



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA

“Simulación y automatización del control y operación de subestaciones eléctricas para los módulos del laboratorio de circuitos eléctricos de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.”

AUTORES

Luis Fernando Cauja Caguana
Iván Ricardo Velasteguí Céleri

DIRECTOR: Ing. Pedro Nuñez Izaguirre, MSc.

GUAYAQUIL

2018

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Luis Fernando Cauja Caguana e Iván Ricardo Velasteguí Célleri autorizamos a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, Octubre, 1, del 2018

Autor: Luis Cauja Caguana

Cédula: 0924326887

Autor: Iván Velasteguí Célleri

Cédula: 0921239497

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **LUIS FERNANDO CAUJA CAGUANA**, con documento de identificación N° **0924326887**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL Y OPERACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS PARA LOS MÓDULOS DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Octubre, 1, del 2018

Autor: Luis Cauja Caguana

Cédula: 0924326887

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **IVÁN RICARDO VELASTEGUÍ CÉLLERI**, con documento de identificación N° **0921239497**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL Y OPERACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS PARA LOS MÓDULOS DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Octubre, 1, del 2018

Autor: Iván Velasteguí Célleri

Cédula: 0921239497

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR

Yo, **PEDRO OSVEL NUÑEZ IZAGUIRRE**, director del proyecto de Titulación denominado **“SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL Y OPERACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS PARA LOS MÓDULOS DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL”** realizado por los estudiantes: Luis Fernando Cauja Caguana e Iván Ricardo Velasteguí Célleri, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, Octubre, 1, del 2018

Ing. Pedro Nuñez Izaguirre

MSc.

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación elaborado va dedicado hacia aquellas personas que han influido en mí la decisión de retomar el camino de la ingeniería, y de esta manera poder concluir una de mis tareas pendientes en la vida, demostrando que nunca es tarde para terminar algo que ya se había empezado. También se lo dedico a mí amada familia, mi esposa, y mis hijos, que han sido el motor y la razón principal para nunca darse por vencido ante cualquier adversidad y los desafíos que se presentan en el camino de la vida. Una dedicatoria especial para aquellos seres queridos que han partido de este mundo, que mediante sus consejos y referencias colaboraron para formarme como una persona de bien.

Luis Cauja

DEDICATORIA

El presente documento va dedicado:

A mis padres, quienes me apoyaron en todo el recorrido de este largo viaje que ha representado la carrera.

A mi abuela por ser la mejor segunda madre que Dios podría dar.

A mi hermana, Diana Verónica Velasteguí Célleri, quien, a pesar de tener menos años, ha sabido ser como una hermana mayor.

A mi madrina, Cecilia Montoya de Dyer y a mi fraternal amigo Xavier Dyer Montoya, cuando lean esto, sepan que a pesar de la distancia siempre han estado y estarán en mis pensamientos y oraciones.

A toda mi familia, ya que sin ellos no sería la persona que soy. Un gran abrazo y un eterno gracias para todos y cada uno de ustedes.

Iván Velasteguí

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a mi Dios, el creador, por su majestuosa voluntad e infinita bondad hacia mi persona. Luego agradezco a mis padres, Juan Cauja y Zenaida Caguana por darme la vida, ser mis guías en la formación como persona para ser útil y servicial a la sociedad, sobre todo por compartir momentos felices junto a mi hermana Isabel.

Agradezco a mi esposa Eunice López, quien ha estado apoyándome durante todo este trayecto académico, por comprender que a veces tenía que sacrificar el tiempo disponible a la familia, para dar prioridad a mi proceso de formación académica.

Un especial agradecimiento al Ing. Ervin Solano y al Ing. Pedro Nuñez nuestro tutor, quienes estuvieron ayudando y asesorando nuestra tesis. Finalmente agradezco a mi compañero de Tesis, que desde un inicio ya estaba contemplado que realizaríamos este trabajo juntos, gracias a que coincidimos generacionalmente y formamos parte de una época, la cual diría yo que fue perfecta.

Luis Cauja

AGRADECIMIENTOS

No podría arrancar estas líneas sin agradecer primero a Dios por haberme brindado templanza y sabiduría para poder sobrellevar las dificultades y retos que se presentaron en el camino y también por permitirme disfrutar de las victorias en compañía de amigos y compañeros.

A la Universidad por haberme acogido por casi 6 años y medio, ha sido mi tercer hogar después del mío y del trabajo, pero como las aves, uno debe salir del nido y agradecer por lo aprendido y emprender vuelo hacia un nuevo destino.

A mis maestros por habernos guiado y formado durante esta estadía temporal que representó este hogar.

Al Ing. Pedro Núñez, por habernos guiado durante el desarrollo de esta tesis y por la confianza depositada en nosotros para elaborar un buen trabajo.

Al Ing. David Cárdenas, de quien tuvimos el honor de que sea nuestro maestro. Gracias por todo el tiempo dedicado en formarnos no solo en el aspecto profesional sino también en el humano. Gracias también por saber motivarnos en todo momento para que termináramos el presente trabajo.

A un gran amigo y compañero de clases, Alexis Pizarro, de quien recibimos ayuda en temas de automatización en el ámbito de comunicación de medidores de parámetros eléctricos. Alexis, mis mejores deseos para que concluyas el proyecto que piensas retomar, esta vez espero verte culminando la carrera, dentro de unos 5 o 6 años.

Gracias también a mi amigo y compañero de tesis Luis Cauja, solo contigo amigo mío podíamos dar por terminado este trabajo.

Un agradecimiento muy especial a mi amigo personal y mentor el Ing. Ervin Solano, quien supo guiarme durante 7 años de trabajo hombro a hombro, conquistas y derrotas profesionales, pero sobre todo por ser como un hermano mayor. Luego tuve la fortuna de tenerlo como mi maestro y solo Dios sabe cuánto esperé por ello cuando supe que se unía a la plantilla de profesores en la UPS. Gracias también por la ayuda como guía en el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, gracias a toda la plantilla del personal que labora en la universidad, por haberme hecho sentir este lugar como en mi hogar, no solo en estos últimos 6 meses en los cuales hemos estado con mayor presencia en las aulas sino por la labor realizada en los últimos 6 años y medio en los cuales siempre estuvieron dispuestos a ayudar.

Iván Velasteguí

RESUMEN

Actualmente, los laboratorios de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, disponen de una serie de módulos didácticos para que los estudiantes asimilen la teoría impartida de un modo práctico. Sin embargo, existe escasez de módulos que simulen las maniobras reales que se realizan en una subestación de manera automatizada. Bajo este contexto se desarrolló este proyecto el cual consta de un PLC SIMATIC S7-1200 para la automatización, mientras que la interfaz de comunicación y control consta de un ambiente virtual el cual fue desarrollado en LabVIEW. El proyecto tiene la finalidad de ayudar al estudiante a comprender el comportamiento de una subestación dependiendo de su configuración, su respectivo control, y a la vez analizar las maniobras de operación que puedan ser realizadas en la misma. El estudiante podrá interactuar con un sistema, el cual ayudará a consolidar los conocimientos teóricos, y a los docentes que por medio de la práctica podrán validar los conocimientos adquiridos por los alumnos.

Palabras clave: SIMULACIÓN, AUTOMATIZACIÓN, CONTROL, SUBESTACIONES ELÉCTRICAS, AMBIENTE VIRTUAL, MANIOBRAS DE OPERACIÓN.

ABSTRACT

Currently, the electrical engineering career of the Politecnica Salesiana University, Guayaquil Site, there are didactic modules to its disposal, to test the theory given by the professors in the classrooms, nevertheless there aren't any modules to simulate real operational maneuvers to be performed on an automated electrical substation. Under this context, the following project has been developed, and is formed by a S7-1200 Simatic PLC, for the automation and control, for the communication, monitoring and commands a virtual substation (HMI) has been mirrored under the platform LabVIEW. The final objective of the project is to help students with the comprehension of the behavior of a substation, its control and let students analyze the operation maneuvers depending on the bus configuration. The expected result is to enable students to interact with a device that will help strengthen their theoretical knowledge and the instructors to enable through means of the laboratory practices the validation of the knowledge acquired by their students.

Keywords: SIMULATION, AUTOMATION, CONTROL, ELECTRICAL SUBSTATION, VIRTUAL, OPERATION MANEUVERS.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Pág.

PORTADA.....	I
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	IV
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR.....	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	ix
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xx
ÍNDICE DE TABLAS	xxviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxix
ABREVIATURAS.....	xxx
SIMBOLOGÍA.....	xxxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
EL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Importancia y alcance	3

1.4. Delimitación.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6 Marco Metodológico.....	4
CAPÍTULO 2	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 La subestación eléctrica	5
2.2 Equipos de una subestación eléctrica de distribución.....	6
2.2.1 Acometida de transmisión.....	6
2.2.2 Estructuras.....	6
2.2.3 Aisladores.....	7
2.2.4 Seccionadores 69 kV	8
2.2.5 Interruptor 69 kV.....	8
2.2.6 Transformador de potencia	9
2.2.7 Pararrayos.....	10
2.2.8 Equipos de medición	11
2.2.9 Transformador de servicios auxiliares	13
2.2.10 Celdas 13.8 kV	13
2.3 Clasificación de las subestaciones eléctricas	14
2.3.1 Según función desempeñada	14
2.3.2 Según niveles de tensión	14
2.3.3 Según diseño de construcción	14
2.3.4 Según su aplicación.....	15
2.3.5 Subestaciones AIS y GIS	16
2.4 Configuración de subestaciones eléctricas	17

2.4.1 Configuración tipo anillo	17
2.4.2 Configuración doble barra.....	18
2.4.3 Configuración barra principal y de transferencia.....	19
2.5 Automatización de subestaciones	20
2.5.1 Estándar IEC 61850	21
2.5.2 Pirámide de automatización en una subestación.....	22
2.6 Comunicación	22
2.6.1 Profinet.....	22
2.7 LabVIEW.....	23
2.8 OPC server.....	23
CAPÍTULO 3.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 Materiales del proyecto y su utilización	25
3.1.1 Estructura metálica del módulo didáctico de automatización.....	25
3.1.2 Mascarilla del módulo didáctico de automatización.....	26
3.1.3 Armado y elementos del plafón interno del módulo didáctico de automatización	28
3.2 Elementos utilizados en el módulo didáctico de automatización con sus respectivos datos técnicos.....	29
3.2.1 Controlador Lógico Programable (PLC).....	29
3.2.2 Signal Board.....	29
3.2.3 Pulsadores	30
3.2.4 Luces Piloto.....	30
3.2.5 Selectores de dos posiciones	31
3.2.6 Tarjeta electrónica reguladora de voltaje	32
3.2.7 Tarjeta Porta fusible	32
3.2.8 Fuente de 24 VDC.....	33

3.2.9 Voltímetro Analógico.....	33
3.2.10 Relés.....	34
3.2.11 Conectores jack banana.....	35
3.2.12 Borneras	35
3.3 Equipos usados	36
3.3.1 Módulo didáctico de protecciones de sistemas de generación en sistemas eléctricos de potencia	36
3.3.2 Módulo de protecciones de líneas de transmisión.....	36
3.3.3 Módulo didáctico de protecciones de redes de distribución en sistemas eléctricos de potencia	37
3.3.4 Transformador Variable Powerstat (Variac).....	38
3.3.5 Transformador trifásico de 10 KVA	38
3.3.6 Motor trifásico.....	39
3.3.7 Switch.....	39
CAPÍTULO 4	40
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	40
4.1 Práctica 1.....	41
4.1.1 Tema.....	41
4.1.2 Objetivos	41
4.1.3 Recursos	41
4.1.4 Tiempo estimado	41
4.1.5 Procedimiento	41
4.2 Práctica 2.....	71
4.2.1 Tema.....	71
4.2.2 Objetivos	71
4.2.3 Recursos	71
4.2.4 Tiempo estimado.....	71

4.3 Práctica 3.....	81
4.3.1 Tema.....	81
4.3.2 Objetivos	81
4.3.3 Recursos	81
4.3.4 Tiempo estimado.....	81
4.3.5 Procedimiento	81
4.4 Práctica 4.....	87
4.4.1 Tema.....	87
4.4.2 Objetivos	87
4.4.3 Recursos	87
4.4.4 Tiempo estimado.....	87
4.4.5 Procedimiento	87
4.5 Práctica 5.....	92
4.5.1 Tema.....	92
4.5.2 Objetivos	92
4.5.3 Recursos	92
4.5.4 Tiempo estimado.....	92
4.5.5 Procedimiento	92
4.6 Práctica 6.....	96
4.6.1 Tema.....	96
4.6.2 Objetivos	96
4.6.3 Recursos	96
4.6.4 Tiempo estimado.....	96
4.6.5 Procedimiento	96
4.7 Práctica 7.....	101
4.7.1 Tema.....	101
4.7.2 Objetivos	101

4.7.3 Recursos	101
4.7.4 Tiempo estimado.....	101
4.7.5 Procedimiento	101
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFÍA	108
ANEXOS	111

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1: SUBESTACIÓN EL ASTILLERO CNEL GUAYAQUIL	6
FIGURA 2: ESTRUCTURA PARA EQUIPOS DE 69 KV	7
FIGURA 3: ESTRUCTURA PARA EQUIPOS DE 13.8 KV	7
FIGURA 4: AISLADORES MONTADOS EN ESTRUCTURA PARA EQUIPOS DE 69 KV	7
FIGURA 5: SECCIONADORES EN 69 KV	8
FIGURA 6: INTERRUPTOR EN 69 KV	9
FIGURA 7: TRANSFORMADOR DE PODER SUBESTACIÓN HOSP. TEODORO MALDONADO	10
FIGURA 8: PARARRAYOS EN M.T	10
FIGURA 9: PARARRAYOS EN A.T	11
FIGURA 10: PT'S EN EL LADO DE 69 KV	12
FIGURA 11: PT'S EN EL LADO DE 13.8 KV	12
FIGURA 12: TRANSFORMADOR EN ESTRUCTURA DE 13.8 KV	13
FIGURA 13: CELDAS EN 13.8 KV	14
FIGURA 14: SUBESTACIONES EN BASE A SU APLICACIÓN [12]	16
FIGURA 15: SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN TIPO ANILLO [14]	17
FIGURA 16: SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN DOBLE BARRA DOBLE INTERRUPTOR [14]	18
FIGURA 17: SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN DOBLE BARRA CON INTERRUPTOR [14]	19
FIGURA 18: SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN BARRA PRINCIPAL Y TRANSFERENCIA [14]	20
FIGURA 19: ARQUITECTURA IEC 61850 EN UNA SUBESTACIÓN [20]	21
FIGURA 20: PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN EN UNA SUBESTACIÓN [21]	22
FIGURA 21: COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL [24]	23
FIGURA 22: ESTRUCTURA METÁLICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN	25

FIGURA 23: DIMENSIONES DE ESTRUCTURA METÁLICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN	26
FIGURA 24: DISEÑO FINAL DE MASCARILLA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN	27
FIGURA 25: CANALETAS EN PLAFÓN	28
FIGURA 26: RIELES DIN EN PLAFÓN	28
FIGURA 27: ELEMENTOS DEL PLAFÓN INTERNO DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN	28
FIGURA 28: CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE CPU 1214C DC/DC/DC.....	29
FIGURA 29: SIGNAL BOARD 6ES7232-4HA30-0XB0 [29].....	29
FIGURA 30: PULSANTE LAB16S	30
FIGURA 31: LUZ PILOTO AD212 / AD210.....	31
FIGURA 32: SELECTOR DE DOS POSICIONES LAS16-2.....	31
FIGURA 33: TARJETA ELECTRÓNICA REGULADORA DE VOLTAJE.....	32
FIGURA 34: TARJETA ELECTRÓNICA PORTA FUSIBLES.....	32
FIGURA 35: FUENTE DE 24 VDC IDR-60-24 VDC.....	33
FIGURA 36: VOLTÍMETRO ANALÓGICO CP-48 DE 30 VDC.....	34
FIGURA 37: BOBINA DE RELÉ LY2 DE 24 VDC.....	34
FIGURA 38: JACKS BANANA	35
FIGURA 39: BORNERA DE TIERRA WEIDMÜLLER [29]	35
FIGURA 40: BORNERAS WEIDMÜLLER	35
FIGURA 41: MÓDULO DIDÁCTICO DE GENERACIÓN.....	36
FIGURA 42: MÓDULO DE PROTECCIONES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	37
FIGURA 43: MÓDULO DIDÁCTICO DE DISTRIBUCIÓN	37
FIGURA 44: TRANSFORMADOR VARIABLE POWERSTAT (VARIAC).....	38
FIGURA 45: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 10 KVA Y SU RESPECTIVA PLACA.....	38
FIGURA 46: MOTOR TRIFÁSICO SIEMENS Y SU RESPECTIVA PLACA.....	39
FIGURA 47: CONMUTADOR O SWITCH DE 8 PUERTOS RJ4	39
FIGURA 48: ACCESO AL PROGRAMA DE MANIOBRAS MANEUVERS_RING_BARS.....	42
FIGURA 49: PANTALLA DE INICIO TIA PORTAL V13.....	42

FIGURA 50: MENÚ PARA CARGAR EL PROGRAMA AL PLC	43
FIGURA 51: CARGA DEL PROGRAMA AL PLC	43
FIGURA 52: BLOQUES DE PROGRAMACIÓN DE LAS MANIOBRAS	44
FIGURA 53: FUNCIONES CREADAS EN LA PROGRAMACIÓN DE LAS MANIOBRAS.....	44
FIGURA 54: CONDICIONES DE LAS MANIOBRAS.....	45
FIGURA 55: ABRIENDO EL INSTRUMENTO VIRTUAL DE LA CONFIGURACIÓN ANILLO.....	45
FIGURA 56: HMI EN LABVIEW DE UNA SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN TIPO ANILLO.....	46
FIGURA 57: VENTANA DEL OPC SERVER	46
FIGURA 58: TAGS EN OPC SERVER PARA LA SUBESTACION TIPO ANILLO	47
FIGURA 59: PRÁCTICA DE ENERGIZACIÓN L1 LARGA POR MEDIO DE SNI	47
FIGURA 60: SECUENCIA A SEGUIR PARA ENERGIZAR LA LÍNEA 1	48
FIGURA 61: ESTADO EN CONDICIONES INICIALES EN TIA PORTAL	48
FIGURA 62: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-101 EN LABVIEW	49
FIGURA 63: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-101 EN TIA PORTAL	49
FIGURA 64: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-100, 89-101.....	50
FIGURA 65: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-100, 89-101 EN TIA PORTAL	50
FIGURA 66: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-102.....	51
FIGURA 67: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-102 EN TIA PORTAL	51
FIGURA 68: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-109, 89-108.....	52
FIGURA 69: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-109, 89-108 EN TIA PORTAL	52
FIGURA 70: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-104.....	53
FIGURA 71: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89- 52-104 TIA PORTAL	53
FIGURA 72: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-106, 89-107.....	54

FIGURA 73: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-106, 89-107 EN TIA PORTAL	54
FIGURA 74: ESTADO CERRADO DE INTERRUPTOR 52-105.....	55
FIGURA 75: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-105 EN TIA PORTAL	55
FIGURA 76: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-104, 89-105.....	56
FIGURA 77: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-104, 89-105 EN TIA PORTAL	56
FIGURA 78: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-106.....	57
FIGURA 79: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-106 EN TIA PORTAL	57
FIGURA 80: DESENERGIZACIÓN DE L1 LARGA POR MEDIO DE SNI	58
FIGURA 81: DESENERGIZACIÓN DE L1 LARGA POR MEDIO DE SIN EN TIA PORTAL	58
FIGURA 82: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-106.....	59
FIGURA 83: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-106 EN TIA PORTAL	59
FIGURA 84: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-104, 89-105	60
FIGURA 85: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-104, 89-105 EN TIA PORTAL	60
FIGURA 86: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-105.....	61
FIGURA 87: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-105 EN TIA PORTAL	61
FIGURA 88: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-106, 89-107	62
FIGURA 89: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-106, 89-107 EN TIA PORTAL	62
FIGURA 90: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-104.....	63
FIGURA 91: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-104 EN TIA PORTAL	63
FIGURA 92: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-108, 89-109	64
FIGURA 93: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-108, 89-109 EN TIA PORTAL	64
FIGURA 94: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-102.....	65

FIGURA 95: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-102 EN TIA PORTAL	65
FIGURA 96: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-100, 89-101	66
FIGURA 97: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-100, 89-101 EN TIA PORTAL	66
FIGURA 98: PANTALLA DE VISUALIZACION DE PARAMETROS SNI	67
FIGURA 99: TAGS DEL OPC SERVER OIL_TEMP_T1 Y WINDING_TEMP_T1	67
FIGURA 100: FUNCIONES NORM_X, Y SCALE_X PARA TEMPERATURA DE DEVANADO DEL TRANSFORMADOR	68
FIGURA 101: FUNCIÓN MOVE PARA TEMPERATURA DE DEVANADO DEL TRANSFORMADOR	68
FIGURA 102: FUNCIONES SCALE_X, Y MOVE PARA TEMPERATURA DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR	69
FIGURA 103: MONITOREO TEMPERATURA DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR	69
FIGURA 104: MONITOREO TEMPERATURA DE DEVANADO DEL TRANSFORMADOR	70
FIGURA 105: SECUENCIA A SEGUIR PARA ENERGIZAR LA LÍNEA 2 POR SNI	72
FIGURA 106: ESTADO EN CONDICIONES INICIALES TIA PORTAL	72
FIGURA 107: ENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA	73
FIGURA 108: ENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA EN TIA PORTAL	74
FIGURA 109: MENÚ DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA	74
FIGURA 110: MANIOBRAS DE DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA EN TIA PORTAL	75
FIGURA 111: DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA	76
FIGURA 112: DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA EN TIA PORTAL	76
FIGURA 113: TOPOLOGÍA PARA OBTENER PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LA COMUNICACIÓN ENTRE PLC CON LA PC	77

