paridad PARITY debe ser idéntico para todos los nodos. La transmisión del bloque de datos se transfiere mediante el parámetro MB_DB que define el módulo de comunicación como maestros o esclavo MODBUS. En la Figura 26, se muestra el bloque MB_COMM_LOAD.

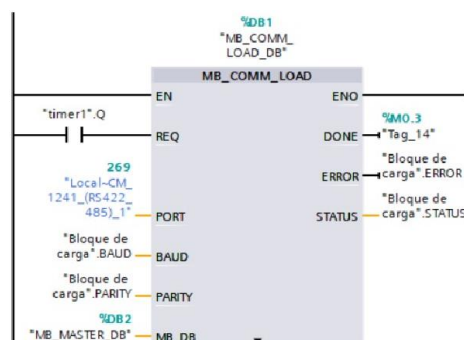


Fig. 26. Instrucción MB_COMM_LOAD_DB.

Fuente: Autor.

En el Anexo I, se muestran los parámetros para la configuración de la instrucción MB_COMM_LOAD.

- b) SIEMENS (2015) relata que la instrucción MB_MASTER permite al programa comunicarse como maestro MODBUS utilizando el puerto de comunicación punto a punto CM 1241 RS-485. En donde se define la zona de almacenamiento de datos. En la Figura 27, se puede visualizar los parámetros de la instrucción MB_MASTER.

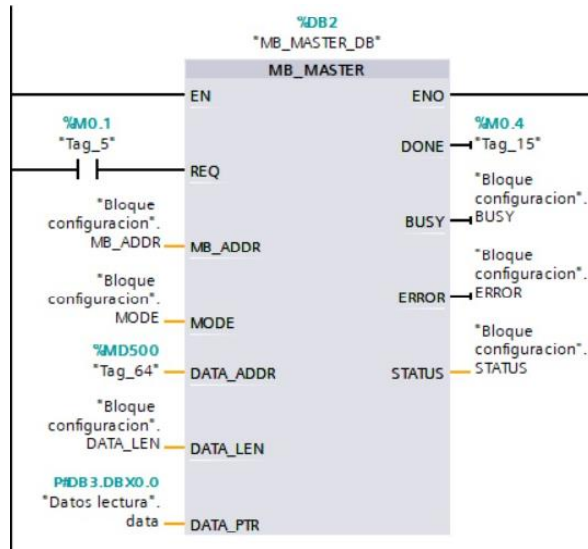


Fig. 27. Instrucción MB_COMM_LOAD_DB.

Fuente: Autor.

En el Anexo J, se muestran los parámetros para la configuración de la instrucción MB_MASTER.

- c) En el manual de SIEMENS (2015) señala que la instrucción MB_SLAVE permite comunicarse como esclavo MODBUS utilizando un puerto del módulo de comunicación punto a punto RS-485 en donde un maestro MODBUS RTU puede lanzar una petición y el programa responde al ejecutar la instrucción MB_SLAVE. En la Tabla 2.1, se pueden visualizar los códigos de las funciones de comunicación MODBUS (1,2,4,5, y 15) pudiendo leer y escribir bits y palabras en la memoria de proceso de entradas y salidas del PLC.

TABLA 2.1. Mapeo de las direcciones Modbus en la memoria imagen de proceso de la CPU.

Funciones Modbus de MB_SLAVE					S7-1200		
Códigos	Función	Área de datos	Rango de direcciones		Área de datos	Dirección de la CPU	
01	Leer bits	Salida	1	a	8192	Memoria imagen de proceso de las salidas	Q0.0 a Q1023.7
02	Leer bits	Entrada	10001	a	18192	Memoria imagen de proceso de las entradas	I0.0 a I1023.7
04	Leer palabras	Entrada	30001	a	30512	Memoria imagen de proceso de las entradas	IW0 a IW1022
05	Escribir bit	Salida	1	a	8192	Memoria imagen de proceso de las salidas	Q0.0 a Q1023.7
15	Escribir bits	Salida	1	a	8192	Memoria imagen de proceso de las salidas	Q0.0 a Q1023.7

Fuente: (SIEMENS, 2015).

En la Tabla 2.2, se muestran los códigos de comunicación MODBUS (3,6,16) mismos que utilizan un bloque de datos de registro de retención MODBUS propio y unívoco que debe crearse antes de especificar el parámetro MB_HOLD_REG de la instrucción MB_SLAVE.

TABLA 2.2. Mapeo del registro de retención Modbus en la dirección DB MB_HOLD_REG del PLC.

Funciones Modbus de MB_SLAVE				S7-1200	
Códigos	Función	Área de datos	Rango de direcciones	Área de datos DB de la CPU	Dirección DB de la CPU
03	Leer palabras	Registro de retención	40001 a 49999	MB_HOLD_REG	Palabras 1 a 9999
			400001 a 465535		Palabras 1 a 65535
06	Escribir palabra	Registro de retención	40001 a 49999	MB_HOLD_REG	Palabras 1 a 9999
			400001 a 465535		Palabras 1 a 65535
16	Escribir palabras	Registro de retención	40001 a 49999	MB_HOLD_REG	Palabras 1 a 9999
			400001 a 465535		Palabras 1 a 65535

Fuente: (SIEMENS, 2015).

En la Tabla 2.3, se muestra las funciones de diagnóstico soportadas visto que la instrucción MB_SLAVE soporta peticiones de escritura Broadcast de cualquier maestro MODBUS, mientras que la petición sea para acceder a direcciones válidas.

TABLA 2.3. Funciones de diagnóstico MODBUS MB_SLAVE.

Funciones de diagnóstico Modbus de MB_SLAVE en el S7-1200		
Códigos	Subfunción	Descripción
08	0000H	Devolver datos de consulta del test de eco: La instrucción MB_SLAVE responde al maestro Modbus con una palabra de datos que se están recibiendo datos.
08	000AH	Borrar contador de eventos de comunicación: La instrucción MB_SLAVE borra el contador de eventos de comunicación utilizado para la función Modbus 11.
11		Consultar contador de eventos de comunicación: La instrucción MB_SLAVE utiliza un contador de eventos de comunicación interno para registrar el número de peticiones de lectura y escritura Modbus correctas que se envían al esclavo Modbus. El contador no se incrementa con las funciones 8 ni 11, ni tampoco con peticiones Broadcast. Tampoco se incrementa con peticiones que resulten en un error de comunicación (p. ej. errores de paridad o CRC).

Fuente: (SIEMENS, 2015).

En la Figura 28 que se muestra a continuación podemos observar la instrucción MB_SLAVE.

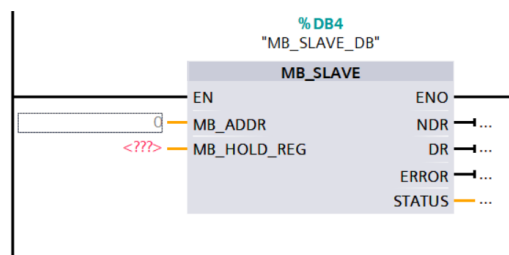


Fig. 28. Instrucción MB_SLAVE.

Fuente: (SIEMENS, 2015).

MB_COMM_LOAD se debe ejecutar para la configuración de un puerto antes que la instrucción MB_SLAVE pueda comunicarse con ese puerto. En el Anexo K, se muestran los parámetros para la configuración de la instrucción MB_SLAVE.

En la Figura 29 se observa la instrucción MOVE y sus operandos de entrada y salida.

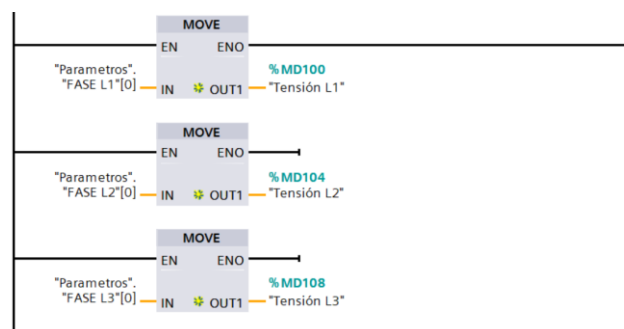


Fig. 29. Instrucción para transferencia de datos MOVE.

Fuente: Autor.

- d) La instrucción MOVE es un bloque copia valores o de conversión el cual me permite transferir un valor o contenido del operando de entrada (in) hacia el operando de salida (out) de esta manera permite tomar valores guardados en un sitio y transferirlos a otro en donde serán almacenados.

2.4.2. Programación de la comunicación RS-485.

En este apartado se detalla cada uno de los pasos para crear un proyecto en el software TIA Portal y los segmentos realizados para establecer la comunicación RS-485. El anexo L, muestra los pasos que se debe seguir para crear un proyecto nuevo en TIA Portal.

2.4.2.1. Configuración de segmentos para establecer la comunicación RS-485.

Se describirá cada uno de los segmentos en los cuales se establece comunicación entre el analizador de red que es el que obtiene los parámetros de la red y el PLC en el cual se almacenan los datos analizados para luego vincularlos y mostrarlos en la interfaz.

Segmento 1 Main [OB1]

MB_COMM_LOAD. - Esta instrucción permite establecer los parámetros de comunicación como la velocidad del puerto, paridad, identificación del puerto etc. Como se muestra en la Figura 30, con esta instrucción se selecciona el puerto del módulo de comunicación insertado previamente y se establece los parámetros de transmisión para la comunicación.

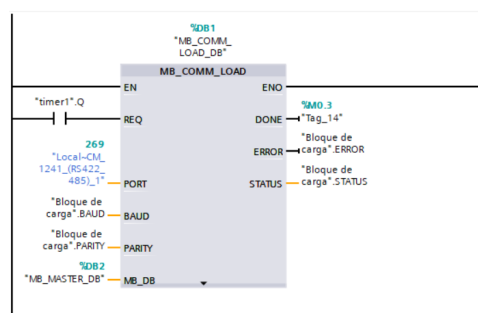


Fig. 30. Configuración de la instrucción del módulo (MB_COMM_LOAD).

Fuente: Autor.

En el proyecto establece la comunicación del PLC con el analizador de red para esto se configuró los siguientes parámetros:

- PORT. _ es donde se establece el puerto de comunicación RS-485.
- BAUD. _ se establece la velocidad de transferencia de datos 19200.

- PARITY. _ domina el área de memoria constante y se selecciono la paridad en este caso ninguna o 0.
- MB_DB. _ seleccionar el dispositivo del cual se lee los datos en este caso parámetros eléctricos.

"MB_COMM_LOAD" debe ser llamado una vez para configurar el puerto para el protocolo Modbus-RTU. Al terminar la configuración, el puerto puede ser utilizado por las instrucciones "MB_MASTER" y "MB_SLAVE".

"MB_COMM_LOAD" sólo debe volver a ser llamado si hay que cambiar uno de los parámetros de comunicación. Cada llamada de "MB_COMM_LOAD" borra el búfer de comunicación. Para evitar la pérdida de datos en la comunicación, no se debe efectuar llamadas innecesarias de la instrucción. El Anexo I muestra los parámetros de la instrucción "MB_COMM_LOAD".

Segmento 2 Main [OB1]

La instrucción "MB_MASTER" permite al programa comunicarse como maestro Modbus a través del puerto de un módulo punto a punto o una tarjeta de comunicación. Es posible acceder a los datos de uno o varios dispositivos esclavo Modbus. Con esta instrucción se elije al maestro MODBUS, permitiendo acceder a los datos del esclavo asignado. También direcciona al dispositivo esclavo a transmitir o enviar datos cuando el maestro realice una petición, establecer el código de función a ejecutar y se define la zona en donde se almacenarán los datos. En la Figura 31 se puede observar la configuración de la instrucción MB_MASTER.

Para que la instrucción "MB_MASTER" pueda comunicarse con un puerto, se debe ejecutar previamente "MB_COMM_LOAD".

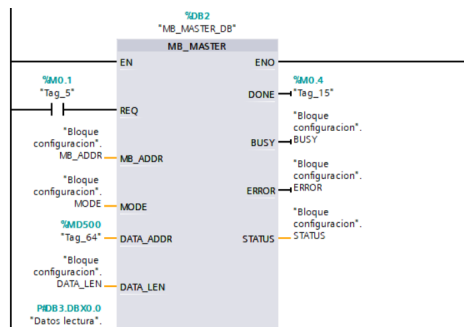


Fig. 31. Parámetros de configuración de la instrucción MB_MASTER.

Fuente: Autor.

Es el módulo más importante al establecer comunicación ya que se establece el dispositivo con el cual se realizará la comunicación si es escritura o lectura de datos en este caso 0 es lectura, desde que dirección empezar a leer y la cantidad de datos a leer y por último se establece en que dirección se requiere guardar los datos leídos, todas las acciones tomadas por la instrucción master se deben configurar en los siguientes parámetros:

- MB_ADDR. _ se le da la dirección de estación en este caso el nombre o el medio por el cual el analizador de red será reconocido se le puede determinar un direccionamiento estándar el cual comprende desde 0 hasta 247 en este caso la dirección asignada es 18.
- MODE. _ en donde se establece el tipo de solicitud echa hacia el esclavo, pudiendo ser de lectura, diagnostico o escritura en el presente proyecto se utilizará el modo lectura o 0 ya que se requiere la recopilación de parámetros eléctricos.
- DATA_ADDR. _ se lo debe configurar con la dirección desde la cual se desea iniciar a leer los datos en este proyecto se estableció la dirección 40001.
- DATA_LEN. _ se establece la cantidad de datos, bits o palabras que el maestro podrá acceder en cada solicitud.
- DATA_PTR. _ este parámetro permite direccionar los datos obtenidos en una marca de la CPU.

Segmento 3 Main [OB1]

En este segmento de programación se utilizará un temporizador con retardo al ensandecer puesto que de esta forma se realizará la petición de datos cada cierto tiempo determinado, en este caso es se establecerá 600 ms la Figura 32 muestra la configuración de esta.

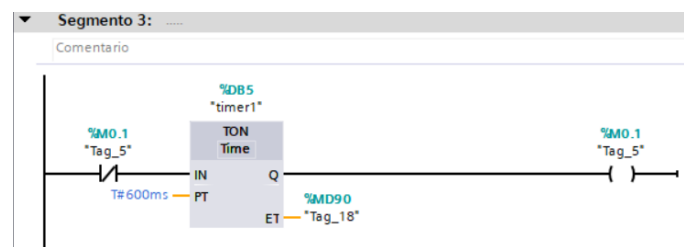


Fig. 32. TON Time permite establecer la petición de datos al esclavo cada determinado tiempo.

Fuente: Autor.

La instrucción "Retardo al conectar" retarda la activación de la salida Q por el tiempo programado PT. La instrucción se inicia cuando el resultado lógico (RLO) de la entrada IN cambia de "0" a "1".

2.4.3. Programación del direccionamiento de los datos obtenidos.

Para la comunicación, obtención y direccionamiento de datos el regulador MASTER dispone del protocolo de comunicación MODBUS el cual permite la conexión de varios equipos en una misma red en donde se designa un maestro y varios esclavos, el equipo Controller MASTER posee distintas funciones modbus implementadas como son:

- Función 01. Lectura del estado de los relés.
- Función 03 y 04. Lectura de registros.
- Función 05. Escritura de un relé.
- Función 0F. Escritura de múltiples relés.
- Función 10. Escritura de múltiples registros.

En la Tabla 2.4 se puede apreciar todas las variables que se registran en el mapa de memorias MODBUS de la función 04.

TABLA 2.4: Mapa de memoria Modbus: variables de medida 1.

Parámetro	Instantáneo	Máximo	Mínimo	Unidades
Tensión fase L1	00-01	200-201	300-301	V /100
Corriente L1	02-03	202-203	302-303	mA
Potencia Activa L1	04-05	204-205	304-305	W
Potencia Reactiva Inductiva L1	06-07	206-207	306-307	varL
Potencia Reactiva Capacitiva L1	08-09	208-209	308-309	varC
Potencia Reactiva L1	0A-0B	20A-20B	30A-30B	var
Potencia Aparente L1	0C-0D	20C-20D	30C-30D	VA
Potencia Reactiva Consumida L1	0E-0F	20E-20F	30E-30F	var
Potencia Reactiva Generada L1	10-11	210-211	310-311	var
Factor de potencia L1 ⁽¹⁾	12-13	212-213	312-313	-
Cos ϕ L1 ⁽¹⁾	14-15	214-215	314-315	-
Signo de kW L1 ⁽¹⁾	16-17	-	-	+1 o -1
Signo de kvar L1 ⁽¹⁾	18-19	-	-	+1 o -1
Tensión fase L2	1A-1B	21A-21B	31A-31B	V/100
Corriente L2	1C-1D	21C-21D	31C-31D	mA
Potencia Activa L2	1E-1F	21E-21F	31E-31F	W
Potencia Reactiva Inductiva L2	20-21	220-221	320-321	varL
Potencia Reactiva Capacitiva L2	22-23	222-223	322-323	varC
Potencia Reactiva L2	24-25	224-225	324-325	var
Potencia Aparente L2	26-27	226-227	326-327	VA
Potencia Reactiva Consumida L2	28-29	228-229	328-329	var
Potencia Reactiva Generada L2	2A-2B	22A-22B	32A-32B	var
Factor de potencia L2 ⁽¹⁾	2C-2D	22C-22D	32C-32D	-
Cos ϕ L2 ⁽¹⁾	2E-2F	22E-22F	32E-32F	-

Signo de kW L2 ⁽¹⁾	30-31	-	-	+1 o -1
Signo de kvar L2 ⁽¹⁾	32-33	-	-	+1 o -1
Tensión fase L3	34-35	234-235	334-335	V/100
Corriente L3	36-37	236-237	336-337	mA
Potencia Activa L3	38-39	238-239	338-339	W
Potencia Reactiva Inductiva L3	3A-3B	23A-23B	33A-33B	varL
Potencia Reactiva Capacitiva L3	3C-3D	23C-23D	33C-33D	varC
Potencia Reactiva L3	3E-3F	23E-23F	33E-33F	var
Potencia Aparente L3	40-41	240-241	340-341	VA
Potencia Reactiva Consumida L3	42-43	242-243	342-343	var
Potencia Reactiva Generada L3	44-45	244-245	344-345	var
Factor de potencia L3 ⁽¹⁾	46-47	246-247	346-347	-
Cos ϕ L3 ⁽¹⁾	48-49	248-249	348-349	-
Signo de kW L3 ⁽¹⁾	4A-4B	-	-	+1 o -1
Signo de kvar L3 ⁽¹⁾	4C-4D	-	-	+1 o -1
Tensión fase trifásica	4E-4F	24E-24F	34E-34F	V /100
Corriente trifásica	50-51	250-251	350-351	mA
Potencia Activa trifásica	52-53	252-253	352-353	W
Potencia inductiva trifásica	54-55	254-255	354-355	varL
Potencia capacitiva trifásica	56-57	256-257	356-357	varC
Potencia Reactiva trifásica	58-59	258-259	358-359	var
Potencia aparente trifásica	5A-5B	25A-25B	35A-35B	VA
Potencia Reactiva consumida trifásica	5C-5D	25C-25D	35C-35D	var
Potencia Reactiva generada trifásica	5E-5F	25E-25F	35E-35F	var
Factor de potencia trifásica ⁽¹⁾	60-61	260-261	360-361	-
Cos ϕ trifásico ⁽¹⁾	62-63	262-263	362-363	-
Signo de kW trifásico ⁽¹⁾	64-65	-	-	-
Signo de kvar trifásico ⁽¹⁾	66-67	-	-	-
Frecuencia	68-69	268-269	368-369	Hz/10
Tensión L1-L2	6A-6B	26A-26B	36A-36B	V/100
Tensión L2-L3	6C-6D	26C-26D	36C-36D	V/100
Tensión L3-L1	6E-6F	26E-26F	36E-36F	V/100
Corriente de Neutro	70-71	270-271	370-371	mA
Corriente de Fugas	72-73	272-273	372-373	mA
Temperatura	74-75	274-275	374-375	°C/10
% THD tensión L1	7C-7D	27C-27D	-	%
% THD tensión L2	7E-7F	27E-27F	-	%
% THD tensión L3	80-81	280-281	-	%
Energía activa consumida kWh	88-89	-	-	kWh
Energía activa consumida Wh	8A-8B	-	-	Wh
Energía inductiva consumida kvarLh	8C-8D	-	-	kvarLh
Energía inductiva consumida varLh	8E-8F	-	-	varLh
Energía capacitiva consumida kvarCh	90-91	-	-	kvarCh
Energía capacitiva consumida varCh	92-93	-	-	varCh

Energía aparente consumida kVAh	94-95	-	-	kVAh
Energía aparente consumida VAh	96-97	-	-	VAh
Energía activa generada kWh	98-99	--	-	kWh
Energía activa generada Wh	9A-9B	-	-	Wh
Energía inductiva generada kvarLh	9C-9D	-	-	kvarLh
Energía inductiva generada varLh	9E-9F	-	-	varLh
Energía capacitiva generada kvarCh	A0-A1	-	-	kvarCh
Energía capacitiva generada varCh	A2-A3	-	-	varCh
Energía aparente generada kVAh	A4-A5	-	-	kVAh
Energía aparente generada VAh	A6-A7	-	-	VAh

Fuente: (Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019).

TABLA 2.5: Mapa de memoria Modbus: variables de medida 2.

Parámetro	Instantáneo	Máximo	Unidades
Arm. Tensión Fundamental L1	400-401	484-485	V / 100
Armónicos Tensión L1	402-415	486-499	% / 10
Arm. Tensión Fundamental L2	416-417	49A-49B	V / 100
Armónicos Tensión L2	418-42B	49C-4AF	% / 10
Arm. Tensión Fundamental L3	42C-42D	4B0-4B1	V / 100
Armónicos Tensión L3	42E-441	4B2-4C5	% / 10
Arm. Corriente Fundamental L1	442-443	4C6-4C7	mA
Armónicos Corriente L1	444-457	4C8-4DB	% / 10
Arm. Corriente Fundamental L2	458-459	4DC-4DD	mA
Armónicos Corriente L2	45A-46D	4DE-4F1	% / 10
Arm. Corriente Fundamental L3	46E-46F	4F2-4F3	mA
Armónicos Corriente L3	470-483	4F4-507	% / 10

Fuente: (Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019).

TABLA 2.6: Mapa de memoria Modbus: variables de medida 3.

Parámetro	Instantáneo
Variable relés	600
Variable alarmas	605-606
Estado de las salidas	610
Estado entradas digitales	615
Nº de conexiones, de cada uno de los 14 relés (6 en modelo Controller MASTER control VAR 6 , 12 en modelo Controller MASTER control VAR 12)	625-63E

Fuente: (Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019).

De manera paralela en el software TIA Portal existen instrucciones las cuales permiten realizar acciones varias, como la instrucción MASTER con el parámetro DATA_ADDR que permite buscar la dirección en la cual están almacenados los datos dentro del regulador de energía reactiva Controller MASTER y se configura el modo para acceder a los datos medidos en el cual se determina 0 como lectura o 1 para escritura.

Una vez obtenidos los datos y direccionados con la instrucción MASTER existe varias instrucciones que permiten obtener estos datos de la memoria del CPU y moverlos o direccionarlos según los requerimientos a continuación se describen los segmentos en los que se emplean varias instrucciones.

Segmento 4 Main [OB1]

La instrucción "Contador ascendente" incrementa el valor en la salida CV. Cuando el estado lógico de la entrada CU cambia de "0" a "1" (flanco de señal ascendente), se ejecuta la instrucción y el valor actual de conteo de la salida CV se incrementa en uno. En la Figura 33 se observa el contador para la selección del direccionamiento de datos, PV puede tomar valores de 0 a 5 en donde determina el bloque de activación para el direccionamiento de los parámetros eléctricos analizados en ese instante de tiempo.

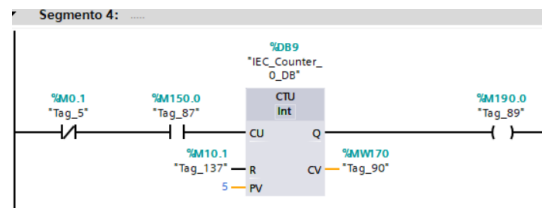


Fig. 33. Contador para selección de direccionamiento de memoria de lectura

Fuente: Autor.

Segmento 5 Main [OB1]

En la figura 34 se observa la obtención de parámetros eléctricos del bloque 0 permitiendo redireccionar los datos cuando el contador active la instrucción MOVE en el tiempo que el número de estado lógico sea igual a 0, cuando las intrusiones del segmento 5 son activadas permiten tomar los datos y redireccionarlos, en este caso se toma los parámetros del bloque 0 almacenados en "Datos de lectura". En el bloque se alojan los datos obtenidos desde la dirección 40001 hasta 40025 en donde se toma el parámetro eléctrico requerido de "Datos de lectura" asignado en la dirección 40001 en este caso es el parámetro "FASE 1" y se redirecciona a "Parámetros".

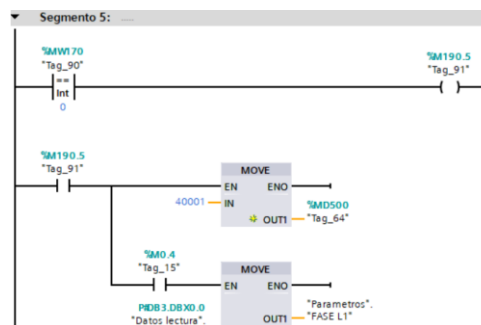


Fig. 34. Lectura de parámetros del analizador

Fuente: Autor.

Segmento 6 Main [OB1]

En la Figura 35 se observa la instrucción que permite la selección del bloque 1 de manera similar a la selección del bloque 0 será activada cuando el número de estado lógico en el contador sea 1, permitiendo en esta ocasión redireccionar los parámetros que se encuentren en el bloque 1 que son los datos que ocupen las direcciones que comprenden entre 40027 y 40051.

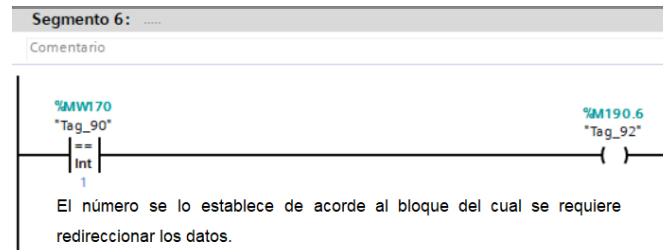


Fig. 35. Selección del bloque de registros a leer

Fuente: Autor.

Este proceso se lo aplica para el redireccionamiento los parámetros eléctricos obtenidos por el analizador de red que son agrupados y ordenados en bloques comprendidos entre 0 y 4, con este proceso solo se redireccionan los datos requeridos sin necesidad de tener que pedir todo el paquete de datos y mostrar solo el requerido, haciendo del proceso de adquisición de datos más eficiente.

Segmento 15 Main [OB1]

En la Figura 36 se representa al bloque de programa que contiene instrucciones que permiten almacenar los parámetros eléctricos obtenidos por el analizador de red MASTER Control var.

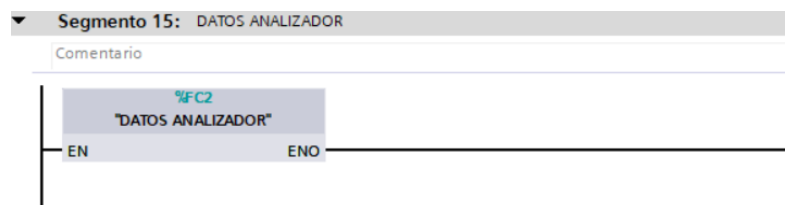


Fig. 36. Bloque de direccionamiento de parámetros eléctricos.

Fuente: Autor.

Las variables direccionadas se pueden verificar en la Tabla 2.7. En donde se observa el bloque al que pertenecen y la dirección de registro en la que se encuentran almacenados los parámetros dentro del analizador de red.

TABLA 2.7. Mapa de dirección y registro.

# de Registro	Dirección	Categoría	Variable	Registro PLC y OPC
0	40001	L1	Tensión L1	100
1	40003		Corriente L1	112
2	40005		Potencia activa L1	124
3	40007		Potencia reactiva inductiva L1	136
4	40009		Potencia reactiva capacitiva L1	148
5	40011			160
6	40013		Potencia aparente L1	172
7	40015		Potencia reactiva consumida L1	184
8	40017		Potencia reactiva generada L1	196
9	40019		Factor de potencia L1	208
10	40021		Coseno de Phi L1	220
11	40023			232
12	40025		244	
13	40027	L2	Tensión L2	104
14	40029		Corriente L2	116
15	40031		Potencia activa L2	128
16	40033		Potencia reactiva inductiva L2	140
17	40035		Potencia reactiva capacitiva L2	152
18	40037			164
19	40039		Potencia aparente L2	176
20	40041		Potencia reactiva consumida L2	188
21	40043		Potencia reactiva generada L2	200
22	40045		Factor de potencia L2	212
23	40047		Coseno de Phi L2	224
24	40049			236
25	40051		248	
26	40053	L3	Tensión L3	108
27	40055		Corriente L3	120
28	40057		Potencia activa L3	132
29	40059		Potencia reactiva inductiva L3	144
30	40061		Potencia reactiva capacitiva L3	156
31	40063			168
32	40065		Potencia aparente L3	180
33	40067		Potencia reactiva consumida L3	192
34	40069		Potencia reactiva generada L3	204
35	40071		Factor de potencia L3	216
36	40073		Coseno de Phi L3	228
37	40075			240
38	40077		252	
39	40079	Datos Trifásicos	Voltaje	256
40	40081		Corriente	260
41	40083		Factor de potencia	264
42	40085		Potencia activa	268
43	40087		Potencia reactiva	272
44	40089		Potencia aparente	276
45	40091		Potencia inductiva	280
46	40093		Potencia capacitiva	284
47	40095		Potencia reactiva consumida	288
48	40097		Potencia reactiva generada	292
49	40099		Coseno de Phi	296
50	40101		300	
51	40103		304	
52	40105	Frecuencia	308	
53	40107	Tensión fase-fase	Tensión L1-L2	312
54	40109		Tensión L1-L3	316
55	40111		Tensión L2-L3	320

56	40113			324
57	40115			328
58	40117	Temperatura		332
59	40119			336
60	40121			340
61	40123			344
62	40125	THD	THD tensión L1	348
63	40127		THD tensión L2	352
64	40129		THD tensión L3	356
65	40131		THD corriente L1	360
66	40133		THD corriente L2	364
67	40135		THD corriente L3	368
68	40137	Energía	Energía activa consumida kWh	372
69	40139		Energía activa consumida Wh	376
70	40141		Energía inductiva consumida kvarLh	380
71	40143		Energía inductiva consumida varLh	384
72	40145		Energía capacitiva consumida kvarCh	388
73	40147		Energía capacitiva consumida varCh	392
74	40149		Energía aparente consumida kVAh	396
75	40151		Energía aparente consumida Vah	400
76	40153		Energía activa generada kWh	404
77	40155		Energía activa generada Wh	408
78	40157		Energía inductiva generada kvarLh	412
79	40159		Energía inductiva generada varLh	416
80	40161		Energía capacitiva generada kvarCh	420
81	40163		Energía capacitiva generada varCh	424
82	40165		Energía aparente generada kVAh	428
83	40167		Energía aparente generada Vah	432

Fuente: Autor.

Se inicia el DATA_ADDR con el registro 40001 que en este caso viene a ser la dirección inicial en donde está almacenada la primera variable en el analizador, al llamar la dirección 40001 devolverá los valores correspondientes a la tensión línea 1, es importante saber que cada variable o parámetro ocupa dos direcciones.

2.4.3.1. Programación de la extracción de los parámetros de red y su direccionamiento.

Todos los parámetros de red analizados fueron direccionados a diferentes bloques como se observa en la tabla 2.7. Lo siguiente es extraer los parámetros requeridos de estos bloques los cuales serán direccionados a una unidad de memoria distinta en el PLC haciéndolo de una forma ordenada mediante la programación en segmentos, de esta manera es posible la obtención de voltajes, corrientes, potencias, Distorsión Total Armónica (THD) y frecuencia. Todos los parámetros serán observados en el interfaz de LabVIEW. En la Figura 37 se observa los segmentos en los cuales se extraen los parámetros de red de los bloques principales hacia una nueva unidad de memoria en el PLC.

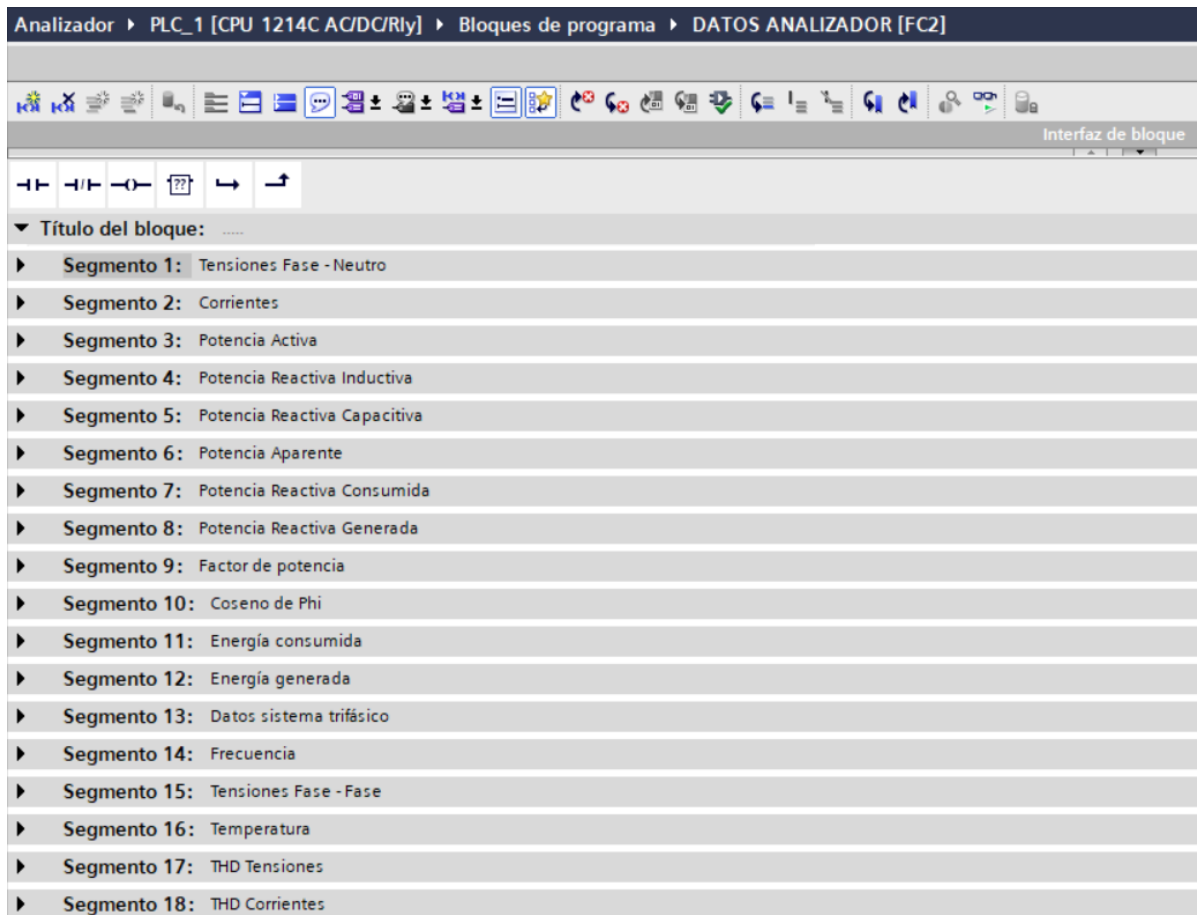


Fig. 37. Segmentos en los cuales se direccionan los parámetros tomados de cada uno de los bloques.

Fuente: Autor.

Cada segmento posee la instrucción MOVE "Copiar valor" transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1. La transferencia se efectúa siempre por orden ascendente de direcciones.

La salida de habilitación ENO devuelve el estado lógico "0" cuando se cumple una de las condiciones siguientes:

- La entrada de habilitación EN devuelve el estado lógico "0".
- El tipo de datos del parámetro IN no puede convertirse al tipo de datos indicado en el parámetro OUT1.

En la Figura 38 se observa el segmento 1, perteneciente a los parámetros de tensiones fase-neutro, este procedimiento es el mismo para todos los demás segmentos y direccionamientos de parámetros.

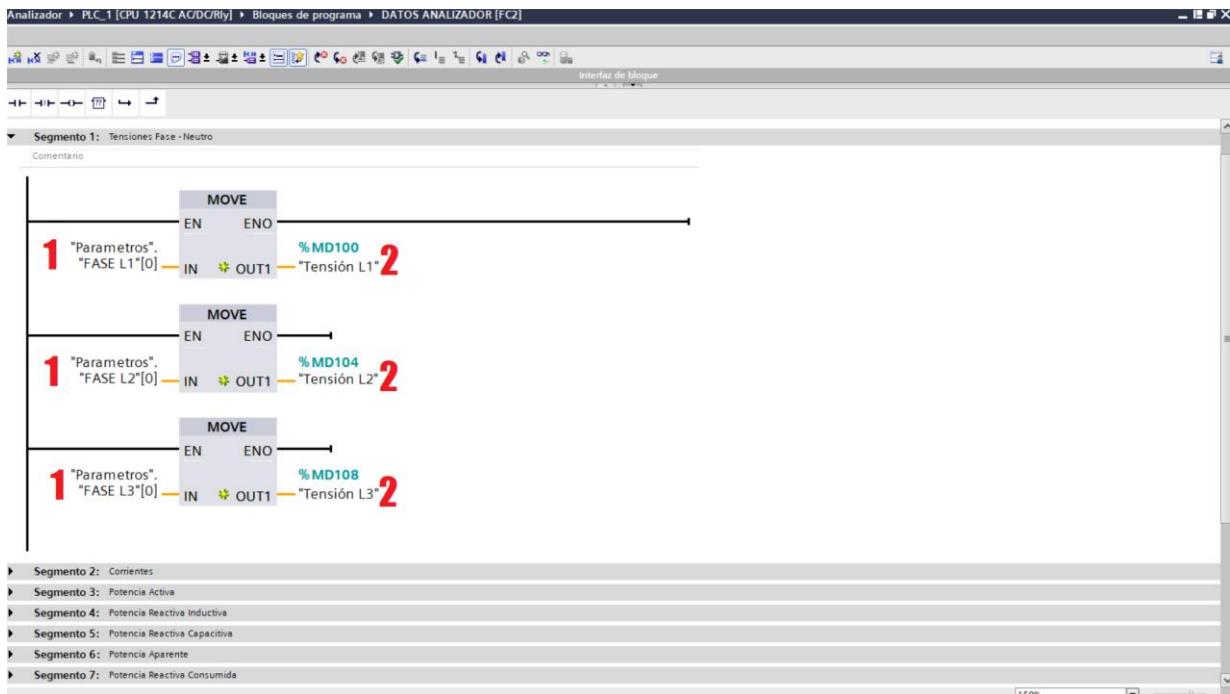


Fig. 38. Segmento 1 correspondiente a los parámetros de tensiones fase–neutro.

Fuente: Autor.

- 1) En cada instrucción MOVE se debe asignar la dirección desde donde se tomarán los parámetros. En este caso se los toma de los bloques “Parámetros” (FASE L1, FASE L2, FASE L3) asignadas a cada una de las entradas IN de cada instrucción.
- 2) En cada instrucción MOVE se debe asignar la dirección a donde se trasladarán los parámetros. En este caso se los direcciona a (MD100, MD104 y MD108) que son memorias en el PLC en donde están siendo almacenados los parámetros de tensión L1, L2 y L3.

2.4.4. Diseño del interfaz

LabVIEW es un software de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, Instrumentación y control. LabVIEW admite diseñar interfaces de usuario mediante un ordenador. Es un programa con instrumentos virtuales (VI), que en su funcionamiento imitan instrumentos físicos, tales como osciloscopios y multímetros. Contiene un amplio conjunto de herramientas para la adquisición, análisis, visualización, y almacenamiento de datos.

Para el diseño del monitoreo y control de los parámetros eléctricos generados, se utiliza como (HMI) la plataforma LabVIEW el cual es un programa de software donde se podrá evidenciar los parámetros de red y realizar el control del sistema.

La figura 39 muestra el flujograma del proceso para realizar el interfaz en LabVIEW.

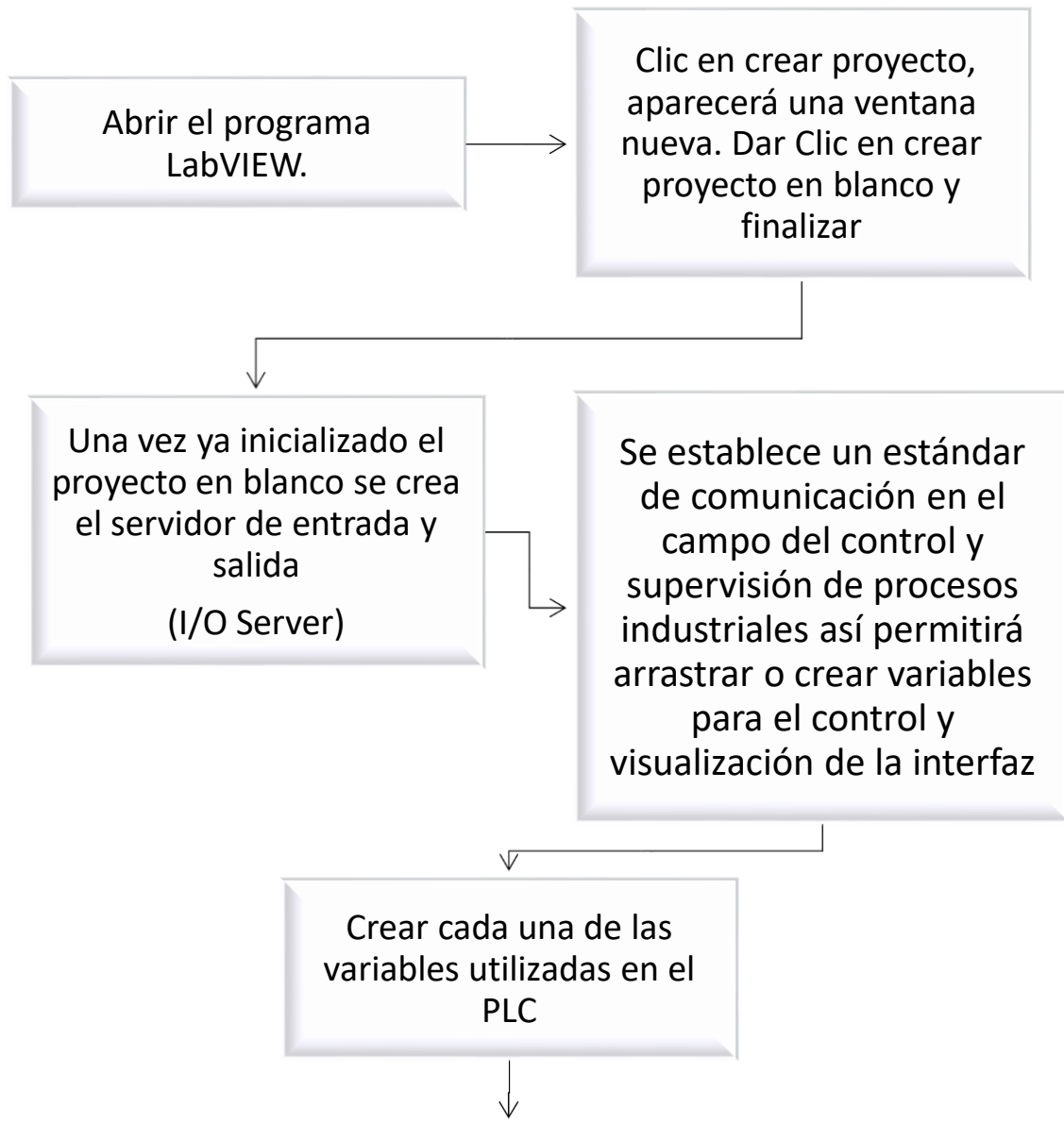


Fig. 39. proceso para crear la interfaz en LabVIEW.

Fuente: Autor.

Se inicia el software LabVIEW en donde se crea de un proyecto nuevo, clic en crear proyecto y aparecerá una ventana nueva, crear proyecto en blanco y clic en finalizar. De esta forma ya se cuenta con una ventana lista para agregar bloques y trabajar según los requerimientos del usuario. Se crea el servidor de entrada y salida (I/O Server).

Una vez creado el estándar de comunicación lo siguiente a realizar es crear cada una de las variables utilizadas en el PLC en donde se deben escribir de manera similar a como estén en el autómata lógico programable teniendo así una comunicación exitosa. En el Anexo Q se

describe cada uno de los pasos de forma más detallada. En la Figura 40 se enumera los pasos a seguir para la creación de variables.

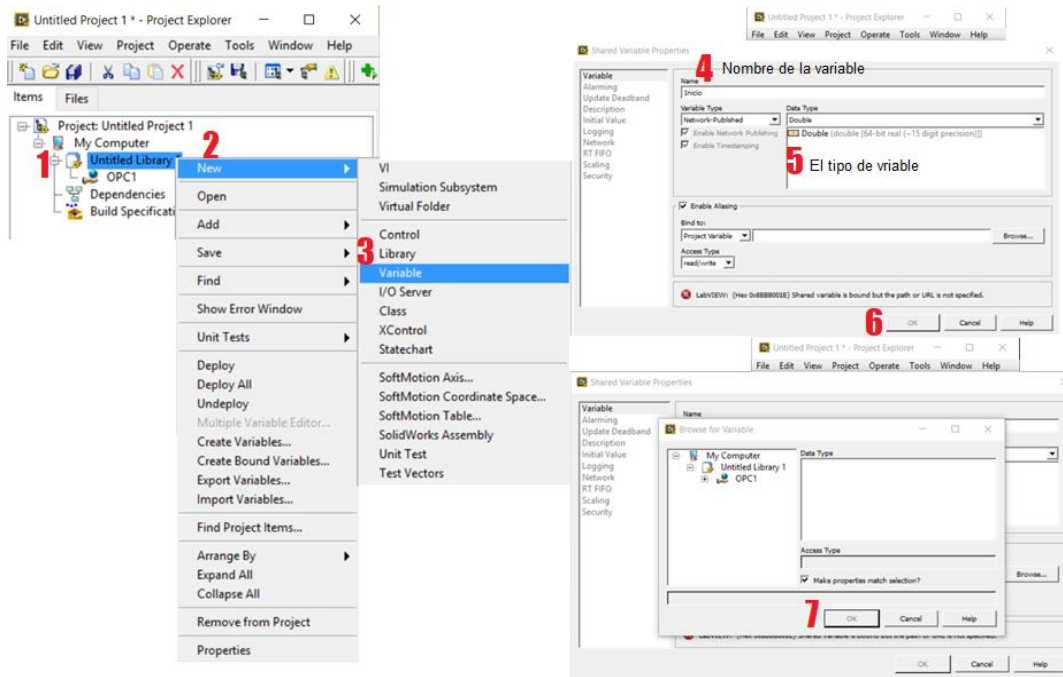


Fig. 40. Creación de variables en el software LabVIEW.

Fuente: Autor.

Como parte fundamental de un interfaz está la instrumentación, el software LabVIEW permite utilizar de su biblioteca la instrumentación que sea requerida asemejándose a los instrumentos reales utilizados en campo, en la Figura 41 se enumera el procedimiento para crear las instrucciones virtuales.

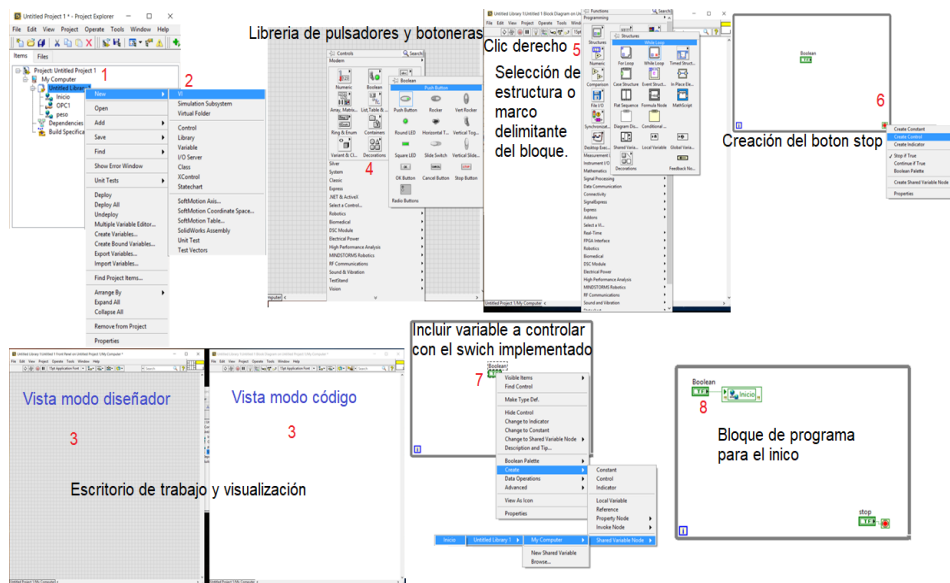


Fig. 41. Procedimiento para implementar la instrumentación virtual en el software LabVIEW.

Fuente: Autor.

En la Figura 42 se puede visualizar todas las variables creadas en LabVIEW.

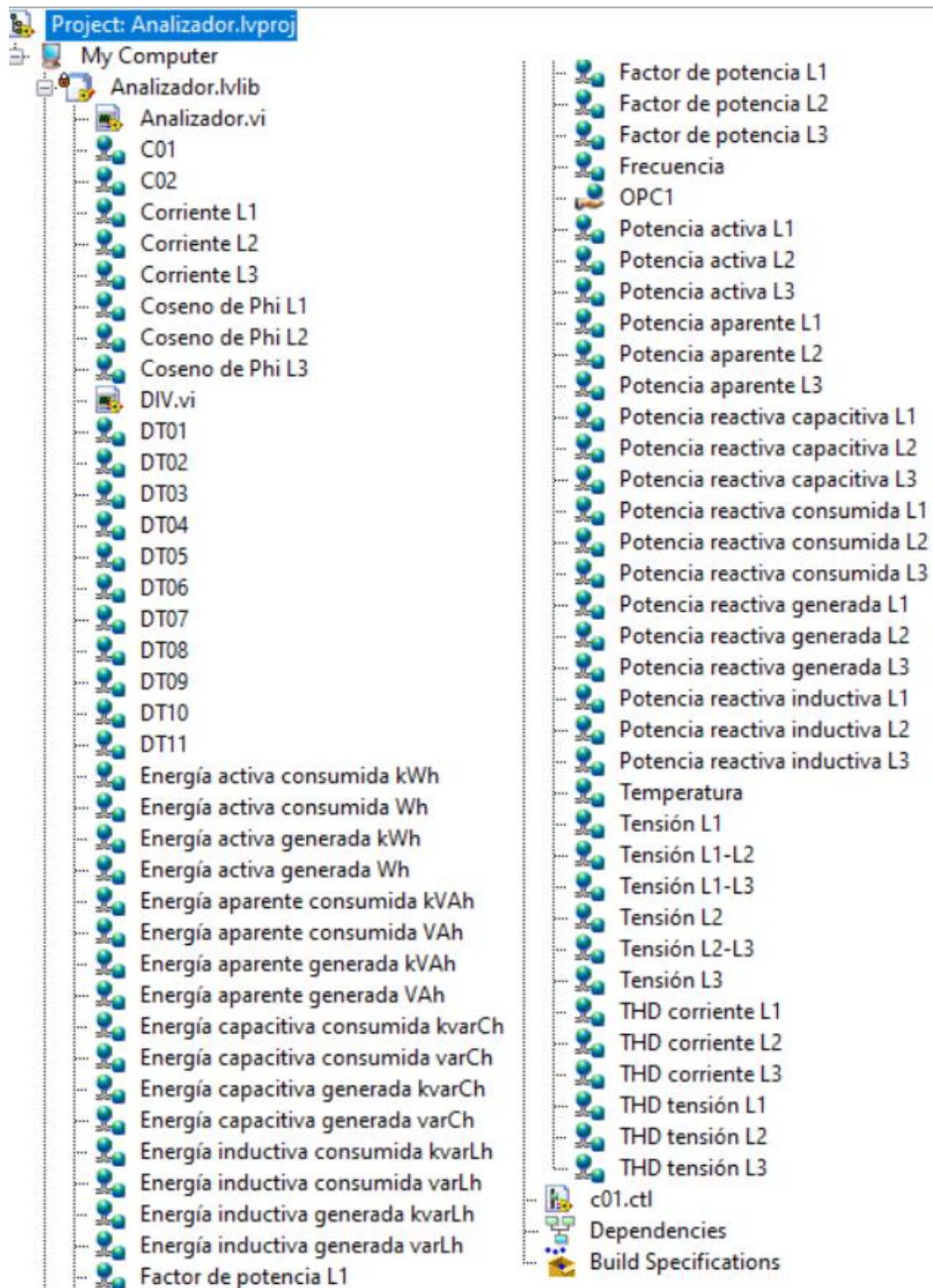


Fig. 42. Variables creadas en LabVIEW.

Fuente: Autor.

Se observan todas las variables creadas en LabVIEW, a partir de ellas se pueden visualizar los parámetros eléctricos medidos por el analizador de red.

En la Figura 43 se observa la interfaz de LabVIEW, en donde se podrá visualizar y controlar los sistemas de generación.



Fig. 43. Interfaz realizada en LabVIEW para visualizar y controlar los sistemas de generación.

Fuente: Autor.

Para realizar la comunicación se escribe directamente mediante el OPC desde Labview al PLC y viceversa, entonces para este proceso se describe uno a uno los bloques de programa especificando su relación de proceso. En la Figura 44 se puede visualizar los bloques con los respectivos controles para la adquisición de fases con respecto al neutro y la tensión entre fases.

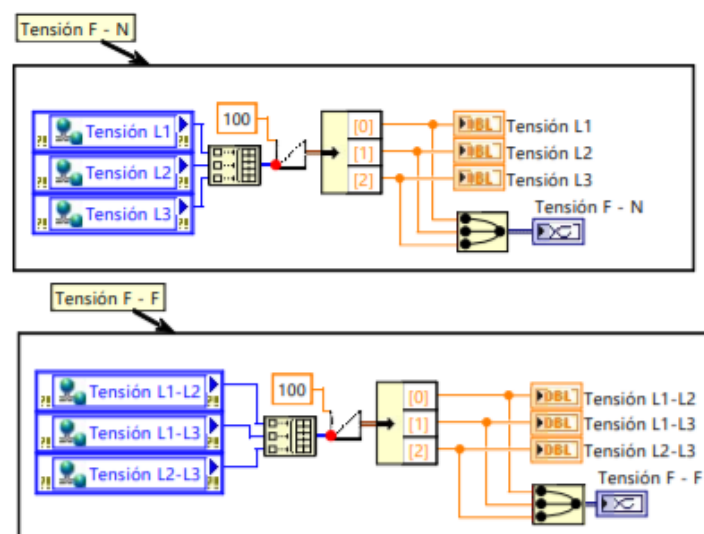


Fig. 44. Bloques con variables de tensión línea-línea y tensión línea-neutro.

Fuente: Autor.

En la Figura 45 se observan los bloques con los respectivos controles para la adquisición del factor de potencia de las líneas 1, 2 y 3 así como de la distorsión de armónicos total respecto a la corriente y tensión de las tres líneas.

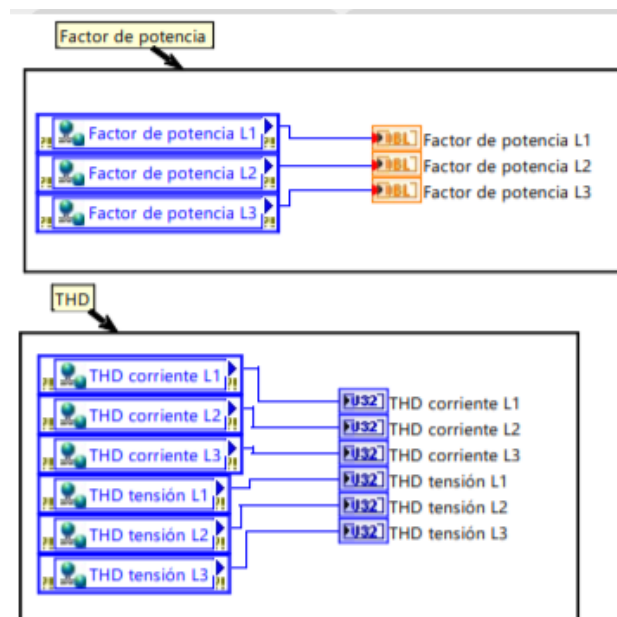


Fig. 45. Bloques con variables de factor de potencia y (THD).