FIGURA 114: MONTAJE PARA OBTENER PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LA COMUNICACIÓN ENTRE PLC CON LA PC	78
FIGURA 115: FUNCIONES PARA MEDIDOR MULTIFUNCIONAL DE PARAMETROS EN SNI.....	78
FIGURA 116: FUNCIONES PARA MEDIDOR MULTIFUNCIONAL DE PARAMETROS EN G1.....	79
FIGURA 117: MEDIDORES DE PARÁMETROS DE POTENCIAS EN SNI CON SUS RESPECTIVOS VALORES EN LABVIEW	79
FIGURA 118: MEDIDOR DE PARÁMETROS DE POTENCIAS EN SNI CON SUS RESPECTIVOS VALORES	80
FIGURA 119: MEDIDORES DE PARÁMETROS DE VOLTAJES Y CORRIENTES EN SNI CON SUS RESPECTIVOS VALORES EN LABVIEW ...	80
FIGURA 120: MEDIDOR DE VOLTAJE EN SNI	80
FIGURA 121: MEDIDOR DE CORRIENTE EN SNI	80
FIGURA 122: SECUENCIA A SEGUIR PARA ENERGIZAR LA LÍNEA 1 POR G1	82
FIGURA 123: CONDICIONES INICIALES PARA ENERGIZAR LA LÍNEA 1 POR G1	82
FIGURA 124: ENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA.....	83
FIGURA 125: ENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA EN TIA PORTA.....	83
FIGURA 126: MENÚ DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA	84
FIGURA 127: MANIOBRAS DE DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA EN TIA PORTAL	84
FIGURA 128: DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA	85
FIGURA 129: DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA EN TIA PORTAL	86
FIGURA 130: ACCESO AL PROGRAMA DE MANIOBRAS MANEUVERS_DOUBLE_BAR_V2	88
FIGURA 131: SECUENCIA A SEGUIR PARA ENERGIZAR CARGA POR LINEA 1.....	88
FIGURA 132: TAGS EN OPC SERVER PARA CONFIGURACION DOBLE BARRA.....	89

FIGURA 133: MANIOBRAS PARA HABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 1 EN TIA PORTAL	89
FIGURA 134: INTERFAZ HMI PARA HABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 1 EN LABVIEW	90
FIGURA 135: MANIOBRAS PARA DESHABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 1 EN TIA PORTAL	90
FIGURA 136: INTERFAZ HMI PARA DESHABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 1 EN LABVIEW	91
FIGURA 137: SECUENCIA A SEGUIR PARA ENERGIZAR CARGA POR LÍNEA 2.....	93
FIGURA 138: MANIOBRAS PARA HABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 2 EN TIA PORTAL	93
FIGURA 139: INTERFAZ HMI PARA HABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 2 EN LABVIEW	94
FIGURA 140: MANIOBRAS PARA DESHABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 2 EN TIA PORTAL	94
FIGURA 141: INTERFAZ HMI PARA DESHABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 2 EN LABVIEW	95
FIGURA 142: CONDICIONES INICIALES PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE L1 A L2.....	97
FIGURA 143: MANIOBRAS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE L1 A L2 EN TIA PORTAL	98
FIGURA 144: INTERFAZ HMI PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE L1 A L2	98
FIGURA 145: MANIOBRAS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE L2 A L1 EN TIA PORTAL	99
FIGURA 146: INTERFAZ HMI PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE L2 A L1	100
FIGURA 147: HMI ENERGIZACIÓN Y DESENERGIZACIÓN DE CARGA EN 52-306 POR BARRA PRINCIPAL	102
FIGURA 148: TAGS EN OPC SERVER PARA LA CONFIGURACIÓN BARRA PRINCIPAL Y TRANSFERENCIA.....	102
FIGURA 149: MANIOBRAS PARA ENERGIZACIÓN DE CARGA EN 52-306 POR BARRA PRINCIPAL	103

FIGURA 150: INTERFAZ HMI PARA ENERGIZACIÓN DE CARGA EN 52-306 POR BARRA PRINCIPAL	104
FIGURA 151: MANIOBRAS PARA DESENERGIZACIÓN DE CARGA EN 52- 306 POR BARRA PRINCIPAL	105
FIGURA 152: INTERFAZ HMI PARA DESENERGIZACIÓN DE CARGA EN 52- 306 POR BARRA PRINCIPAL	105

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1: DATOS TÉCNICOS DEL CPU 1214C DC/DC/DC.....	29
TABLA 2: DATOS TÉCNICOS DEL SIGNAL BOARD	30
TABLA 3: DATOS TÉCNICOS DE LOS PULSADORES	30
TABLA 4: DATOS TÉCNICOS DE LAS LUCES PILOTO	31
TABLA 5: DATOS TÉCNICOS DE SELECTORES.....	31
TABLA 6: ELEMENTOS DE LA TARJETA REGULADORA DE VOLTAJE	32
TABLA 7: ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA TARJETA PORTA FUSIBLES	33
TABLA 8: DATOS TÉCNICOS DE LA FUENTE DE 24 VDC.....	33
TABLA 9: DATOS TÉCNICOS DEL VOLTÍMETRO ANALÓGICO	34
TABLA 10: DATOS TÉCNICOS DE LA BOBINA DEL RELÉ	34
TABLA 11: DATOS TÉCNICOS DE LOS JACKS BANANA.....	35
TABLA 12: DATOS TÉCNICOS DE LAS BORNERAS	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

ANEXO 1:SIMBOLOGÍA UNIFILAR	111
ANEXO 2: DIAGRAMA UNIFILAR ANILLO	112
ANEXO 3: DIAGRAMA UNIFILAR DOBLE BARRA	113
ANEXO 4: DIAGRAMA UNIFILAR DOBLE BARRA Y TRANSFERENCIA..	114
ANEXO 5: LEVANTAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS EN MÓDULO DE GENERACIÓN.....	115
ANEXO 6: LEVANTAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS EN MÓDULO DE TRANSMISIÓN	116
ANEXO 7: LEVANTAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS EN MÓDULO DE DISTRIBUCIÓN.....	117
ANEXO 8: TAGS PRÁCTICAS ANILLO.....	118
ANEXO 9: TAGS PARA PRÁCTICAS DOBLE BARRA.....	119
ANEXO 10: TAGS PARA PRÁCTICAS BARRA PRINCIPAL Y TRANSFERENCIA	120
ANEXO 11: DISEÑO DE MASCARILLA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN	121
ANEXO 12: INTERACCIÓN DE EQUIPOS DESDE PUNTO DE VISTA DE HARDWARE.....	122
ANEXO 13: INTERACCIÓN DE EQUIPOS DESDE PUNTO DE VISTA DE SOFTWARE	123
ANEXO 14: BORNES MÓDULO CONFIGURACIÓN ANILLO.....	124
ANEXO 15: BORNES MÓDULO CONFIGURACIÓN BARRA PRINCIPAL Y TRANSFERENCIA	127
ANEXO 16: BORNES MÓDULO CONFIGURACIÓN DOBLE BARRA	129
ANEXO 17: DISTRIBUCIÓN DE LAS ALIMENTACIONES DEL MALETÍN DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN	130
ANEXO 18: PROTECCIONES DE CIRCUITOS DEL MALETÍN DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN	131
ANEXO 19: PLC S7 1200 CPU 1214C DC/DC/DC	132

ANEXO 20: CONEXIONES ENTRADAS DIGITALES	133
ANEXO 21: CONEXIONES SALIDAS DIGITALES.....	136
ANEXO 22: CONEXIONES E/S ANALÓGICAS.....	140
ANEXO 23: FUENTES DE VOLTAJE DC Y VOLTÍMETROS.....	141
ANEXO 24: FUENTE VDC VARIABLE 0 V - 10 V	142

ABREVIATURAS

kV: kilovoltio

kA: kiloamperio

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition

ACAR: Aluminum Conductor Alloy Reinforced

ASTM: American Society of Testing Materials

ANSI: American National Standards Institute

IEC: International Electrotechnical Commission

BIL: Basic Insulation Level

NEMA: National Electrical Manufactures Association

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

AC: Corriente Alterna

CT: Current Transformer (Transformador de corriente)

PT: Potencial Transformer (Transformador de Potencial)

HV: High Voltage (Alto Voltaje)

EHV: Extra High Voltage (Extra Alto Voltaje)






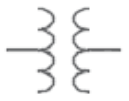





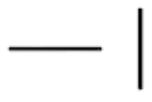
UHV: Ultra High Voltage (Ultra Alto Voltaje)

AIS: Air Insulated Substation

GIS: Gas Insulated Substation

SF6: Hexafluoruro de azufre

SIMBOLOGÍA

SIMBOLOGÍA	
	Representación unifilar de seccionadores en estado abierto
	Representación unifilar de seccionadores en estado cerrado
	Representación unifilar de seccionadores en estado abierto
	Representación unifilar de seccionadores en estado cerrado
	Representación unifilar de grilla de potencia (power grid)
	Representación unifilar de transformador de potencia
	Representación unifilar de generador
	Representación unifilar de banco de capacitores
	Representación unifilar de puesta a tierra
	Representación unifilar de cargas
	Representación unifilar de nodo
	Representación unifilar de barrajes

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de tesis tiene como objetivo implementar la simulación, automatización y control de una subestación eléctrica, haciendo uso de un módulo didáctico de automatización el cual tiene forma de maletín metálico, el mismo que contiene un PLC S7-1200 de la marca Siemens como dispositivo principal.

La Universidad Politécnica Salesiana se ha caracterizado por implementar la práctica como complemento principal de la teoría impartida en los salones de clases. El proyecto pretende realizar una simulación de los procesos y maniobras de operación que se realizan en una subestación eléctrica permitiendo colaborar con la universidad para que siga manteniendo esa característica que le permite ser un centro de referencia.

El contenido del proyecto de tesis está compuesto de seis capítulos, haciéndose una descripción de los mismos:

CAPÍTULO 1: Se realiza la descripción del problema, antecedentes, la importancia y delimitación del mismo, y los objetivos del proyecto de titulación.

CAPÍTULO 2: Este capítulo contiene la teoría bajo la cual se fundamentó la realización del proyecto.

CAPÍTULO 3: Abarca la información acerca de los materiales, dispositivos y elementos usados para materializar el proyecto.

CAPÍTULO 4: Se visualiza el contenido del desarrollo e implementación de las prácticas que se realizaron con el módulo didáctico de automatización.

CAPÍTULO 5: Este capítulo contempla las observaciones, recomendaciones y conclusiones que se obtuvieron después de realizar el proyecto.

Al finalizar el proyecto los estudiantes de las nuevas generaciones de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana serán los beneficiarios directos, puesto que serán capaces de usar el módulo didáctico de automatización para realizar las prácticas de la simulación y automatización de subestaciones, contribuyendo también de esta manera al área académica de la carrera.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la actualidad, en los laboratorios de la carrera, existen módulos de prácticas de sistemas de potencia, pero ninguno aborda una temática tan específica como la operación de subestaciones por lo que se plantea realizar la implementación de un módulo didáctico de automatización, el cual en conjunto con una interfaz gráfica nos permita simular la operación y control de estas instalaciones eléctricas. Para poder complementar el módulo a implementar se formula el accionar los módulos de prácticas de SEP existentes, para de esta manera lograr que el estudiante constate lo que ocurre de manera real en una subestación.

Adicionalmente la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil en su afán de impartir el conocimiento teórico-práctico a sus estudiantes, decidió disponer de un laboratorio de automatización exclusivamente de la carrera, puesto que anteriormente compartía laboratorio con estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica, y así lograr de esta manera mejorar el nivel de aprendizaje de sus estudiantes, y que estos a su vez estén preparados para afrontar casos de temas industriales y de sistemas de potencia en un futuro.

1.2. Antecedentes

La carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, se encuentra en constante innovación, y preocupada por el aprendizaje de sus alumnos, se ha enfocado en que ellos consoliden los conocimientos teóricos obtenidos en las aulas con las prácticas que se realizan en los distintos laboratorios de las diferentes materias que conforman la formación profesional del alumno.

En vista de lo acotado anteriormente, para reforzar los conocimientos adquiridos sobre los Sistemas Eléctricos de Potencia, se necesita implementar equipos que simulen el control y operación de subestaciones eléctricas, en conjunto con dispositivos tecnológicos como medidores multifuncionales de parámetros eléctricos y HMI a través de las pantallas desarrolladas para las prácticas con el uso de LabVIEW.

1.3. Importancia y alcance

El siguiente trabajo pretende presentar a los compañeros que cursarán las materias relacionadas con Monitoreo y afines un producto con el cual podrán complementar el conocimiento de automatización y control de subestaciones, a través de simulaciones en conjunto con módulos para prácticas de Sistemas de Potencia desarrollados por graduados, los cuales son:

- Módulo didáctico de protecciones y sistemas eléctricos de potencia aplicados a sistemas de Generación [1].
- Módulo de protecciones de líneas de transmisión [2].
- Módulo didáctico de protecciones de redes de distribución en sistemas eléctricos de potencia [3].

De la misma manera, la implementación del presente trabajo estará orientado para que los maestros puedan implementar el desarrollo de dichas materias de una forma más interactiva, utilizando el producto final como un medio tecnológico didáctico al momento de impartir sus contenidos.

1.4. Delimitación

La elaboración de este proyecto técnico de titulación, está previsto ser desarrollado en un periodo no mayor a 12 meses, lo que comprende la etapa de estudio, investigación, desarrollo, simulación, pruebas y documentación del proyecto.

Dentro del contexto espacial, su elaboración estará limitada al uso y acceso a las instalaciones de la universidad, específicamente el laboratorio de circuitos eléctricos I y II, donde se encuentran los módulos destinados para realizar el proyecto, pero las prácticas, y pruebas de las simulaciones estarán limitadas en general a las configuraciones de subestaciones (barrajes) más comunes.

Previa a la construcción del módulo didáctico de automatización, se bosquejará un diseño en CAD, que estará sujeto a aprobación por docentes de la Universidad, para luego ser construido en modo prototipo, la programación de la automatización y control será en el software TIA PORTAL, el monitoreo, y supervisión se realizará usando LabVIEW, y el enlace entre los dos será el OPC server.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Implementar un sistema de simulación para la automatización y control de operaciones de subestaciones.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar las características técnicas de los distintos equipos a adquirir para el desarrollo de las prácticas.
- Diseñar e implementar un módulo portable, para la simulación del control y automatización de una subestación.
- Implementar una interfaz de comunicación y control entre un ambiente virtual y un autómatas programable, para la respectiva simulación de la subestación como un ambiente físico (módulos didácticos existentes en laboratorios).
- Diseñar 4 prácticas de laboratorio que contengan las configuraciones de barras más comunes en las subestaciones de distribución del país y al menos 1 práctica de simulación de subestación de transformación.

1.6 Marco Metodológico

Para realizar el proyecto de tesis se utilizó el método analítico, el método experimental y el método inductivo- deductivo. El método analítico sirvió para elegir el material del diseño del módulo didáctico de automatización, el diseño de su interior, y posición de elementos en la mascarilla o panel, también nos ayudó a entender a profundidad el comportamiento de los elementos en cada configuración con la cual se trabajó.

El método experimental que mediante modificaciones y pruebas nos sirvió para definir las configuraciones que se emplearon para realizar las prácticas que luego fueron documentadas.

El método inductivo-deductivo nos ayudó en la elaboración de las conclusiones del proyecto los mismos que fueron obtenidos de los experimentos y pruebas.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 La subestación eléctrica

Las subestaciones eléctricas forman parte fundamental de un sistema eléctrico de potencia, conformada por dispositivos eléctricos que permiten transformar y regular los niveles de tensión y corriente, y derivar circuitos de potencia de acuerdo a su funcionalidad y parámetros eléctricos, siendo el nexo necesario y funcional entre los sistemas eléctricos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Están conformadas por uno o más transformadores y posee equipos de conmutación, protección y control. El transformador elevador aumenta el nivel de tensión y disminuye el valor de la corriente, los cuales corresponden a las redes de transmisión y subtransmisión, mientras que un transformador reductor disminuye la tensión y aumenta la corriente, la cual será distribuida a los usuarios comerciales o residenciales. En una subestación de mayor tamaño, los interruptores de circuito se utilizan para interrumpir cualquier cortocircuito o sobrecarga de corrientes que puedan ocurrir en la red. Las estaciones de distribución de menor tamaño pueden usar disyuntores o fusibles de reenganche para proteger los circuitos derivados.

Una subestación típica contiene estructuras de terminación de línea, interruptores y seccionadores de alto voltaje, uno o más transformadores de potencia, interruptores y seccionadores de bajo voltaje, protección contra sobretensiones, controles, sistema de puesta a tierra y medición. Ver Fig. 1. Podemos encontrar también otros dispositivos tales como transformadores de corriente, transformadores de potencial, capacitores de corrección del factor de potencia y reguladores de voltaje [4] .

Las subestaciones pueden pertenecer y ser operadas por una compañía eléctrica, o pueden ser propiedad de un gran cliente industrial o comercial. Por lo general, las subestaciones de distribución de la ciudad de Guayaquil tienen al menos un operador de subestaciones, quien está pendiente de lo que pueda ocurrir ante cualquier eventualidad dentro de ella, actualmente gracias a la tecnología se puede monitorear dichos eventos por medio de los sistemas SCADA, que ayudan a la supervisión y el control de modo remoto.



FIGURA 1: SUBESTACIÓN EL ASTILLERO CNEL GUAYAQUIL

2.2 Equipos de una subestación eléctrica de distribución

2.2.1 Acometida de transmisión

La acometida principal de 69 kV se realiza con cable de aluminio, normalmente ACAR, el cual se determina conociendo la carga de la subestación y verificando la curva de resistencia del cable con respecto al nivel de cortocircuito al que puede estar expuesto. Se tiene que tomar en cuenta que muchas veces en el lugar donde será instalado la subestación no existe una línea de subtransmisión cercana, por lo que se tiene que realizar el diseño de recorrido de la misma, incluyendo en el diseño los tipos de postes a utilizar.

2.2.2 Estructuras

Las estructuras metálicas por lo general son de tipo celosía, ensambladas con perfiles angulares de acero conectados mediante conexiones empernadas. Para el diseño de las mismas, se toma en consideración las cargas de tensión estática y electrodinámica, la carga de peso propio y las cargas de montaje y mantenimiento. Las partes metálicas de las estructuras que se conectan por medio de pernos, tuercas y arandelas, deben cumplir con las normas ASTM A394 [5].

Las estructuras deben ser galvanizadas en caliente para evitar la oxidación de las partes y cumplen con las siguientes normas aplicables al proceso: a) ASTM B6 y ASTM B695 para el zinc; b) ASTM A123 para la masa y adherencia de la capa de zinc en perfiles estructurales y platinas; c) ASTM A153 para la masa y adherencia de la capa de zinc en tornillos, pernos de anclaje, pernos de escalera, tuercas y arandelas [6].

Ver Fig.2 para apreciar la estructura para equipos de 69 kV, y para visualizar la estructura correspondiente para equipos de 13.8 kV. Ver Fig. 3.



FIGURA 2: ESTRUCTURA PARA EQUIPOS DE 69 kV



FIGURA 3: ESTRUCTURA PARA EQUIPOS DE 13.8 kV

2.2.3 Aisladores

Aisladores tipo estación. - Los aisladores tipo estación, “station post” son de porcelana. Cumplen con las referencias técnicas ANSI o IEC, se solicitan con un nivel adecuado de BIL, y con un nivel de esfuerzo mecánico adecuado dado en libras.

Aisladores tipo suspensión. - Los aisladores tipo suspensión son de material polimérico, el cual es más ligero y normalmente más baratos que los de porcelana, deben tener un nivel adecuado de BIL y deben cumplir con las normas NEMA/ANSI o IEC. En la Fig. 4 se aprecia los distintos tipos de aisladores montados en la estructura de equipos de 69 kV.

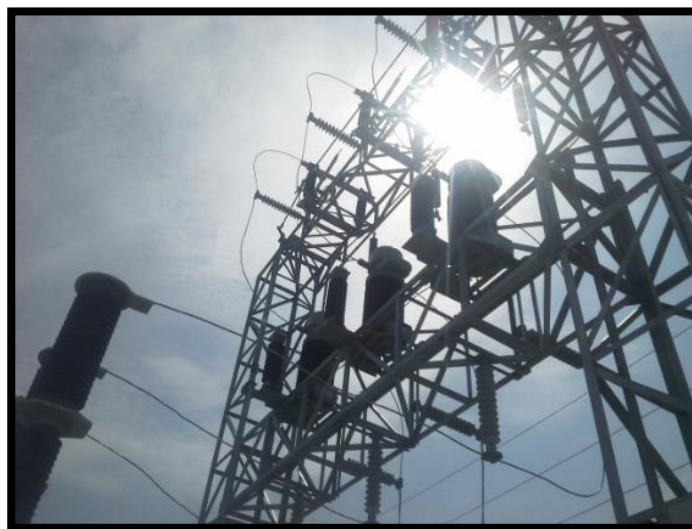


FIGURA 4: AISLADORES MONTADOS EN ESTRUCTURA PARA EQUIPOS DE 69 kV

2.2.4 Seccionadores 69 kV

Se instalan seccionadores para el aislamiento de los equipos de la subestación durante trabajos de mantenimiento, con capacidad para operar únicamente en condiciones de vacío (sin carga). Los de tipo de montaje horizontal y apertura vertical tienen mecanismo manual, aunque pueden ser motorizados. Generalmente vienen acompañadas con el juego de cuchillas para maniobras de aterrizamiento.