Fuente: Autor.

En la Figura 46 se observan los bloques con los respectivos controles para la adquisición del coseno del ángulo Phi de las líneas 1, 2 y 3 así como de las corrientes de las líneas 1, 2 y 3 del sistema de generación.

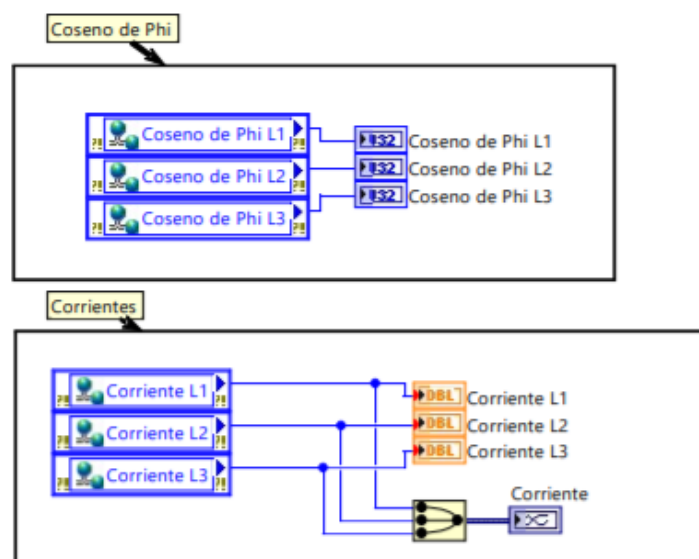


Fig. 46. Bloques con variables de factor de coseno del ángulo phi y la corriente en el sistema de generación.

Fuente: Autor.

En la Figura 57 se observan los bloques con los respectivos controles para la adquisición de parámetros importantes en el sistema como frecuencia y temperatura, así como los parámetros trifásicos obtenidos por el analizador de red.

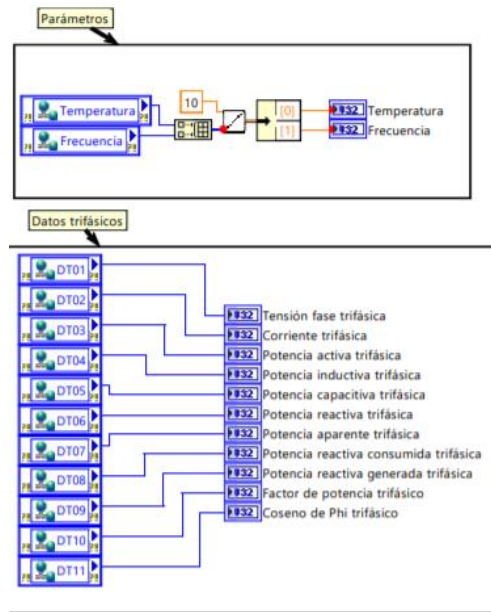


Fig. 47. Bloques con variables de frecuencia y temperatura, así como los parámetros trifásicos generados.

Fuente: Autor.

En la Figura 48 se observan los bloques con los controles para la adquisición de la energía consumida y generada por el sistema.

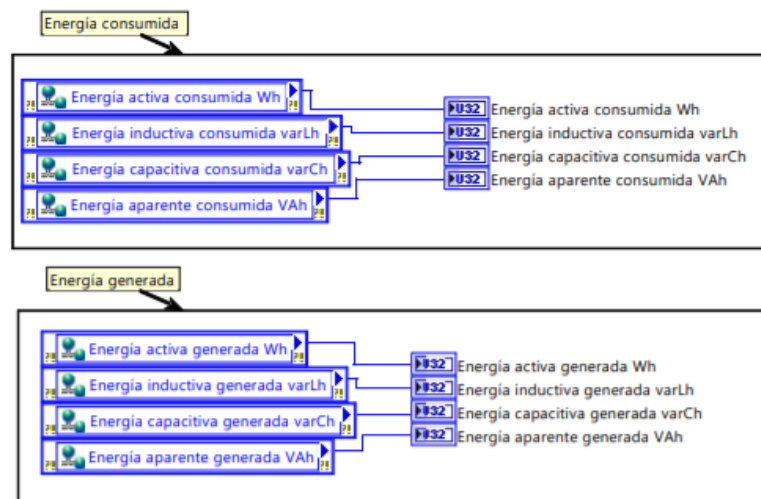


Fig. 48. Bloques con variables de la energía consumida y generada por el sistema.

Fuente: Autor.

En la Figura 49 se observan los bloques con los controles para la adquisición de la potencia activa, reactiva inductiva y reactiva consumida del sistema de generación.

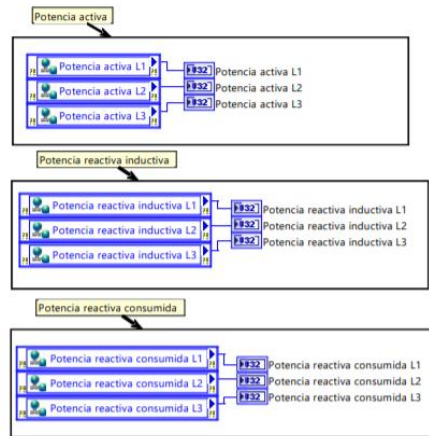


Fig. 49. Bloques con variables de la potencia activa, reactiva inductiva y reactiva consumida.

Fuente: Autor.

En la Figura 50 se observan los bloques con los controles para la adquisición de la potencia reactiva capacitiva, aparente y reactiva generada del sistema híbrido eólico - solar.

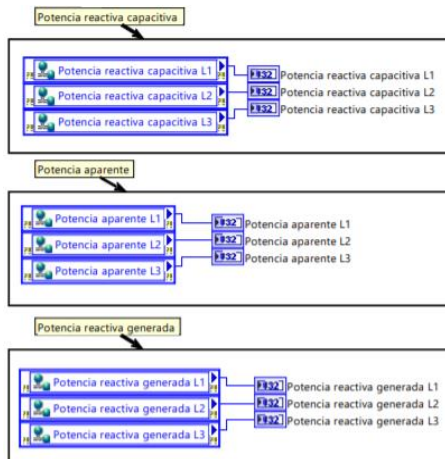


Fig. 50. Bloques con variables de la potencia reactiva capacitiva, aparente y reactiva generada.

Fuente: Autor.

En la Figura 51 se observan los bloques con los controles para el control del sistema híbrido eólico - solar.

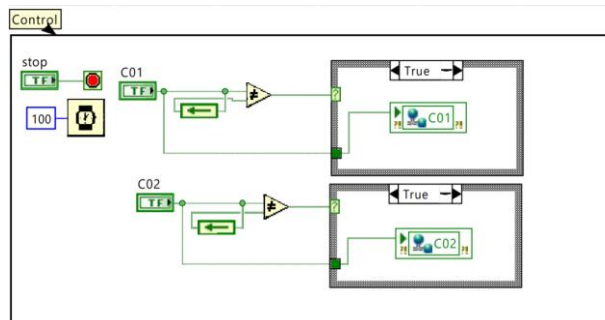


Fig. 51. Bloques con variables para el control del sistema híbrido eólico - solar.

Fuente: Autor.

2.4.5. NI - OPC Server

El OPC (por su nombre, OLE for Process Control) es un estándar para procesos de control de comunicación en el campo, ofrece una interfaz común para la comunicación que permite que componentes de software individuales interactúen y compartan datos.

Para comunicarnos entre el TIA portal y Labview se debe tener un sistema de comunicación llamado OPC Server. Se detallará cómo realiza este tipo de comunicación es importante tener instalado el OPC server, el Tía portal y Labview, para poder crear un proyecto.

La Figura 52 muestra el flujograma del proceso para configurar el NI OPC Server.

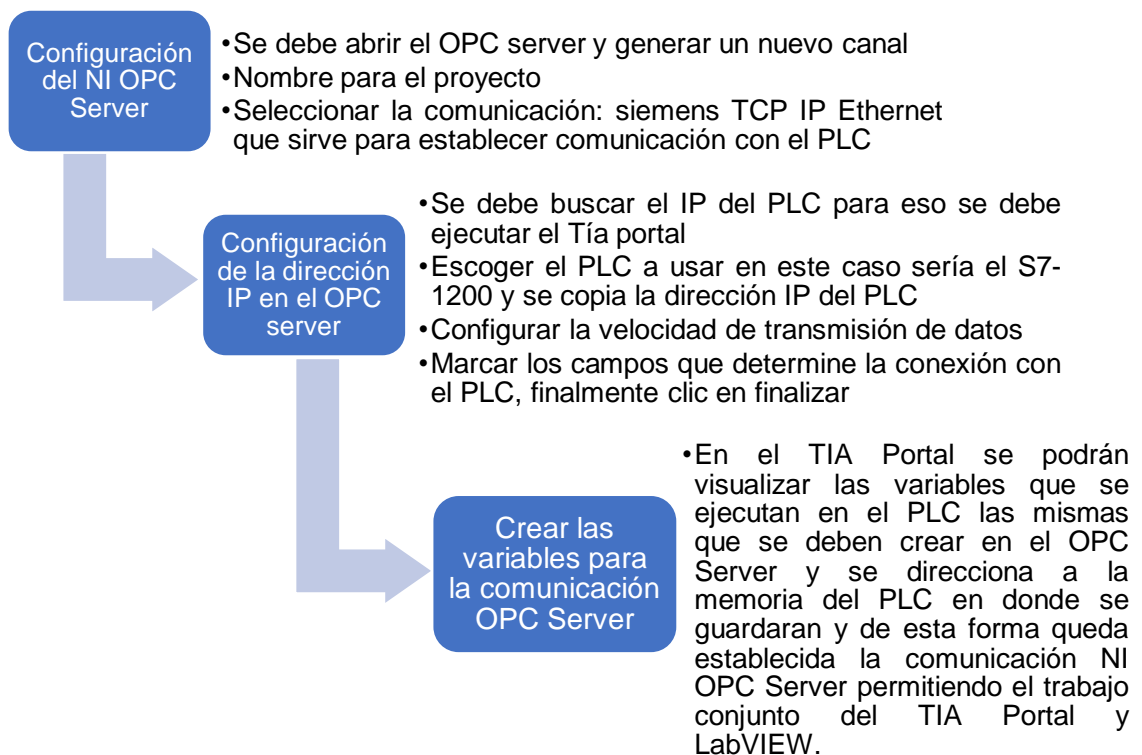


Fig. 52. Configuración del NI OPC Server.

Fuente: Autor.

El flujograma que contiene la figura 52 muestra los pasos importantes para crear variables en el OPC server. De esta forma se establece la comunicación entre TIA Portal y LabVIEW.

En el anexo R muestra con ilustraciones todos los pasos para configurar el OPC Server. En la figura 53 se puede visualizar todas las variables del OPC que fueron creadas.

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling
Tensión L1	MD100	DWord	100	None
Tensión L2	MD104	DWord	100	None
Tensión L3	MD108	DWord	100	None
Corriente L1	MD112	DWord	100	None
Corriente L2	MD116	DWord	100	None
Corriente L3	MD120	DWord	100	None
Potencia activa L1	MD124	DWord	100	None
Potencia activa L2	MD128	DWord	100	None
Potencia activa L3	MD132	DWord	100	None
Potencia reactiva inductiva L1	MD136	DWord	100	None
Potencia reactiva inductiva L2	MD140	DWord	100	None
Potencia reactiva inductiva L3	MD144	DWord	100	None
Potencia reactiva capacitiva L1	MD148	DWord	100	None
Potencia reactiva capacitiva L2	MD152	DWord	100	None
Potencia reactiva capacitiva L3	MD156	DWord	100	None
Potencia aparente L1	MD172	DWord	100	None
Potencia aparente L2	MD176	DWord	100	None
Potencia aparente L3	MD180	DWord	100	None
Potencia reactiva consumida L1	MD184	DWord	100	None
Potencia reactiva consumida L2	MD188	DWord	100	None
Potencia reactiva consumida L3	MD192	DWord	100	None
Potencia reactiva generada L1	MD196	DWord	100	None
Potencia reactiva generada L2	MD200	DWord	100	None
Potencia reactiva generada L3	MD204	DWord	100	None
Factor de potencia L1	MD208	DWord	100	None
Factor de potencia L2	MD212	DWord	100	None
Factor de potencia L3	MD216	DWord	100	None
Coseno de Phi L1	MD220	DWord	100	None
Coseno de Phi L2	MD224	DWord	100	None
Coseno de Phi L3	MD228	DWord	100	None
DT01	MD256	DWord	100	None
DT02	MD260	DWord	100	None
DT03	MD264	DWord	100	None
DT04	MD268	DWord	100	None
DT05	MD272	DWord	100	None
DT06	MD276	DWord	100	None
DT07	MD280	DWord	100	None
DT08	MD284	DWord	100	None
DT09	MD288	DWord	100	None
DT10	MD292	DWord	100	None
DT11	MD296	DWord	100	None
Frecuencia	MD308	DWord	100	None
Tensión L1-L2	MD312	DWord	100	None
Tensión L1-L3	MD316	DWord	100	None
Tensión L2-L3	MD320	DWord	100	None
Temperatura	MD332	DWord	100	None
THD tensión L1	MD348	DWord	100	None
THD tensión L2	MD352	DWord	100	None
THD tensión L3	MD356	DWord	100	None
THD corriente L1	MD360	DWord	100	None
THD corriente L2	MD364	DWord	100	None
THD corriente L3	MD368	DWord	100	None
Energía activa consumida kWh	MD372	DWord	100	None
Energía activa consumida Wh	MD376	DWord	100	None
Energía inductiva consumida kvarLh	MD380	DWord	100	None
Energía inductiva consumida varLh	MD384	DWord	100	None
Energía capacitiva consumida kvarCh	MD388	DWord	100	None
Energía capacitiva consumida varCh	MD392	DWord	100	None
Energía aparente consumida kVAh	MD396	DWord	100	None
Energía aparente consumida VAh	MD400	DWord	100	None
Energía activa generada kWh	MD404	DWord	100	None
Energía activa generada Wh	MD408	DWord	100	None
Energía inductiva generada kvarLh	MD412	DWord	100	None
Energía inductiva generada varLh	MD416	DWord	100	None
Energía capacitiva generada kvarCh	MD420	DWord	100	None
Energía capacitiva generada varCh	MD424	DWord	100	None
Energía aparente generada kVAh	MD428	DWord	100	None
Energía aparente generada VAh	MD432	DWord	100	None
C01	Q0.0	Boolean	100	None
C02	Q0.1	Boolean	100	None

Fig. 53. Variables OPC.

Fuente: Autor.

2.6. Dimensionamientos para los equipos del sistema SCADA.

El dimensionamiento de los equipos del sistema SCADA se orienta en la generación híbrida eólica – solar con conexión a la red instalada en el edificio de la Carrera de Electricidad en donde los objetivos serán medir, controlar y observar los parámetros eléctricos aportados a la red por el sistema.

2.6.1. Medición de voltajes y corrientes en el edificio de la Carrera de Electricidad.

Para la medición de estos parámetros se utilizó el multímetro digital Fluke 177, cuya precisión para medir el voltaje CA es, $\pm (1.0 \% + 3)$ valor de medición máximo es 1000 V y la precisión para medir corriente CA es, $\pm (1.5 \% + 3)$ valor de medición máximo es 20 A. (FLUKE, 2019). En la Figura 54, se puede observar el multímetro digital.



Fig. 54. Multímetro digital Fluke 177 de valor eficaz verdadero.

Fuente: FLUKE (2019).

Los voltajes y corrientes medidos se muestran en la tabla 2.4.

TABLA 2.8. Parámetros de red y generación obtenido mediante medición.

Parámetros Fases	Voltajes de red.	Corriente de red.	Voltajes de generación.	Corriente de generación.
Fase A	128	0.2	126.7	0.13
Fase B	125	13	124.8	0.16
Fase C	129	0.3	127.7	0.21

Fuente: Autor.

En consideración a los parámetros de red principales como son los voltajes y corrientes proporcionados al verificar la medición, en consideración a ello se realizará la selección de los equipos que constituirán el sistema SCADA de acuerdo con los requerimientos y características que deben poseer cada uno de ellos.

En la Tabla 2.9 se muestra los equipos específicos que componen la plataforma SCADA.

TABLA: 2.9. Equipos y características generales de los equipos que constituyen el sistema SCADA.

DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	REFERENCIA
Transformador para medición de corriente (TC's).	Produce una corriente diferente en el devanado secundario la cual es proporcional a la corriente que se está midiendo.	MFO-20A Relación: 30/5A Terminal conductor: 2T Carga VA: 2.5VA Clase: 1.0	(Zúñiga, 2017)
Analizador de red REHE.	Permite el monitoreo de varios parámetros eléctricos (VRMS) con el fin de controlar varios problemas a presentarse en cualquier tipo de red.	Tipo de pantalla: Sólo Digital. Fase: Tres fases. Entrada de tensión nominal: AC 57.7V, CA 100V, 220V AC, 380V AC. Corriente de entrada nominal: AC 1A, AC 5A.	(REHE PARAMETER METER, 2018)
Regulador de energía reactiva MASTER control Var.	El regulador de energía reactiva Master control Var es el único regulador en el mercado que ofrece la posibilidad de usar 3 transformadores de medida,	Tensión: 110...480 V CA. Tolerancia: 10% Consumo: 6 VA Frecuencia: 45...65 Hz Medida de tensión: 525 V CA. p-p / 300 V CA. p-n Medida de intensidad: 5 ^a Puerto: RS-485 Protocolo: Modbus / RTU	(Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019)

	además del método tradicional de medida con un único transformador de corriente, así como funciones de analizador de red y control de corriente de fuga.	Aislamiento: Categoría III Clase II EN 61010-1 Grado de protección: IP51 montado, IP30 sin montar, según EN-60529	
SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, AC/DC/Relé.	Dispositivo que ofrece la capacidad de controlar muchos dispositivos para distintas tareas de automatización.	SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, AC/DC/RELÉS, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24VDC, 10 DO RELÉS 2A, 2 AI 0 - 10V DC, ALIMENTACIÓN: AC 85 - 264 V AC BEI 47 -63 HZ, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 75 KB.	(SIEMENS, 2015)
SIMATIC S7-1200, Tarjeta de comunicación CB 1241	Dispositivo que permite la comunicación entre el PLC y varios dispositivos externos estableciendo lectura o escritura sobre ellos.	Intensidad de entrada 50 mA Alarmas/diagnósticos/información de estado LED señalizador de diagnóstico Rango de temperatura permitido De -40 °C a +70 °C	(SIMATIC, 2019)

CAPÍTULO 3

Implementación de la plataforma SCADA al sistema de generación híbrido eólico – solar.

En este apartado se describirá la implementación de la plataforma de adquisición, monitoreo y control híbrido eólico - solar en el edificio de la Carrera de Mantenimiento Eléctrico.

3.1. Introducción.

La plataforma SCADA implementada al sistema híbrido eólico - solar con integración a la red está diseñada para poder visualizar desde un ordenador los diferentes parámetros eléctricos generados por el sistema eólico – solar, la aportación de energía entregada por el sistema a la red de la UTN y el control del sistema de generación.

3.1.1. Ubicación física

En la Figura 55 se puede apreciar el edificio en donde se desarrolla el presente proyecto.



Fig. 55. Ubicación en donde se implemento la plataforma SCADA.

Fuente: Autor.

El proyecto se desarrollará en el campus principal de la UTN ubicada en la provincia del Imbabura, cuya sede se encuentra en la ciudad de Ibarra, Ciudadela Universitaria, Av. 17 de

Julio 5-21 y General José María. Sector del Olivo. La implementación de la plataforma SCADA para el monitoreo y control del sistema de generación híbrido eólico - solar esta implementada en el edificio de la Carrera de Electricidad.

3.1.2. Adquisición y revisión de los equipos

Para poder conformar un sistema de adquisición de datos es necesario varios equipos, los cuales fueron importados de países como Chile y de los Estados Unidos, ya que en el Ecuador no se cuenta con dispositivos que posean las características requeridas por sistema, entre ellos están:

- PLC S7-1200
- Módulo de comunicación
- Transformadores para medición de corriente
- Analizadores de RED
- Dispositivos que conforman el sistema de generación.

3.1.3. Sistema de generación híbrido eólico - solar

Crucerira (2019) menciona en su obra que el sistema al trabajar a su máxima capacidad permitirá inyectar a la red 820 W aproximadamente, 300 W provenientes de la generación eólica y 520 kW de la generación solar, esto suponiendo que se disponga de luz solar y viento de manera permanente. En la Figura 56 se puede apreciar la turbina eólica y los paneles solares utilizados para captación de la energía.



Fig. 56. Turbina eólica y paneles solares.

Fuente: Autor.

El complemento del sistema de generación es posible mediante el tablero de inversores que se integran a la red de manera automática.

La energía limpia obtenida a través de la fuerza del viento y la luz solar captada por la turbina eólica y los paneles solares es dirigida hacia el tablero de inversores, en donde la energía es receptada por el regulador solar y el regulador eólico, estableciendo voltajes constantes equivalentes a 12V CD en el caso del regulador solar, mientras que el regulador eólico realiza la conversión de CA a CD, se debe a que la energía proveniente del generador eólico es alterna, determinada por la forma de generación. Los dos reguladores suministran energía a una barra DC en donde se establece la conexión con una batería, de dicha barra se alimenta a los inversores de voltajes en donde estos transforman los 12V CD a 120V CA los cuales son integrados a la red. En la Figura 59 se muestra las partes del tablero de inversores.



Fig. 57. Tablero de inversores.

Fuente: (Cruceira, 2019).

Partes del tablero:

- 1) Regulador solar.
- 2) Regulador eólico.
- 3) Inversores
- 4) Barra DC
- 5) Barra AC
- 6) Protección AC (interruptor termo magnético)
- 7) Protección DC (interruptor termo magnético)
- 8) Conexión a batería

Es importante mencionar que la aportación del sistema de generación es trifásica por lo que se dispone de tres inversores, los cuales aportan de forma independiente a cada una de las fases de la red del edificio de la Carrera de Electricidad.

Ya implementado el sistema de generación híbrido eólico - solar es importante conocer la aportación de energía a la red del edificio de la Carrera de Electricidad, a partir de esto se diseña el sistema SCADA estableciendo las características del hardware y software para la adquisición de datos, control y monitoreo de parámetros eléctricos.

3.2. Instalación de equipos para la adquisición de datos, control y monitoreo de parámetros eléctricos

Para la adquisición de datos se requiere de algunos equipos que hacen posible la obtención de parámetros eléctricos. En la Figura 58 se aprecia la conexión de dispositivos para la óptima adquisición, monitoreo y control de los parámetros de RED generados.

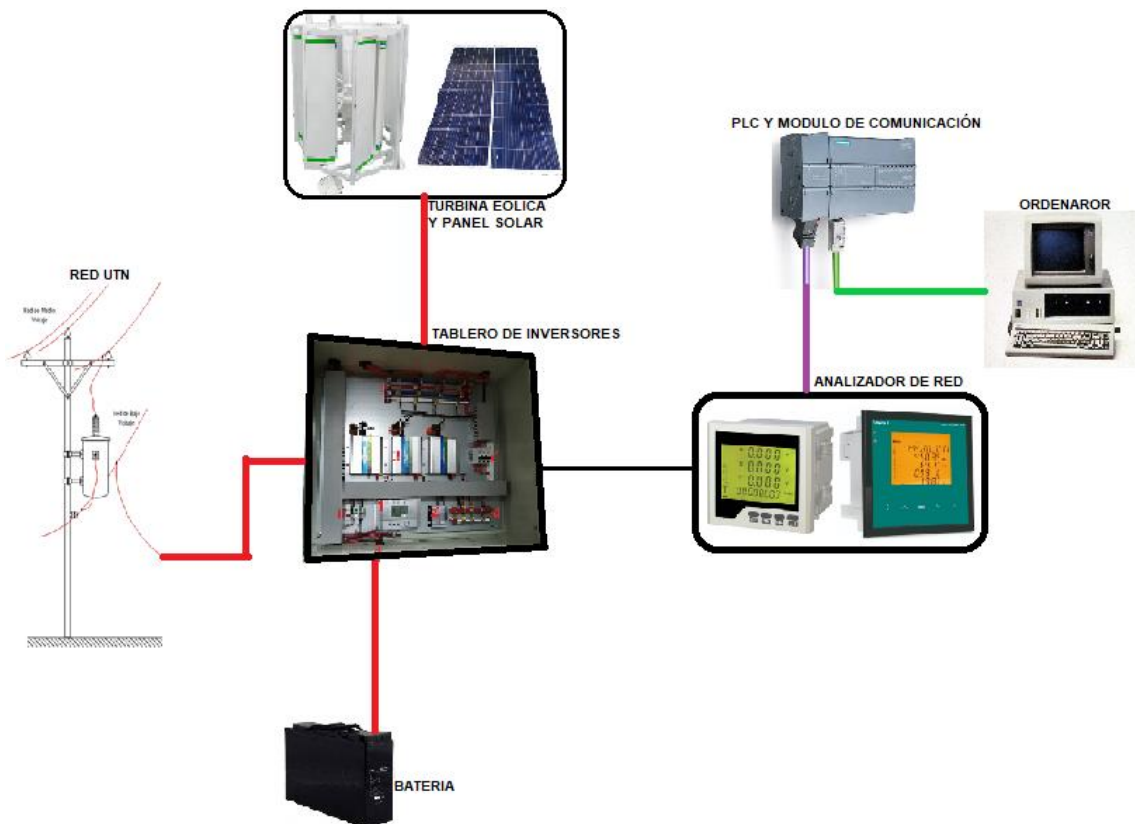


Fig. 58. Sistema de generación con acople a la red y adquisición de datos.

Fuente: Autor.

El analizador de red control MASTER Var es conectado a la salida de la generación híbrida, de esta manera se medirá los voltajes y corrientes generados por el sistema y a partir de estos se obtendrán diferentes parámetros que serán mostrados en el SCADA.

3.2.1. Instalación de TC's (Transformadores De Corriente) en el tablero de inversores

En la Figura 59 se puede observar los TC's implementados al tablero de inversores.



Fig. 59. Instalación de TC's en el tablero de inversores.

Fuente: Autor.

Los TC's se los instala para obtener la corriente circulante a la salida de cada fase del sistema de generación eólico – solar, medición de la corriente requerida por la carga y la medición de corrientes en el edificio de la Carrera de Electricidad. Los TC's permiten establecer la corriente a niveles soportados por el equipo de medición.

3.2.2. Instalación de sistema de control (manual y automático)

Para la parte de control es indispensable la instalación de contactores, pulsadores de maniobra e indicadores lumínicos. En la Figura 60 se puede observar la instalación de los dispositivos al tablero de inversores.

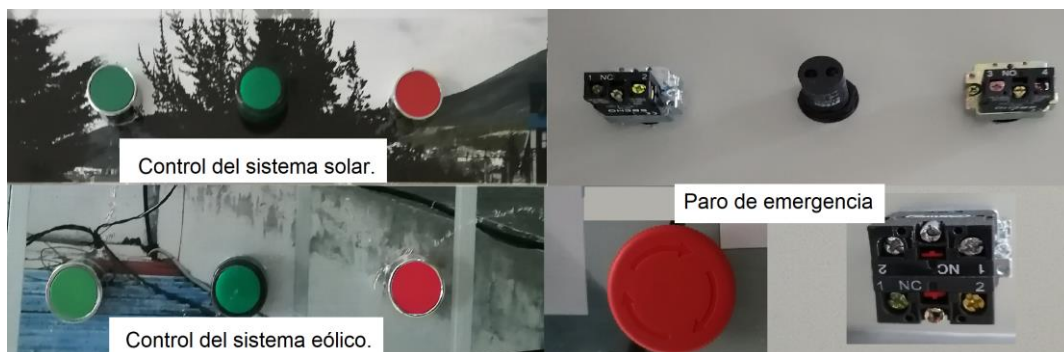


Fig. 60. Instalación de contactores, pulsadores y luces indicadoras al tablero de inversores.

Fuente: Autor.

Al presionar los pulsadores verdes se encienden los indicadores lumínicos y se enclavan los contactores que permitirán al sistema de generación solar y eólico cargar a la batería, que a su vez alimenta a los inversores permitiendo el aporte de energía a la red. De forma

contraria los pulsadores rojos desenclavan los contactores y de esta forma no se permite la alimentación de energía a la batería, dejándolo al sistema sin la aportación de energía e incapaz de inyectar energía a la red. En el Anexo T se muestra el diagrama unifilar de la conexión para el control del sistema de generación híbrido.

En la Figura 61 se observa la instalación de los contactores para el control de la alimentación de energía a la batería.

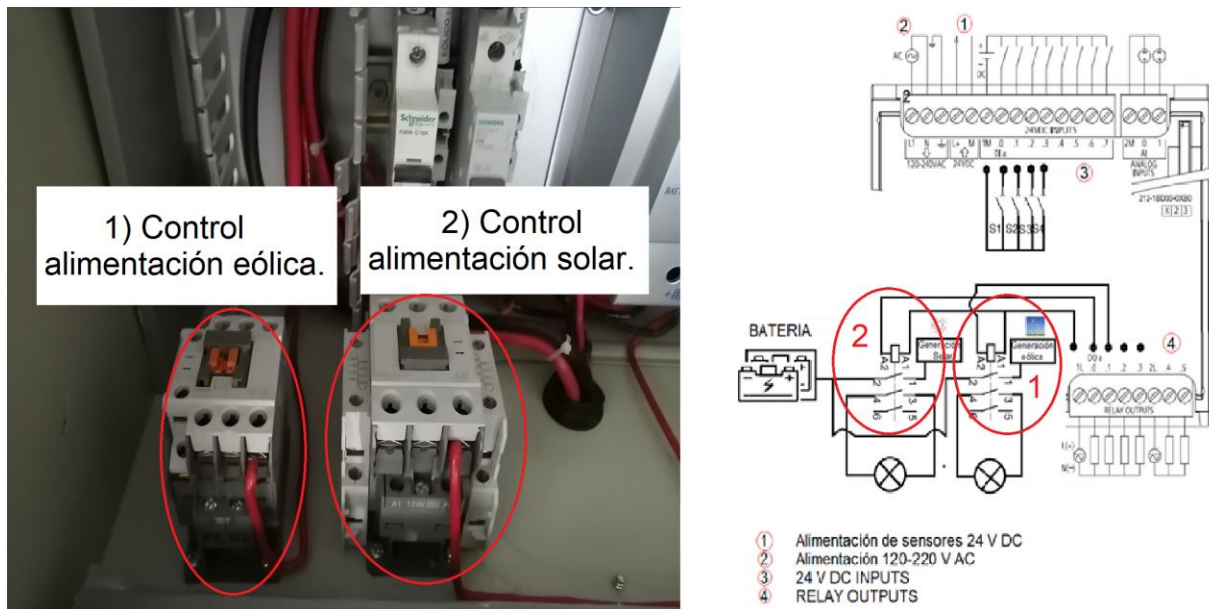


Fig. 61. implementación de contactores para el control del sistema eólico - solar.

Fuente: Autor.

El instrumento de maniobra principal para el control en el proyecto es el contactor el cual permite establecer o interrumpir la corriente eléctrica que alimenta a la batería, misma que proviene de los paneles solares y la turbina eólica. Instrumento de gran utilidad ya que cuenta con la posibilidad de ser accionado a distancia, mediante un electroimán / bobina que es alimentada por una corriente diferente y menor a la de la carga.

En la Figura 62 se observa el interfaz desde donde se podrá ejercer el control del sistema de forma automática permitiendo el enclavamiento de los contactores desde el sistema SCADA.



Fig. 62. Sistema SCADA para el control del sistema de generación eólico - solar.

Fuente: Autor.

Esta maniobra puede ser efectuada desde la plataforma SCADA o directamente en el tablero de inversores.

3.2.3. Instalación de analizadores de red

En la Figura 63 se puede evidenciar los analizadores instalados en el tablero de inversores.

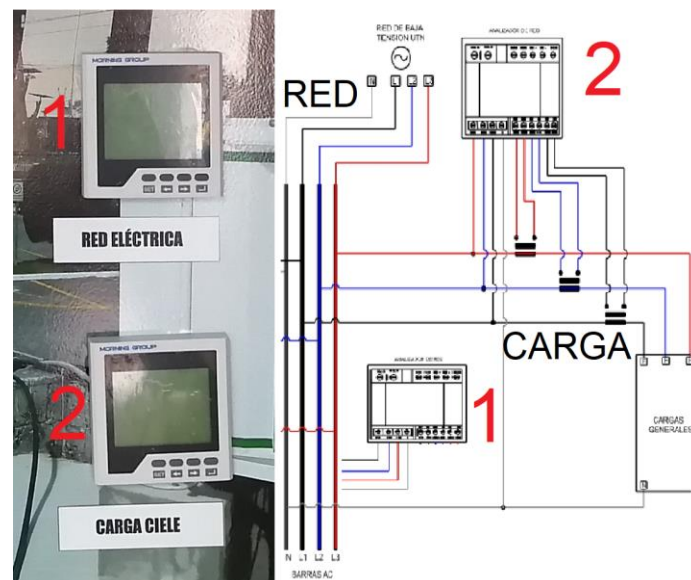


Fig. 63. Analizadores de red REHE instalados en el tablero de inversores.

Fuente: Autor.

Para la medición de los parámetros de la red y la carga del edificio se utilizó dos analizadores de red REHE, estos dispositivos se encargan de mostrar los parámetros eléctricos en la red y la carga del edificio de la Carrera de Electricidad.

Con la instalación de los analizadores es posible evidenciar algunos parámetros en la red de la UTN y en la carga del edificio de la Carrera de Electricidad (Figura 64), en donde se observa los voltajes línea – neutro en la red UTN y la carga del edificio de la Carrera de Electricidad.

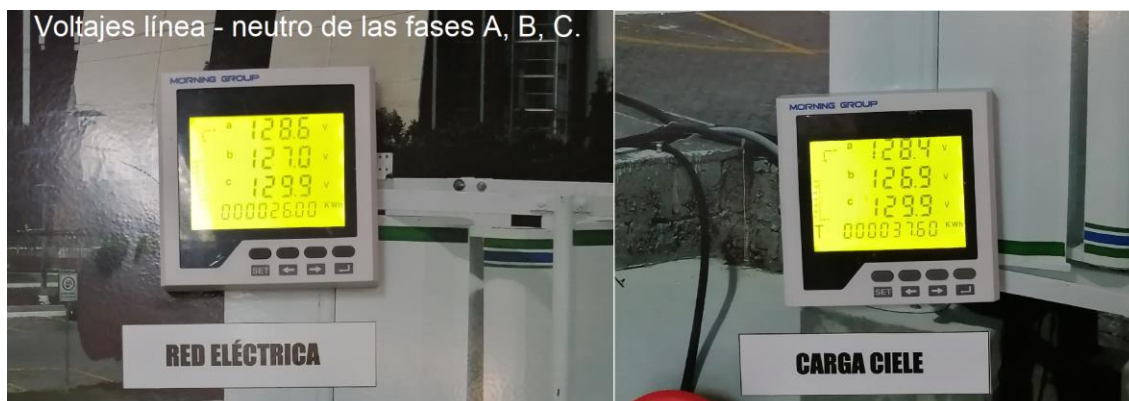


Fig. 64. Voltajes línea – neutro en la red UTN y la carga del edificio de la Carrera de Electricidad.

Fuente: Autor.

En la TABLA 3.1 se muestran los parámetros eléctricos medios en el edificio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

TABLA 3.1. Parámetros eléctricos en la red y la carga de el edificio de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

Líneas Parámetros	Red eléctrica			Carga Ciele		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Voltaje L - N	128	127	129	128	126	129
Voltaje L - L	221	222	224	221	222	224
Corriente	3.6	8.6	1.5	3.8	8.8	0.5
Potencias	ACTIVA	ACTIVA	ACTIVA	ACTIVA	ACTIVA	ACTIVA
	4.05	10.03	0.32	4.15	10.70	0.35
	REACTIVA	REACTIVA	REACTIVA	REACTIVA	REACTIVA	REACTIVA
	0.53	1.26	0.38	0.28	0.88	0.20
	APARENTE	APARENTE	APARENTE	APARENTE	APARENTE	APARENTE
	4.6	10.90	1.93	4.89	11.19	0.77
Sumatorias de potencias	Activa	Reactiva	Aparente	Activa	Reactiva	Aparente
	13.82	2.15	13.99	15.92	1.37	15.98

Factor de Potencia	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Frecuencia	60	60	60	60	60	60

Fuente: Autor.

En el anexo U se muestran las imágenes de las mediciones de los diferentes parámetros eléctricos tomados del edificio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica por los analizadores de red REHE.

Para la medición de la generación eólica – solar se instaló el Regulador de energía reactiva MASTER control Var, analizador de red que cuenta con comunicación RS-485 para comunicación y envió de los parámetros eléctricos medidos. En la Figura 65 se puede observar la instalación del Regulador de energía reactiva MASTER control Var.

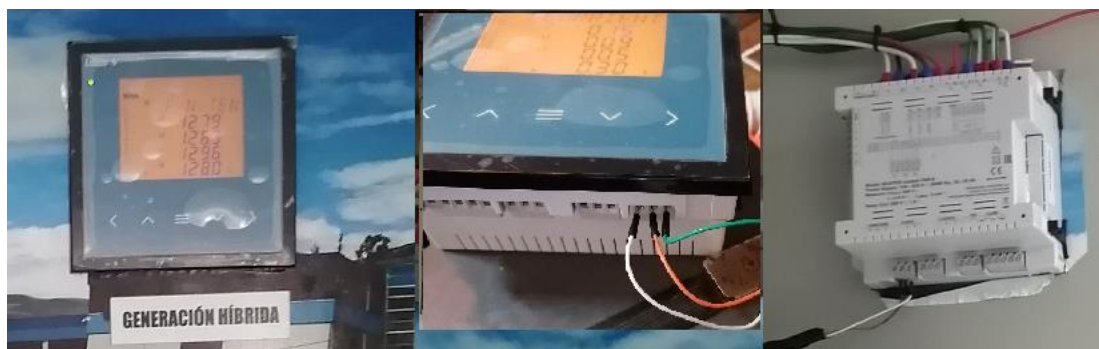


Fig. 65. Instalación del Regulador de energía reactiva MASTER control Var.

Fuente. Autor.

Con el analizador de red MASTER control Var se puede visualizar los parámetros aportados por el sistema de generación eólico - solar en la pantalla del dispositivo de manera inmediata, estos datos también se los puede observar en el interfaz gráfico diseñado en LabVIEW.

En la Figura 66, se puede observar la conexión realizada en el Regulador de energía reactiva MASTER control Var, para la obtención de los parámetros de red principales como son voltajes y corrientes.

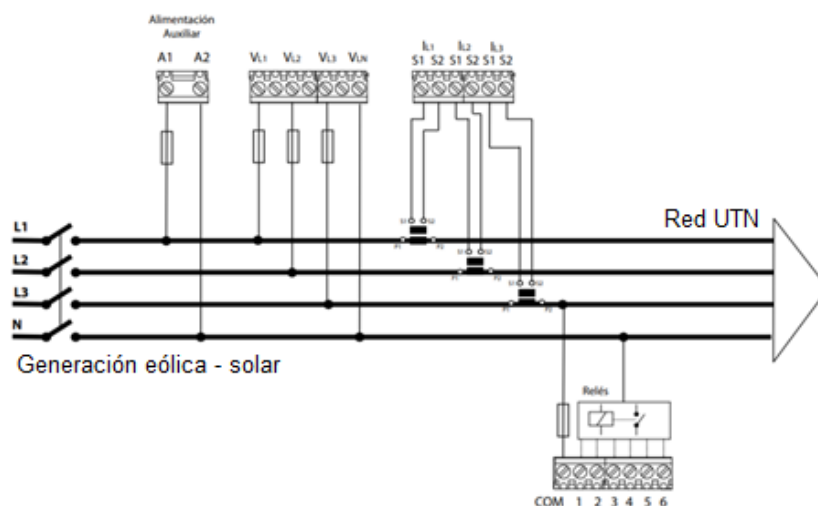


Fig. 66. Esquema de conexionado trifásico del MASTER control VAR.

Fuente: (Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019).

A partir de este conexionado podremos obtener diversos parámetros de RED como son frecuencias, potencias, THD de tensión, THD de los voltajes, etc. En la Tabla 3.2, se representan los parámetros que se miden en el equipo.

TABLA 3.2. Parámetros de medida de la Controller MASTER control VAR (Conexión trifásica).

Parámetro	Unidades	Fases L1-L2-L3	N	Total III	Max ⁽¹⁾	Min ⁽²⁾
Tensión fase-neutro	V	✓		✓	✓	✓
Tensión fase-fase	V	✓		✓	✓	✓
Corriente	A	✓	✓		✓	✓
Corriente de fugas	mA		✓		✓	✓
Frecuencia	Hz	✓(L1)			✓	✓
Potencia Activa	M/kW	✓		✓	✓	✓
Potencia Aparente	M/kVA	✓		✓	✓	✓
Potencia Reactiva Total	M/kvar	✓		✓	✓	✓
Potencia Reactiva Inductiva	M/kvarL	✓		✓	✓	✓
Potencia Reactiva Capacitiva	M/kvarC	✓		✓	✓	✓
Factor de potencia	PF	✓		✓	✓	✓
Cos φ	φ	✓		✓	✓	✓
THD % Tensión	% THD V	✓			✓	
THD % Corriente	% THD A	✓			✓	
Descomposición armónica Tensión (hasta 17° armónico)	harm V	✓			✓	
Descomposición armónica Corriente (hasta 17° armónico)	harm A	✓			✓	
Energía Activa	M/kWh			✓		
Energía Reactiva Inductiva	M/kvarLh			✓		
Energía Reactiva Capacitiva	M/kvarCh			✓		
Energía aparente	M/kVAh			✓		
Temperatura	°C			✓		
Nº de maniobras	-			✓		
Potencia total activada	%			✓		

⁽¹⁾ Visualización del valor máximo.

⁽²⁾ Visualización del valor mínimo.

Fuente: (Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019).

3.2.4. Instalación del PLC y el módulo de comunicación

La implementación del módulo de comunicación en el proyecto es para establecer comunicación con el analizador CONTROL master VAR mediante comunicación RS-485, ya que permite compartir bloques de datos de manera rápida y eficiente. En la Figura 67 se puede evidenciar la instalación del analizador de red y el módulo de comunicación.

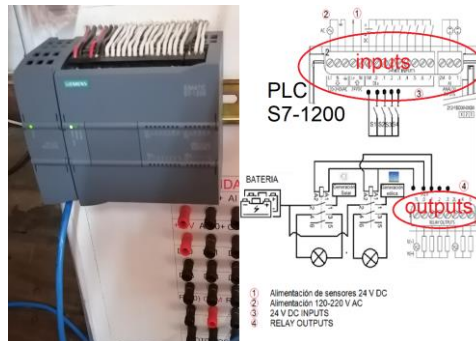


Fig. 67. Implementación del PLC y módulo de comunicación.

Fuente: Autor.

Es esencial la implementación del módulo para realizar la comunicación entre el PLC S7-1200 y el analizador de red, de esta forma se comparte los parámetros eléctricos necesarios para mostrar en el ordenador a través del sistema SCADA. Se seleccionó el controlador lógico programable S7-1200 en vista de que permite programar y controlar procesos de automatización, en este proyecto se lo emplea para la programación de la adquisición de datos con el acoplamiento del módulo de comunicación.

3.2.5. Instalación del ordenador.

El computador está situado bajo el tablero de inversores en donde se instaló el soporte para la fijación del equipo. En la Figura 68 se observa la instalación del soporte para el computador.



Fig. 68. Base soporte para la implementación del computador y PLC.

Fuente: Autor.

Previo a implementar el ordenador se debe cargar e instalar todos los programas como TIA Portal, NI OPC server y LabVIEW, programas con los cuales se lleva a cabo la adquisición de los parámetros eléctricos el monitoreo y control del sistema de generación híbrido eólico – solar. En la figura 69 se puede observar el ordenador con los programas instalados.



- (1) Software para programar el PLC S7-1200
- (2) Software para diseñar la interfaz gráfica

Fig. 69. Implementación de ordenador para el monitoreo y control del sistema de generación eólico - solar.

Fuente: Autor.

Con la instalación del computador se pueden observar los parámetros eléctricos de generación eólico – solar en el interfaz diseñado en la herramienta de LabVIEW. Se utilizó el software LabVIEW, ya que es un software existente durante más de 20 años y a sido utilizado por ingenieros y científicos, orientados al desarrollo de aplicaciones de medida y control. Además de que LabVIEW provee de características y herramientas de interfaces de usuarios configurables, la programación gráfica da una experiencia más intuitiva, puesto que el código G es el más sencillo de entender. Los datos visualizados en el ordenador son previamente medidos por el analizador de red MASTER control Var. Con la instalación de las herramientas informáticas como TIA Portal, que es el software utilizado para programar el PLC, NI OPC Server y LabVIEW en el computador es posible evidenciar los parámetros eléctricos aportados por el sistema de generación a la red de la UTN.

3.3. Pruebas de funcionamiento

Con los equipos debidamente instalados y los diferentes softwares programados se procede a efectuar pruebas de funcionamiento del sistema de adquisición, monitoreo y control en el edificio de la Carrera de Electricidad de la UTN, en donde se demuestra que el sistema implementado cumple con la orientación brindada y los objetivos planteados.

En la Figura 70 se muestra todos los equipos que intervienen en la implementación total de la plataforma SCADA adecuada al sistema de generación híbrido eólico – solar.



Fig. 70. Implementación completa del sistema SCADA.

Fuente: Autor.

Las pruebas de funcionamiento son realizadas para comprobar el perfecto estado de todos los equipos instalados y el correcto desempeño del sistema SCADA.

3.3.1. Prueba de funcionamiento de los analizadores de red

En la Figura 71 se observa la prueba de funcionamiento realizada.



Fig. 71. Prueba de funcionamiento de analizadores.

Fuente: Autor.

Una vez instalados los analizadores se procede a energizar, comprobando las diferentes magnitudes de medición que poseen. Al realizar esta prueba se comparó los valores medidos con un multímetro diferente para comprobar los resultados y justificar su precisión.

3.3.2. Prueba de funcionamiento PLC

El autómata lógico programable (PLC) ejecuta el proceso principal en la implementación de la plataforma SCADA al sistema de generación, se realiza la prueba de funcionamiento al cargar un programa simple en su memoria, permitiendo así activar las salidas y energizar una carga mínima. En la figura 72 se muestra la prueba de funcionamiento realizada al PLC.



Fig. 72. Prueba de funcionamiento del PLC.

Fuente: Autor.

La prueba efectuada consta de verificar las entradas y salidas del PLC para garantizar el enclavamiento de los contactores, responsables de cargar la batería. También comprobar si el software para la programación del mismo es el indicado.

3.3.3. Prueba de funcionamiento del ordenador y los programas

El ordenador es también un equipo importante en el desarrollo del proyecto ya que se realiza la instalación de los diferentes programas con los cuales se obtienen los parámetros y se diseña el interfaz desde donde se procede a monitorear y controlar el sistema de generación híbrido eólico – solar. En esta prueba se demuestra el correcto funcionamiento de los softwares instalados como se muestra en la Figura 73.

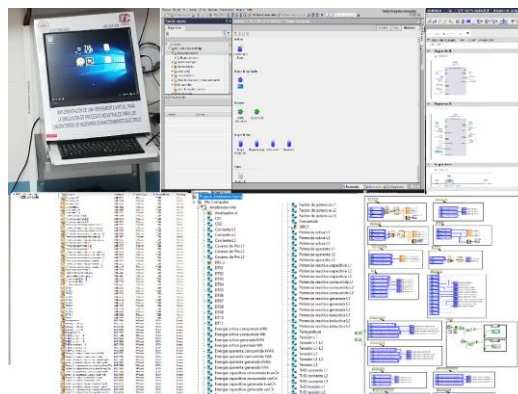


Fig. 73. Prueba de funcionamiento del ordenador y softwares.

Fuente: Autor.

3.4. Resultados

Con la plataforma SCADA implementada al sistema de generación eólico – solar se visualiza el aporte realizado desde el sistema híbrido a la red del edificio de la Carrera de Electricidad de la UTN.

3.4.1. Voltajes de generación del sistema híbrido eólico - solar.

En la Figura 74 se puede observar los voltajes fase – neutro del sistema de generación eólico – solar en donde se diseño la interfaz gráfica que me permite: (1) visualizar los niveles de tensión de las líneas L1, L2, L3 de forma numérica. (2) se muestra una gráfica la cual permite evidenciar el nivel de tensión con relación a el tiempo de lectura de datos de manera animada, permitiendo identificar la línea de acuerdo con el color establecido, de esta forma son claramente identificables los diferentes niveles de tensión que posea el sistema de generación híbrido implementado en el edificio de la Carrera de Electricidad.

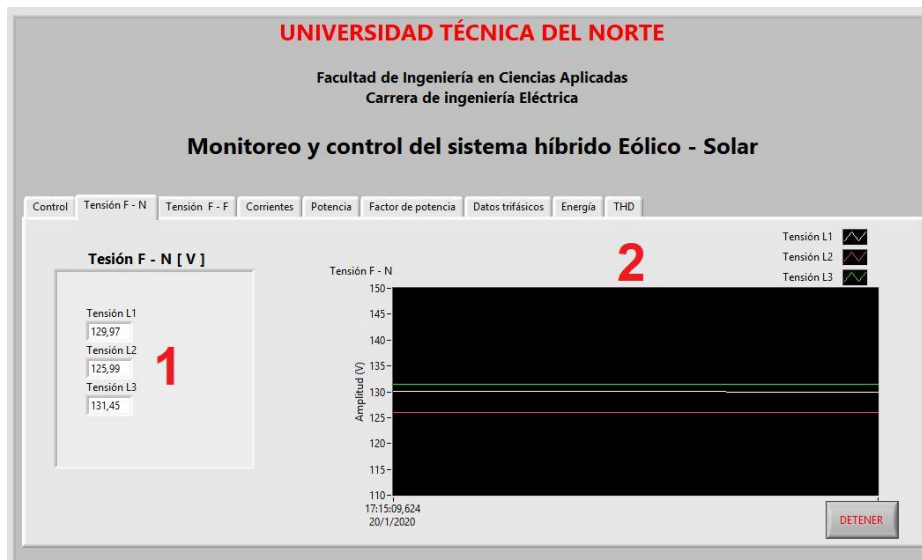


Fig. 74. Tensión fase - neutro de las L1, L2 y L3 del sistema de generación.

Fuente: Autor.

Se observa que hay un desbalance de voltajes considerable en la generación, se debe a que los inversores igualan los parámetros con los de la red.

En la Figura 75 se observa el interfaz diseñado para poder observar los niveles de voltajes entre fases.

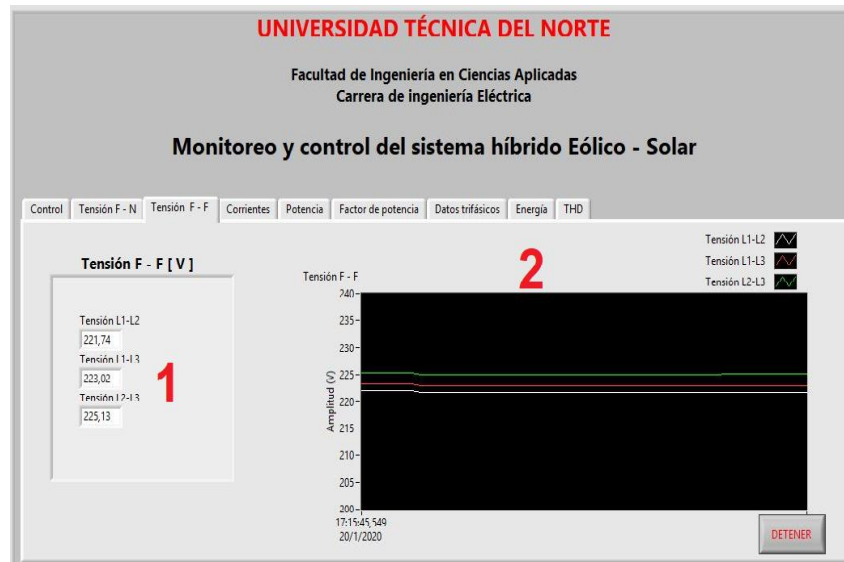


Fig. 75. Tensión fase - fase entre líneas del sistema de generación.

Fuente: Autor.

Se observa lo siguiente (1) se visualiza los datos numéricos correspondientes a los niveles de tensión referente a las líneas L1-L2, L1-L3, L2-L3. (2) se observa gráficamente el comportamiento de la tensión línea-línea a medida que transcurre el tiempo.

3.4.2. Corriente del sistema híbrido eólico solar

En la Figura 76 se puede observar las corrientes de cada línea del sistema de generación eólico - solar implementado en el edificio de la Carrera de Electricidad.

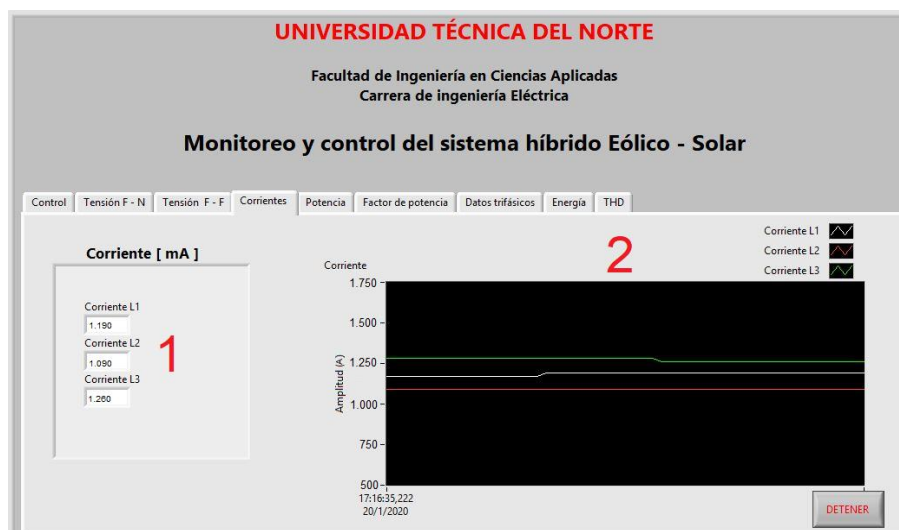


Fig. 76. Corriente en las líneas L1, L2 Y L3 del sistema de generación.

Fuente: Autor.

Mediante la interfaz realizada se observa: (1) los niveles de corriente de las líneas L1, L2, L3 expresados numéricamente en miliamperios, (2) se puede observar gráficamente el comportamiento de cada una de las corrientes de las líneas L1, L2, L3 con respecto a el tiempo transcurrido mediante la medición.

3.4.3. Potencia generada por el sistema híbrido eólico - solar.

En la Figura 77 se observa las potencias en el sistema de generación eólico - solar implementado en el edificio de la Carrera de Electricidad, se diseñó el interfaz gráfico distribuyendo y mostrando las siguientes potencias de las líneas L1, L2, L3.



Fig. 77. Potencia del sistema de generación.

Fuente: Autor.

De acuerdo con la secuencia numérica: (1) Muestra la potencia activa, (2) se observa la potencia aparente, (3) valores de potencia capacitiva, (4) muestran valores numéricos de potencia reactiva inductiva, (5) potencia reactiva, (6) potencia reactiva generada. Todas estas potencias son respecto al sistema de generación híbrido. Se puede observar que se suministra a la red potencias libre de reactivos capacitivos e inductivos.

En la Figura 78 se muestra el factor de potencia en las líneas L1, L2, L3 del sistema de generación eólico – solar implementado en el edificio de la Carrera de Electricidad.



Fig. 78. Factor de potencia del sistema de generación.

Fuente: Autor.