Las especificaciones son: 72.5 kV nominal, 350 kV BIL, 1600 amperios, 40 kA de cortocircuito, con aisladores tipo estación. Ver Fig. 5 donde se puede observar los seccionadores en 69 kV en la parte superior de la estructura de 69 kV.



FIGURA 5: SECCIONADORES EN 69 KV

2.2.5 Interruptor 69 kV

En la Fig. 6 se observa un interruptor en SF₆, del tipo tanque vivo para protección y aislamiento del transformador, el mismo que tiene voltaje nominal de 72.5 kV, BIL 350 kV, corriente nominal 1250 amperios y capacidad de interrupción de cortocircuito 31.5 kA.

Estos equipos normalmente tienen 2 bobinas de disparo y una bobina de cierre, su accionamiento es motorizado. El equipo se lo pide con terminales estándar en los bushings para cable apropiado para la circulación de corrientes nominales [7].



FIGURA 6: INTERRUPTOR EN 69 KV

2.2.6 Transformador de potencia

El transformador es el equipo esencial en toda subestación, para este caso se ha tomado como referencia el transformador de la subestación hospital del IESS Teodoro Maldonado. Ver Fig.7, el cual posee las siguientes características:

- 10/12.5 MVA
- 69kV/13.8kV
- Trifásico
- Dyn5
- 60Hz
- ONAN/ONAF
- Frecuencia Industrial AT:140 kV, BT:34 kV
- Impulso atmosférico AT:350 kV, BT:110 Kv
- Norma de diseño: IEEE C57

Posee accesorios como relé de Buchholz, sondas de temperatura para aceite y para devanado, nivel de aceite, relé de sobrepresión. Este transformador no cuenta con punto de aterrizamiento para la cuba ni pararrayos en los lados de alta o baja [8].



FIGURA 7: TRANSFORMADOR DE PODER SUBESTACIÓN HOSP. TEODORO MALDONADO

2.2.7 Pararrayos

Pararrayos de media tensión. - Para protección contra sobre tensiones de maniobra e impulso a frecuencia industrial, se instalan pararrayos. Por lo general poseen las siguientes características: clase 3, rating de 10 kV, voltaje máximo de operación continua (MCOV) de 8.4 kV. Ver Fig. 8.



FIGURA 8: PARARRAYOS EN M.T

Pararrayos de alta tensión. - Para protección contra sobre tensiones de maniobra e impulso a frecuencia industrial, se instalan pararrayos. Se debe de tener en cuenta su normativa, tipo de clase, BIL, voltaje máximo de operación continua (MCOV) y la carga máxima dinámica permisible. Son comunes los de aisladores de porcelana. Ver Fig. 9.



FIGURA 9: PARARRAYOS EN A.T

2.2.8 Equipos de medición

CT's en el lado de 69 kV. - Estos equipos sirven para la medición en alta de corrientes y para su instalación se deben tomar en cuenta las siguientes características: la normativa, el voltaje nominal del sistema, BIL, su frecuencia, su relación de transformación, su clase (protección o medición) y su precisión. Para sistemas de 69 kV la empresa eléctrica exige que el CT tenga bobinados de medición y de protección, el primero para realizar la facturación y el segundo para realizar un esquema de protección extendido.

PT's en el lado de 69 kV. - Estos equipos sirven para la medición en alta de tensiones, las características que se debe tener en cuenta para su instalación son similares a las que se mencionaron para los CT's en el lado de 69 kV. Las características de los PT's en el lado de 69 kV de la subestación del IESS Hosp. Teodoro Maldonado es de 42/0.12 kV, con aislamiento nominal de 72.5 kV, BIL de 325 kV, frecuencia de 60 HZ y con clase de precisión de 0.2 (medición). Ver Fig. 10.



FIGURA 10: PT'S EN EL LADO DE 69 kV

CT's en el lado de 13.8 kV. - Estos equipos sirven para la medición en baja de corrientes. Las características de los CT's en el lado de 13.8 kV de la subestación del IESS Hosp. Teodoro Maldonado son 15 kV de voltaje nominal, BIL de 110 kV, relación de 600/5 A, normativa IEEE C57, 60 Hz.

PT's en el lado de 13.8 kV. - Estos equipos sirven para la medición en baja de tensiones. Las características de los PT's en el lado de 13.8 kV de la subestación del IESS Hosp. Teodoro Maldonado es de 8.4/0.12 kV, con aislamiento nominal de 15 kV, BIL de 110 kV, frecuencia de 60 HZ, normativa IEEE C57. Los CT's y PT's de baja se encuentran instalados en la parte superior de la estructura de 13.8 kV. Ver Fig. 11.



FIGURA 11: PT'S EN EL LADO DE 13.8 KV

2.2.9 Transformador de servicios auxiliares

Este transformador provee de voltaje AC a todos los circuitos que requiera la subestación tales como iluminación, cargador de baterías, tablero de control y protecciones, etc. Haciendo referencia a la subestación del IESS, las características del transformador de servicios auxiliares es la siguiente: voltaje nominal 7.62/0.12-0.24 kV; BIL de 95/35 kV, tipo autoprotegido, ONAN, para servicio a 60 Hz. Ver Fig. 12.



FIGURA 12: TRANSFORMADOR EN ESTRUCTURA DE 13.8 kV

2.2.10 Celdas 13.8 kV

Las celdas sirven para la distribución de la energía a nivel de 13.8 kV, la imagen fue tomada de la subestación del hospital Teodoro Maldonado. Ver Fig. 13, en donde se usaron celdas de media tensión, las cuales estaban ubicadas eléctricamente a la salida del transformador de poder. Se pudieron observar dos tipos, la de remonte y las interruptoras, la primera se utiliza para la llegada del conductor de media tensión que parte de la estructura de 13.8 kV mientras que las segundas para protección de las alimentadoras instaladas. Las celdas interruptoras tenían las siguientes características: corriente nominal de 630A, con interruptores de extinción de arco en vacío, voltaje nominal de 24 kV, normativa IEC 62271, 60Hz, capacidad de interrupción de 20 kA, con sendos relés de protección de sobre corriente [9].



FIGURA 13: CELDAS EN 13.8 KV

2.3 Clasificación de las subestaciones eléctricas

2.3.1 Según función desempeñada

De acuerdo a la función que desempeñan se han clasificado en:

- Subestaciones variantes de la tensión.
- Subestaciones seccionadoras de circuito (maniobra).
- Subestaciones mixtas (conformada por la combinación de las anteriores).

2.3.2 Según niveles de tensión

Según los niveles de tensión con cual operan se clasifican en:

- Subestaciones de alto voltaje (HV). - voltaje entre 11 kV y 66 kV
- Subestaciones de extra alto voltaje (EHV). - voltaje entre 132 kV y 400 kV
- Subestaciones de ultra alto voltaje (UHV). - voltaje superior a 400 kV [10]

2.3.3 Según diseño de construcción

Basadas según su diseño de construcción se clasifican en:

- Subestaciones al interior. - En este tipo de equipos de subestación se instalan dentro del edificio con voltajes de funcionamiento de hasta 11kV.

- Subestaciones tipo intemperie. - En voltajes superiores a los 66 kV, necesariamente el espacio de separación entre los dispositivos debe ser grande, por tal motivo resulta poco adecuado instalar equipos eléctricos en el interior.
- Subestaciones Montadas en poste. - Para voltajes de 11 kV, en algunos casos incluso hasta 33 kV, resulta económico instalar los equipos eléctricos en una estructura en H, cuya finalidad es distribuir el poder en las localidades.
- Subestaciones Subterráneas. - Debido a la limitación de espacio entre la construcción con respecto al equipo, y a su vez la zona en la cual se va a implementar está densamente poblada, la subestación debe ser creada bajo tierra [10], utilizan equipo similar a las subestaciones al interior .

2.3.4 Según su aplicación

Las Subestaciones en base a su aplicación pueden ser:

- Subestación Step-Up (elevadora). - Usualmente están asociadas a las estaciones generadoras, debido a que el voltaje generado es bajo, por ejemplo 3.3 kV, 6.6 kV, 11 kV o 33 kV se incrementan hasta la tensión de transmisión primaria, de tal manera que puede transmitir una gran potencia a larga distancia hasta llegar al centro de carga.
- Subestación de cuadrícula primaria. – Generalmente se encuentran en el centro de carga a lo largo de la línea de transmisión principal. En estas subestaciones, la tensión de transmisión primaria se reduce a diferentes voltajes secundarios.
- Subestación reductora o de distribución. - Esta subestación se encuentra en el centro de carga, donde la tensión primaria es reducida a la tensión de distribución secundaria para suministrar voltajes que pueden ir de 120 V a 440 V, dependiendo de la necesidad del cliente [11].

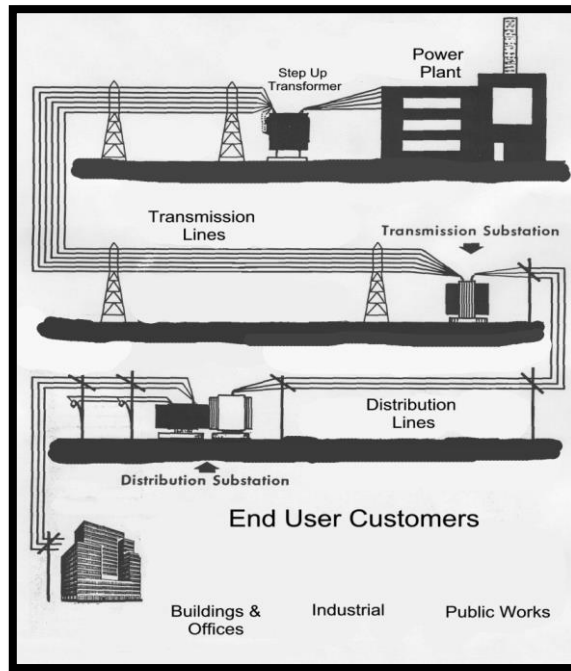


FIGURA 14: SUBESTACIONES EN BASE A SU APLICACIÓN [12]

2.3.5 Subestaciones AIS y GIS

Las subestaciones también pueden ser:

- Convencionales o aisladas en aire tipo AIS. - son las subestaciones más comunes, su aislamiento es el aire (AIS).
- Encapsuladas o aisladas en SF6 tipo GIS. - Usan gas dieléctrico hexafluoruro de azufre (SF6), sus elementos están encapsulados, a diferencia de las subestaciones con aislamiento de aire (AIS) que requieren metros de aislamiento de aire, las GIS la pueden hacer en centímetros. Por tal motivo pueden ser más pequeñas hasta un factor de 10 con respecto a una subestación AIS. Una subestación GIS se utiliza principalmente cuando el espacio es caro, o no disponible, sus partes activas están protegidas contra el deterioro por exposición a la atmósfera, aire, humedad, contaminación, etc. Como resultado, GIS es más confiable porque requiere menos mantenimiento, y tendrá una vida útil más larga (más de 50 años) que una subestación AIS. A corto plazo resulta más confiable pero más costosa. [13].

2.4 Configuración de subestaciones eléctricas

Existen varias configuraciones de subestaciones, las cuales vienen dadas de acuerdo al arreglo de barras y dispositivos electromecánicos que operan al mismo nivel de tensión, teniendo en cuenta también el mantenimiento de la misma, se debe mantener los niveles de confiabilidad y seguridad del sistema. En este documento Se hará énfasis a las configuraciones en tipo anillo, doble barra, y barra principal y de transferencia.

2.4.1 Configuración tipo anillo

En esta configuración, tal como su nombre lo indica, los interruptores están conectados para formar un anillo, con seccionadores en ambos lados de cada interruptor. Los circuitos terminan entre los interruptores y cada circuito se alimenta desde ambos lados. Cualquiera de los interruptores se puede abrir y aislar para el mantenimiento sin interrupción del servicio. Ver Fig.15.

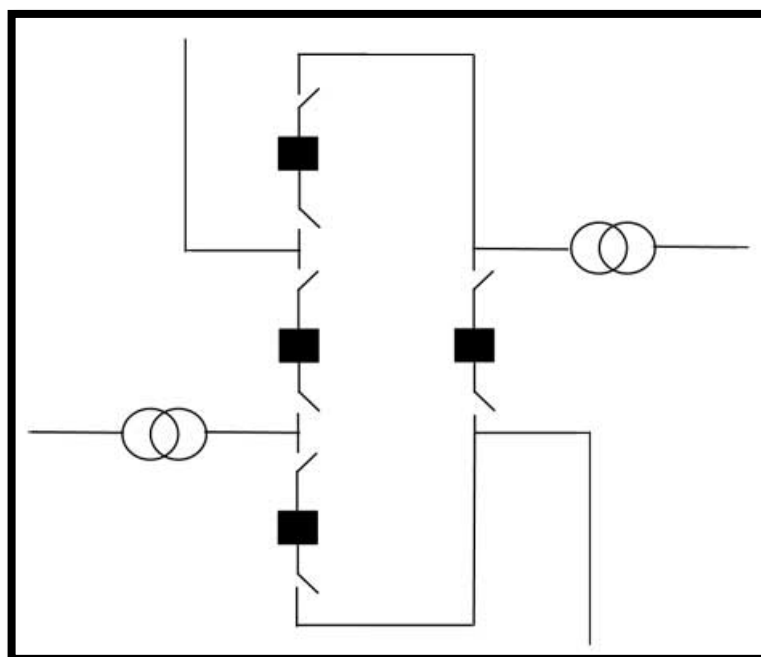


FIGURA 15: SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN TIPO ANILLO [14]

Este esquema tiene buena flexibilidad operativa y alta confiabilidad. En el caso que ocurre una falla en esta configuración, se aísla al disparar un interruptor en ambos lados del circuito. Al disparar dos interruptores, solo el circuito con falla quedará aislado o interrumpido mientras todos los otros circuitos permanecerán en servicio.

La principal desventaja del sistema de bus de anillo es que, si se produce una falla, el anillo se divide, lo que podría dar lugar a dos secciones aisladas. Cada una de estas dos secciones puede no tener la combinación adecuada de fuente y circuitos de carga. Esto se puede evitar de alguna manera conectando los circuitos fuente y carga uno al lado del otro. Los esquemas de buses en anillo se pueden ampliar para acomodar circuitos adicionales, pero generalmente no es adecuado para más de seis. Se debe utilizar una planificación cuidadosa con este esquema para evitar dificultades con la expansión futura [13], [14].

2.4.2 Configuración doble barra

Doble barra con dos interruptores. - Esta configuración utiliza dos barra y dos interruptores por circuito. Las dos barras (buses), están normalmente energizadas y cualquier circuito puede ser retirado para el mantenimiento sin una interrupción en el circuito correspondiente. El fallo de uno de las dos barras no interrumpe el sistema, puesto que todos los circuitos pueden ser alimentados desde la barra que está habilitada y se aísla la que se encuentra con falla. Ver Fig. 16.

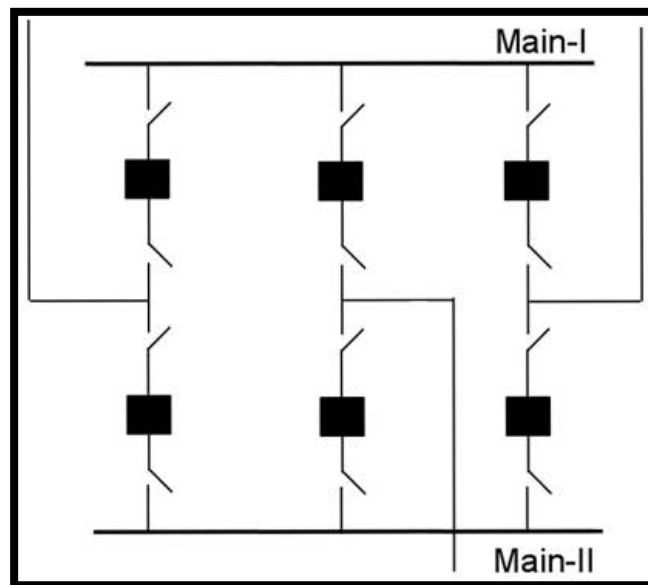


FIGURA 16: SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN DOBLE BARRA DOBLE INTERRUPTOR [14]

Las subestaciones con el arreglo de doble barra con dos interruptores requieren el doble de equipo que el esquema de barra sencilla, motivo por cual lo hace más costoso, sin embargo, es altamente confiable. El equilibrio de carga entre los buses se

puede lograr cambiando los circuitos de una barra a otra. Este esquema es típico de subestaciones de transmisión EHV o de subestaciones generadoras [13],[14].

Doble barra con interruptor. – En esta configuración, cada circuito se encuentra equipado con un interruptor único, y está conectado a las dos barras con aisladores. Un desempate (el interruptor) conecta ambas barras principales y su estado es normalmente cerrado, lo que permite una mayor flexibilidad en la operación. Una falla en una de las barras requiere aislamiento de la misma, mientras los circuitos se alimentan desde la barra que se encuentra habilitada. Ver Fig. 17.

Es común encontrar este esquema con un bus de transferencia adicional en las subestaciones de transmisión de EHV [14].

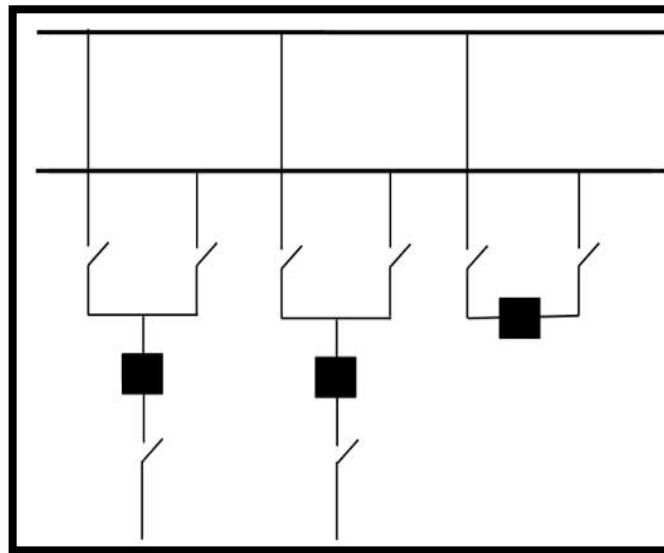


FIGURA 17: SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN DOBLE BARRA CON INTERRUPTOR [14]

2.4.3 Configuración barra principal y de transferencia

Esta configuración es similar a la disposición de barra sencilla, porque durante las operaciones normales, todos los circuitos están conectados a la barra principal. Motivo por el cual la confiabilidad operativa es baja, una falla en la barra principal desenergizará todos los circuitos.

Utiliza un enlace el cual no está asociado a ningún circuito. Cuando el enlace CB no está presente, para el mantenimiento de un interruptor de circuito, la barra de transferencia se energiza cerrando los interruptores del seccionador a la barra de transferencia. Luego, se abre y se aísla el interruptor que se someterá a mantenimiento (apertura de los aisladores en ambos lados del interruptor) para su mantenimiento. En

esta disposición no hay protección para los circuitos. Los circuitos pueden protegerse desde el exterior de la subestación.

Cuando el desempate está presente, para el mantenimiento de un interruptor, la barra de transferencia se energiza cerrando el interruptor de amarre. Entonces el aislador cerca de la barra de transferencia del interruptor del circuito que se mantendrá cerrado. Ahora se abre el interruptor que se mantendrá. Luego se abren los aisladores correspondientes en ambos lados del interruptor. El interruptor se retira para mantenimiento. El circuito se transfiere a la barra de transferencia. El aislador de la barra de transferencia correspondiente al interruptor no debe mantenerse abierto. Aquí el enlace CB protege el circuito en lugar del breaker eliminado. En este esquema, la configuración del relé es bastante compleja debido a la necesidad del interruptor de conexión para manejar cada situación para el mantenimiento de cualquiera de los otros interruptores. Esta configuración resulta más costosa que el esquema de barra sencilla, pero es más confiable [15], [16]. Ver Fig. 18.

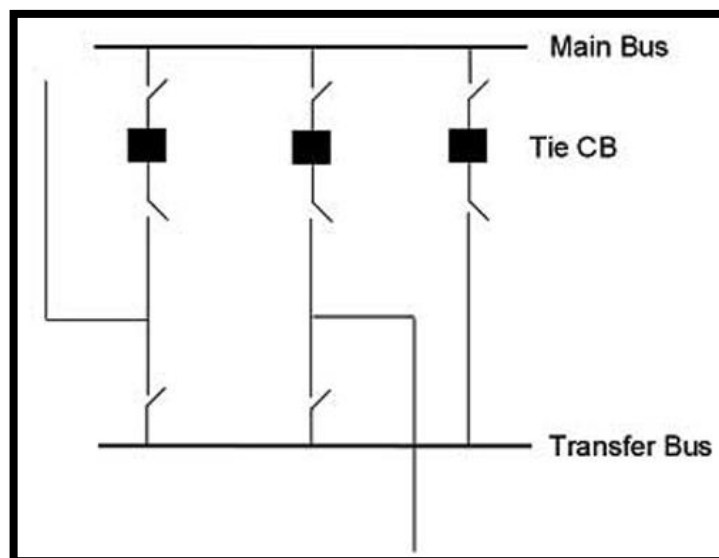


FIGURA 18: SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN BARRA PRINCIPAL Y TRANSFERENCIA [14]

2.5 Automatización de subestaciones

Con la finalidad de optimizar los procesos de operación y mantenimiento, y corregir en un menor tiempo posible las eventualidades imprevistas que se puedan presentar en una subestación, en la actualidad se implementa los sistemas de automatización de subestaciones (SAS), la cual trabaja conjuntamente con software y hardware, proporcionando capacidades de protección, control, automatización, monitoreo y

comunicación como parte de una solución integral de control y monitoreo de subestaciones (SCMS) [17].

2.5.1 Estándar IEC 61850

Es un estándar de comunicación usado en el Sistemas de automatización de subestación (SAS). Define el modelo de información y los servicios utilizados para la comunicación entre dispositivos electrónicos inteligentes (IED) en una subestación, entre sus objetivos están: asegurar una alta disponibilidad de energía eléctrica, reducir el tiempo de restauración del servicio después de fallas, reducir los costos de mano de obra [18],[19].

IEC 61850 presenta la arquitectura de la subestación, la misma que se compone de tres niveles y dos buses de comunicación. Los tres niveles son nivel de proceso, nivel de bahía y nivel estación, mientras que los dos buses se conocen como bus de proceso y bus estación. Ver Fig. 19.

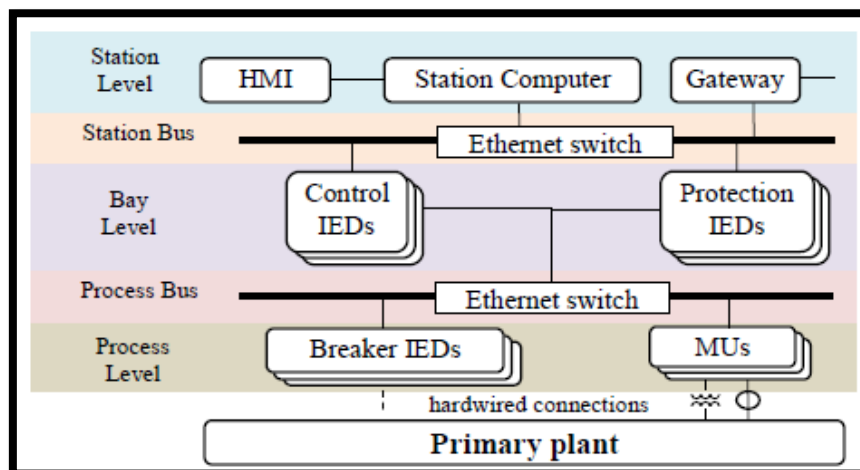


FIGURA 19: ARQUITECTURA IEC 61850 EN UNA SUBESTACIÓN [20]

Según la figura 19, los dispositivos de esa interfaz con la planta primaria (switchgear) como unidades de fusión (MU), IED de interruptor (BIED), sensores y actuadores están contenidos dentro del nivel de proceso. El nivel de la bahía contiene toda la protección, control y monitoreo de IED, mientras que el nivel de estación consiste en una interfaz hombre-máquina (HMI), una estación computadora, una base de datos, etc. El bus estación facilita comunicación entre el nivel estación y el nivel de la bahía, así como la comunicación entre IED dentro de los niveles de estación / bahía. El bus de proceso facilita la comunicación entre nivel de proceso y nivel de bahía. Esto incluye el intercambio de ambos datos brutos instantáneos (como corriente y voltaje,

mediciones de transformador), controlar datos entre procesos y niveles de bahía. También conecta los IED de nivel de proceso el uno al otro. Además, las conexiones entre el nivel de proceso dispositivos, y la planta primaria pueden ser cableados [20].

2.5.2 Pirámide de automatización en una subestación

La pirámide de automatización la cual es conocida como CIM (Computer Integrated Manufacturing) se relaciona con los niveles de automatización de una subestación. Ver Fig. 20. En el nivel de patio (nivel 0) encontramos equipos de campo como interruptores y seccionadores. En el siguiente nivel (nivel 1) encontramos dispositivos que se encuentran en los tableros, los cuales controlan y protegen los equipos de campo. En el nivel de subestación (nivel 2) desde un SCADA HMI se realizan las funciones de control, supervisión y adquisición de datos de la subestación, se puede obtener información de valores de tensión y corriente, estado de los equipos de campo, niveles de aceite, gas. El nivel de Centro de Control – SCADA (nivel 3) es el encargado de controlar y supervisar la confiabilidad del sistema [21].

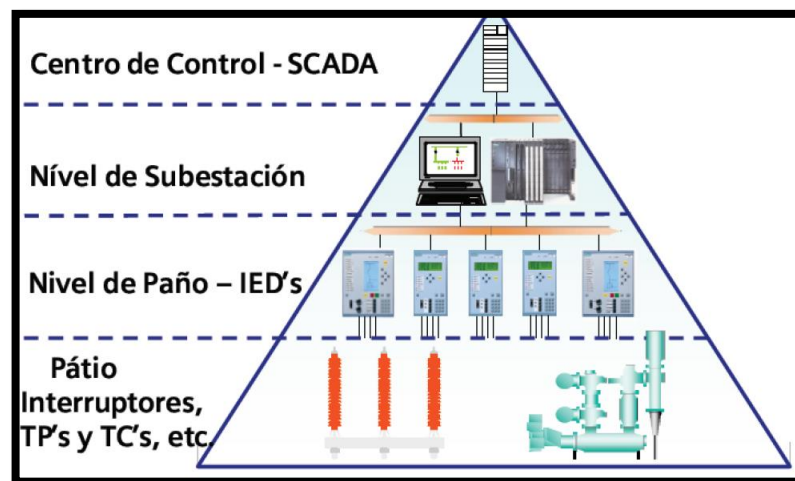


FIGURA 20: PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN EN UNA SUBESTACIÓN [21]

2.6 Comunicación

2.6.1 Profinet

La comunicación industrial juega un papel importante en los procesos tecnológicos y la automatización, este protocolo es un estándar de comunicaciones de red abierta, el cual utiliza interfaz Ethernet, basado en TCP/ IP, y es diseñado por PROFIBUS. Profinet nos permite conectar dispositivos y en tiempo real, sistemas y celdas (conjuntos de dispositivos aislados entre sí), mejorando tanto la velocidad como la

seguridad de sus comunicaciones, reduciendo costos y optimizando la producción [22], [23].

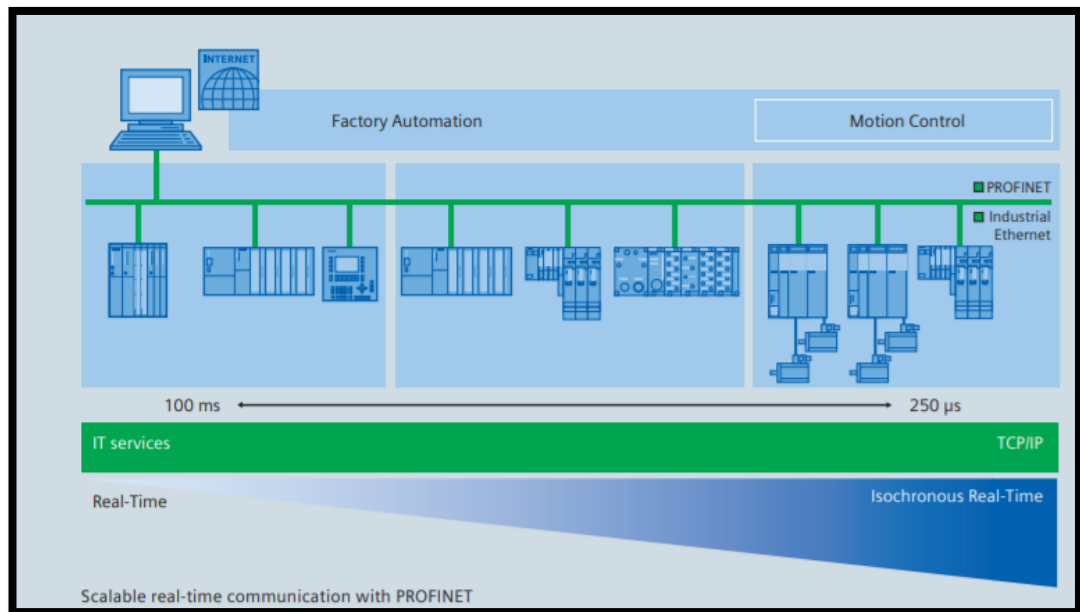


FIGURA 21: COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL [24]

2.7 LabVIEW

El LabVIEW es un software de gran utilidad en la ingeniería, diseñado para aplicaciones que necesitan monitorear, controlar, supervisar y manipular datos y hardware, el cual a diferencia de los demás software que generalmente utilizan un lenguaje de programación basado en texto, su lenguaje de programación se basa en gráficos o diagramas de bloques que representan la lógica del programa que se va a implementar, dicho lenguaje de programación se lo conoce también como lenguaje de programación G [25], [26].

2.8 OPC server

El software LabVIEW es capaz de comunicarse con cualquier tipo de controlador lógico programable (PLC) de distintas maneras. El OPC (OLE for Process Control) es el estándar de interoperabilidad el cual permite que el intercambio de datos en el espacio de automatización industrial se realice de una manera segura y confiable.

OPC se ha venido desarrollando mediante especificaciones que definen una interfaz entre los clientes y servidores, servidores-servidores, en el cual se incluye el acceso a datos en tiempo real, supervisión de alarmas y eventos, acceso a históricos y otras aplicaciones.

Para la implementación de este proyecto cumple un rol fundamental para enlazar la interfaz HMI creada en LabVIEW con la programación de las maniobras que se cargaran al PLC [27], [28].

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales del proyecto y su utilización

El proyecto de simulación y automatización de una subestación se ha implementado mediante el uso de un módulo didáctico de automatización, el cual cuenta con un dispositivo principal que es el PLC S7-1200 de la marca SIEMENS, el mismo que nos sirve para controlar las maniobras de operación de la subestación.

3.1.1 Estructura metálica del módulo didáctico de automatización

Para la elaboración del módulo didáctico de automatización, previamente se realizó varios diseños, los cuales adicionalmente debían satisfacer los requerimientos necesarios para posteriormente ser utilizado como un módulo didáctico de automatización, que sea útil para las actividades académicas de la carrera de ingeniería eléctrica. El material que utiliza este proyecto son láminas de acero de 1.4 mm de espesor, que una vez soldadas para tomar la forma de maletín, se somete a un sistema de lavado, primero en ácido para limpiar las impurezas, y después se procede a lavarlo con agua antes de iniciar el proceso de pintado con pintura electrostática, para finalmente ser llevado a un horno, donde se obtendrá el producto final de un maletín metálico resistente a cualquier eventualidad que pueda dañar el mismo y a los elementos contenidos en su interior . Ver Fig. 22.



FIGURA 22: ESTRUCTURA METÁLICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN

Las dimensiones finales que fueron aprobadas para el módulo didáctico de automatización son las siguientes: 50 cm de largo, 37 de ancho y 22 cm de altura. Ver Fig. 23.

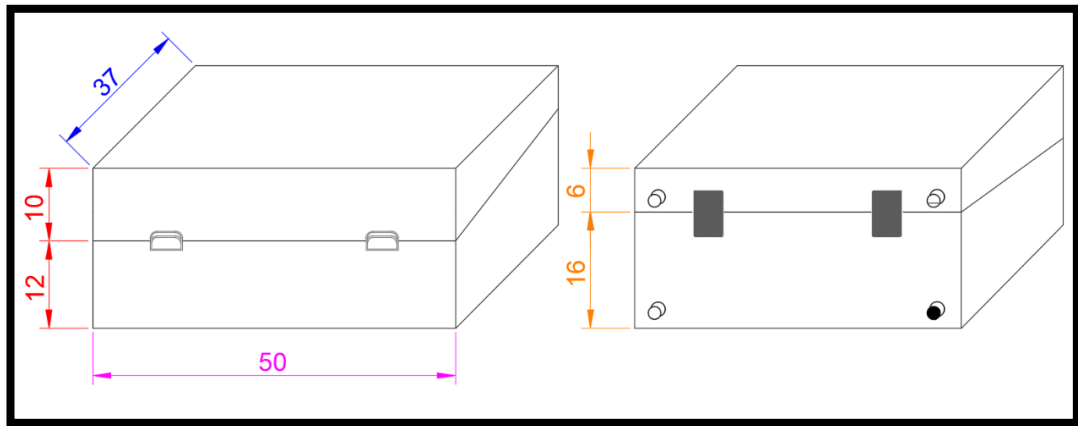


FIGURA 23: DIMENSIONES DE ESTRUCTURA METÁLICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN

3.1.2 Mascarilla del módulo didáctico de automatización

En el anexo 11 se muestra la mascarilla con las perforaciones respectivas para los elementos, y en la Fig. 24 se muestra el diseño final de la mascarilla del módulo didáctico de automatización, las cuales quedan distribuidas en secciones de la siguiente manera:

Sección 1 (PLC S7-1200), donde se visualiza el PLC a través de una placa acrílica, y a un costado se encuentran las luces pilotos de sus 10 salidas, de color rojo cuyas dimensiones son de 12 mm de diámetro, con nomenclatura que va de Q0.0 hasta Q0.7 y de Q1.0 a Q1.1.

Sección 2 (entradas digitales PLC), aquí se encuentran las 14 entradas digitales de señal del PLC representadas de color azul que van de I0.0 a I0.7, y de I1.0 a I1.5, las 7 borneras de color blanco que representan punto común, los 7 pulsadores de color verde con nomenclatura que van de P1 a P7, y 7 selectores de 2 posiciones (ON/OFF) de S1 a S7.

Sección 3 (salidas digitales PLC), contiene 10 borneras de color rojo que indican las salidas digitales de PLC con nomenclatura que van de Q0.0 hasta Q0.7 y de Q1.0 a Q1.1. Se encuentra también 10 borneras de color blanco para salidas PWM (Modulación de ancho de pulso). 10 pares de borneras color verde, que sirven para los contactos normalmente abiertos (NO de los relés), los cuales van de R1 a R10.

Finalmente se encuentran 10 selectores de 2 posiciones, para escoger entre una salida PWM o una salida tipo relé.

Sección 4 (panel de alimentación 24 VDC), contiene 4 pares de borneras, 2 pares de color rojo para potencial positivo y 2 pares de color negro para potencial negativo, una luz piloto de color rojo de 10 mm de diámetro que indica el encendido de la fuente de 24 VDC, y un selector de 2 posiciones (ON/OFF).

Sección 5 (panel de alimentación variable 0-10 VDC), conformado por dos potenciómetros de precisión, cada uno asociado a una fuente reguladora de voltaje de 10 VDC, y a su vez cada uno con su respectiva bornera positiva de color rojo y negativa de color negro.

Sección 6 (entrada y salidas analógicas), con tres borneras de color negro y tres borneras de color rojo, las mismas que se encuentran conectadas con el PLC, la nomenclatura de las entradas analógicas son AI.0, AI.1, y para la salida analógica es AO.0.

Sección 7 (voltímetros), se visualizan los dos voltímetros analógicos con capacidad de lectura de hasta 30 VDC, cada uno posee su respectivo par de borneras. Ver Fig. 24

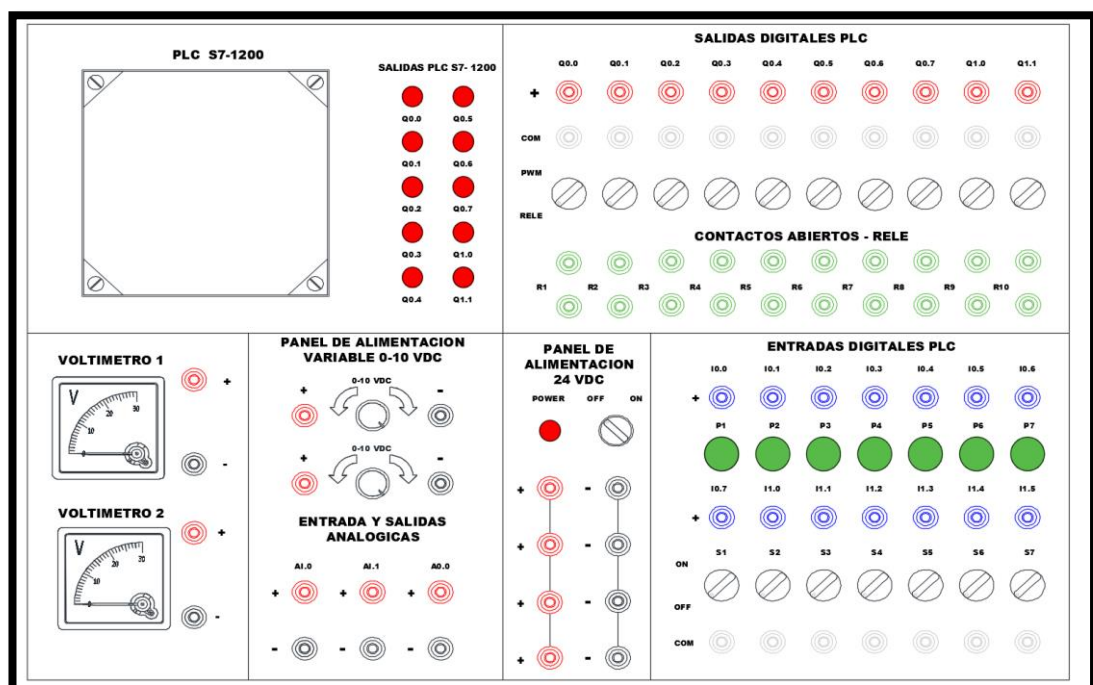


FIGURA 24: DISEÑO FINAL DE MASCARILLA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN

3.1.3 Armado y elementos del plafón interno del módulo didáctico de automatización

Para el armado de los elementos internos del módulo didáctico de automatización se procedió a colocar canaletas en los bordes laterales del plafón, y también una canaleta que divide en dos el plafón, teniendo en consideración que la parte superior debe mantener el espacio suficiente para colocar un riel din, el mismo contiene el PLC, la fuente de 24 VDC, y las borneras de 2.5 mm, a un costado se dispone de una tarjeta porta fusible de 8 fusibles de 0.5 A, la cual está fijada por pernos en el plafón. Ver Fig. 25 y 26.



FIGURA 26: RIELES DIN EN PLAFÓN



FIGURA 25: CANALETAS EN PLAFÓN

En la parte inferior se dispone de un riel din donde se ubican los 10 relés a 24 VDC, los cuales van correspondientemente ligadas a cada una de las salidas del PLC, así mismo a un costado se encuentra una tarjeta porta fusible de las características mencionadas anteriormente, que protegen las salidas del PLC y otros circuitos asociados a este. Distribuyendo de esta manera los elementos en el plafón, se garantizó el fácil acceso al mantenimiento de los elementos, considerando también el reemplazo de los mismos. Ver Fig. 27.



FIGURA 27: ELEMENTOS DEL PLAFÓN INTERNO DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN

3.2 Elementos utilizados en el módulo didáctico de automatización con sus respectivos datos técnicos

3.2.1 Controlador Lógico Programable (PLC). – Este dispositivo permite la interacción con el resto de los elementos físicos del módulo didáctico de automatización, siendo el elemento clave para el funcionamiento del mismo. Ver Fig. 28. Los datos técnicos del PLC utilizado se muestran en la Tabla 1.



FIGURA 28: CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE CPU 1214C DC/DC/DC

TABLA 1: DATOS TÉCNICOS DEL CPU 1214C DC/DC/DC

DATOS TÉCNICOS	
Marca:	Siemens
Modelo:	CPU 1214C DC/DC/DC
Alimentación:	24 VDC
Entradas Digitales:	14 DI Tipo Sumidero/Fuente (24 VDC-4mA)
Salidas Digitales:	10 DO Tipo relé con Voltajes de 30 VDC hasta 250 VAC
Entradas Analógicas:	2 AI Tipo tensión de 0 hasta 10 VDC

3.2.2 Signal Board. – Con la finalidad de obtener una salida analógica, se conecta la signal board al PLC. Ver Fig. 29. Los respectivos datos técnicos de este elemento se muestran en la Tabla 2.



FIGURA 29: SIGNAL BOARD 6ES7232-4HA30-0XB0 [29]

TABLA 2: DATOS TÉCNICOS DEL SIGNAL BOARD

DATOS TÉCNICOS	
Marca:	Siemens
Modelo:	6ES7232-4HA30-0XB0
Corriente de suministro MAX:	25 mA
Número de salidas analógicas:	1 AO
Número de entradas analógicas:	0
Rangos de salida voltaje :	0-10 VDC
Rangos de salida corriente:	0-20 mA

3.2.3 Pulsadores. – Este elemento está identificado con un botón de color verde, consta de tres terminales, un contacto NO, el otro contacto NC, y un contacto común. Ver Fig. 30. En la Tabla 3 se encuentran los datos técnicos de este elemento.



FIGURA 30: PULSANTE LAB16S

TABLA 3: DATOS TÉCNICOS DE LOS PULSADORES

DATOS TÉCNICOS	
Marca:	Camsco
Dimensiones:	16 mm
Capacidad a soportar máxima:	5 A
Señal a controlar:	250 VAC
Terminales:	NO, NC y C
Modelo:	LAB16S
Color:	Verde
Durabilidad Mecánica (veces):	1.000.000
Durabilidad Eléctrica:	1.000

3.2.4 Luces Piloto. – Constan de un led de color rojo, el cual indica que se activó alguna salida digital, o el panel de alimentación de 24 VDC se encuentra en estado operativo. Ver Fig. 31. Los datos técnicos de la luz piloto se encuentran en la Tabla 4.