Como se puede apreciar el factor de potencia es igual a 1 por lo que nos da a entender que la carga a la que el sistema de generación está aportando energía es totalmente resistivo en el momento de la medición y no posee cargas inductivas o capacitivas que adelanten o retrasen a la corriente entregada y está siendo aprovechada el 100% de la potencia aportada.

3.4.4. Parámetros trifásicos del sistema de generación eólico – solar.

La Figura 79 muestra los parámetros trifásicos como voltaje trifásico, corriente trifásica, las diferentes potencias y la frecuencia del sistema de generación eólico - solar implementado en el edificio de la Carrera de Electricidad a través de la plataforma SCADA.

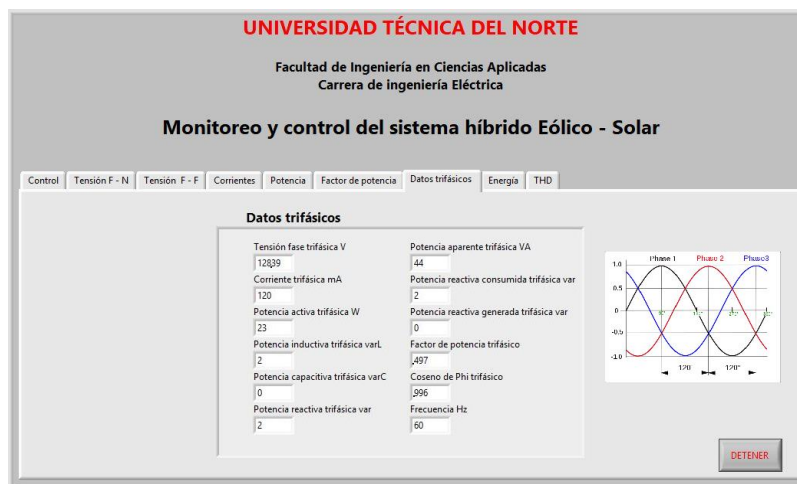


Fig. 79. Datos trifásicos del sistema de generación.

Fuente: Autor.

Un sistema trifásico de producción de energía eléctrica está formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud, que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120° eléctricos. Un sistema trifásico es equilibrado cuando sus corrientes tienen magnitudes iguales y están desfasadas simétricamente por lo tanto si alguna condición anterior no se cumple el sistema está desequilibrado o más comúnmente llamado un sistema desbalanceado.

3.4.5. Energías aportadas por el sistema eólico – solar.

La Figura 80 muestra la energía aportada por el sistema de generación eólico – solar.

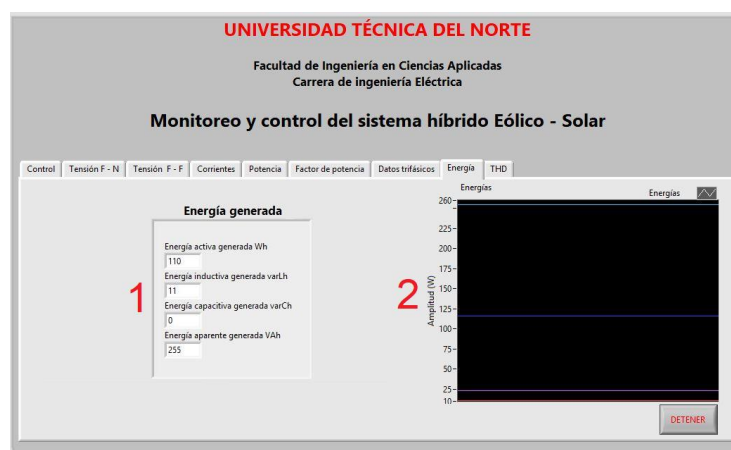


Fig. 80. Energía aportada por el sistema de generación a la red de la UTN.

Fuente: Autor.

Es posible visualizar (1) el aporte de energía en ese instante de tiempo, (2) un gráfico en donde se aprecia los niveles de energías con respecto a ese instante de tiempo en el que se efectúa la medición, los valores representan el aporte de energía en el edificio de la Carrera de Electricidad.

3.4.6. Distorsión total armónica en el sistema de generación

En la Figura 81 se observa mediante la interfaz gráfica realizada la THD en tensión y la corriente. Observando respectivamente, (1) THD de tensión y (2) la THD de corrientes en las líneas del sistema de generación eólico - solar implementado en el edificio de la Carrera de Electricidad. El armónico de corriente como se visualiza en la figura corresponde al 8.5%, que en realidad manifiesta la conexión de dispositivos electrónicos lineales o fuente (DC) en la red del edificio de la Carrera de Electricidad.



Fig. 81. THD en el sistema de generación eólico – solar.

Fuente: Autor.

Un sistema no lineal posee distorsión de su forma de onda cuando a esta se introduce un tono de frecuencia diferentes a la que presenta el sistema y se obtiene por causa de ello un tono con una amplitud y fase diferentes.

3.5. Análisis de resultados

En las figuras anteriores se pudo observar los parámetros de generación como voltajes, corrientes, potencias, energías y (THD), con los datos obtenidos se representará la contribución del sistema de generación híbrido eólico – solar al edificio de la Carrera de Electricidad de la UTN.

Los analizadores de red implementados en el tablero de inversores permiten analizar la carga del edificio de la Carrera de Electricidad en donde se obtienen los siguientes parámetros eléctricos medidos que se muestran en la TABLA 3.3.

TABLA 3.3. Parámetros eléctricos de la red del edificio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Parámetros Fases	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Consumo de Energía. (kWh)
Fase A	128	3.8	486.4	5.84
Fase B	127	8.8	1,118	13.40
Fase C	129	0.5	64.5	0.774
Total:			1,669	20.02

Fuente: Autor.

Por medio de la tabla 3.3 se procede a obtener los datos resultantes en donde la potencia promedio diaria considerada en 12 horas de consumo, apreciada durante las horas que el edificio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica está abierto.

La potencia consumida por el edificio es: $1669 \text{ (W)} = 1.67 \text{ (kW)}$.

La energía total diaria estableciendo 12 horas de consumo en el edificio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica da un promedio diario de:

Un consumo de 20 kWh.

La plataforma SCADA implementada en el edificio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica permite monitorear los parámetros eléctricos aportados por el sistema de generación a la red de la UTN, así como acceder al historial de los parámetros máximos medidos por el analizador de red master CONTROL Var permitiendo conocer la capacidad máxima de aportación de energía del sistema de generación híbrido a la red, los parámetros se pueden apreciar en la TABLA 3.4.

TABLA 3.4. Parámetros eléctricos de generación híbrido eólico - solar.

Parámetros Fases	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Consumo de Energía. (kWh)
Fase A	128	1.19	152.32	1.219
Fase B	127	1.09	138.43	1.107
Fase C	129	1.26	162.54	1.300

Fuente: Autor.

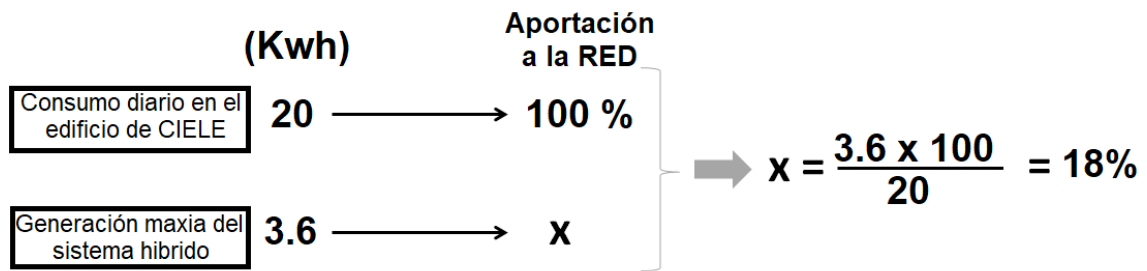
Por medio de la tabla 3.4 se procede a obtener los datos resultantes de la potencia máxima inyectada a la red por el sistema de generación híbrido eólico – solar.

La potencia máxima aportada a la red es $453.29 \text{ (W)} = 4.54 \text{ (kW)}$.

La energía total diaria aportada por el sistema de generación híbrido eólico – solar a el edificio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica tomando en cuenta las 8 horas que son en donde se aprovechara al máximo la generación, en vista de que se cuenta con las dos fuentes de energía principales como son luz solar y viento se establece que:

La aportación máxima de energía diaria del sistema híbrido es de 3.6 kWh.

Para determinar la aportación del sistema de generación híbrida a la red de la UTN se realiza lo siguiente:



Se conoce por medio de registro de datos que el consumo promedio del edificio es 20 kilovatios, si se inyecta a la red la generación máxima de 3.6 kilovatios se tiene como resultado que el aporte energético máximo de la generación híbrida eólica - solar es el 18% de la energía total en el edificio

3.6. Presupuesto

Para la implementación del sistema de generación híbrido eólico – solar, así como la implementación del sistema de adquisición, monitoreo y control se realizó una importante inversión. En la Tabla 3.1 se muestra el presupuesto invertido en el proyecto.

TABLA 3.5. PRESUPUESTO DE EQUIPOS UTILIZADOS E EL PROYECTO.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
9	Transformador de corriente MFO 30/5 ^a (CAMSCO)	\$ 10,00	\$ 90,00
1	PLC y Módulo de comunicación	\$ 900	\$ 900,00
1	Regulador de factor de potencia KVAR LIFASA	\$ 341,60	\$ 341,60
2	Morning Group 3 Phase LCD Digital Display Current Voltage Multifunction	\$ 100,00	\$ 200,00
2	Contactador LS 32 A 2HP 2.5 kW 110V/220V	\$ 22,50	\$ 45,00
4	Pulsador 22MM CAMSCO	\$ 2,50	\$ 10,00
1	Pulsador hongo retenido CAMSCO	\$ 5,00	\$ 5,00
2	LUZ PILOTO LED 22MM	\$ 2,00	\$ 4,00
1	Bases soporte para batería, ordenador y PLC.	\$ 100	\$ 100,00
1	Conjunto eléctrico (cable, interruptores, canaletas, etc.)	\$ 50,00	\$ 0,00
VALOR TOTAL (USD)			\$ 1.745,00

Fuente: Autor.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- La implementación de la plataforma SCADA al sistema de generación híbrido eólico – solar integrado a la red requiere el análisis de las diferentes tecnologías y equipos para lograr la adquisición, monitoreo y control de los parámetros eléctricos generados, como son softwares de programación, PLC's, analizadores de red, comunicación RS-485, entre otros conceptos. En este caso se describió todos los equipos y herramientas de programación que conforman el sistema SCADA.
- El diseño de la plataforma SCADA permitió seleccionar adecuadamente los equipos y softwares conforme a las necesidades, ya que se requiere medir, visualizar y controlar los parámetros eléctricos aportados por el sistema de generación híbrido eólico – solar.
- Con la implementación del sistema SCADA al sistema de generación eólico - solar se obtuvo la automatización y control del sistema, permitiendo la conexión a la red de manera manual y automática, optimizando el proceso y haciéndolo más eficiente. La implementación de los analizadores de red al tablero de inversores permite observar los parámetros de la red y el comportamiento de la carga.
- Con la implementación del proyecto en el edificio de la Carrera de Electricidad se pudo confirmar que existe un desbalance de tensión. Además, la carga en el edificio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica no se encuentra equilibrado la mayoría de la carga se encuentra conectada a la fase B, esto ocasiona sobrecalentamiento en los conductores de alimentación y en las protecciones del sistema, ocasionalmente estas se disparan debido a este inconveniente.

Recomendaciones

- Analizar y comparar los equipos y herramientas de software que intervienen en la plataforma SCADA, determinando así los equipos requeridos e indispensables para la obtención de parámetros eléctricos precisos, es importante disponer de un dispositivo garantizado cuyas mediciones se realicen en tiempos cortos y con una amplia gama de magnitudes.
- En el diseño de la plataforma debe garantizar que la operación del sistema de forma manual o remota sean óptimas, a razón de esto se debe nombrar correctamente las variables creadas en los diferentes softwares que intervienen en el diseño del sistema SCADA.
- Al momento de realizar la implementación es necesario ordenar y etiquetar cables para una rápida identificación, debido a que pueden desconectarse y sin su identificación respectiva se perdería tiempo en su reconexión.
- Se sugiere un estudio y análisis de la carga del edificio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, ya que se ha encontrado problemas en el balance de los voltajes y un desequilibrio total en la distribución de carga entre las líneas.
- Al momento de realizar la compra de los equipos se debe comprobar que estos sean los requeridos para evitar pérdida de tiempo y dinero además de conflictos con los proveedores.

Bibliografía.

- Aguirre , D. (2013). *Desarrollo de un sistema SCADA para uso en pequeñas y medianas empresas*. Piura.
- Álvarez Salazar, J., & Mejía Anrango, J. G. (2017). *TIA PORTAL APLICACIONES DEL PLC*. Medellín: FONDO EDITORIAL ITM .
- Alvernia, S. (2017). *ANÁLISIS DE UNA RED EN UN ENTORNO IPV6: UNA MIRADA DESDE LAS INTRUSIONES DE RED Y EL MODELO TCP/IP*. COLOMBIA: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA.
- ARCONEL Ley N° 001/18. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. Quito.
- Candia García, F., Galindo López, V., Carmona Rendón, J., & Gonzáles Hernández, A. (2016). *TABLERO DE PLC, PARA CAPACITACIÓN EN EL TRABAJO* (Vol. 1). México, México. Obtenido de www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/254
- Cano Padrón, M., Cárdenas Carballo, J. F., De los Santos Hernández, M. A., Aparicio Marroquín, A., & López Molina, M. G. (2018). Desarrollo de un Controlador Lógico Programable (PLC) para aplicaciones universales aplicando innovación frugal con un enfoque en PYMES y sector doméstico. *IBERO*, 5. Obtenido de hdl.handle.net/20.500.11777/4112
- Carranco, C., & Celi, C. (2010). *DESARROLLO DE UN SISTEMA HMI / SCADA, DISEÑADO CON LÓGICA DIFUSA E IMPLEMENTADO EN UN PROTOTIPO DE PRUEBA*. Quito.
- Carranco, C., & Celí, C. (2010). *DESARROLLO DE UN SISTEMA HMI / SCADA, DISEÑADO CON LÓGICA DIFUSA E IMPLEMENTADO EN UN PROTOTIPO DE PRUEBA*. Quito.

- Chancosa, O. (2017). *Diseño e implementación de un sistema SCADA para el monitoreo y control del modulo pluma grua del laboratorio de ingeniería en mantenimiento eléctrico*. Ibarra.
- CIRCUTOR S.A. (2017). ANALIZADOR DE REDES. *MANUAL DE INSTRUCCIONES*, 5.
- Cocarico, E. (2017). *AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE COCCION, EN LOS PRODUCTOS CERAMICOS ARTESANALES DE LA EMPRESA LACASA DEL ALFARERO*. La Paz: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES.
- Cruceira, E. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CON INTEGRACIÓN A LA RED ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*. Ibarra: UTN.
- González, C. (2018). *SIMULACIÓN DE UN INVERSOR TRIFÁSICO CONECTADO A RED DESDDE PANELES FOTOVOLTAICOS Y DISEÑO DE SU CONTROL*. Madrid: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
- GTI Grid Series. (2019). GTI SERIESINVERTES FOR GRID USER MANUAL. *INTRUMENTS ELECTRICS*, 1.
- Hernández, M., & Ledesma, D. (2010). *DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECATRÓNICA*. Riobamba.
- Hernández, M., & Ledesma, D. (2010). *DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICION DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECATRONICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA*. Riobamba.
- Jalanoca, N., & Benavides, S. (2017). *IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA SCADA PARA RIEGO DEL AREA VERDE DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA*. Puno - Perú.
- Jiménes Ramíres, V. H. (2015). *DESARROLLO DEL PROGRAMA EN UN PLC, PARA UN BANCO NEUMÁTICO*. -: Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial.

- Klenner, I., Salazar, B., & Salazar, R. (2012). *Conexion entre PC y PLC utilizando puerto ethernet*. UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA.
- Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS. (2019). REGULADOR DE ENERGÍA REACTIVA Controller MASTER control VAR. *MANUAL DE INSTRUCCIONES*, 3-102.
- LOGICBUS. (12 de Julio de 2019). *USB-87Pn Unidad de expansión de entradas y salidas para Rack USB*. Obtenido de Logicbus Productos: USB-87Pn Unidad de expansión de entradas y salidas para Rack USB
- Lojan, E., & Iñigues, D. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA HMI/SCADA PARA UNA PLANTA DE CLASIFICACIÓN CON VISION ARIFICIAL*. Cuenca: Universidad de Azuay.
- Martínez, H. (2015). *MODULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES*. (Vol. 1). Nuevo León.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2017). Implementación de Sistema WAM Y WAMPAC para monitoreo y control. *SCADA eléctrico*, 1-3.
- National Instruments Corporation. (2019). *LabVIEW*. National Instruments.
- Odar Pacherez, D., & Palacios Briones, P. A. (2019). *Implementación de protecciones en redes secundarias para el campo de simulación en baja tensión en la universidad Cesar Vallejo*. Chiclayo: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO.
- Ortiz, V. D. (2011). *Sistemas SCADA para Micro-redes con Sistemas Hibridos de Generación para Comunidades*. SANTIAGO DE CHILE.
- Pérez, E. (2015). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial*. Costa Rica.
- Pérez, E., & López, A. (2015). *Los sistemas SCADA en la automatizacion industrial*.
- REGULACIÓN Nro. ARCONEL 001/18. (2018). REGULACIÓN Nro. ARCONEL 001/18. *AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD*, 70.
- REHE PARAMETER METER. (Viernes 26 de 07 de 2018). Monitor de fuego Rehe medidor de parámetros de medición digital multímetro RH-3LD3Y. *Meteo Control Energy & Weather Services*. Obtenido de © 1999-2019 Alibaba.com. All rights reserved.: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/fire-monitor-rehe-meter-all-parameter->

measuring-three-phase-digital-multimeter-rh-3ld3y-

60409381180.html?spm=a2700.8699010.normalList.46.1daf62aa3ApunM

- Revelo, J. (2017). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE ENTRENAMIENTO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SMART GRID*. Ibarra: UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE.
- Rios, B. (2006). *IMPLEMENTANDOSISTEMAS DE CONTROL USANDO AGENTES INTELIGENTES*. Venezuela: CONIM.
- Rodríguez, A. (2013). *Sistemas SCADA*. Mexico: Alfaomega Grupo.
- Ruiz, D. (2019). *MONTAJE Y REPARACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELÉCTRONICOS DE BIENES DE EQUIPO Y MÁQUINAS INDUSTRIALES*. Cueva de Viera: IC Editorial.
- Salazar, D., & Villacreses, A. (2015). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA SCADA PARA MONITOREO DE FLUJO Y TEMPERATURA DEL SISTEMA DE LLENADO DE MARACUYA EN LA AGRO - INDUSTRIA FRUTAS DE LA PASIÓN C*. Guayaquil.
- SIEMENS. (2015). *S7 Controlador programable S7-1200*. SIMATIC- SIEMENS.
- SIMATIC. (13 de 09 de 2019). *SIEMENS*. Obtenido de SIEMENS: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/tia_portal/pages/tia-portal.aspx
- SMC INTERNATIONAL TRAINING. (2019). *AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL. MICRO, 10.0.0.0*.
- Tecnológico, O. (04 de 07 de 2019). *Lenguas de programación - Las unidades funcionales y la administración de entradas-salidas. Sistemas Eléctricos Programables*. Obtenido de recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-len
- Zúñiga, A. (2017). *DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA VALIDACIÓN TEÓRICA DEESFUERZOS DINÁMICOS DE CORTOCIRCUITO EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y MEDIA POTENCIA*. Santiago de Cali: UNIVERSIDAD DEL VALLE.

ANEXOS








Anexo A: Características técnicas del Regulador de energía reactiva MASTER control Var.

Alimentación	Tensión: 110...480 Vca. Tolerancia: 10% Consumo: 6 VA Frecuencia: 45...65 Hz
Circuitos de medida	Medida de tensión: 525 Vca. p-p / 300 Vca. p-n Medida de intensidad: x1 o x3 transformadores.../5A o /1A
Corriente de fuga	Rango de medida: $I_{\Delta prim} = 10 \text{ mA} \dots 1 \text{ Aca.}$ Transformadores de intensidad: Serie WGC
Precisión	Tensión e intensidad: 1% Cos φ : 2 % ± 1 dígito
Medida de temperatura	Rango de medida: 0...80 °C ± 3 °C
Relé de alarma	Contacto de salida: Conmutado U max e I max de maniobra: 250 Vca. / 6 A
Relés de salida	Nº de relés: 6 o 12 según tipo U max e I max de maniobra: 250 Vca. / 6 A
Relé de ventilador	Contacto de salida: No conmutado U max e I max de maniobra: 250 Vac / 6 A
Salidas digitales	Nº de salidas: 2 Tipo: Transistor NPN U max e I max de maniobra: 24 Vcc. / 50 mA
Entradas digitales	2
Alarmas	17, totalmente configurables

Comunicaciones	Puerto: RS-485 Protocolo: Modbus / RTU
Condiciones de trabajo	Temperatura: -20 °C to +60 °C Humedad relativa: 95% sin condensación
Seguridad	Aislamiento: Categoría III Clase II EN 61010-1 Grado de protección: IP51 montado, IP30 sin montar, según EN-60529
Sistema de control	PFC (Programa que minimiza el número de maniobras)
Normas	IEC 62053-23 (2003-01), IEC 61326-1, EN 61010-1, UL 508

Fuente: (Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019).

Función de las teclas principales en la pantalla.

Tecla	Pulsación corta	Pulsación larga (3s)
	Pantalla anterior	-
	Pantalla siguiente	-
	Visualización del valor mínimo	Borrado de los valores mínimos
	Visualización del valor máximo	Borrado de los valores mínimos
	Parámetro siguiente	Entra en el menú de programación
 	Pulsación muy larga (10s) entra en pantallas Test	

En el Anexo B y C, se puede evidenciar los bornes del equipo con las respectivas conexiones.

Anexo B. Relación de bornes Controller MASTER control VAR.

Bornes del equipo de la cara superior	
1: A1 , Alimentación Auxiliar.	22: R7 , Salida Relé 7 (modelo Controller MASTER control VAR 12)
2: A2 , Alimentación Auxiliar.	23: R8 , Salida Relé 8 (modelo Controller MASTER control VAR 12)
3: V_{L1} , Entrada de tensión L1	24: R9 , Salida Relé 9 (modelo Controller MASTER control VAR 12)
4: V_{L2} , Entrada de tensión L2	25: R10 , Salida Relé 10 (modelo Controller MASTER control VAR 12)
5: V_{L3} , Entrada de tensión L3	26: R11 , Salida Relé 11 (modelo Controller MASTER control VAR 12)
6: V_{LN} , Entrada de tensión de Neutro	27: R12 , Salida Relé 12 (modelo Controller MASTER control VAR 12)
7: S1 , Entrada de corriente L1	28: A(+) , RS485
8: S2 , Entrada de corriente L1	29: B(-) , RS485
9: S1 , Entrada de corriente L2	30: S , GND para RS485
10: S2 , Entrada de corriente L2	31: 1 , Entrada digital 1
11: S1 , Entrada de corriente L3	32: 1 , Entrada digital 2
12: S2 , Entrada de corriente L3	33: C , Común de las entradas digitales
13: S1 , Entrada de corriente de fugas	34: 1 , Salida digital 1
14: S2 , Entrada de corriente de fugas	35: 2 , Salida digital 2
15: COM , Común relés	36: C , Común de las salidas digitales
16: R1 , Salida Relé 1	37: Salida Relé ventilador
17: R2 , Salida Relé 2	38: Salida Relé ventilador
18: R3 , Salida Relé 3	39: NC , Salida Relé de alarma
19: R4 , Salida Relé 4	40: C , Salida Relé de alarma
20: R5 , Salida Relé 5	41: NO , Salida Relé de alarma
21: R6 , Salida Relé 6	

Fuente: (Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019).

Anexo C. Bornes del equipo con las respectivas conexiones.

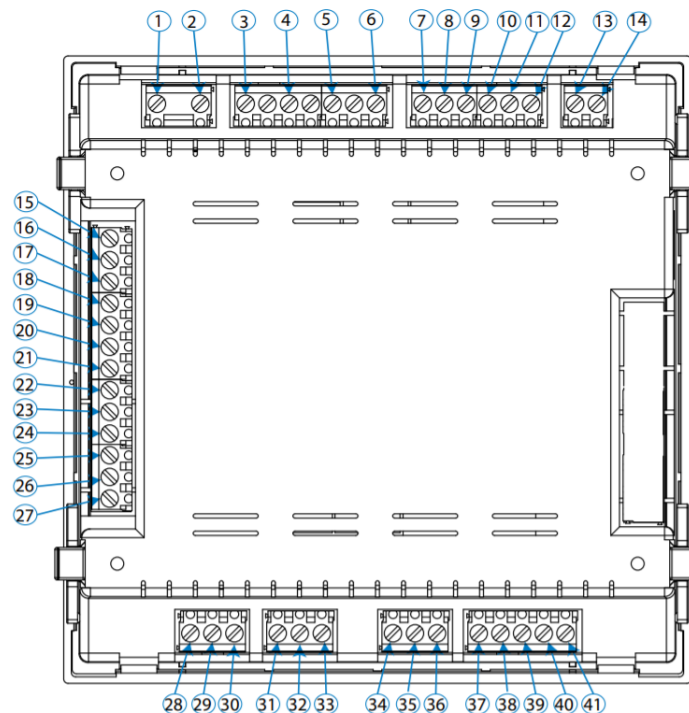


Fig. 27. Bornes Controller MASTER control VAR.

Fuente: (Lifasa REACTIVE POWER SOLUTIONS, 2019).

Anexo D: Descripción general del multímetro digital trifásico REHE.

Multímetro digital trifásico REHE	
Lugar del origen: Zhejiang, China (Mainland).	Marca: Rehe
Número de Modelo: RH-3LD3Y	Rango de medición de corriente: 0-9999
Rango de medición de voltaje: 0-9999	Rango de medición de resistencia: 0-9999
Rango de medición de capacitancia: 0-9999	Rango de medición de inductancia: 0-9999
Temperatura de funcionamiento: -10 °C ~ + °C	Dimensiones: 96*96mm
Nombre: Multímetro	Corriente nominal: AC 1A, AC 5A
Tensión nominal: AC 57.7 V, AC 100 V, AC 220 V, AC 380 V	Frecuencia: 45 ~ 65Hz
Impedancia: Voltaje: > 300k Ω ; corriente: <20m Ω ;	Consumo de energía: Voltaje: <1VA (por fase), corriente: <0.4VA (por fase)
Color: Blanco/negro	Pantalla: LCD
Humedad Relativa: \leq \$ number, en el lugar sin gas corrosivo	Certificado: CE ISO9001

Fuente: (REHE PARAMETER METER, 2018)

Anexo E: Características de rendimiento del analizador de RED trifásico REHE.