FIGURA 31: LUZ PILOTO AD212 / AD210

TABLA 4: DATOS TÉCNICOS DE LAS LUCES PILOTO

DATOS TÉCNICOS	
Marca:	Camsco
Dimensiones:	12 mm , 10 mm
Tipo:	Led
Voltaje:	24 V AC/DC
Modelo:	AD212, AD210
Color:	Rojo

3.2.5 Selectores de dos posiciones. – En la Fig. 32 se observa este dispositivo, el cual posee tres terminales, común, contacto NO y contacto NC. En la Tabla 5 se mencionan sus datos técnicos.



FIGURA 32: SELECTOR DE DOS POSICIONES LAS16-2

TABLA 5: DATOS TÉCNICOS DE SELECTORES

DATOS TÉCNICOS	
Marca:	Camsco
Dimensiones:	16 mm
Capacidad a soportar máxima:	5 Amperios
Senal a controlar:	250 VAC
Terminales:	NO, NC y C
Modelo:	LAS16-2
Descripción:	90° , 2 posiciones

3.2.6 Tarjeta electrónica reguladora de voltaje. – La tarjeta reguladora de voltaje opera a 24 VDC, y su salida es de 0 VDC a 10 VDC, dependiendo de su regulación. Ver Fig. 33. Los elementos que componen esta tarjeta electrónica reguladora de voltaje se describen en la Tabla 6.

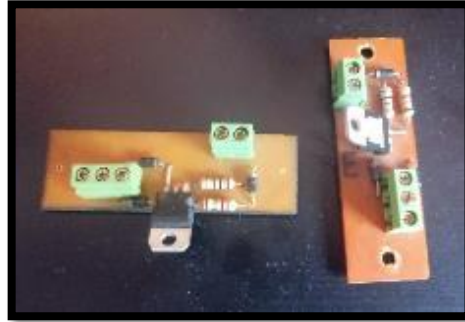


FIGURA 33: TARJETA ELECTRÓNICA REGULADORA DE VOLTAJE

TABLA 6: ELEMENTOS DE LA TARJETA REGULADORA DE VOLTAJE

DATOS TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Diodos rectificadores 1 A	3
Resistencia de 200 Ω	1
Resistencia de 1500 Ω	1
Integrado LM317T	1
Bornera de 2 terminales	1
Bornera de 3 terminales	1
Dimensiones en cm:	7 x 3

3.2.7 Tarjeta Porta fusible. – Fueron diseñadas para brindar protección a las salidas digitales del PLC y a otros elementos dentro del módulo didáctico de automatización. Ver Fig. 34. En la Tabla 7 se detallan los componentes de la tarjeta.



FIGURA 34: TARJETA ELECTRÓNICA PORTA FUSIBLES

TABLA 7: ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA TARJETA PORTA FUSIBLES

DATOS TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Fusibles	10
Bornera de 2 terminales	2
Bornera de 3 terminales	4
Dimensiones en cm:	9 x 5

3.2.8 Fuente de 24 VDC. – La fuente realiza el cambio de 100-240 VAC a 24 VDC, que es el voltaje con el cual trabaja el módulo didáctico de automatización. Ver Fig. 35. Los datos técnicos de la fuente de 24 VDC se visualizan en la Tabla 8.



FIGURA 35: FUENTE DE 24 VDC IDR-60-24 VDC

TABLA 8: DATOS TÉCNICOS DE LA FUENTE DE 24 VDC

DATOS TÉCNICOS	
Marca:	qwifm
Modelo:	IDR-60-24
Alimentación de Entrada:	100 - 240 VAC
Alimentación de Salida:	24 VDC , 2.5 A
Dimensiones	78 x 92 x 56 mm
Temperatura de trabajo:	0 °C a 45 °C

3.2.9 Voltímetro Analógico. – En el módulo didáctico de automatización se encuentran dos voltímetros analógicos con rango de medición de 0 a 30 VDC. Ver Fig. 36. La Tabla 9 muestra los datos técnicos de los voltímetros analógicos.



FIGURA 36: VOLTÍMETRO ANALÓGICO CP-48 DE 30 VDC

TABLA 9: DATOS TÉCNICOS DEL VOLTÍMETRO ANALÓGICO

DATOS TÉCNICOS	
Marca:	Camsco
Tipo:	CP-48
Rango de voltaje:	0 - 30 VDC
Movimiento:	Bobina móvil
Escala:	90 grados
Rango de temperatura:	"-10°C, +50°C"

3.2.10 Relés. – los relés de 8 pines marcan Camsco fueron usados en las salidas tipo relé del módulo didáctico de automatización con su respectiva base que va montada en el riel din. Ver Fig. 37. Los datos técnicos del relé se encuentran en la Tabla 10.



FIGURA 37: BOBINA DE RELÉ LY2 DE 24 VDC

TABLA 10: DATOS TÉCNICOS DE LA BOBINA DEL RELÉ

DATOS TÉCNICOS	
Marca:	Camsco
Modelo:	LY2
Capacidad del contacto:	28 VDC , 220 VAC
Voltaje de la bobina:	24 VDC
Durabilidad Mecánica (veces):	1000000
Durabilidad Eléctrica:	1000
Resistencia Dieléctrica:	1500 VAC / 50 - 60 HZ

3.2.11 Conectores jack banana. – Estos conectores hechos de material plástico, tipo hembra se encuentran montados en la mascarilla del módulo didáctico de automatización. Ver Fig. 38. Los datos técnicos de este elemento se encuentran en la Tabla 11.



FIGURA 38: JACKS BANANA

TABLA 11: DATOS TÉCNICOS DE LOS JACKS BANANA

DATOS TÉCNICOS	
Marca:	Genérica
Modelo:	PS301
Dimensión:	4 mm
Colores:	Verde, rojo, negro, blanco y azul,
Voltaje Máximo:	1000 V
Corriente Máxima:	32 A
Categoría de Sobretensión:	CAT III

3.2.12 Borneras. – La marca de las bornera que se utilizaron son weidmüller. Ver Fig. 39 y 40. En la Tabla 12 se muestra las características de las borneras.



FIGURA 39: BORNERA DE TIERRA WEIDMÜLLER [29]



FIGURA 40: BORNERAS WEIDMÜLLER

TABLA 12: DATOS TÉCNICOS DE LAS BORNERAS

DATOS TÉCNICOS	
Marca:	Weidmüller
Sección Nominal:	2,5 mm ²
Tipo de conexión:	Abrazadera de tornillo
Intensidad nominal:	24 A
Tensión nominal:	800 V
Anchura:	5.1 mm
Altura:	60 mm
Color:	Beige oscuro, amarillo/verde la bornera de tierra

3.3 Equipos usados

3.3.1 Módulo didáctico de protecciones de sistemas de generación en sistemas eléctricos de potencia

Las prácticas que se configuraron en este módulo fueron de tipo anillo. Ver Fig. 41.



FIGURA 41: MÓDULO DIDÁCTICO DE GENERACIÓN

3.3.2 Módulo de protecciones de líneas de transmisión

Las prácticas que se configuraron en este módulo fueron de tipo doble barra. Ver Fig.42.

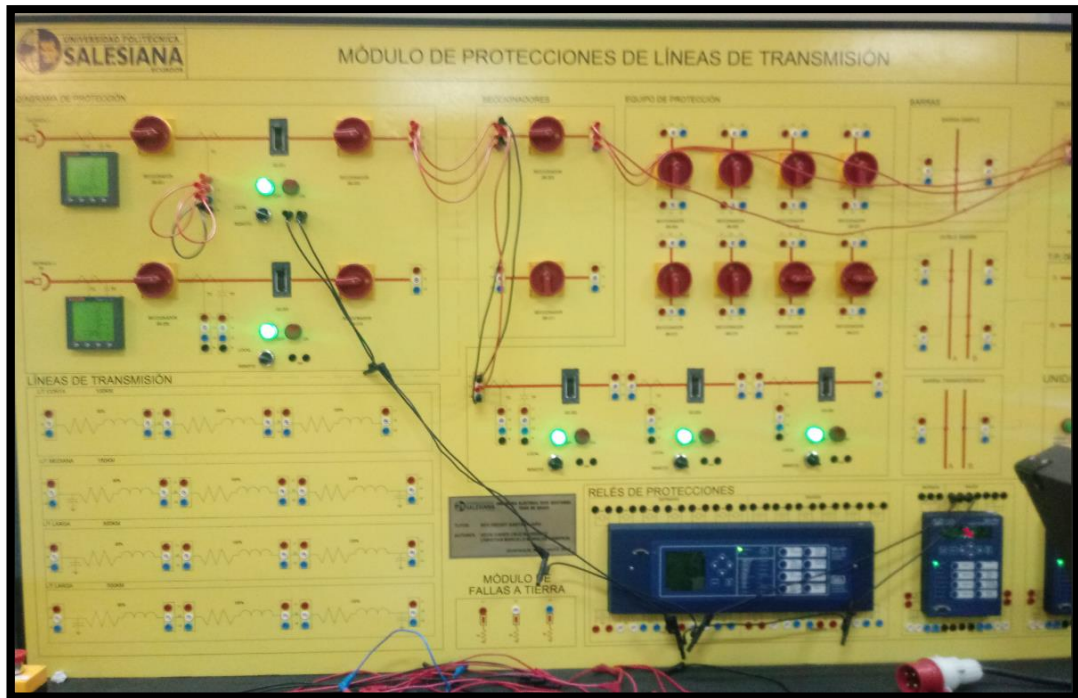


FIGURA 42: MÓDULO DE PROTECCIONES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

3.3.3 Módulo didáctico de protecciones de redes de distribución en sistemas eléctricos de potencia

Las prácticas que se configuraron en este módulo fueron de barra principal y de transferencia. Ver Fig. 43.

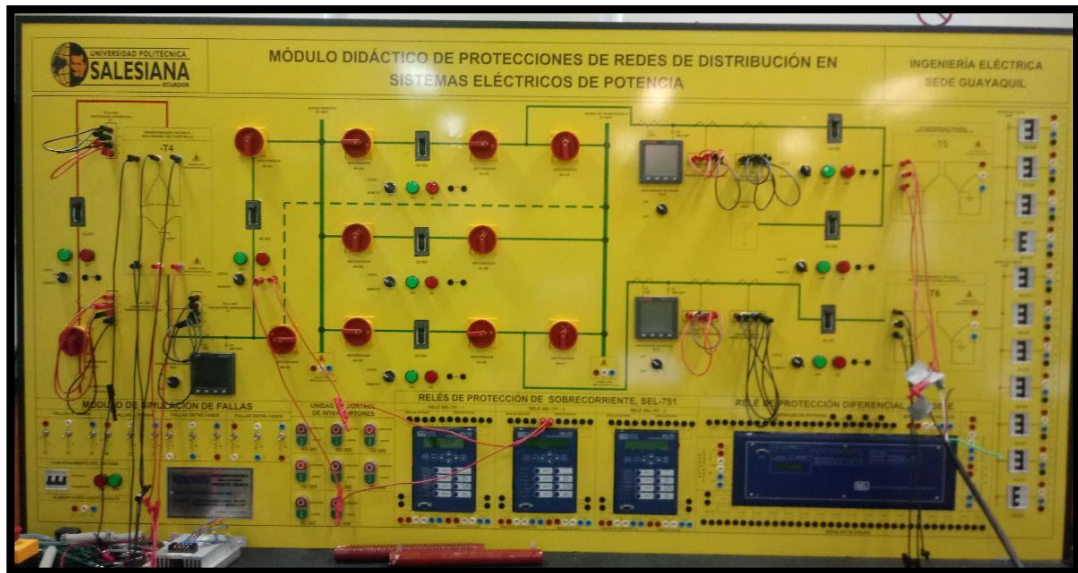


FIGURA 43: MÓDULO DIDÁCTICO DE DISTRIBUCIÓN

3.3.4 Transformador Variable Powerstat (Variac)

La serie del equipo es 146U-3, dispone de un voltaje de entrada de hasta 240 V, voltaje de salida de hasta 280 V, 30 A de corriente, 14.5 kVA, 50/60 Hz. Ver Fig. 44



FIGURA 44: TRANSFORMADOR VARIABLE POWERSTAT (VARIAC)

3.3.5 Transformador trifásico de 10 KVA

Transformador trifásico de marca EXXEL POWER de 10 kVA. Ver Fig. 45.



FIGURA 45: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 10 KVA Y SU RESPECTIVA PLACA

3.3.6 Motor trifásico

Motor trifásico marca Siemens 1LA3 073-2YB60, factor de potencia 0.80, 3320 RPM, 0.90-0.67 HP/kW, 220YY-440Y V, 3.10-1.55 A, Factor de servicio 1.0. Ver Fig. 46.

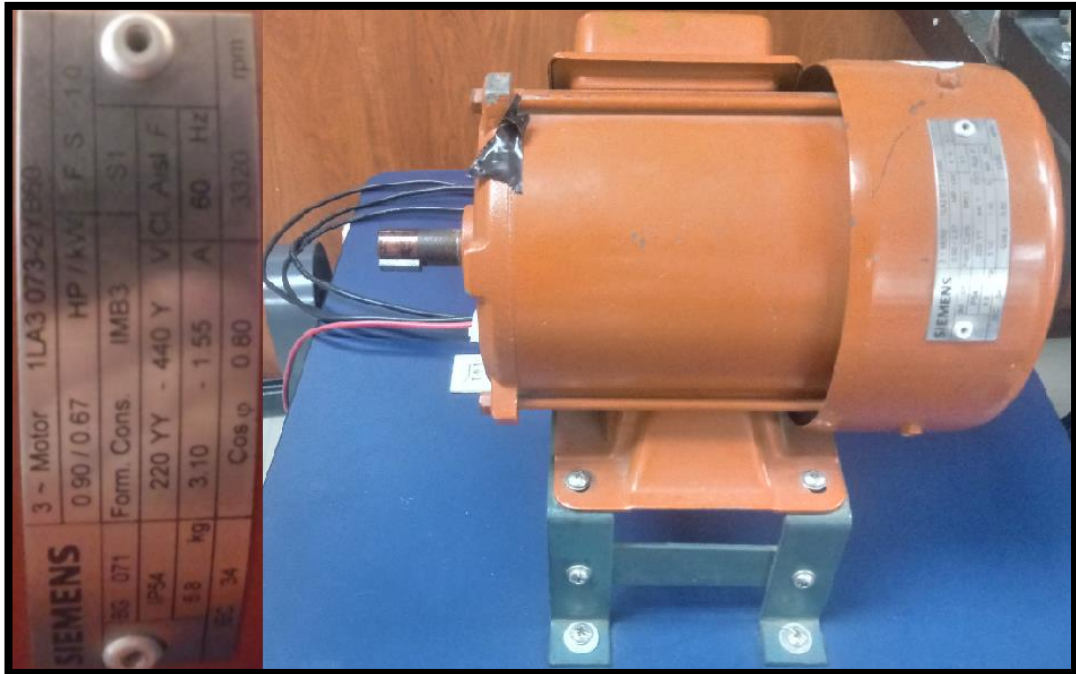


FIGURA 46: MOTOR TRIFÁSICO SIEMENS Y SU RESPECTIVA PLACA

3.3.7 Switch

Conmutador o Switch de 8 puertos RJ45, marca TP LINK, usado para establecer una red de comunicación entre los medidores del módulo de generación y el visor HMI diseñado en LabVIEW. Ver Fig. 47



FIGURA 47: CONMUTADOR O SWITCH DE 8 PUERTOS RJ4

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo contiene la documentación de las prácticas, las cuales quedaron definidas de acuerdo a los objetivos específicos, en su totalidad se establecieron nueve prácticas, debido a que el módulo didáctico de automatización interactúa con los módulos de generación, transmisión y distribución.

El módulo de generación se configuró en anillo, y se realizaron las siguientes prácticas:

- 1) Energización y desenergización de carga (línea 1) por medio de SNI, vía larga.
- 2) Energización y desenergización de carga (línea 2), por medio de SNI, vía larga.
- 3) Energización y desenergización de carga (línea 1), por medio de G1, vía larga.

El módulo de transmisión se configuró en doble barra, y se realizaron las siguientes prácticas:

- 4) Energización y desenergización de carga por Línea 1.
- 5) Energización y desenergización de carga por Línea 2.
- 6) Transferencia de carga de L1 a L2 y viceversa.

El módulo de distribución se configuró en barra principal y transferencia, y se realizaron las siguientes prácticas:

- 7) Energización y desenergización de carga en 52-306 por barra principal.

4.1 Práctica 1

4.1.1 Tema

Energización y desenergización de carga (línea 1) por medio de SNI, vía larga.

4.1.2 Objetivos

Objetivo general:

- Simular el control y automatización de una subestación en configuración tipo anillo para habilitar y deshabilitar una etapa de transmisión conectada al SNI.

Objetivos específicos:

- Interactuar con un programa que controle las maniobras de una subestación.
- Visualizar un HMI de una subestación en configuración tipo anillo realizada en el software LabVIEW.
- Comunicar el PLC con La PC para obtener datos de valores de temperatura de aceite y de devanado del transformador, que serán monitoreados por el software LabVIEW.

4.1.3 Recursos

- Módulo didáctico de automatización con PLC S7-1200 DC/DC/DC, cable de alimentación a 120 VAC, cable de red, cables de pruebas.
- Módulo didáctico de protecciones y sistemas eléctricos de potencia aplicados a sistemas de generación.
- Laptop Dell Latitude E6430.
- Software: TIA Portal V13, LabVIEW 2017, OPC Server 2016.

4.1.4 Tiempo estimado

El tiempo estimado para realizar la práctica es de 2 horas.

4.1.5 Procedimiento

Abrir el programa desarrollado en TIA Portal V13 que tiene como nombre **MANEUVERS_RING_BARS**. Ver Fig. 48. Se deberá tener en consideración que este proceso se tendrá que repetir con las demás prácticas de la configuración anillo (1, 2, 3).



FIGURA 48: ACCESO AL PROGRAMA DE MANIOBRAS MANEUVERS_RING_BARS

Seleccionar *Open existing project*, poroeder a dar click en el botón *Browse* para buscar el archivo del programa que se quiere ejecutar llamado MANEUVERS_RING_BAR, luego click en *Project view*. Ver Fig. 49.

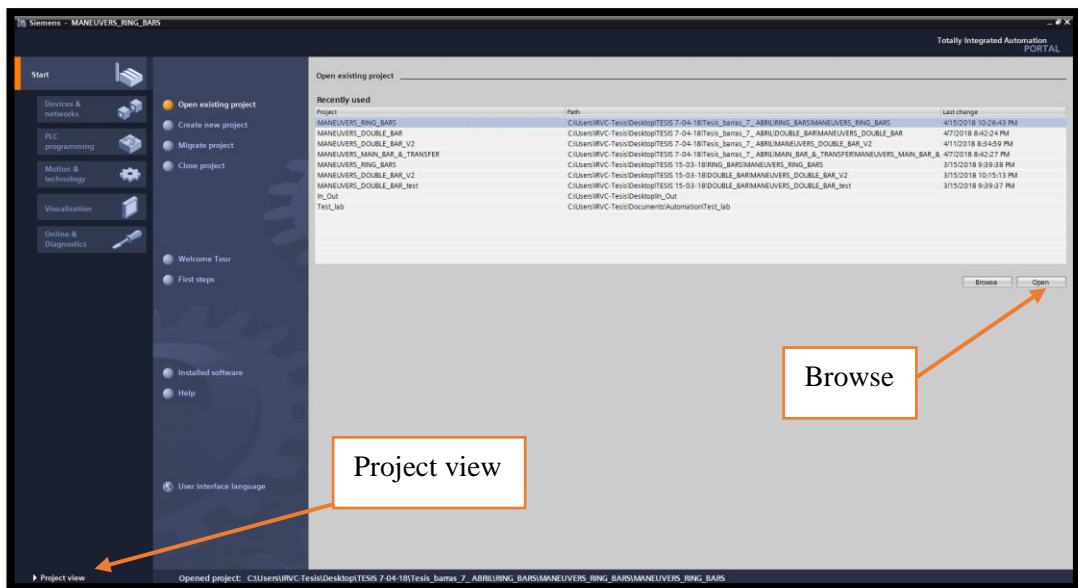


FIGURA 49: PANTALLA DE INICIO TIA PORTAL V13

El dispositivo cargado por default en el programa es **PLC_1[CPU 1214C DC/DC/DC]**. Para cargar el programa al PLC del módulo de automatizacion se pocederá a dar click derecho al dispositivo, posteriormente a *Download to device* y luego seleccionar *Hardware and software (only changes)*. Ver Fig. 50.

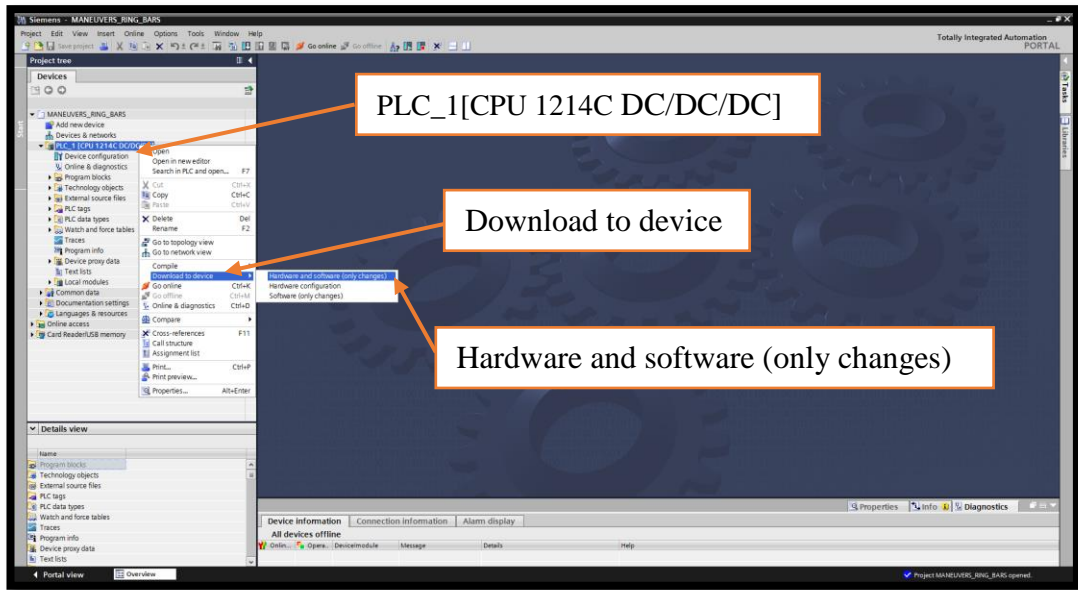


FIGURA 50: MENÚ PARA CARGAR EL PROGRAMA AL PLC

Posteriormente aparecerá una ventana. Ver Fig. 51, la cual está relacionada con la interfaz a usar, donde en *Type of PG/PC interface* se debe seleccionar *PN/IE*, y en *PG/PC interface* se selecciona *Intel(R) PRO/1000 MT Network Connection* el cual es el controlador de red Ethernet de la laptop. Se procede a la búsqueda del PLC con el botón *Start search*, una vez reconocido el mismo, continuar con la carga del programa al PLC dando click en el botón *Load*.

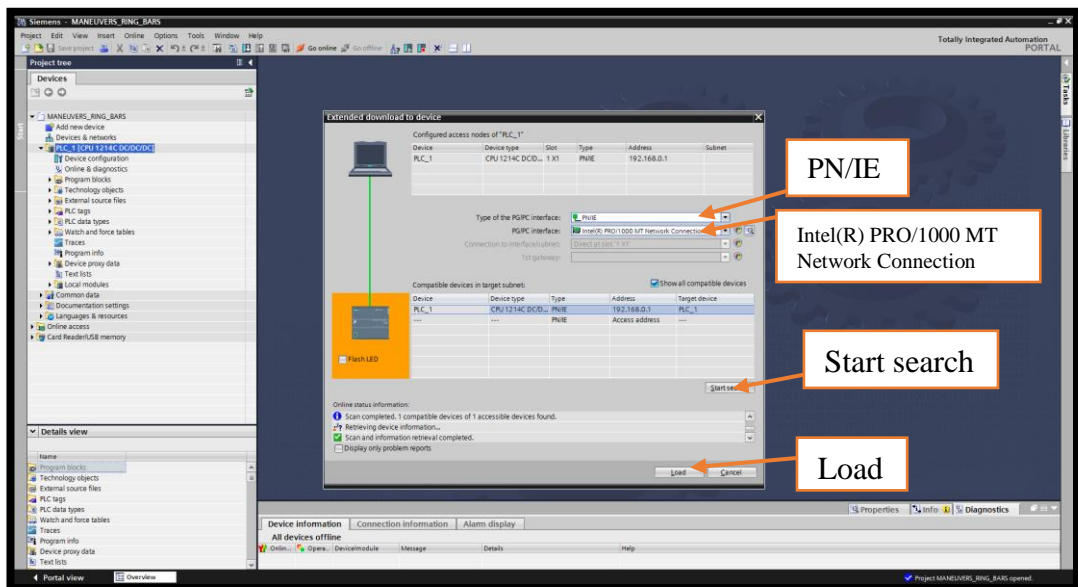


FIGURA 51: CARGA DEL PROGRAMA AL PLC

Una vez finalizada la carga del programa al PLC, se podrá visualizar *Program blocks*, donde se encuentra el *Main [OB1]*. Ver Fig. 52. El mismo que hace un llamado a

los bloques de función del programa, particularmente para esta configuración tipo anillo se ha creado 4 funciones. Ver Fig. 53.

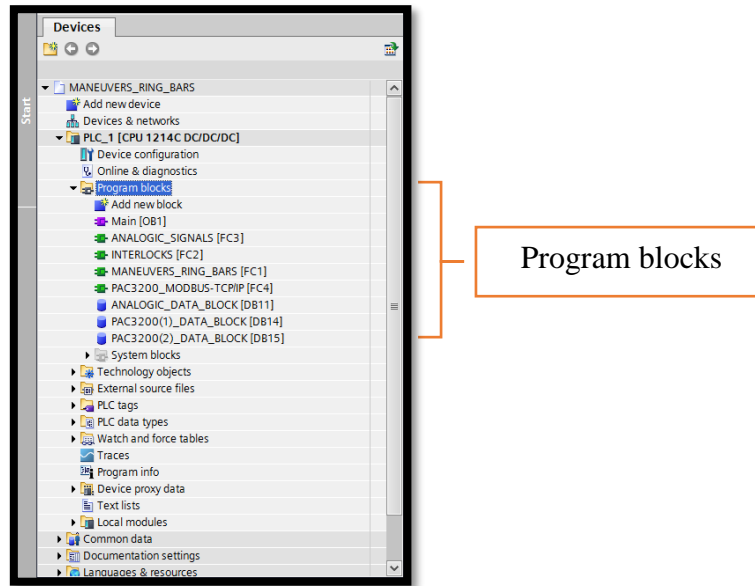


FIGURA 52: BLOQUES DE PROGRAMACIÓN DE LAS MANIOBRAS



FIGURA 53: FUNCIONES CREADAS EN LA PROGRAMACIÓN DE LAS MANIOBRAS

En el bloque de funciones llamado *INTERLOCKS [FC2]* se encuentra detallada la programación de todas las condiciones de cada una de las maniobras del barraje tipo anillo. Ver Fig. 54.

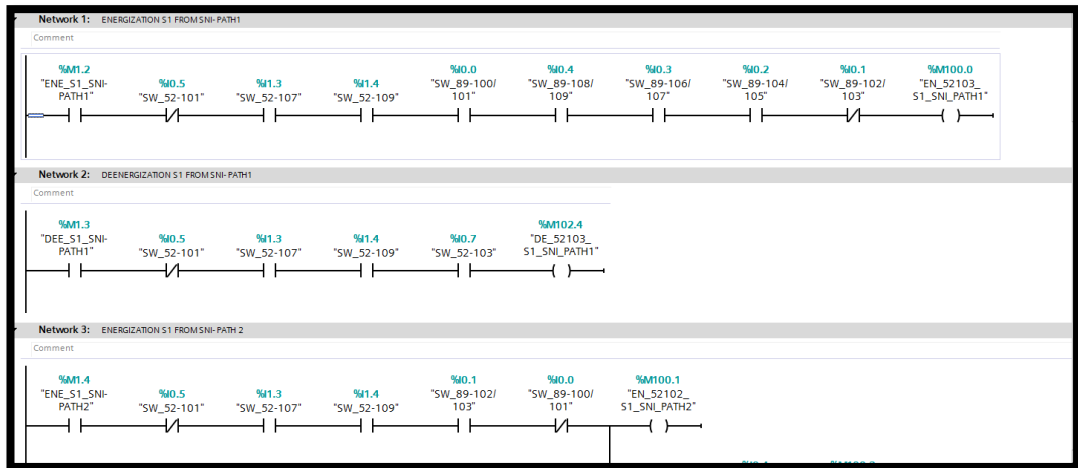


FIGURA 54: CONDICIONES DE LAS MANIOBRAS

Simultáneamente con el programa cargado al PLC, ejecutar el HMI desarrollado en LabVIEW, el cual es de tipo *LabVIEW Project* cuyo nombre es *Tesis_Labview*. Posteriormente dentro del proyecto se presentará un cuadro de diálogo en el cual se debe seleccionar *ANILLO.vi*. Ver Fig. 55. En la misma se visualizará la configuración de una subestación tipo anillo, con dos líneas *LINEA 1* y *LINEA 2*, que pueden ser alimentadas con conexión al SNI (Sistema Nacional Interconectado), o también por los generadores G1 y G2. Ver Fig. 56.

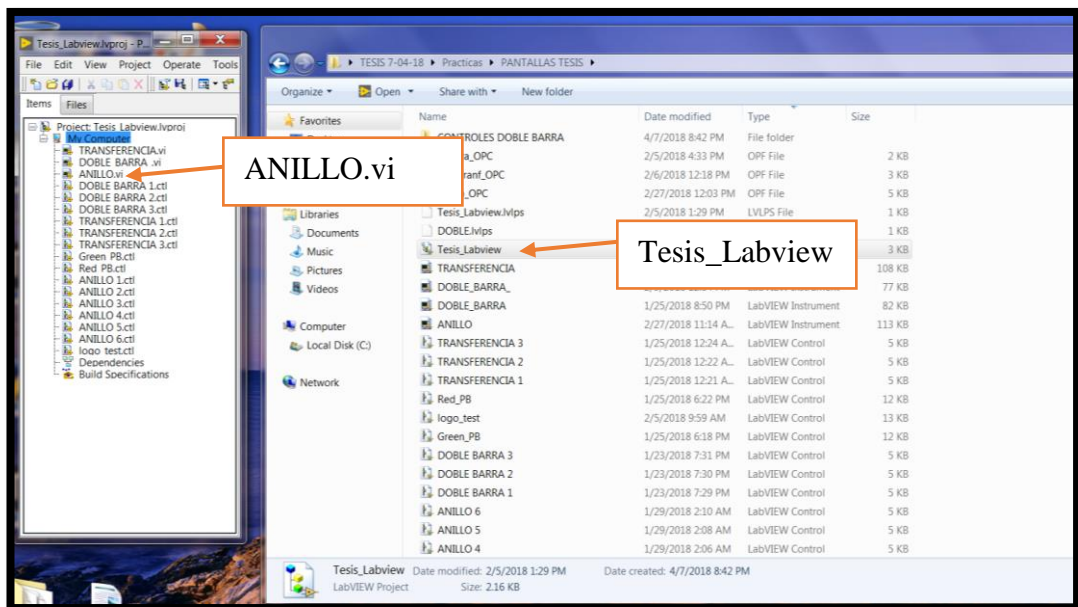


FIGURA 55: ABRIENDO EL INSTRUMENTO VIRTUAL DE LA CONFIGURACIÓN ANILLO

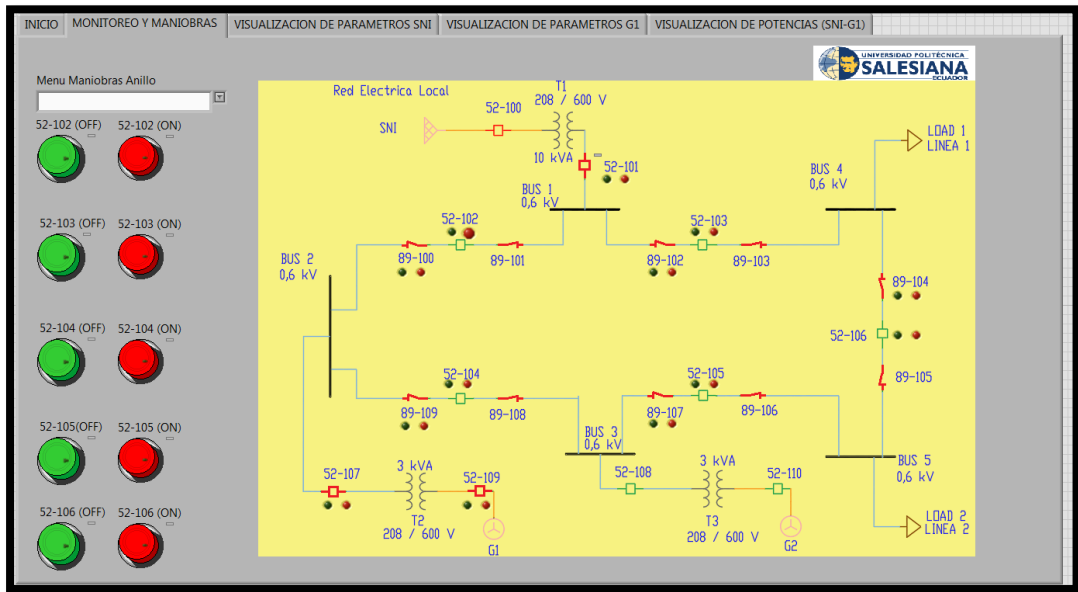


FIGURA 56: HMI EN LABVIEW DE UNA SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN TIPO ANILLO

El LabView y el TIA Portal V13 deben estar enlazados entre sí, para que todas las maniobras ejecutadas en el módulo didáctico de automatización sean visualizadas en el HMI creada en LabVIEW. Para que esto sea posible se necesitará de la ayuda de otro software llamado OPC server. Ver Fig. 57, el cual servirá de nexo entre los dos programas mencionados anteriormente.

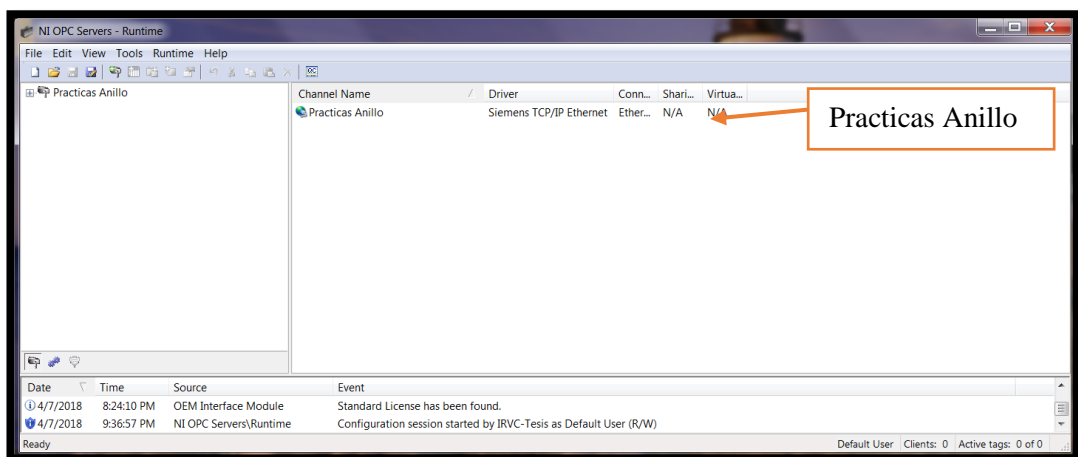


FIGURA 57: VENTANA DEL OPC SERVER

Para la configuración anillo se desarrolló un canal que contiene los tags que se visualiza en el entorno de LabVIEW con nombre *Practicas Anillo*. Ver Fig. 58.

Tag Name	Add...	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
SW_100-101	I0.0	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-100/101
SW_102-103	I0.1	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-102/103
SW_104-105	I0.2	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-104/105
SW_106-107	I0.3	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-106/107
SW_108-109	I0.4	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-108/109
CB_52-101	I0.5	Boolean	100	None	Status CB 52-101
CB_52-102	I0.6	Boolean	100	None	Status CB 52-102
CB_52-103	I0.7	Boolean	100	None	Status CB 52-103
CB_52-104	I1.0	Boolean	100	None	Status CB 52-104
CB_52-105	I1.1	Boolean	100	None	Status CB 52-105
CB_52-106	I1.2	Boolean	100	None	Status CB 52-106
CB_52-107	I1.3	Boolean	100	None	Status CB 52-107
CB_52-109	I1.4	Boolean	100	None	Status CB 52-109
52-102C	M0.0	Boolean	100	None	Close PB
52-102O	M0.1	Boolean	100	None	Open PB
52-103C	M0.2	Boolean	100	None	Close PB
52-103O	M0.3	Boolean	100	None	Open PB
52-104C	M0.4	Boolean	100	None	Close PB
52-104O	M0.5	Boolean	100	None	Open PB
52-105C	M0.6	Boolean	100	None	Close PB
52-105O	M0.7	Boolean	100	None	Open PB
52-106C	M1.0	Boolean	100	None	Close PB
52-106O	M1.1	Boolean	100	None	Open PB
ENE_L1_SH_SNI	M1.2	Boolean	100	None	Energizacion L1 corta
DES_L1_SH_SNI	M1.3	Boolean	100	None	Desenergizacion L1 corta por SNI
ENE_L1_LG_SNI	M1.4	Boolean	100	None	Energizacion L1 larga por SNI
DES_L1_LG_SNI	M1.5	Boolean	100	None	Desenergizacion L1 larga SNI
ENE_L1_SH_G1	M1.6	Boolean	100	None	Energizacion L1 corta G1
DES_L1_SH_G1	M1.7	Boolean	100	None	Desenergizacion L1 corta G1
ENE_L1_LG_G1	M2.0	Boolean	100	None	Energizacion L1 larga G1
DES_L1_LG_G1	M2.1	Boolean	100	None	Desenergizacion L1 larga G1
ENE_L2_SH_SNI	M2.2	Boolean	100	None	Energizacion L2 corta SNI
DES_L2_SH_SNI	M2.3	Boolean	100	None	Desenergizacion L2 corta SNI
ENE_L2_LG_SNI	M2.4	Boolean	100	None	Energizacion L2 larga SNI
DES_L2_LG_SNI	M2.5	Boolean	100	None	Desenergizacion L2 larga SNI

FIGURA 58: TAGS EN OPC SERVER PARA LA SUBESTACION TIPO ANILLO

Una vez habilitados los tres programas, se procede a realizar la práctica de energización y desenergización de carga (línea 1) por medio de SNI, vía larga. Para esto en el programa de *ANILLO.vi* desarrollado en LabVIEW, se deberá seleccionar la pestaña de *MONITOREO Y MANIOBRAS*, y en el Menú de Maniobras Anillo buscar la práctica con nombre *Energización L1 larga (SNI)*. El color verde de los seccionadores e interruptores indica que el estado de estos elementos es inactivo o abierto, y el color rojo indica que se encuentran en estado activo o cerrado. Ver Fig. 59.

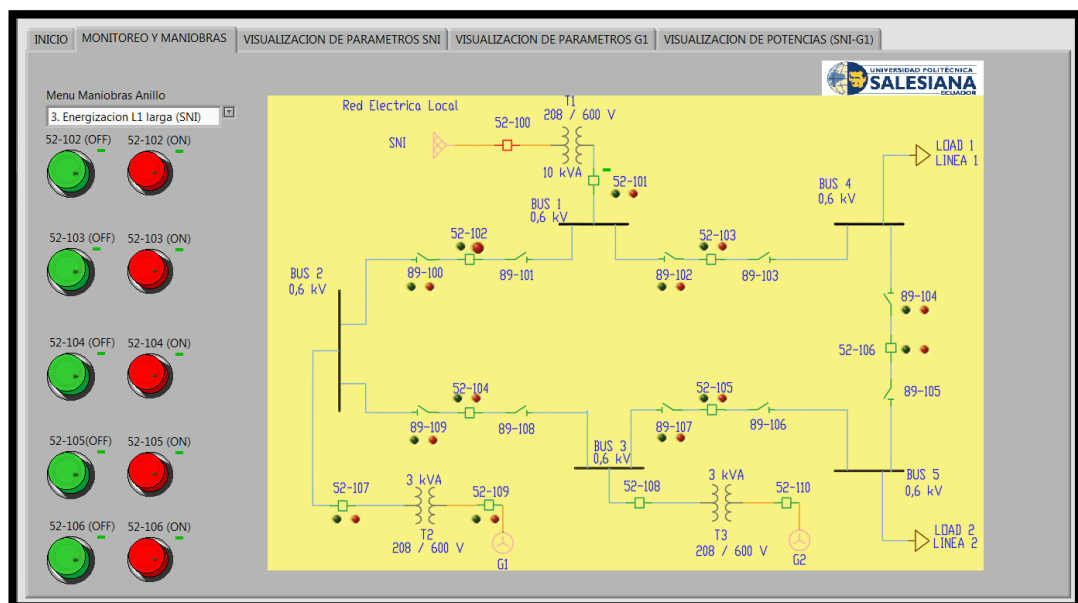


FIGURA 59: PRÁCTICA DE ENERGIZACIÓN L1 LARGA POR MEDIO DE SNI

La línea de color azul traza la secuencia del camino a seguir para que poder energizar la LINEA 1 al SNI. Ver Fig. 60. Cabe recordar que las maniobras de operación de los seccionadores se realizan **sin carga** alguna.

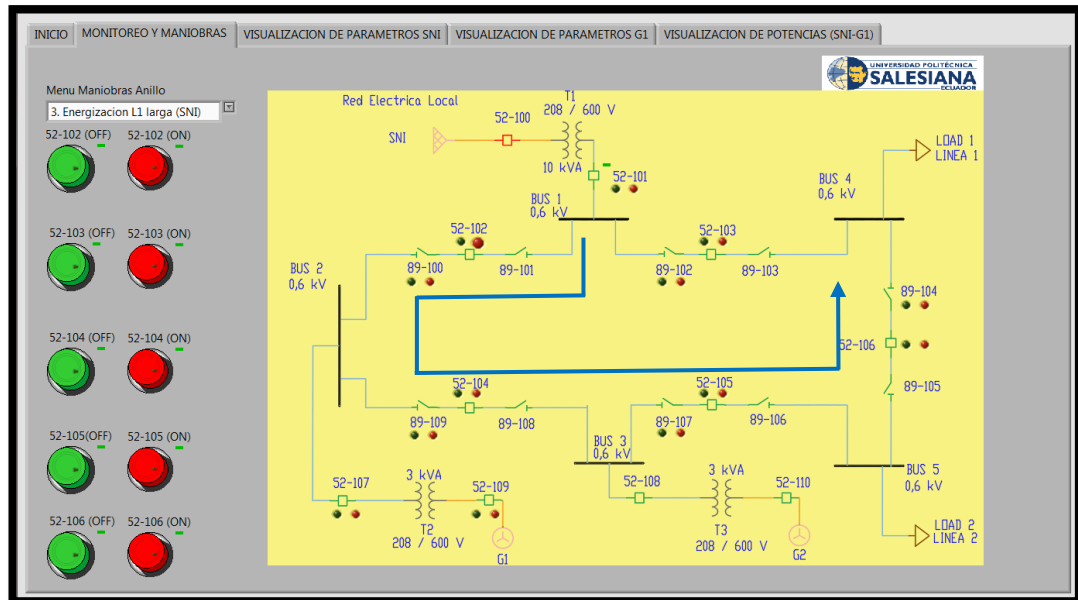


FIGURA 60: SECUENCIA A SEGUIR PARA ENERGIZAR LA LÍNEA 1

Abrir la función *INTERLOCKCS* para poder iniciar las maniobras de energización de la línea. El estado inicial en el TIA Portal, se puede visualizar el contacto NC que representa al interruptor 52-101 y a su vez a la entrada digital %I0.5, que debe ser habilitado para empezar las simulación de la maniobra de energización, eso es equivalente a cerrar el interruptor 52-101. Ver Fig. 61.