Características de rendimiento del analizador de RED digital trifásico REHE	
Medición de alta precisión de voltaje trifásico, corriente trifásica, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, factor de potencia, frecuencia de parámetros eléctricos	
Medición de energía activa o reactiva hacia adelante y hacia atrás	
Medición de voltaje trifásico, distorsión armónica total de corriente trifásica (THD), componente armónico impar 2-31	
Proporcionar la pantalla del tubo digital, consulta de datos locales	
Botón de menú intuitivo, funcionamiento sencillo	
Configuración programable de ganancia de voltaje y corriente	
De tensión programable relación	
Soporte para control de incendios, control remoto para cortar el circuito de falla	
Proporciona varios nodos de control de bucle, se puede utilizar para la alarma, control de viaje	
Soporte para comunicación RS-485, Protocolo Modbus-RTU	
Soporte para conmutación de entrada, salida, salida de transmisión de cantidad analógica	
Instalación práctica, el cableado es simple, pequeña cantidad de ingeniería	
Una amplia gama de fuentes de alimentación CA/CC: CA/CC 80-270 V	
Para ser completado por SCADA, PLC en una variedad de redes de software de comunicación	
Precisión de la medición	Nivel de voltaje 0,5, nivel de corriente 0,5, potencia activa 0,5, nivel de potencia reactiva 0,5, Frecuencia $\pm 0.02\text{Hz}$, energía eléctrica activa clase 0,5 s o clase 0,2 s, grado de energía reactiva 1 o grado 2, factor de potencia 0,5
Señal de entrada	Modo de conexión de tres hilos de cuatro fases, tres líneas de fase
Voltaje nominal de CA 57,7 V, CA 100 V, CA 220 V, CA 380 V	

Sobrecarga 1,2 veces (continuación), 2 veces/segundo (instantáneo)	
Potencia <1VA/fase	
Impedancia > 300KΩ, Actual: <20mΩ	
La frecuencia de 45-65Hz	
Fuente de alimentación auxiliar	Rango de trabajo de CA/CC 80 V/270 V
Potencia de consumo <4VA	
Módulo de función	Interfaz de comunicación 1 way RS-485 comunicación, protocolo Modbus RTU-
Velocidad de baudios: 1200 ~ 9600bps, los 2400bps por defecto	
Soporte de entrada de interruptor 4 Entrada de nodo de vástago	
La salida del interruptor admite 3 salidas del relé, capacidad: AC 250 V/5A, DC 30 V/5A	
Salida de transmisión compatible con 3 salidas analógicas: 0/4 ~ 20 mA o 0 ~ 5/10 V	
Medio ambiente	Temperatura de funcionamiento: -10 °C ~ + 55 °C
Temperatura de almacenamiento: -25 °C ~ + 70 °C	
La humedad relativa es inferior al 93%, sin gas corrosivo	
Elevación ≤ 2500 m	
Seguridad	Resistencia de aislamiento > 100MΩ
Voltaje de resistencia AC 2KV	
Compatibilidad electromagnética	ESD Nivel 4
Nivel de explosión transitorio rápido eléctrico 4	

Fuente: (REHE PARAMETER METER, 2018).

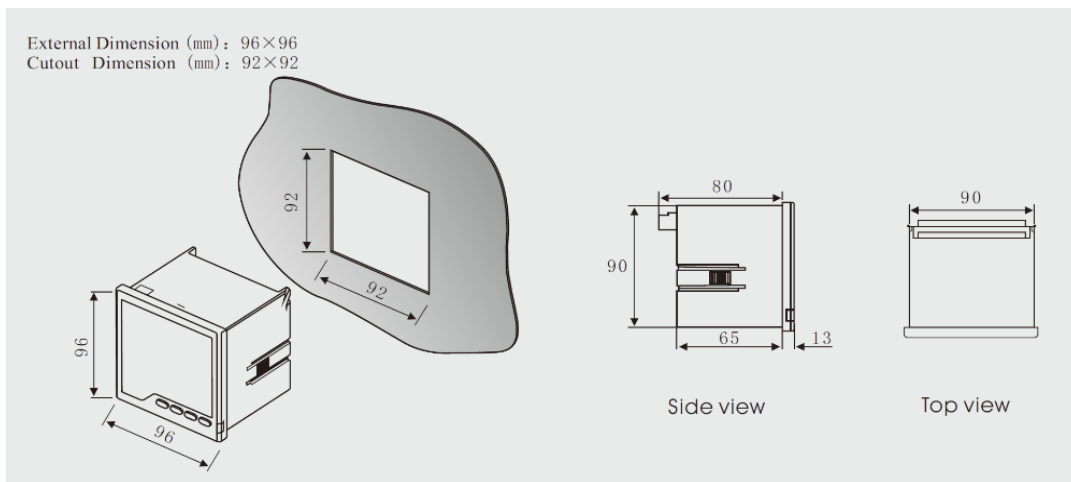
Anexo F: Se muestra Las dimensiones del analizador de RED.

Fig. 15. Dimensiones.

Fuente: (REHE PARAMETER METER, 2018).

Anexo G: Tabla de características del inversor monofásico 300W.

Grid-series models	200W	300W	400W	500W	600W	800W	1000W
Recommend use solar panels	320Wp	420Wp	520Wp	620Wp	720Wp	1050Wp	1250Wp
DC Maximum Input Power	300W	400W	500W	600W	700W	900W	1200W
DC maximum voltage	V _{pv} DC30.2VDC						
DC voltage range	V _{pv} 10.5V~28VDC						
Maximum output power factor	99%						
Maximum input current	15A	20A	25A	30A	40A	45A	65A
AC output power	200W	300W	400W	500W	600W	800W	1000W
AC maximum output power	200W	300W	400W	500W	600W	1000W	
Anti-voltage protection	Fuse						
AC standard voltage range	90~140VAC/180~260VAC						
AC frequency range	55Hz~63Hz/ 45Hz-53Hz						
Output current total harmonic distortion	THDIAC <5%						
Phase	<1%						
Islanding protection	VAC;fAC						
Output short circuit protection	Current-limiting						
Show	LED						
Installation	Wall hanging						
Cooling	Fan						
Standby Power	<1W						
Night Power	<1W						
Ambient temperature range	-25 °C~60°C						
Humidity	0~99%(Indoor Type Design)						
Waterproof	Indoor Type Design						
Electromagnetic Compatibility	EN50081.part1			EN50082.part1			
Power System Disturbance	EN61000-3-2			EN60950-1			
Network test	DIN VDE 1026						
Certificate	CE						

TABLA 4. Tabla de parámetros del inversor de 300 W.

Fuente: (GTI Grid Series, 2019).

Anexo H: Características principales del PLC Siemens S7-1200.

Función	CPU 1214C
Tamaño físico	110x100x75
Memoria de trabajo	50 KB
Memoria de carga	2MB
Memoria remanente	2 KB
E/S digitales integradas	14 entradas/10 salidas
E/S analógicas integradas	2 entradas
Memoria imagen proceso (entradas)	1024 bytes
Memoria imagen de proceso (salidas)	1024 bytes
Área de marcas (M)	8192 bytes
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet

Fuente: (SIEMENS, 2015).

Anexo I: Parámetros de configuración de la instrucción MB_COMM_LOAD_DB.

Parámetro	Tipo de parámetro	Tipo de datos	Descripción
PORT	IN	UInt	Identificador del puerto de comunicación: Tras haber instalado el módulo en la configuración de dispositivos, aparece en la lista desplegable disponible en la conexión PORT del cuadro.
BAUD	IN	UInt	Selección de la velocidad de transferencia: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 76800, 115200
PARITY	IN	UInt	Selección de paridad: 0 – Ninguna, 1 – Impar, 2 – Par
FLOW_CTRL	IN	UInt	Selección del control de flujo: <ul style="list-style-type: none"> • 0 – (ajuste predeterminado) Sin control de flujo • 1 – Control de flujo por hardware con RTS siempre ON (no es aplicable a los puertos RS485) • 2 - Control de flujo por hardware con RTS conmutado
RTS_ON_DLY	IN	UInt	Selección de retardo RTS ON: <ul style="list-style-type: none"> • 0 – (ajuste predeterminado) Sin retardo desde RTS ON hasta que se transmite el primer carácter del mensaje • 1 a 65535 – Retardo en milisegundos desde RTS ON hasta que se transmite el primer carácter del mensaje (no es aplicable a los puertos RS-485). Los retardos RTS se aplican siempre independientemente de la selección de FLOW_CTRL.
RESP_TO	IN	UInt	Timeout de respuesta:

			Tiempo en milisegundos permitido por el MB_MASTER para la respuesta del esclavo. Si el esclavo no responde en este tiempo, MB_MASTER repetirá la petición o la finalizará con un error si se ha enviado el número de reintentos indicado. 5 ms a 65535 ms (valor predeterminado = 1000ms).
MB_DB	IN	Variante	Referencia al bloque de datos instancia que utilizan las instrucciones como son: MB_MASTER o MB_SLAVE.
ERROR	OUT	Bool	Error: 0 – No existen errores, 1 – Indica que se ha detectado un error y el código de error depositado en el parámetro STATUS es válido
STATUS	OUT	Word	Código de error de configuración del puerto

Fuente: (SIEMENS, 2015).

Anexo J: Parámetros de configuración de la instrucción MB_MASTER.

Parámetro	Tipo de parámetro	Tipo de datos	Descripción
REQ	IN	Bool	Entrada que indica la petición: 0 – Ninguna petición, 1 – Petición de transmitir datos a uno o varios esclavos Modbus.
MB_ADR	IN	USInt	Dirección de estación Modbus RTU: Rango de direcciones válidas: 0 a 247. El valor 0 está reservado para enviar un mensaje Broadcast.
MODE	IN	USInt	Selección de modo: Determina el tipo de petición: lectura, escritura o diagnóstico.
DATA_ADDR	IN	UDInt	Dirección inicial en el esclavo: Determina la dirección inicial de los datos a los que debe accederse en el esclavo Modbus.
DATA_LEN	IN	UInt	Longitud de datos: Determina el número de bits o palabras a las que debe accederse en esta petición.
DATA_PTR	IN	Variante	Puntero a los datos: Apunta a la dirección del DB en la CPU de los datos que se están escribiendo o leyendo.
NDR	OUT	Bool	Nuevos datos listos: 0 – Transacción no finalizada, 1 – Indica que la instrucción MB_MASTER ha finalizado la transacción.
BBUSY	OUT	Bool	Ocupado: 0 – No hay ninguna transacción en curso, 1 – Transacción en curso.
ERROR	OUT	Bool	Error: 0 – No se hay error, 1 – Indica que se ha detectado un error y el código de error en el parámetro STATUS es válido.
STATUS	OUT	Word	Código de condición de ejecución.

Fuente: (SIEMENS, 2015).

Anexo K: Parámetros de configuración de la instrucción MB_SLAVE.

Parámetro	Tipo de parámetro	Tipo de datos	Descripción
MB_ADDR	IN	USINT	Dirección Modbus RTU (1 a 247): Dirección de estación del esclavo Modbus.
MB_HOLD_REG	IN	VARIANT	Puntero al DB del registro de retención Modbus. El DB del registro de retención debe ser un DB global clásico.
NDR	OUT	BOOL	Nuevos datos listos: 0 – No hay datos nuevos, 1 – Indica que el maestro Modbus ha escrito datos nuevos
DR	OUT	BOOL	Lectura de datos: 0 – No se han leído datos, 1 – Indica que el maestro Modbus ha leído datos
ERROR	OUT	BOOL	Error: 0 – No se ha detectado ningún error, 1 – Indica que se ha detectado un error y el código de error depositado en el parámetro STATUS es válido.
STATUS	OUT	WORD	Código de error

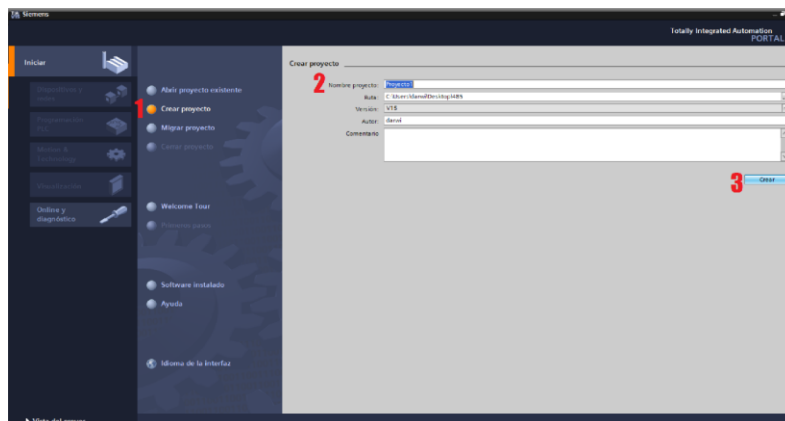
Fuente: (SIEMENS, 2015)

Anexo L. Creación de un proyecto en el software TIA Portal.

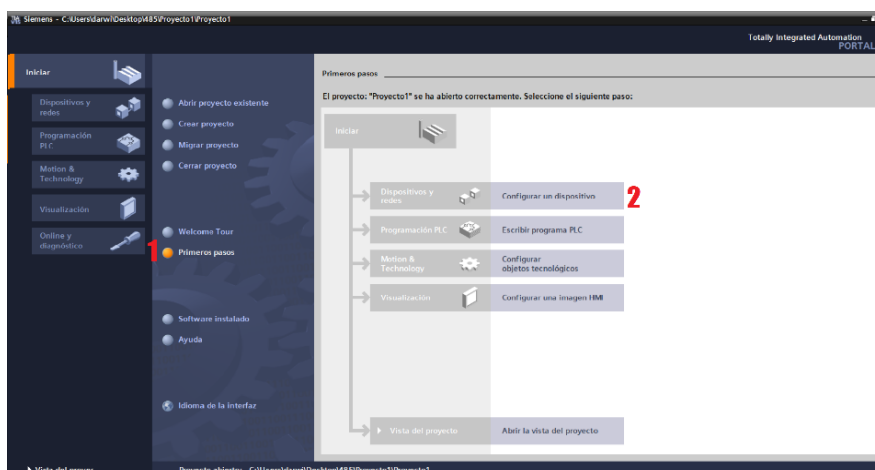
(SIEMENS, 2015) STEP 7 es la herramienta de ingeniería para la configuración de todos los controladores SIMATIC, el software permite:

- Puesta en marcha rápida con la localización de errores eficientemente a través del diagnóstico del sistema y seguimiento en tiempo real del proceso.
- Mínimo tiempo de parada, gracias al mantenimiento a distancia sencillo y al diagnóstico con el servidor web.
- Seguridad de las inversiones, con la reutilización de dispositivos, las librerías y la compatibilidad.

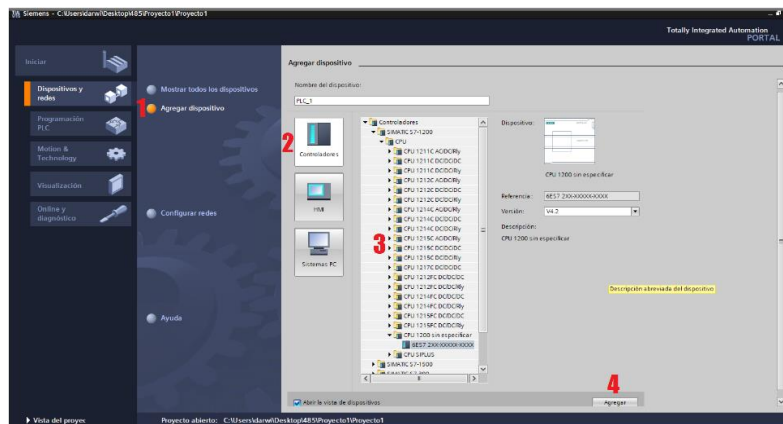
Para crear un proyecto en el software TIA Portal se debe primero asegurar de que el software este instalado en la PC, darle doble clic en el acceso directo que lo encontraremos en el escritorio. En la Figura se muestra la pantalla principal del proyecto donde se debe seguir los siguientes pasos: 1 clic en crear proyecto, 2 establecer el nombre del proyecto y 3 dar clic en crear proyecto.



Al darle clic en crear, el software permitirá cambiar de ventana, en la Figura se muestra: 1 'primeros pasos' donde se debe configurar dispositivos y redes dando clic en 2 'configurar dispositivos'.



Una vez que se da clic en configuración de dispositivo la ventana cambiará, en la Figura se puede apreciar una nueva ventana en la cual se deberá: 1 dar clic en ‘agregar dispositivo’, 2 elegir la opción de ‘controladores’, 3 se debe seleccionar el tipo de controlador de la serie SIMATIC a utilizar, al conocer el dispositivo se selecciona directamente o también se puede hacerlo de manera automática dando clic en ‘sin establecer’ y 4 clic en ‘agregar’.



De esta forma quedara agregado el dispositivo y listo para programar, acudir a bloques de programa se selecciona Main [OB1] y se procede a programar en el lenguaje de programación Ladder o también denominado de contactos o escalera los cuales se asemejan a los esquemas eléctricos de control clásicos.

En el Anexo M, Se observa las características según el modelo del transformador para medicion de corriente perteneciente a la serie MFO.

Anexo M: MFO Multi-Mount Current Transformer.

MFO SERIES

- VOLT : 600V AC
- FREQUENCY : 50/60 HZ



MFO-20 WITH BUSBAR

MODEL NO.	RATIO	CONDUCTOR THROUGH	BURDEN VA	CLASS	DIMENSIONS	UNIT:mm.
MFO-20A	10/5A	4T	1.5 VA	1.0		
MFO-20A	20/5A	2T	1.5 VA	1.0		
MFO-20A	30/5A	2T	2.5 VA	1.0		
MFO-20A	40/5A	1T	1.5 VA	1.0		
MFO-20A	50/5A	1T	2.5 VA	1.0		
MFO-30	60/5A	1T	2.5 VA	1.0		
MFO-30	75/5A	1T	2.5 VA	1.0		
MFO-30	80/5A	1T	2.5 VA	1.0		
MFO-30	100/5A	1T	2.5 VA	1.0		
MFO-30	120/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-30	150/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-30	200/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-30	250/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-30	300/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-40	150/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-40	200/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-40	250/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-40	300/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-40	400/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-40	500/5A	1T	10 VA	1.0		
MFO-40	600/5A	1T	10 VA	1.0		
MFO-60	400/5A	1T	5 VA	1.0		
MFO-60	500/5A	1T	10 VA	1.0		
MFO-60	600/5A	1T	10 VA	1.0		
MFO-60	800/5A	1T	10 VA	1.0		
MFO-60	1000/5A	1T	15 VA	1.0		
MFO-100	800/5A	1T	10 VA	1.0		
MFO-100	1000/5A	1T	15 VA	1.0		
MFO-100	1200/5A	1T	15 VA	1.0		
MFO-100	1500/5A	1T	15 VA	1.0		
MFO-100	1600/5A	1T	15 VA	1.0		
MFO-100	2000/5A	1T	15 VA	1.0		
MFO-100	2500/5A	1T	15 VA	1.0		
MFO-100	3000/5A	1T	15 VA	1.0		
MFO-20	30/5A	WITH BUSBAR	5 VA	0.5		
MFO-20	40/5A	WITH BUSBAR	5 VA	0.5		
MFO-20	50/5A	WITH BUSBAR	5 VA	0.5		
MFO-20	60/5A	WITH BUSBAR	5 VA	0.5		
MFO-20	75/5A	WITH BUSBAR	5 VA	0.5		
MFO-20	80/5A	WITH BUSBAR	5 VA	0.5		
MFO-20	100/5A	WITH BUSBAR	5 VA	0.5		
MFO-20	150/5A	WITH BUSBAR	5 VA	0.5		
MFO-20	200/5A	WITH BUSBAR	5 VA	0.5		
MFO-20	250/5A	WITH BUSBAR	5 VA	0.5		

★ WITH BUSBAR

Anexo N: SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, AC/DC/Relé.

Basic Controller SIMATIC S7-1200

Módulos centrales

CPUs estándar

CPU 1214C

Sinopsis



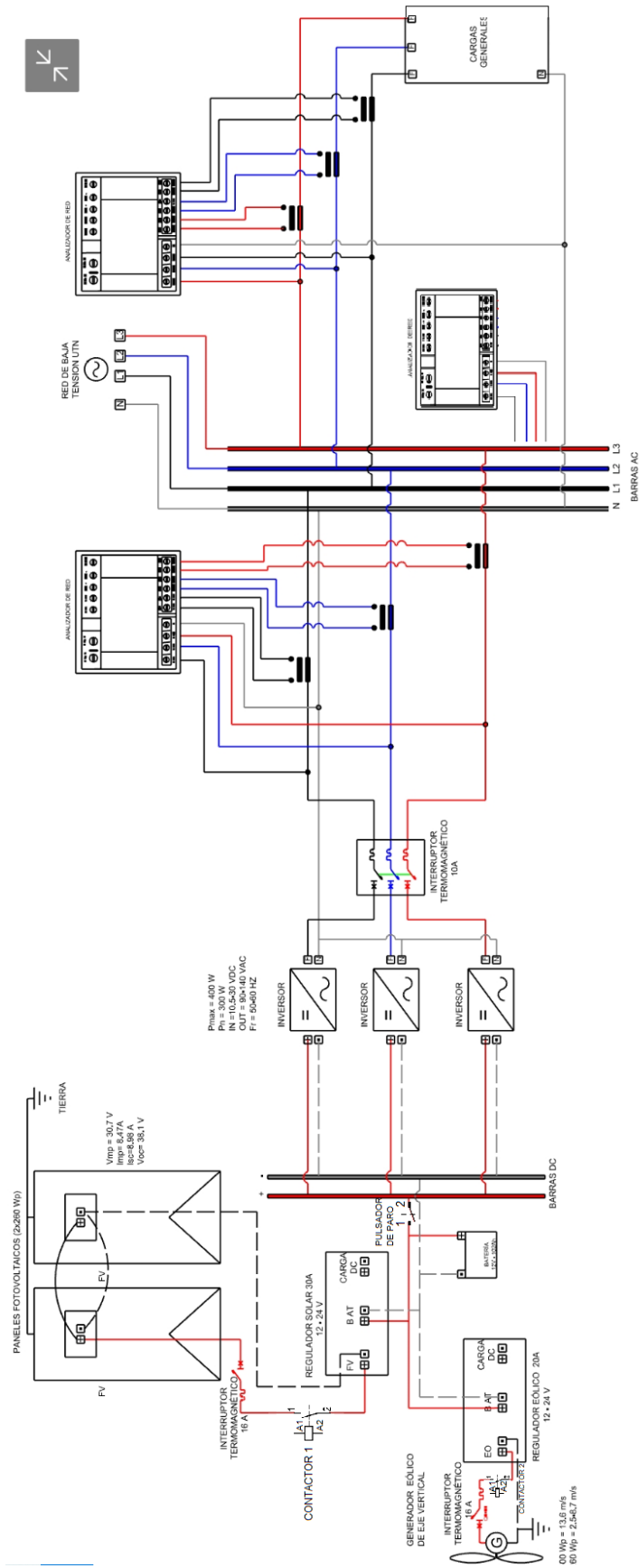
- Controlador para entrar en la gama de S7 con posibilidades de ampliación flexibles
- Ampliable con:
 - 1 Signal Board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)
 - 8 Signal Modules (SM)
 - Máx. 3 módulos de comunicaciones (CM)

Datos técnicos

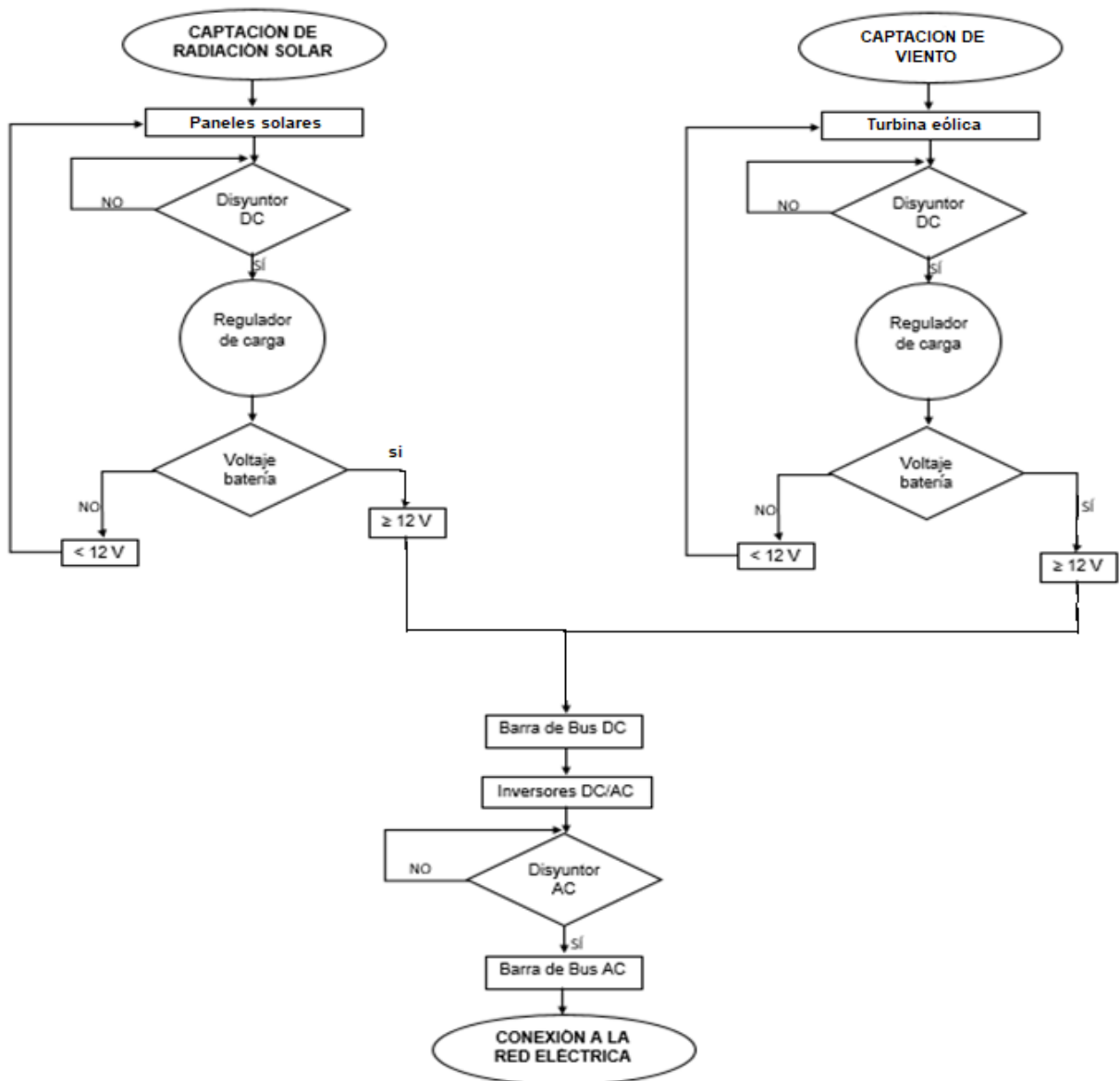
Referencia	6ES7214-1BG40-0XB0 CPU 1214C, AC/DC/RELES, 14DI/10DO/2AI	6ES7214-1AG40-0XB0 CPU 1214C, DC/DC/DC, 14DI/10DO/2AI	6ES7214-1HG40-0XB0 CPU 1214C, DC/DC/RELES, 14DI/10DO/2AI
Información general			
Designación del tipo de producto	CPU 1214C AC/DC/Relay	CPU 1214C DC/DC/DC	CPU 1214C DC/DC/Relay
Ingeniería con			
• Paquete de programación	STEP 7 V14 o superior	STEP 7 V14 o superior	STEP 7 V14 o superior
Tensión de alimentación			
Valor nominal (DC)			
• 24 V DC		Sí	Sí
Valor nominal (AC)			
• 120 V AC	Sí		
• 230 V AC	Sí		
Alimentación de sensores			
Alimentación de sensores 24 V			
• 24 V	20,4 a 28,8 V	L+ menos 4 V DC mín.	L+ menos 4 V DC mín.
Pérdidas			
Pérdidas, típ.	14 W	12 W	12 W
Memoria			
Memoria de trabajo			
• integrada	100 kbyte	100 kbyte	100 kbyte
Memoria de carga			
• integrada	4 Mbyte	4 Mbyte	4 Mbyte
Hora			
Reloj			
• Reloj de hardware (en tiempo real)	Sí	Sí	Sí

Funcionalidad			
• PROFINET IO-Controller	Sí	Sí	Sí
• PROFINET IO-Device	Sí	Sí	Sí
• Comunicación SIMATIC	Sí	Sí	Sí
• Comunicación IE abierta	Sí	Sí	Sí
• Servidores web	Sí	Sí	Sí
• Redundancia del medio	No	No	No
Funciones de comunicación			
Comunicación S7			
• Soporta	Sí	Sí	Sí
Comunicación IE abierta			
• TCP/IP	Sí	Sí	Sí
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Sí	Sí	Sí
• UDP	Sí	Sí	Sí
Servidores web			
• Soporta	Sí	Sí	Sí
Nº de conexiones			
• total	16; dinámica	16; dinámica	16; dinámica
Funciones integradas			
Nº de contadores	6	6	6
Frecuencia de conteo (contadores), máx.	100 kHz	100 kHz	100 kHz
Frecuencímetro	Sí	Sí	Sí
Posicionamiento en lazo abierto	Sí	Sí	Sí
Número de ejes de posicionamiento con regulación de posición, máx.	8	8	8
Número de ejes de posicionamiento mediante interfaz impulsos/sentido	hasta 4 con SB 1222	4; con salidas integradas	hasta 4 con SB 1222
Regulador PID	Sí	Sí	Sí
Nº de entradas de alarma	4	4	4
Nº de salidas de impulsos		4	
Frecuencia límite (impulsos)		100 kHz	
Condiciones ambientales			
Temperatura ambiente en servicio			
• mín.	-20 °C	-20 °C	-20 °C
• máx.	60 °C; N.º de entradas o salidas conectadas al mismo tiempo: 7 o 5 (sin puntos contiguos) con 60 °C en horizontal o 50 °C en vertical, 14 o 10 con 55 °C en horizontal o 45 °C en vertical	60 °C; N.º de entradas o salidas conectadas al mismo tiempo: 7 o 5 (sin puntos contiguos) con 60 °C en horizontal o 50 °C en vertical, 14 o 10 con 55 °C en horizontal o 45 °C en vertical	60 °C; N.º de entradas o salidas conectadas al mismo tiempo: 7 o 5 (sin puntos contiguos) con 60 °C en horizontal o 50 °C en vertical, 14 o 10 con 55 °C en horizontal o 45 °C en vertical
Concentraciones de sustancias contaminantes			
- SO2 con HR < 60% sin condensación	SO2: < 0,5 ppm; H2S: < 0,1 ppm; HR < 60% sin condensación	SO2: < 0,5 ppm; H2S: < 0,1 ppm; HR < 60% sin condensación	SO2: < 0,5 ppm; H2S: < 0,1 ppm; HR < 60% sin condensación

Anexo O. Diagrama unifilar de generación eólica - solar

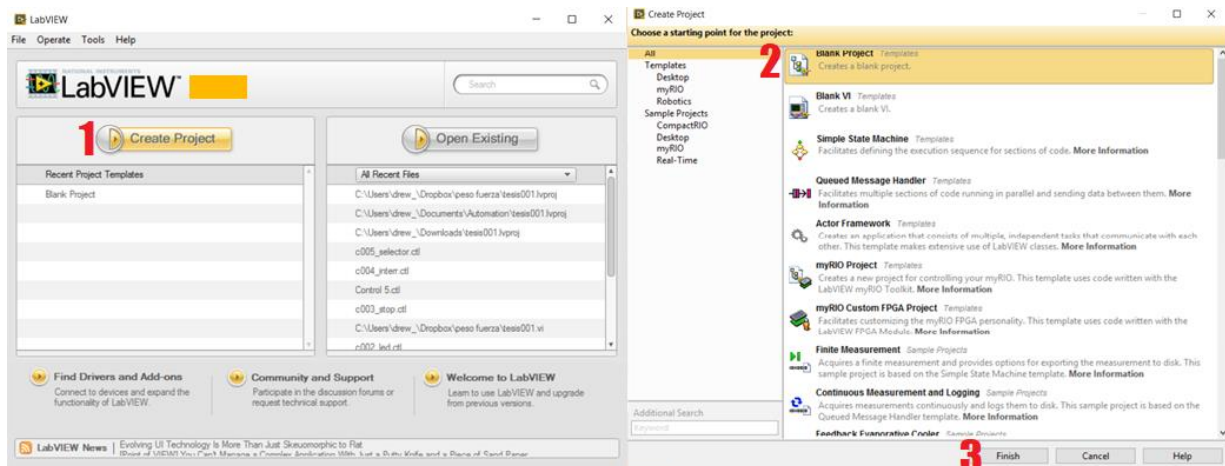


Anexo P. Diagrama de flujo del sistema de generación eólico – solar con conexión a la red.

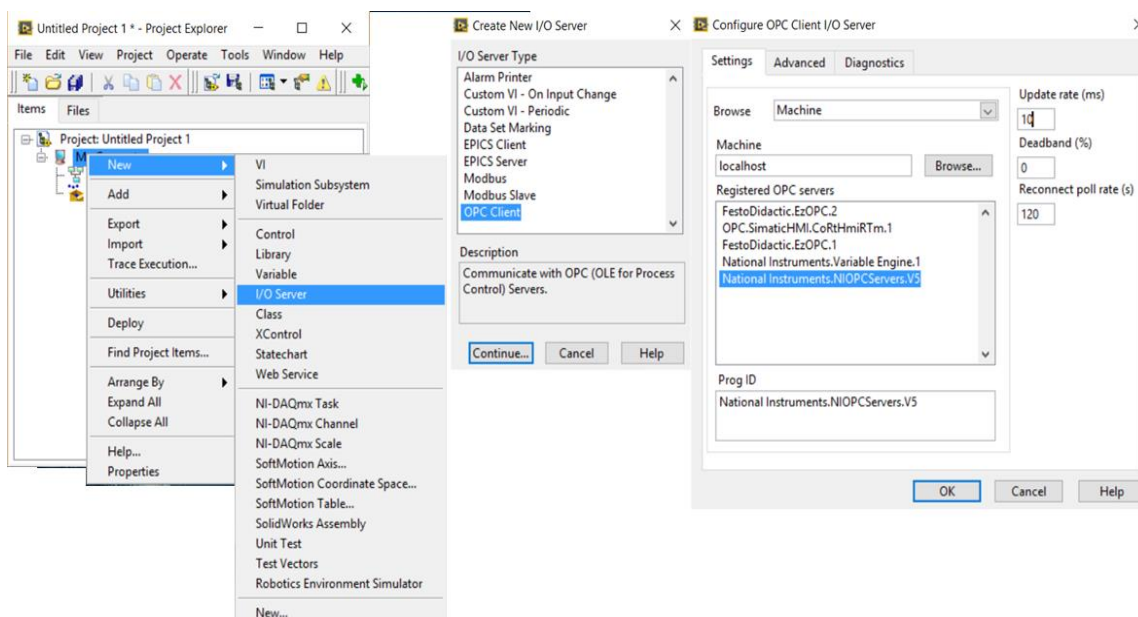


Anexo Q. Pasos para crear un proyecto en LabVIEW.

Se inicia el software LabVIEW en donde se debe realizar la siguiente secuencia numérica para la creación de un proyecto nuevo, como se muestra en la Figura, se debe iniciar con: 1 clic en crear proyecto y aparecerá una ventana nueva, 2 dar clic en crear proyecto en blanco y 3 dar clic en finalizar. De esta forma ya se cuenta con una ventana lista para agregar bloques y trabajar según los requerimientos del usuario.

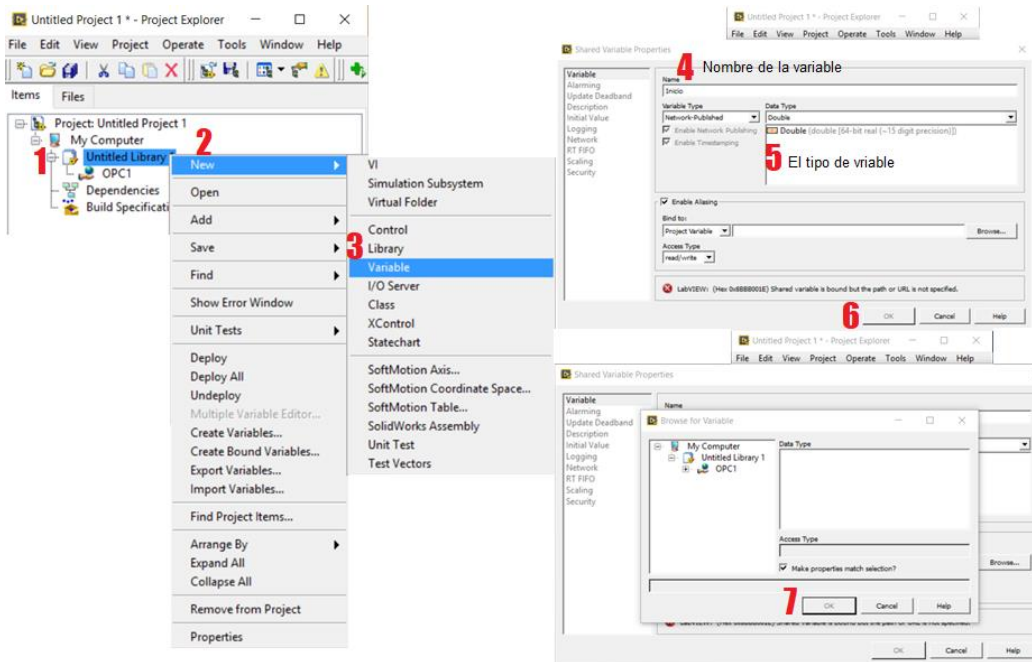


Una vez ya inicializado el proyecto en blanco se crea el servidor de entrada y salida (I/O Server) como se muestra en la Figura. En donde se establece un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales así permitirá arrastrar o crear variables para el control y visualización de la interfaz.



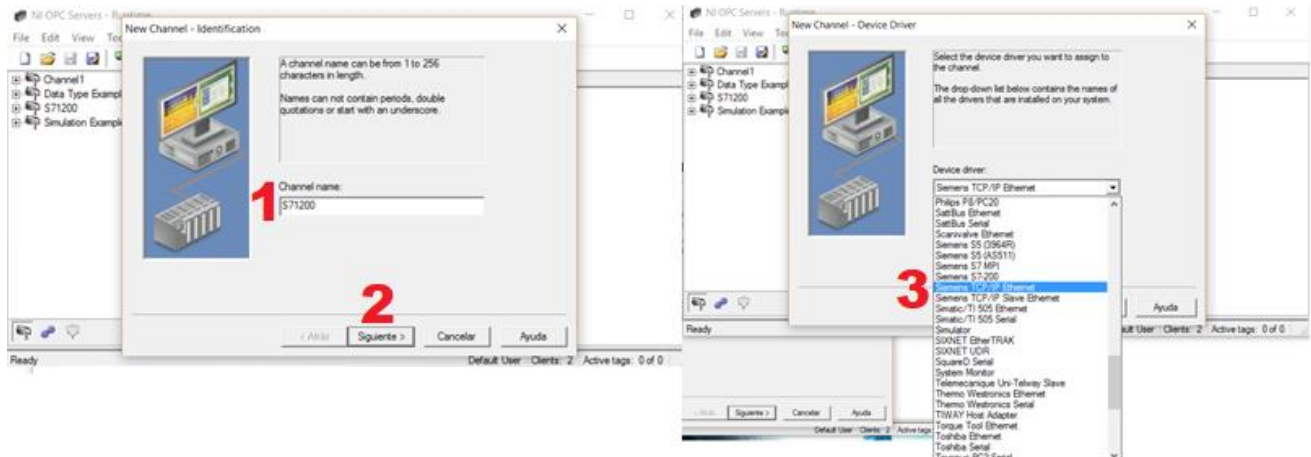
Una vez creado el estándar de comunicación lo siguiente a realizar es crear cada una de las variables utilizadas en el PLC en donde se deben escribir de manera similar a como estén

en el autómata lógico programable teniendo así una comunicación exitosa. En la Figura se enumera los pasos a seguir para la creación de las mismas.

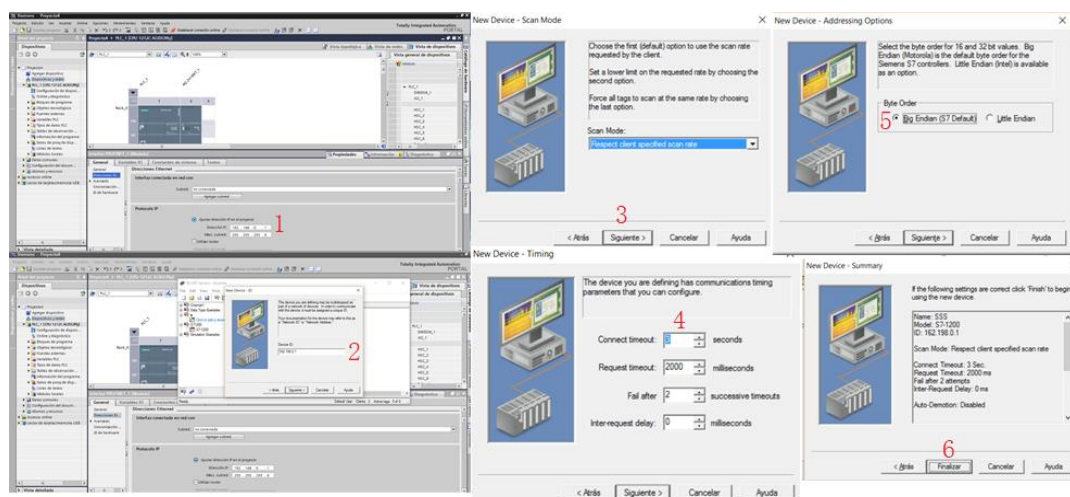


Anexo R. Descripción para la configuración del OPC Server.

Se debe abrir el OPC server y generar un nuevo canal Figura 52, determinando el 1 nombre para el proyecto, luego se debe dar clic en 2 siguiente y se debe buscar el tipo de comunicación 3 siemens TCP IP Ethernet que sirve para establecer comunicación con el PLC.



Luego de crear el canal se debe: 1 buscar el IP del PLC para eso se debe ejecutar el Tía portal, 2 se escoge el PLC a usar en este caso sería el S7-1200 y se copia la dirección IP del PLC, 3 clic en siguiente, 4 configurar la velocidad de transmisión de datos y dar clic en siguiente, 5 marcar los campos que determine la conexión con el PLC, 6 clic en finalizar. En la figura 53 se observa la configuración de la dirección IP.



En la Figura 54 se muestra como crear las variables para la comunicación OPC server en donde al abrir los bloques de programación MAIN se podrán visualizar las variables creadas que se ejecutan en el PLC, las mismas que debemos crear en el OPC Server y se direcciona a la memoria del PLC en donde se guardaran y de esta forma queda establecida la comunicación NI OPC Server permitiendo el trabajo conjunto del TIA Portal y LabVIEW.

Programación PLC

Árbol del proyecto

Dispositivos

- Bloques de programa
 - Agregar nuevo bloque
 - Main [OB1]
 - DATOS ANALIZADOR [FC2]
 - modbusRS485 [FC1]
 - Bloque configuración [OB10]
 - Bloque de carga [OB11]
 - Datos lectura [OB3]
 - Parámetros [DB12]
- Bloques de sistema
- Objetos tecnológicos
- Fuentes externas

Vista detallada

Nombre	Offset	Tipo de datos	Accesi...
FASE L1		Array[0..50]	True
FASE L2		Array[0..50]	True
FASE L3		Array[0..50]	True
DATOS TRIFASICOS		Array[0..50]	True
ENERGIAS		Array[0..50]	True

Tag Properties

General | Scaling

Identification

Name: FASE L1

Address: RWZ2

Description:

Data properties

Data type: Word

Client access: Read/Write

Scan rate: 100 milliseconds

Note: The scan rate is only used for client applications that do not specify a rate when referencing the tag (e.g., non-OPC clients).

Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda

Tag Properties

General | Scaling

Identification

Name: ITOP

Address: I0.7

Description:

Data properties

Data type: Boolean

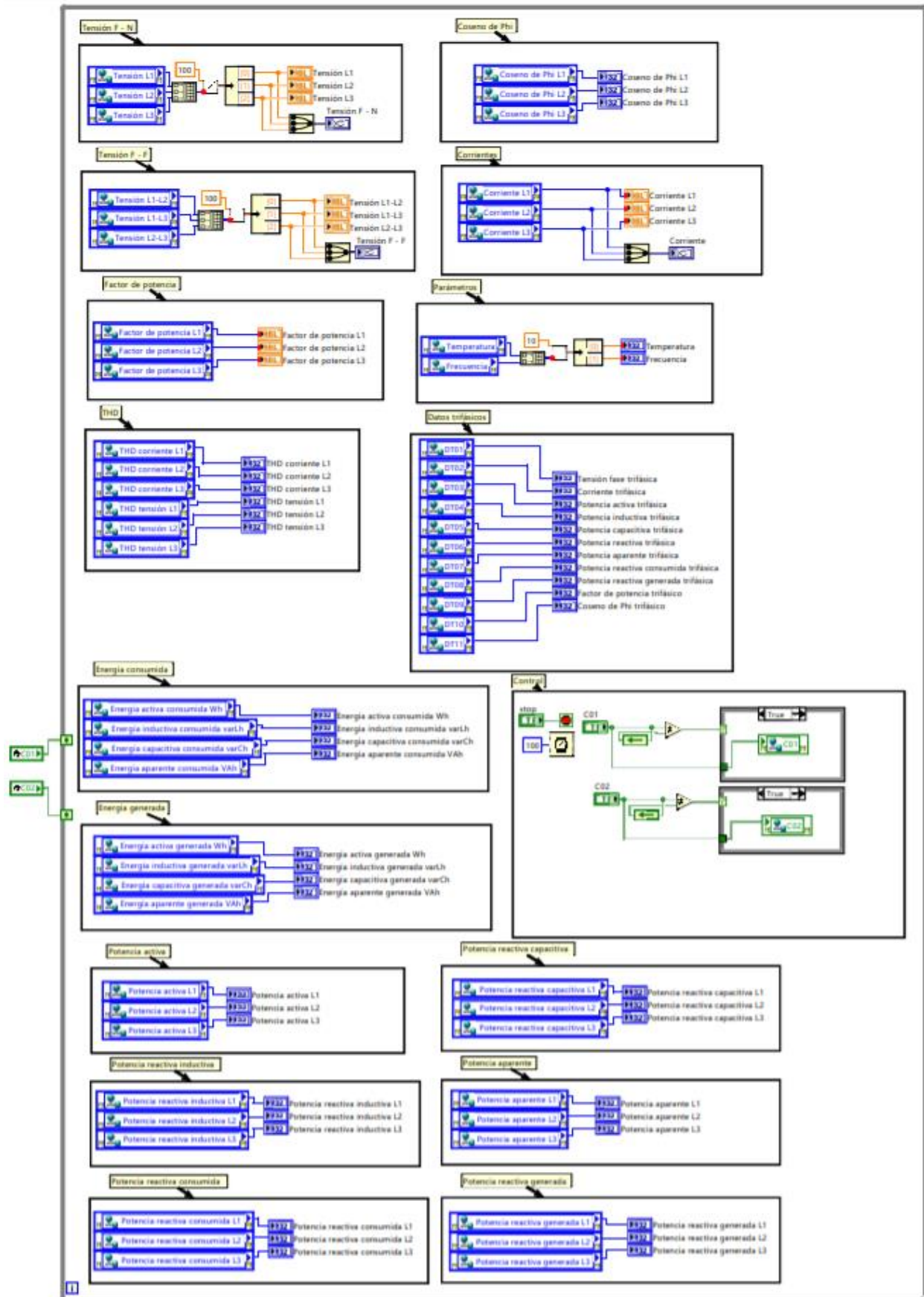
Client access: Read/Write

Scan rate: 100 milliseconds

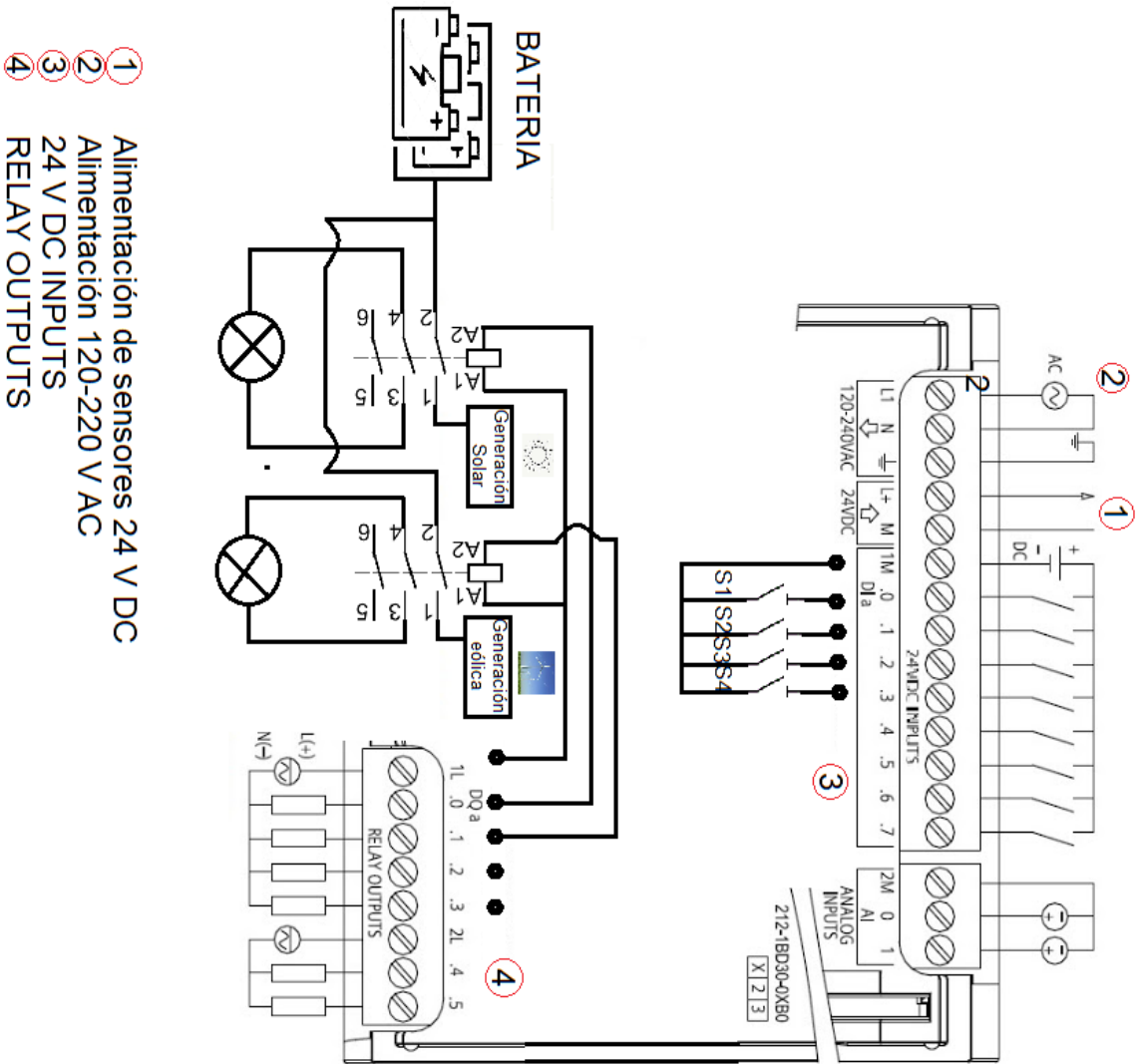
Note: The scan rate is only used for client applications that do not specify a rate when referencing the tag (e.g., non-OPC clients).

Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda

Anexo S. Programación en LabVIEW.



Anexo T. Diagrama unifilar y conexionado del sistema de control.



REPRESENTACIÓN EN EL UNIFILAR	DESCRIPCIÓN
	contactor
	pulsador
	luz piloto
	bateria

Anexo U. Parámetros de red medidos en la carga y red del edificio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica por los analizadores de red REHE.

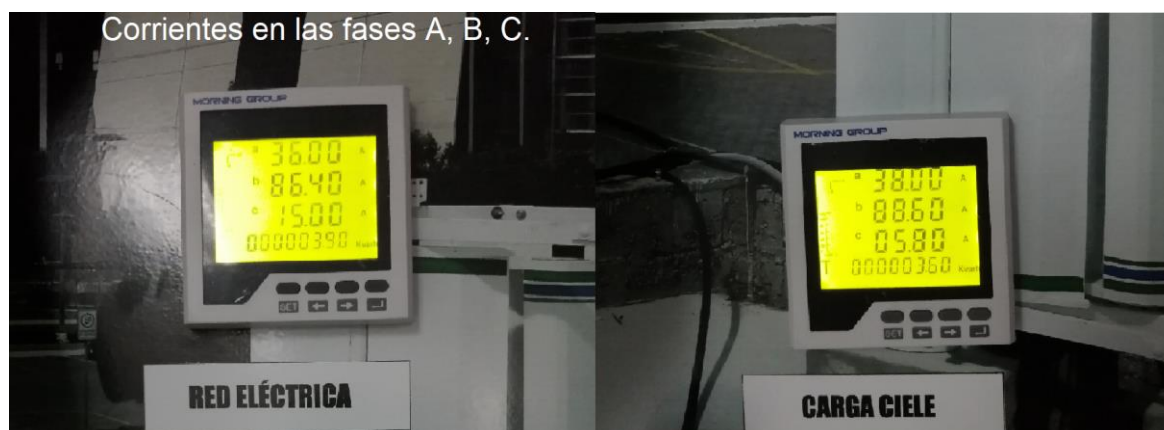
Voltajes línea – línea en la red UTN y la carga del edificio de la Carrera de Electricidad.



Sumatoria de potencias activas, reactivas y aparentes en la red UTN y la carga del edificio de la Carrera de Electricidad.



Corriente en mA de las fases A, B, C en la red UTN y la carga del edificio de la Carrera de Electricidad.

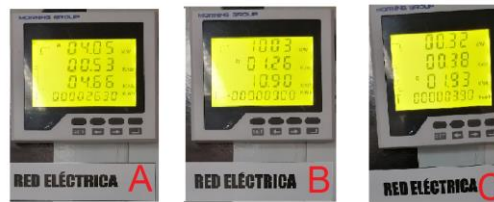


Factor de potencia y la frecuencia en la red UTN y la carga del edificio de la Carrera de Electricidad.



Potencia activa, reactiva, y aparente en las líneas A, B, C, de la red UTN y de la carga del edificio de la Carrera de Electricidad.

Potencia activa, reactiva y aparente en las líneas A, B, C.



Potencia activa, reactiva y aparente en las líneas A, B, C.



Practicas

Se procede a crear practicas con la finalidad de relacionar a los estudiantes con los equipos implementados en este proyecto y el funcionamiento de este.

Practica N°1

1.1. Tema: Los sistemas SCADA y la utilización para cubrir las necesidades de un control centralizado, sobre procesos industriales.

1.2. Objetivo general.

- Relacionar a los estudiantes con los sistemas SCADA como funcionan y que son.

1.3. Objetivos específicos.

- Conocer cuales son las funciones principales de sistema SCADA
- Permitir a los estudiantes asociarse con los sistemas SCADA.
- Identificar los componentes que pudiera tener una plataforma SCADA.

1.4. Introducción.

Su nombre procede de las siglas Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Están basados como aplicaciones de software diseñadas con el propósito de controlar y supervisar procesos a distancia. Se rigen en la adquisición de datos de procesos remotos en los cuales proporcionan comunicación con ciertos equipos de campo llegando a controlar el proceso a través de un software especializado.

Todo es ejecutable en tiempo real, y el operador de planta mediante este sistema tiene la posibilidad de supervisar y controlar los métodos tomando acciones según lo requerido en el proceso.

1.5. Equipos y materiales.

- Fuentes Bibliográficas
- Internet

1.6. Desarrollo

1. ¿Cuales son las funciones principales de un sistema SCADA?

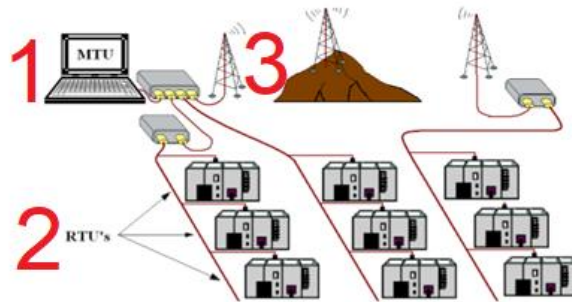
- 1) Supervisión remota.
- 2) Control remoto.
- 3) Adquisición de datos.
- 4) Representación de alarmas.

2. ¿Cuáles son los componentes de un sistema SCADA?

Hardware

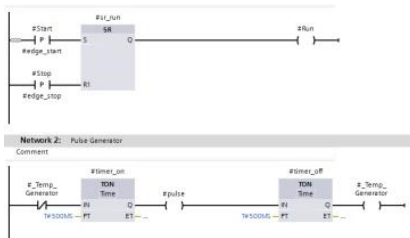
Software

3. Identifique los componentes de un sistema SCADA.



- 4) Unidad Terminal Maestra (MTU)
- 5) Unidades Terminales Remotas (RTU)
- 6) Medios físicos de comunicación.