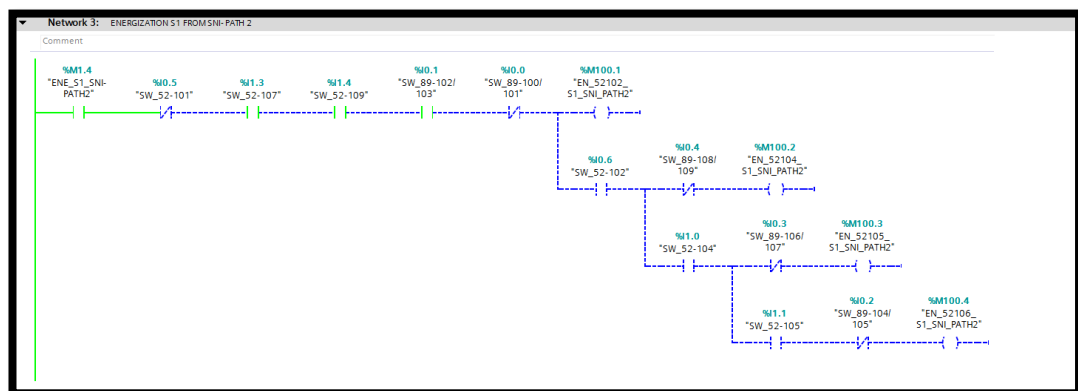


FIGURA 61: ESTADO EN CONDICIONES INICIALES EN TIA PORTAL

Habilitar el interruptor 52-101 como primer paso, por lo tanto se debe accionar físicamente el breaker que representa el interruptor 52-101 en el módulo de

generación. En la Fig. 62 y 63, se visualiza la maniobra descrita en LabVIEW y TIA Portal, respectivamente.

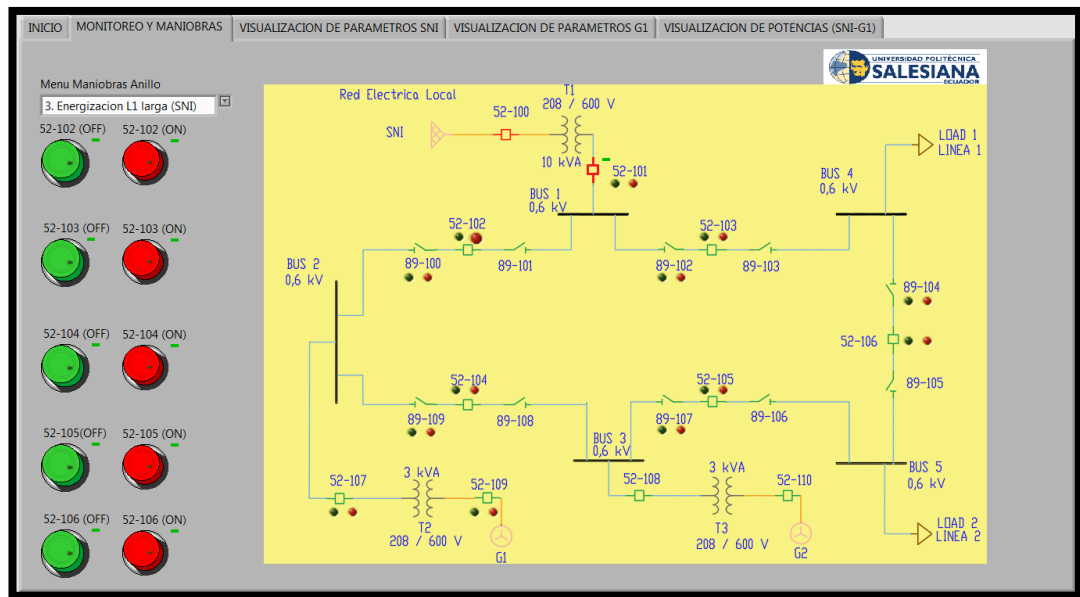


FIGURA 62: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-101 EN LABVIEW

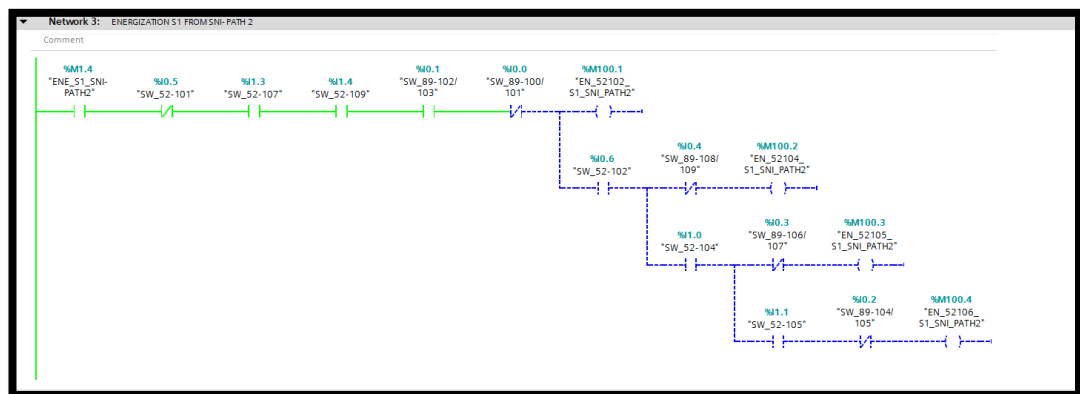


FIGURA 63: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-101 EN TIA PORTAL

Siguiendo la secuencia tal como se muestra en la figura 64, se procede a cerrar los seccionadores 89-100 y 89-101, los mismos que están vinculados con la entrada digital %I0.0. Ver Fig. 65.

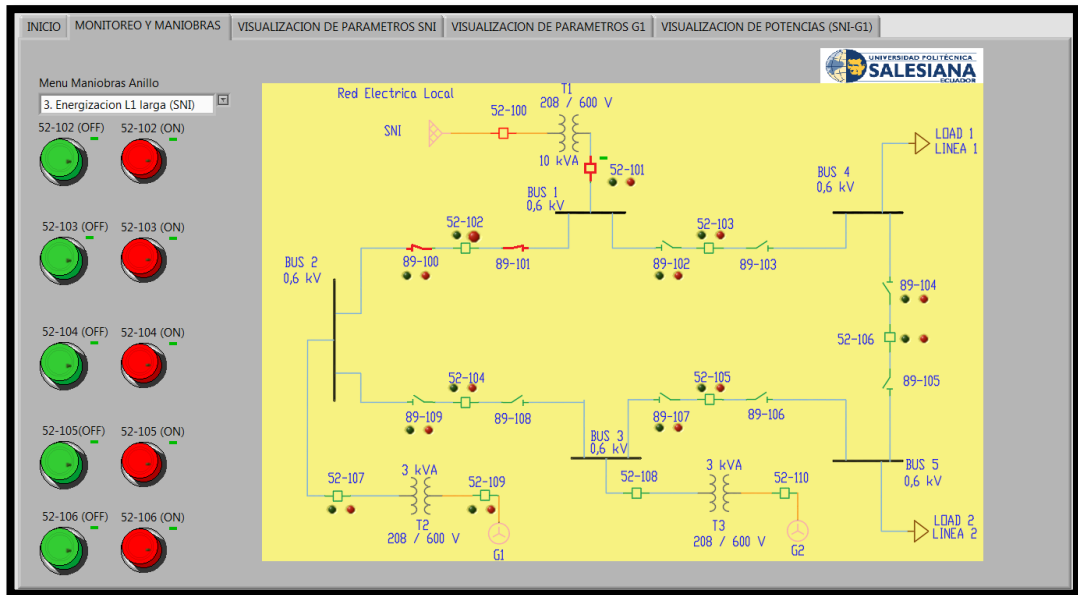


FIGURA 64: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-100, 89-101

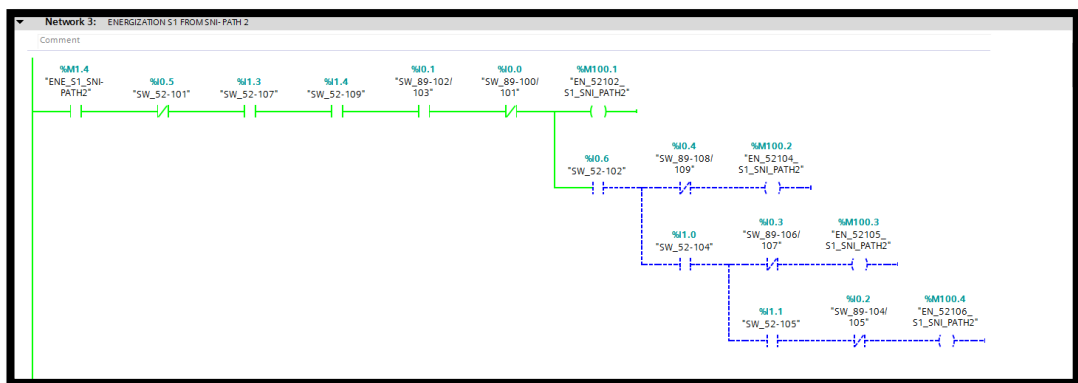


FIGURA 65: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-100, 89-101 EN TIA PORTAL

Cabe mencionar que los seccionadores para la programación se consideran como contactos NC (normalmente cerrados), actuando de manera inversa en la lógica de estados.

Antes de accionar el botón de cierre para cualquier interruptor dentro de la configuración tipo anillo, se deberá disponer en estado cerrado físicamente los breakers de los interruptores del módulo de generación. Consecuentemente, para el cierre del interruptor 52-102, se debe de accionar el botón de color rojo 52-102 (ON). Ver Fig. 66, con entrada digital %I0.6. Al realizar el cerrado de este interruptor se acciona la salida digital Q0.0 del PLC. Ver Fig. 67.

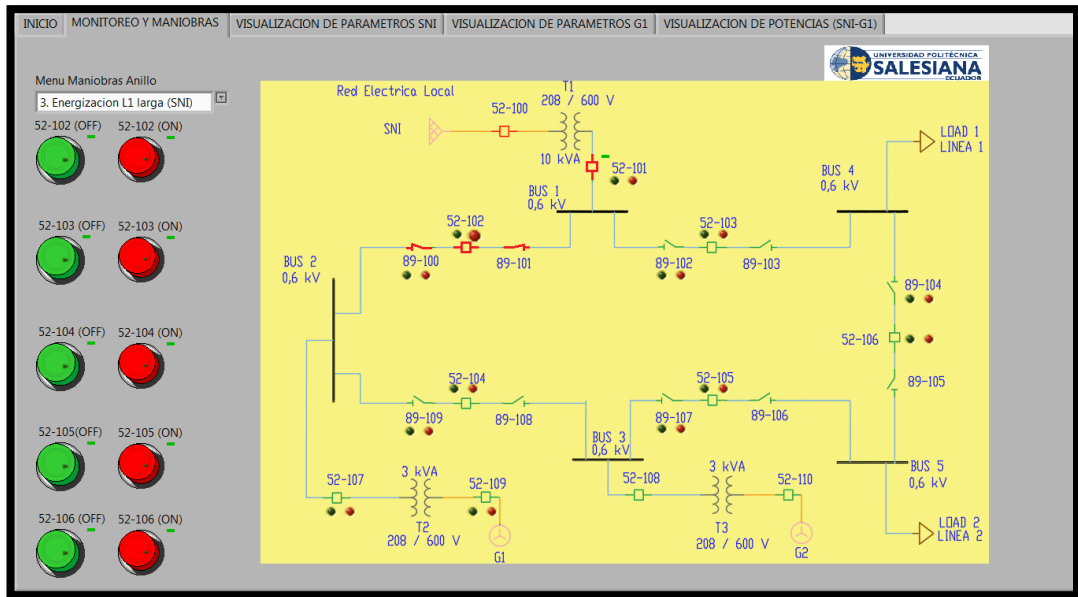


FIGURA 66: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-102

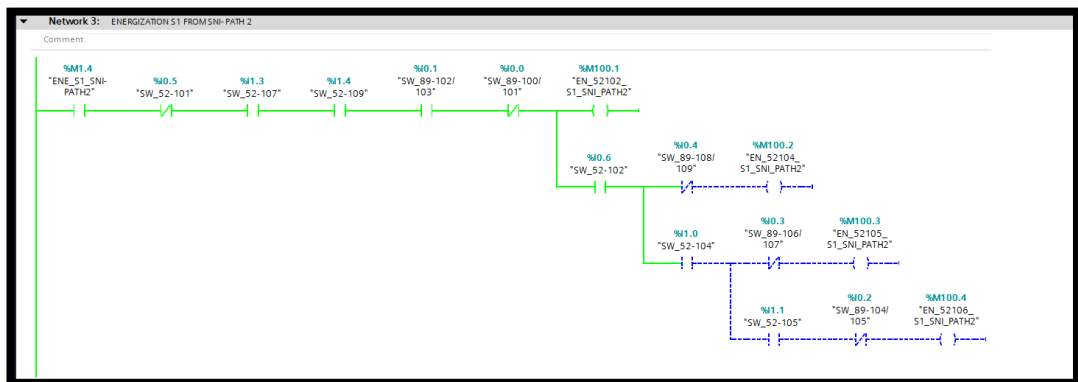


FIGURA 67: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-102 EN TIA PORTAL

La siguiente maniobra indica que se debe de cerrar los seccionadores 89-108 y 89-109. Ver Fig. 68, vinculados con la entrada digital %I0.4. En el módulo didáctico de automatización se reflejará con la ausencia de señal en la entrada digital anteriormente mencionada. Ver Fig. 69.

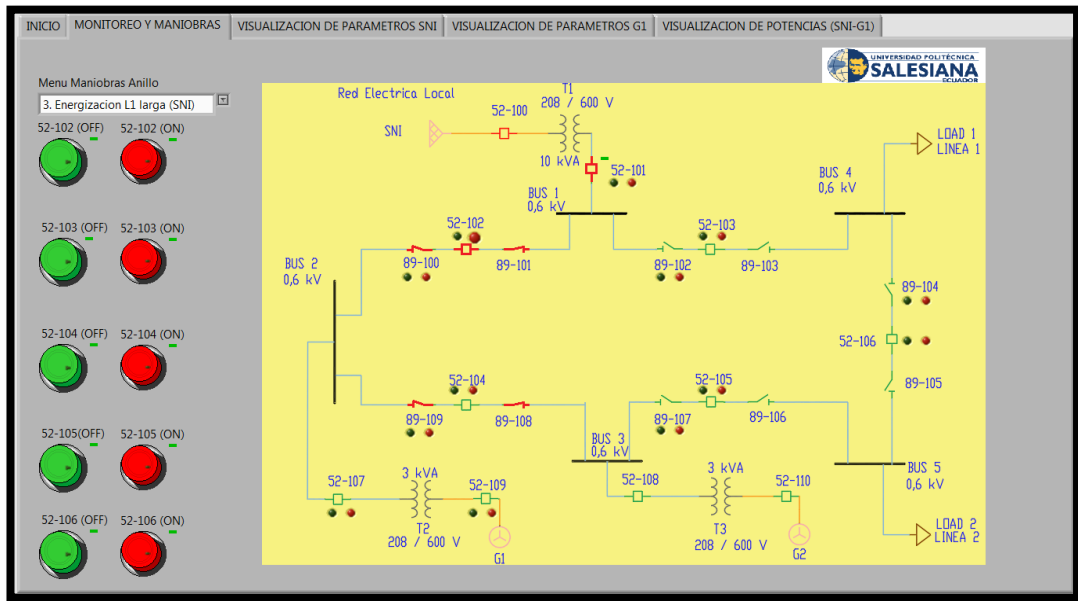


FIGURA 68: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-109, 89-108

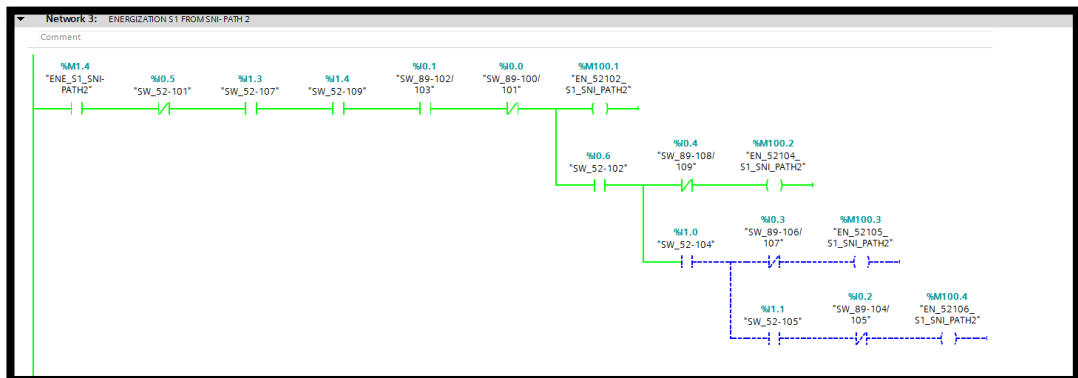


FIGURA 69: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-109, 89-108 EN TIA PORTAL

Cerrar el interruptor 59-104, accionando el botón de color rojo 52-104 (ON) . Ver Fig.70, con entrada digital %I1.0. Al realizar el cerrado de este interruptor, se acciona la salida digital Q0.4 del PLC. Ver Fig 71.

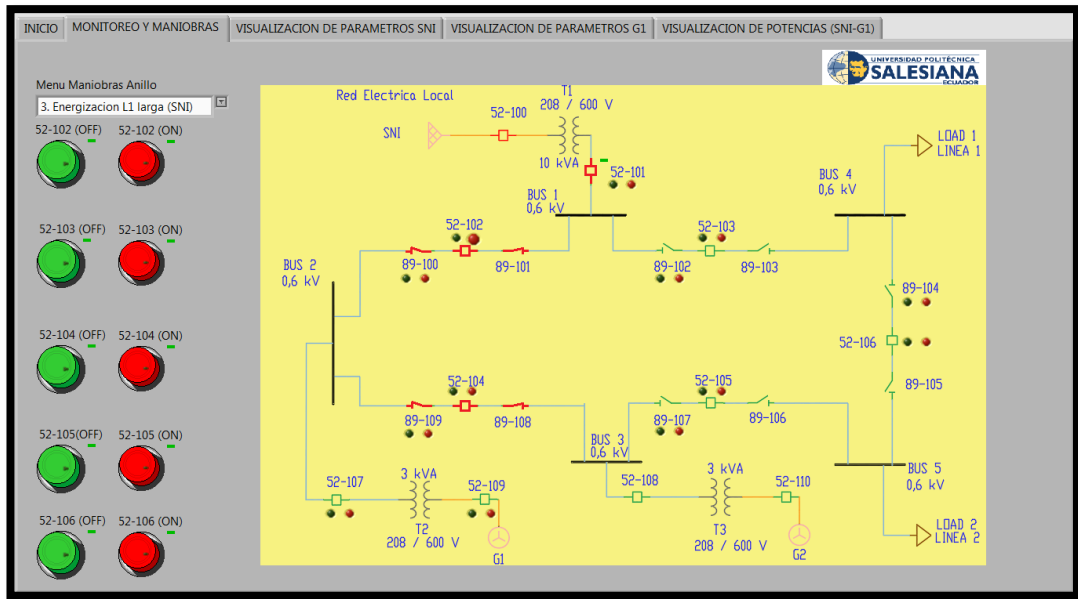


FIGURA 70: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-104

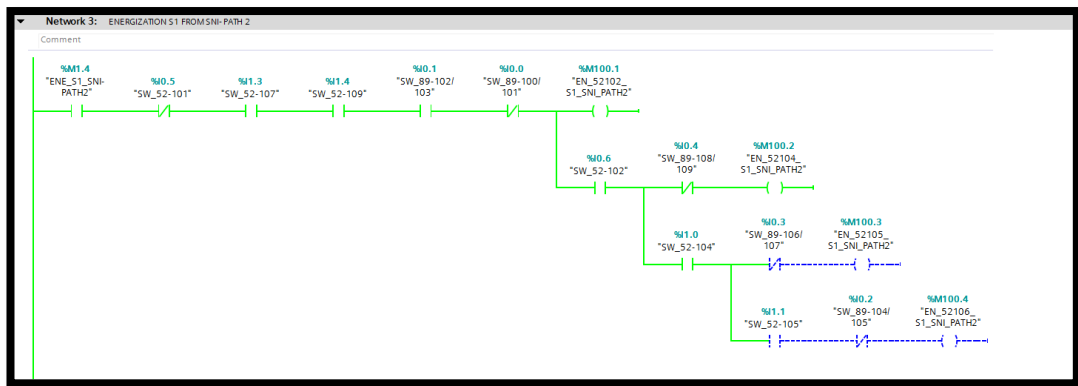


FIGURA 71: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89- 52-104 TIA PORTAL

Cerrar los seccionadores 89-106 y 89-107. Ver Fig.72, vinculados con la entrada digital %I0.3. Ver Fig.73.