4. Que tipo de lenguaje de programación se muestra en la siguiente figura.



A este tipo de lenguaje de programación se la conoce como

LEDER.

Practica N°2

1.1. Tema: Identificación de los equipos utilizados para el control y monitoreo del sistema de generación eólico – solar.

1.2. Objetivo general.

- Asociar a los estudiantes con los dispositivos utilizados para el monitoreo y control del sistema de generación híbrido eólico – solar.

1.3. Objetivos específicos.

- Conocer las partes de principales de un analizador de red identificando los parámetros de red medibles por los mismos.
- Identificar las partes de principales de un PLC observando sus puertos y sus funciones principales.

1.4. Introducción.

Un PLC es un “Programmable Logic Controller” (Control Lógico Programable), dicho dispositivo es utilizado para controlar por medio de una lógica definida a través de programación. Los autómatas programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuarios almacenado en su memoria.

Un analizador de red permite el monitoreo de varios parámetros eléctricos (VRMS) con el fin de controlar varios problemas a presentarse en cualquier tipo de red estos se pueden encontrar para una dos o tres líneas.

1.5. Equipos y materiales.

- Fuentes Bibliográficas
- Internet

1.6. Desarrollo

1. ¿Cuales son las funciones de un PLC y de que forma se las puede identificar?

Las funciones de un PLC se las puede identificar mediante sus unidades, entre ellas tenemos:

- 1) Adquisición de datos por medio de la unidad entradas digitales y analógicas.

- 2) Toma de decisiones mediante reglas programadas, generar ciclos de tiempo, realizar cálculos matemáticos.
- 3) Almacenar datos en la unidad de memoria.
- 4) Establecer comunicación con otros sistemas externos.

2. ¿Cuáles son los protocolos de comunicación que soportan los PLC?

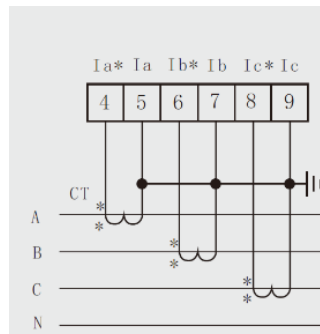
Interfaz punto a punto (PPI).

Interfaz multipunto (MPI).

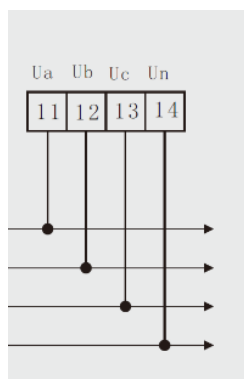
Process Field Bus (PROFIBUS).

Freeport.

3. Realice el diagrama de conexión para la medición de corriente.



4. Realice el diagrama de conexión para la medición de voltajes.



Practica N°3

1.1. Tema: Crear un proyecto en el software TIA Portal para familiarizar al estudiante con este tipo de softwares utilizados para la automatización de sistemas industriales.

1.2. Objetivo general.

- Crear un proyecto en el software Tia Portal y establecer instrucciones que podrían ayudar para la automatización de industrias.

1.3. Objetivos específicos.

- Realizar paso a paso las acciones pertinentes para la creación de un proyecto nuevo en el software Tia Portal.
- Configurar las instrucciones para activar y desactivar la bobina de un contactor.

1.4. Introducción.

Para poder establecer comunicación entre el maestro (PLC) y los esclavos (dispositivos de captación de datos), es importante definir con cierta instrucción a los elementos a través del software TIA Portal.

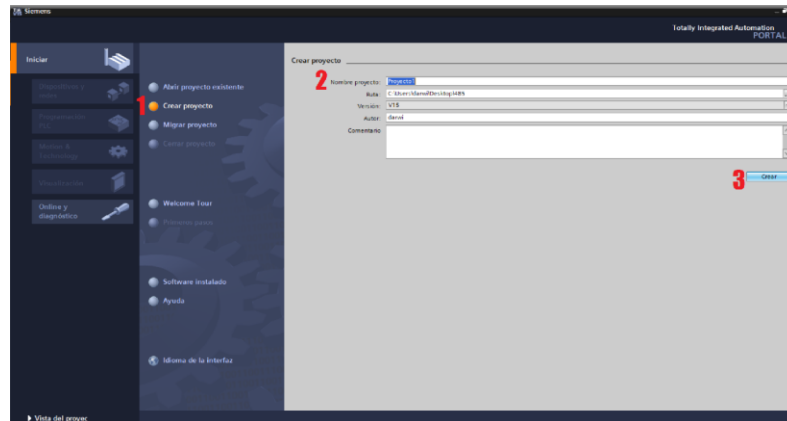
La principal utilidad es que TIA Portal ofrece distintas aplicaciones de software industrial para procesos de producción en un mismo interfaz que facilita la programación, interconexión y la operación, también la vista del portal orientada a tareas los elementos del proyecto.

1.5. Equipos y materiales.

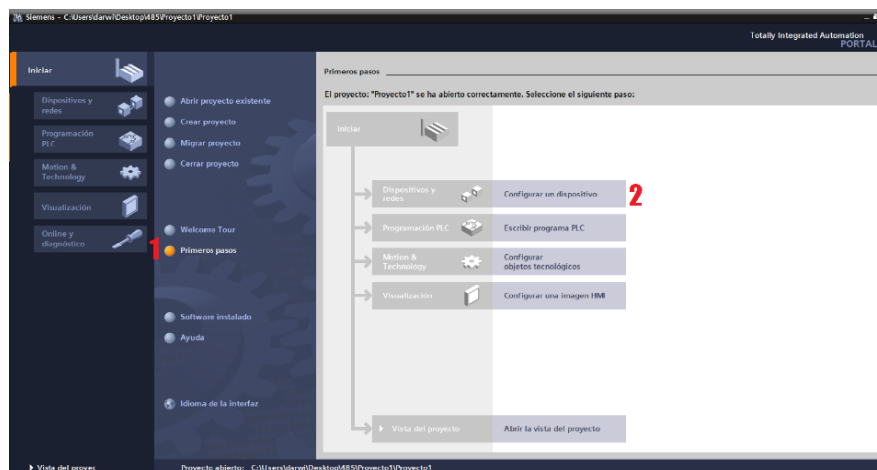
- Software TIA Portal
- Módulo de comunicación
- Destornilladores
- Conductores
- Fuentes Bibliográficas
- Internet

1.6. Desarrollo

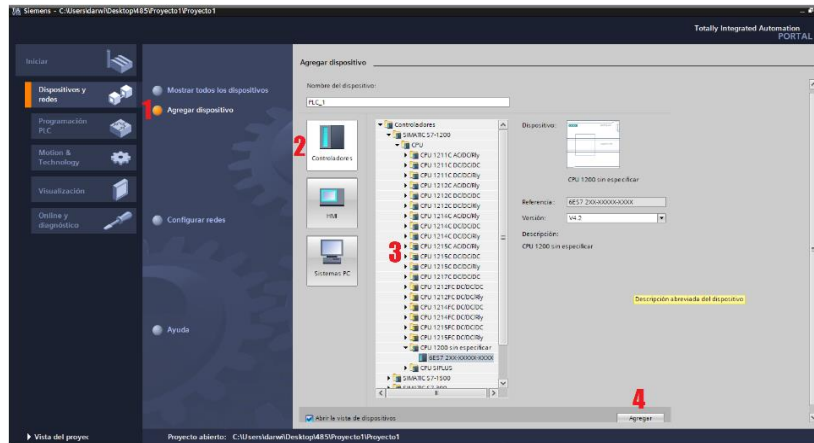
1. describa pasos que se deben seguir para crear un proyecto en el software TIA Portal.



Para crear un proyecto en el software TIA Portal se debe primero asegurar de que el software este instalado en la PC, darle doble clic en el acceso directo que lo encontraremos en el escritorio. En la Figura 30 se muestra la pantalla principal del proyecto donde se debe seguir los siguientes pasos: 1 clic en crear proyecto, 2 establecer el nombre del proyecto y 3 crear proyecto.



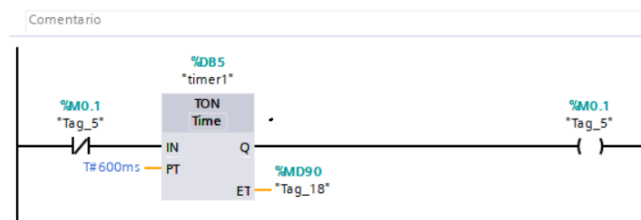
Al darle clic en crear el software permitirá cambiar de ventana, en la Figura 31 se muestra: 1 'primeros pasos' donde se debe configurar dispositivos y redes dando clic en 2 'configurar dispositivos'.



Una vez que se da clic en configuración de dispositivo la ventana cambiará, en la Figura 32 se puede apreciar una nueva ventana en la cual se deberá: 1 dar clic en 'agregar dispositivo', 2 elegir la opción de 'controladores', 3 se debe seleccionar el tipo de controlador de la serie SIMATIC a utilizar, al conocer el dispositivo se selecciona directamente o también se puede hacerlo de manera automática dando clic en 'sin establecer' y 4 clic en 'agregar'.

De esta forma quedara agregado el dispositivo y listo para programar, acudir a bloques de programa se selecciona Main [OB1] y se procede a programar en el lenguaje de programación Ladder.

2. Configurar las instrucciones para activar y desactivar la bobina de un contactor.



Practica N°4

1.1. Tema: Adquisición de datos, control y monitoreo de parámetros eléctricos.

1.2. Objetivo general.

- Establecer la comunicación entre el analizador de red y el PLC mediante las instrucciones que ofrece el software Tia Portal.

1.3. Objetivos específicos.

- Identificar las instrucciones que intervienen en la comunicación y obtención de datos.
- Configurar la instrucción MB MASTER para la comunicación y obtención de datos a través del módulo de comunicación.

1.4. Introducción.

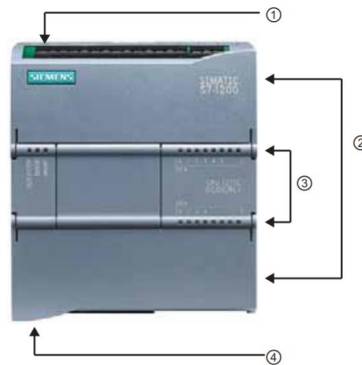
La necesidad de efectuar procesos cada vez más rápidos y precisos ha llevado al hombre a mejorar e innovar formas de controlar y automatizar procesos por medio de sensores, transductores, PLC, variadores, etc. Sin embargo, todas las innovaciones y progresos no han sido suficientes para la industria, en la actualidad se requiere controlar, monitorear y adquirir datos de las variables de un sistema como voltajes, corrientes, potencias, etc. Así poder determinar las condiciones del funcionamiento en el proceso.

1.5. Equipos y materiales.

- Software Tia Portal
- Módulo de comunicación
- Analizador de red
- Destornilladores
- Conductores
- Fuentes Bibliográficas
- Internet

1.6. Desarrollo

1. Identifique las partes físicas del PLC.



- 1) Conector de alimentación PLC.
- 2) Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas).
- 3) LED's de estado para las E/S integradas.
- 4) Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU).

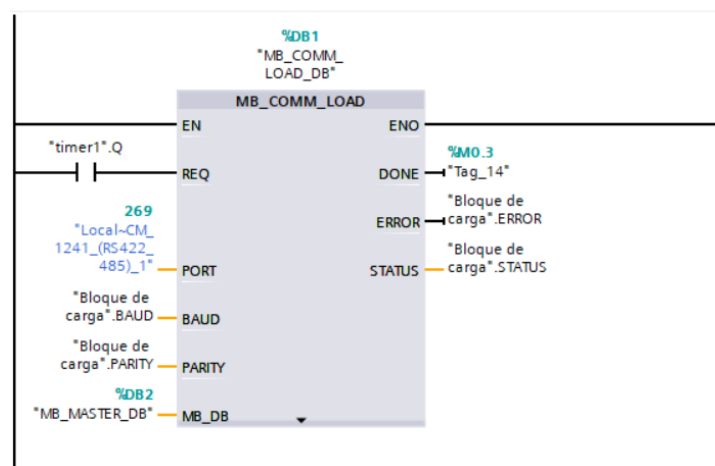
2. ¿Cuáles son los bloques principales para establecer comunicación entre el analizador de red y el PLC?

MB_COMM_LOAD.

MB_MASTER

MB_SLAVE

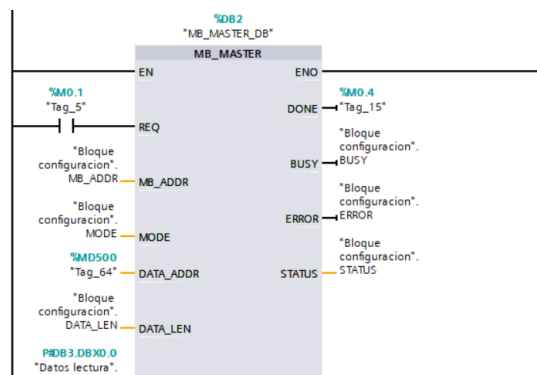
3. Configurar la instrucción COMM_LOAD para establecer una comunicación RS-485.



- PORT. _ es donde se establece el puerto de comunicación RS-485.
- BAUD. _ se establece la velocidad de transferencia de datos 19200.

- PATY. _ domina el área de memoria constante y se selecciono la paridad en este caso ninguna o 0.
- MB_DB. _ seleccionar el dispositivo del cual se lee los datos en este caso parámetros eléctricos.

4. Realice la configuración de la instrucción MB_MASTER para la comunicación RS_485.



- MB_ADDR. _ se le da la dirección de estación en este caso el nombre o el medio por el cual el analizador de red será reconocido se le puede determinar un direccionamiento estándar el cual comprende desde 0 hasta 247 en este caso la dirección que se le dio es 18.
- MODE. _ en donde se establece el tipo de solicitud echa hacia el esclavo, pudiendo ser de lectura, diagnostico o escritura en el presente proyecto se utilizará el modo lectura o 0 ya que se requiere la recopilación de parámetros eléctricos.
- DATA_ADDR. _ se lo debe configurar con la dirección desde la cual se desea iniciar a leer los datos en este proyecto se estableció la dirección 40001.
- DATA_LEN. _ se establece la cantidad de datos, bits o palabras que el maestro podrá acceder en cada solicitud.
- DATA_PTR. _ este parámetro permite direccionar los datos obtenidos en una marca de la CPU.

Practica N°5

1.1. Tema: Diseño de un interfaz para el monitoreo y control de parámetros eléctricos en el software LabVIEW.

1.2. Objetivo general.

- Familiarizar a los estudiantes con el software para el diseño de una interfaz para el control y monitoreo des sistema de generación.

1.3. Objetivos específicos.

- Conocer cuales son las funciones principales del software para el monitoreo y control de los parámetros eléctricos obtenidos.
- Permitir a los estudiantes asociarse con el software de LabVIEW para el diseño de interfaz, permitiendo monitorear y controlar sistemas.
- Identificar los pasos que se deben seguir para crear un proyecto en LabVIEW.

1.4. Introducción.

Para el diseño del monitoreo y control de los parámetros eléctricos generados, se utiliza como Interfaz Hombre Máquina (HMI) la plataforma LabVIEW el cual es un programa de software donde se podrá evidenciar los parámetros de red y realizar el control del sistema.

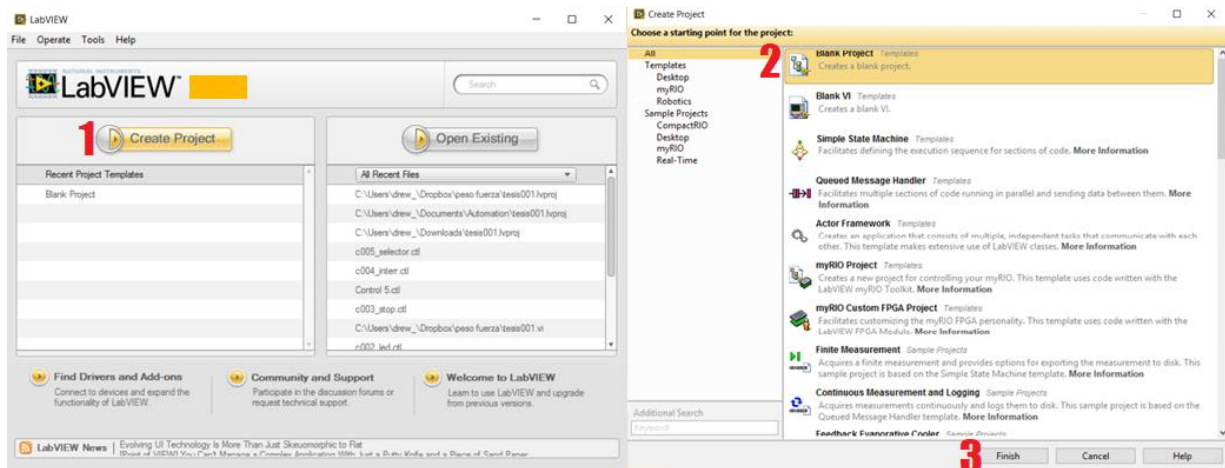
(Laboratorio Virtual instrumento de ingeniería Workbench) es una expresión de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, Instrumentación y control. Labview admite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactivo basado en software. Labview es un programa con instrumentos virtuales, o VI, que en su funcionamiento imitan instrumentos físicos, tales como osciloscopios y multímetros. Labview contiene un amplio conjunto de herramientas para la adquisición, análisis, visualización, y almacenamiento de datos.

1.5. Equipos y materiales.

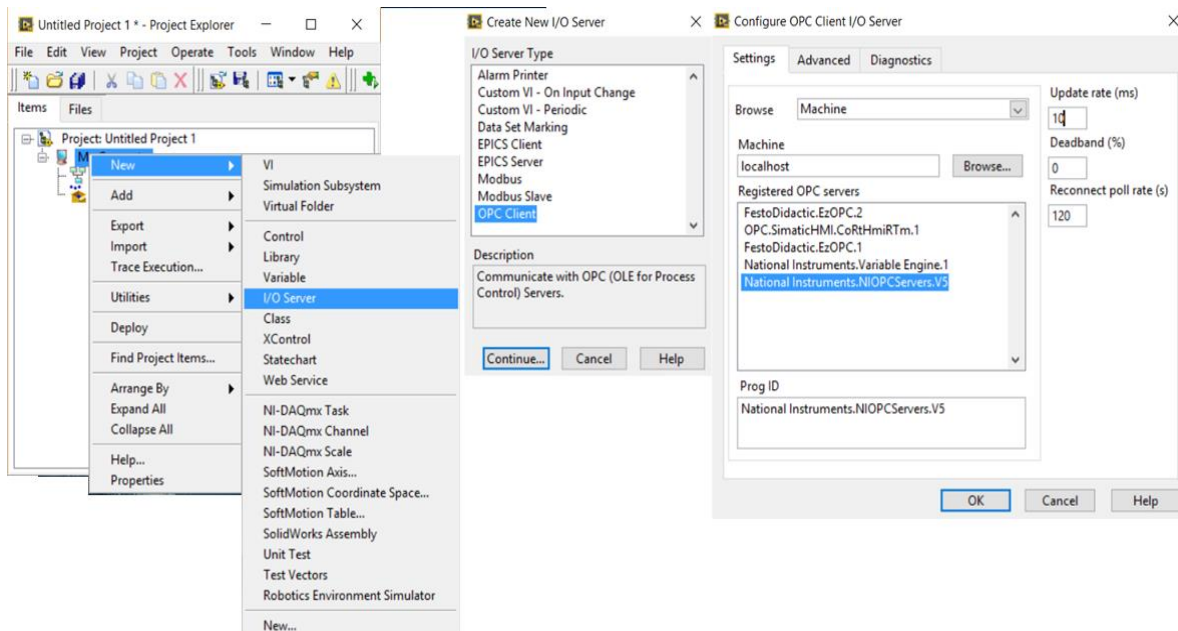
- Software LabVIEW
- Analizador de red
- Destornilladores
- Conductores
- Computador Portátil

1.6. Desarrollo

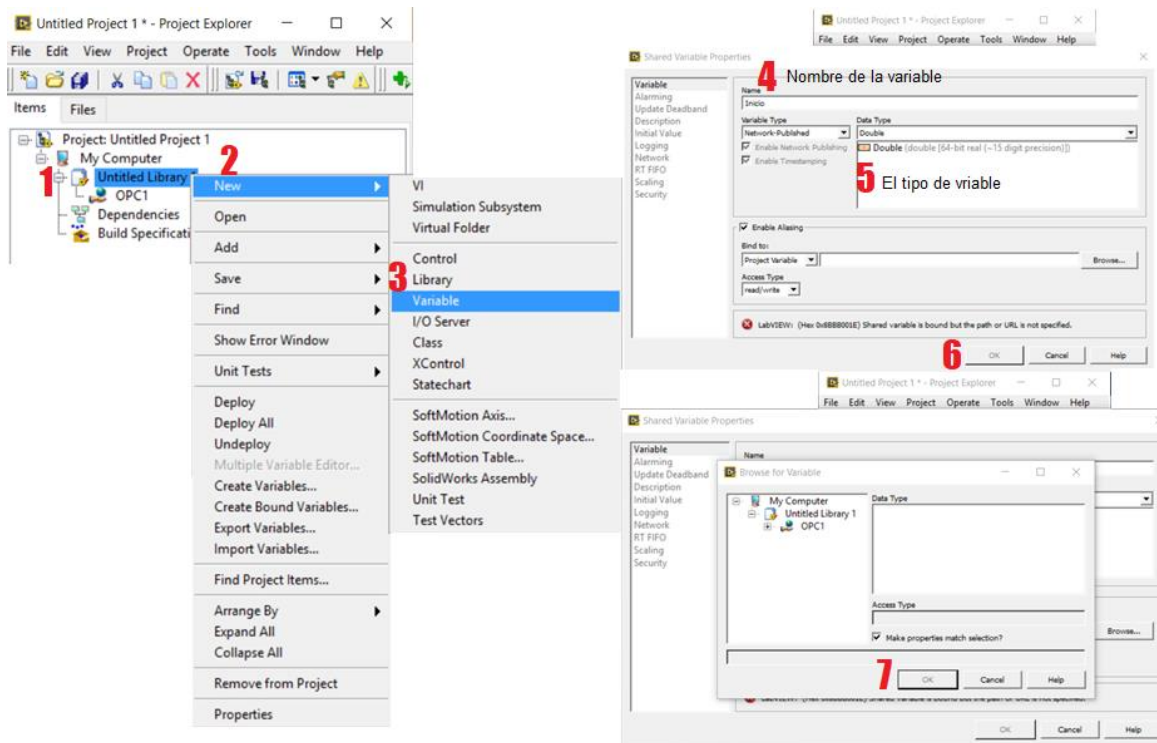
1. Describa los pasos que se deben realizar para crear un proyecto en el software LabVIEW.



Se inicia el software LabVIEW en donde se debe realizar la siguiente secuencia numérica para la creación de un proyecto nuevo, como paso 1 clic en crear proyecto y aparecerá una ventana nueva, 2 damos clic en crear proyecto en blanco y 3 dar clic en finalizar. De esta forma ya se cuenta con una ventana lista para agregar bloques y trabajar según los requerimientos del usuario.

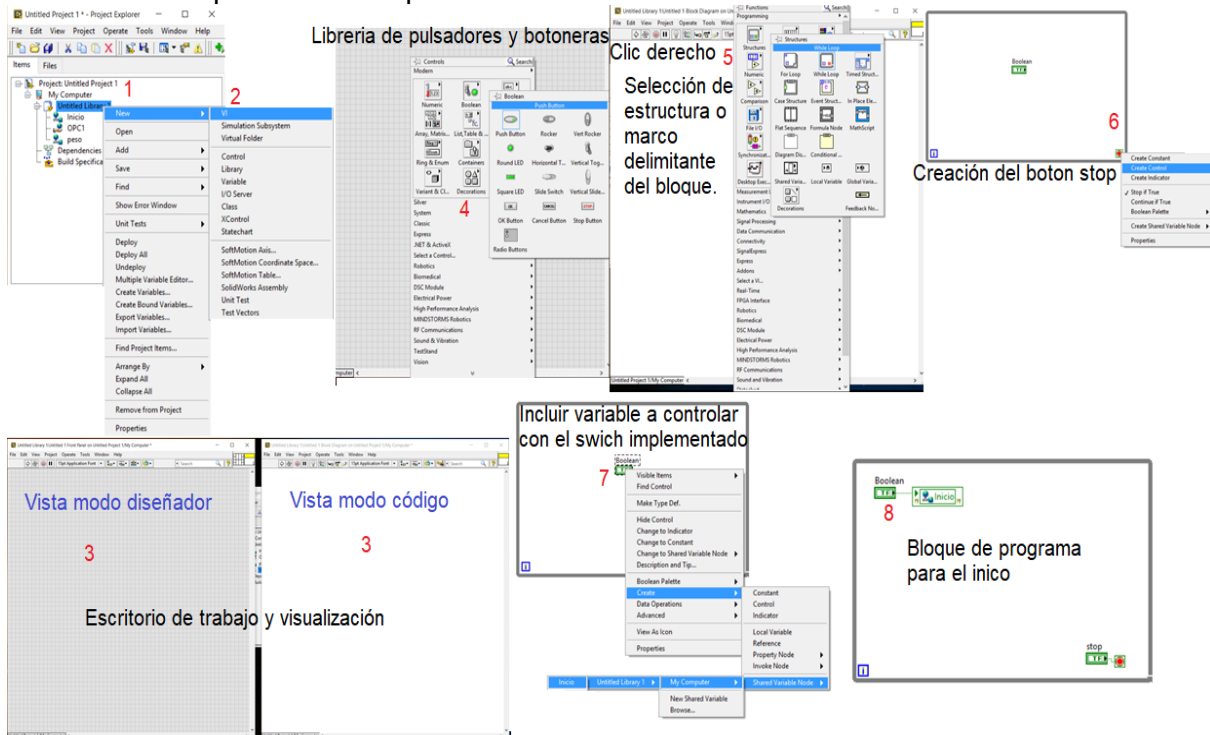


Una vez ya inicializado el proyecto en blanco se crea el servidor de entrada y salida (I/O Server) en donde se establece un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales así permitirá arrastrar o crear variables para el control y visualización de la interfaz.



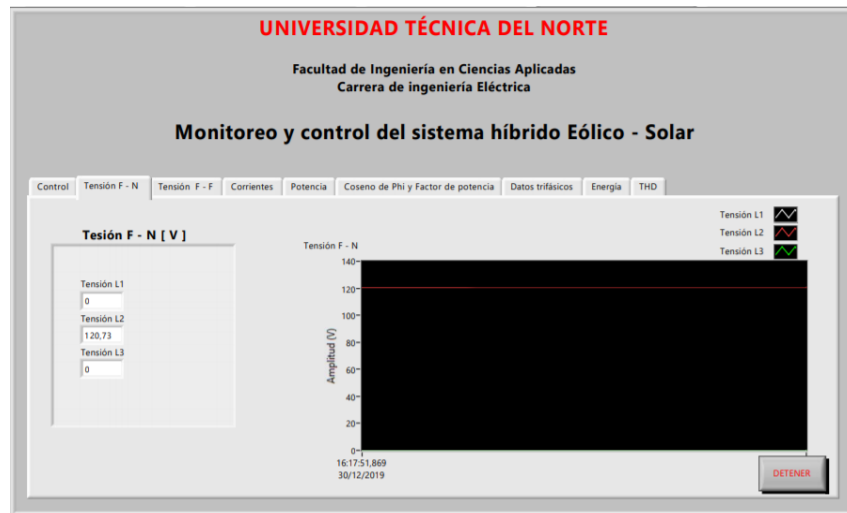
Una vez creado el estándar de comunicación lo siguiente a realizar es crear cada una de las variables utilizadas en el PLC en donde se deben escribir de manera similar a como estén en el autómatá lógico programable teniendo así una comunicación exitosa.

2. Enumere el procedimiento para crear las instrucciones virtuales.



Como parte fundamental de un interfaz está la instrumentación, el software LabVIEW permite utilizar de su biblioteca la instrumentación que sea requerida asemejándose a los instrumentos reales utilizados en campo.

3. Realice la interfaz para poder monitorear y controlar el sistema de generación.



Interfaz realizada en LabVIEW para visualizar y controlar los sistemas de generación.