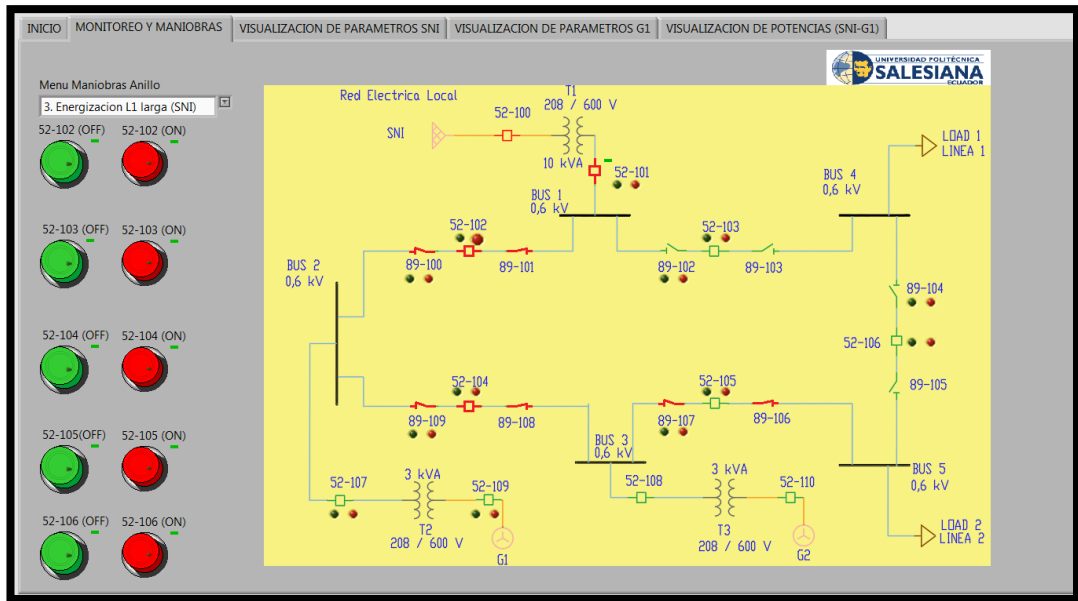


FIGURA 72: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-106, 89-107

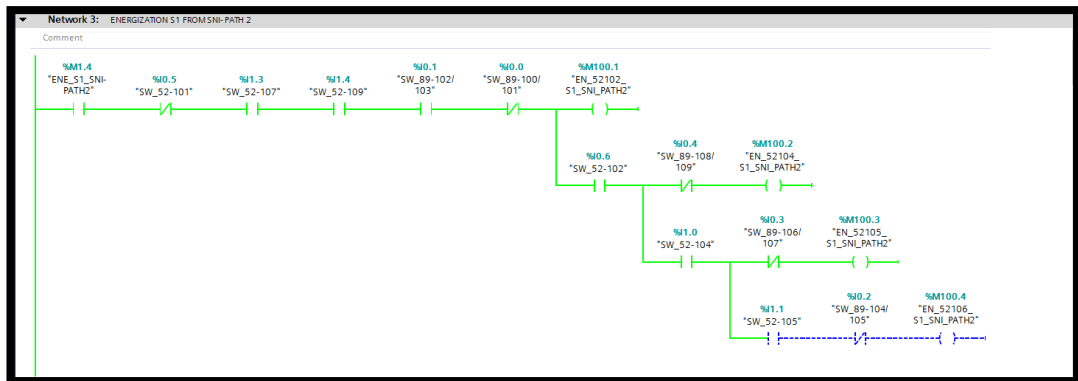


FIGURA 73: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-106, 89-107 EN TIA PORTAL

Cerrar el interruptor 59-105, accionando el botón de color rojo 52-105 (ON) . Ver Fig.74, con entrada digital %I1.1. Ver Fig.75. Al realizar el cerrado de este interruptor, se acciona la salida digital Q0.6 del PLC.

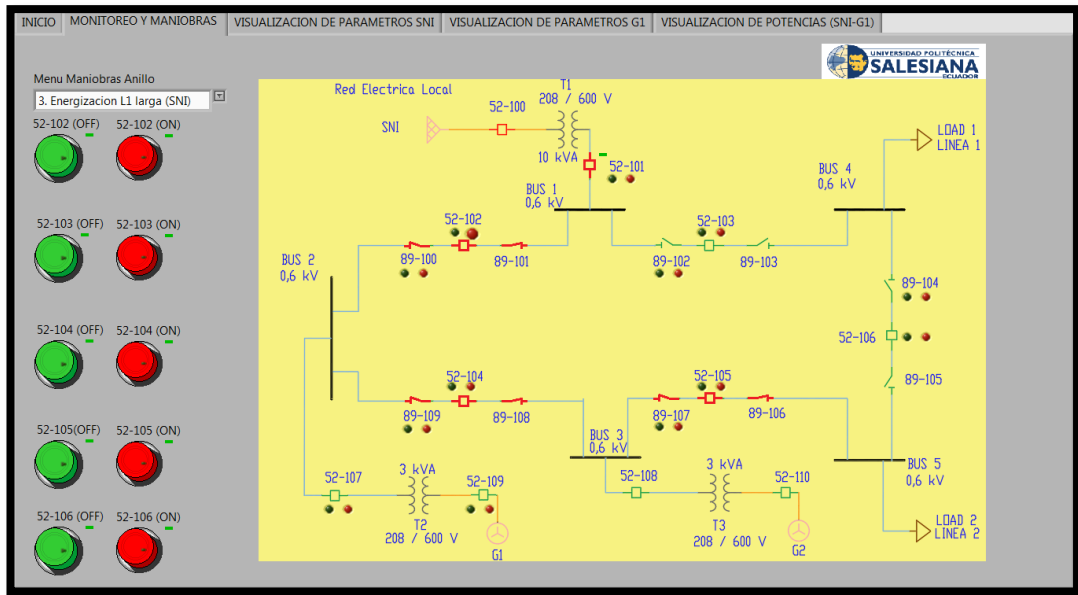


FIGURA 74: ESTADO CERRADO DE INTERRUPTOR 52-105

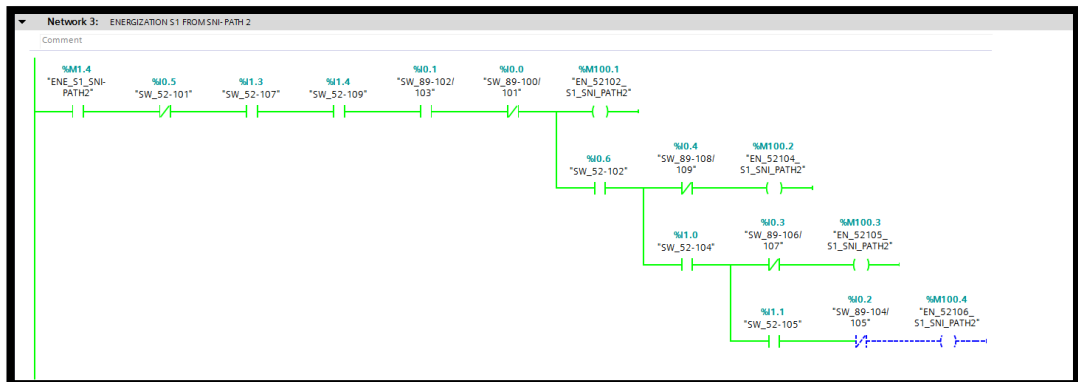


FIGURA 75: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-105 EN TIA PORTAL

Cerrar los seccionadores 89-104 y 89-105. Ver Fig.76, vinculados con la entrada digital %I0.2. Ver Fig.77.

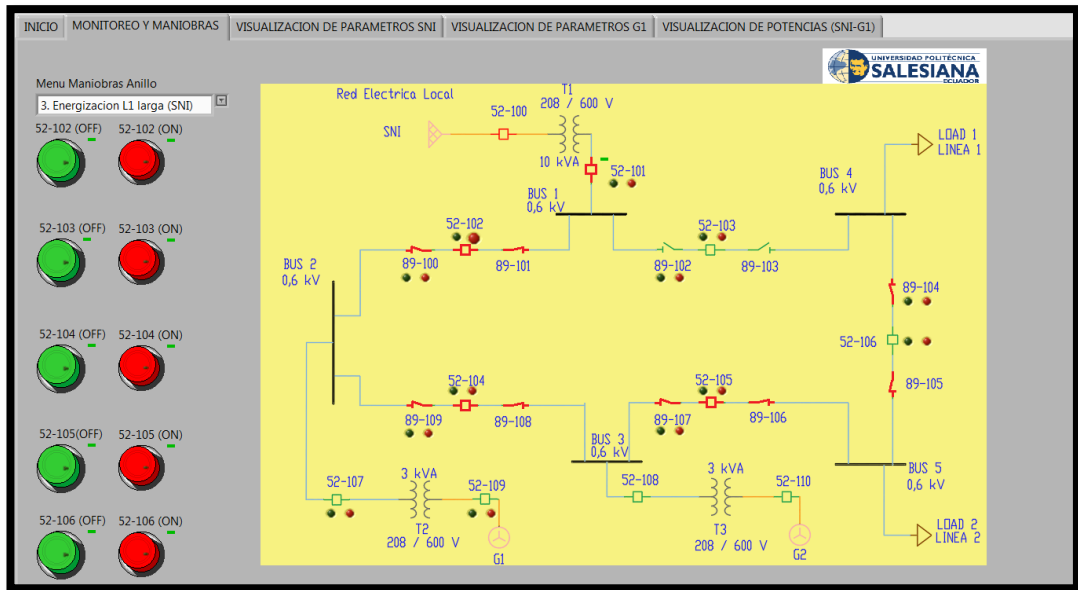


FIGURA 76: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-104, 89-105

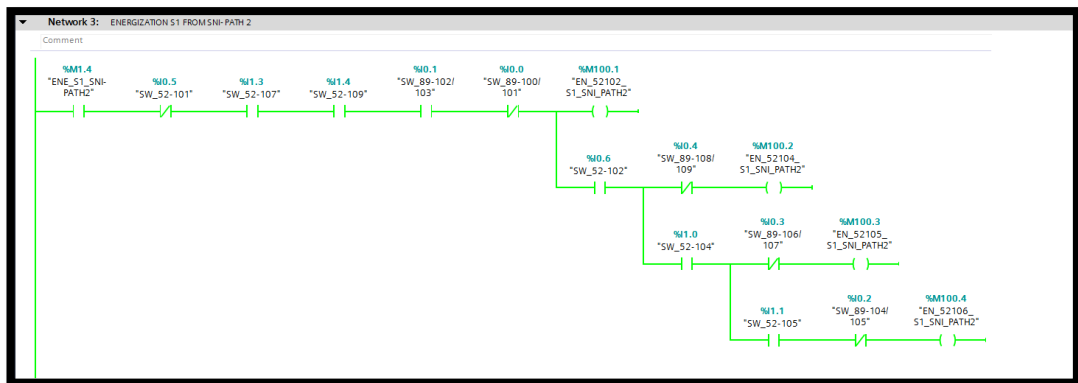


FIGURA 77: ESTADO CERRADO DE SECCIONADORES 89-104, 89-105 EN TIA PORTAL

Para finalizar el proceso de energización, se debe cerrar el interruptor 59-106, accionando el botón de color rojo 52-106 (ON) . Ver Fig.78, con entrada digital %I1.2. Ver Fig.79. Al realizar el cerrado de este interruptor, se acciona la salida digital Q1.0 del PLC.

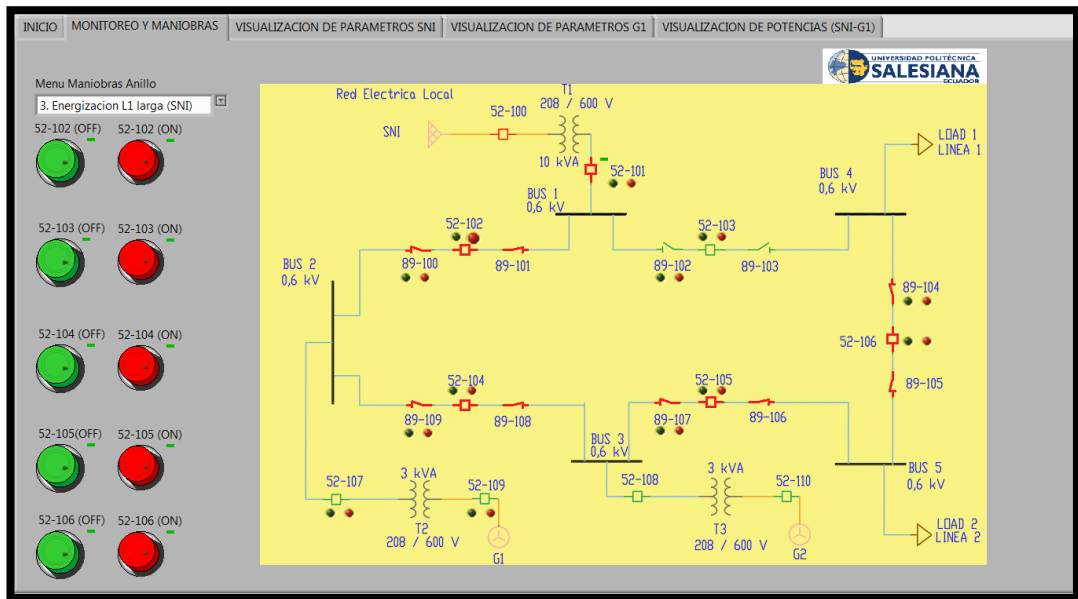


FIGURA 78: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-106

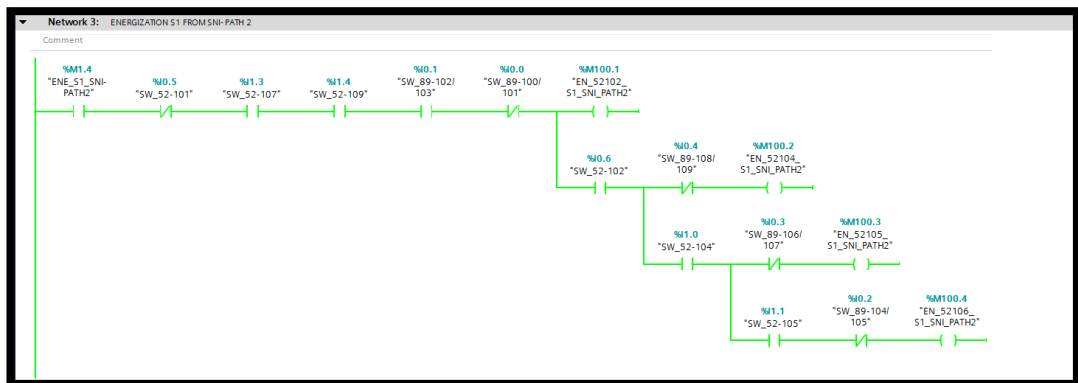


FIGURA 79: ESTADO CERRADO DEL INTERRUPTOR 52-106 EN TIA PORTAL

Para realizar la desenergización de carga (línea 1) por medio de SNI, vía larga, se debe seleccionar en el menú de maniobras anillo la opción *Desenergización L1 larga*. Ver Fig. 80. Simultáneamente en el TIA PORTAL debemos ubicar el Network correspondiente dentro del bloque de funciones *INTERLOCKS [FC2]* para visualizar la programación de la maniobra. Ver Fig. 81.

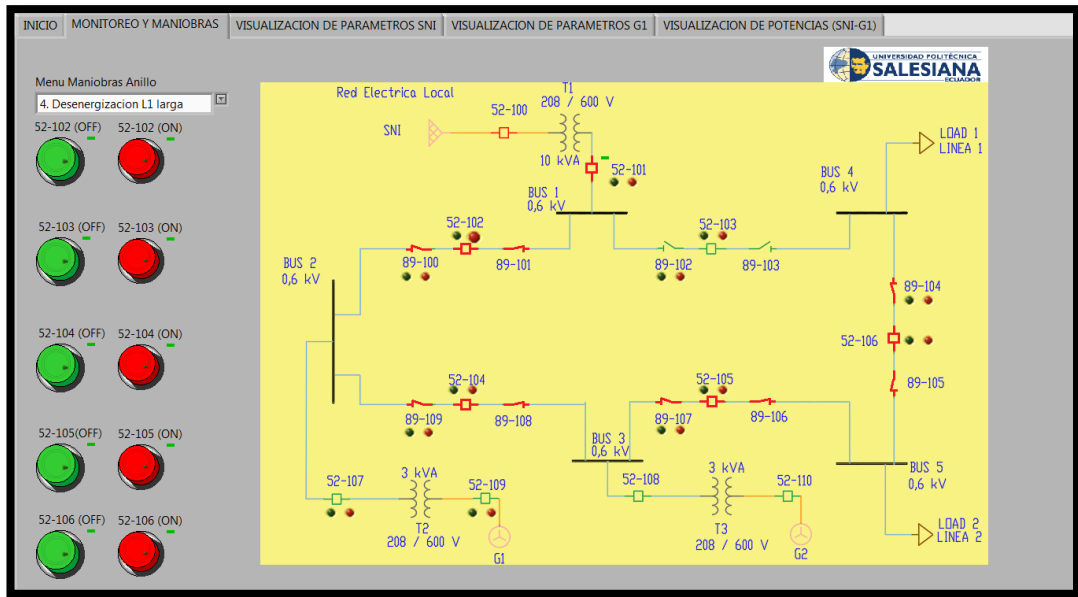


FIGURA 80: DESENERGIZACIÓN DE L1 LARGA POR MEDIO DE SNI

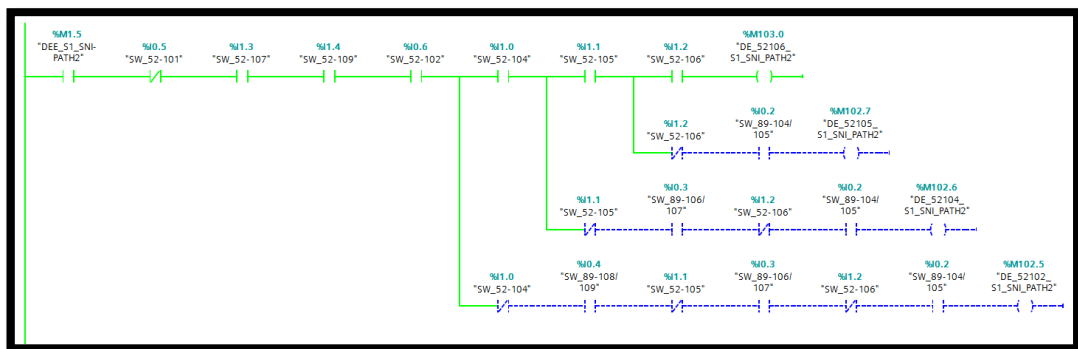


FIGURA 81: DESENERGIZACIÓN DE L1 LARGA POR MEDIO DE SIN EN TIA PORTAL

Abrir el interruptor 52-106, accionando el botón de color verde 52-106 (OFF) . Ver Fig. 82, con entrada digital %I1.2. Al realizar la apertura de este interruptor, se acciona la salida digital Q1.1 del PLC. Ver Fig. 83.

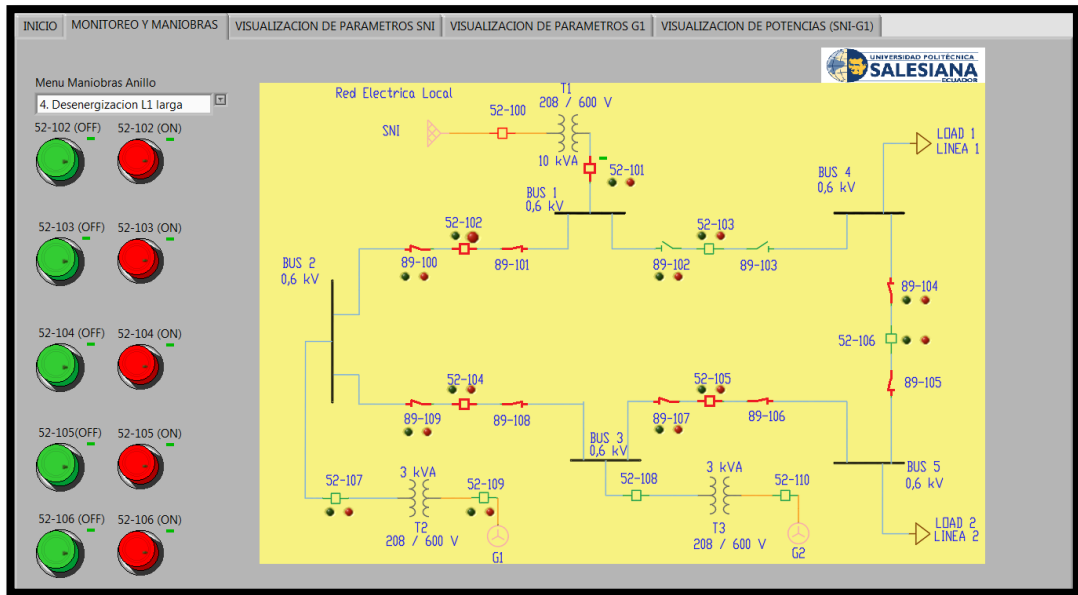


FIGURA 82: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-106

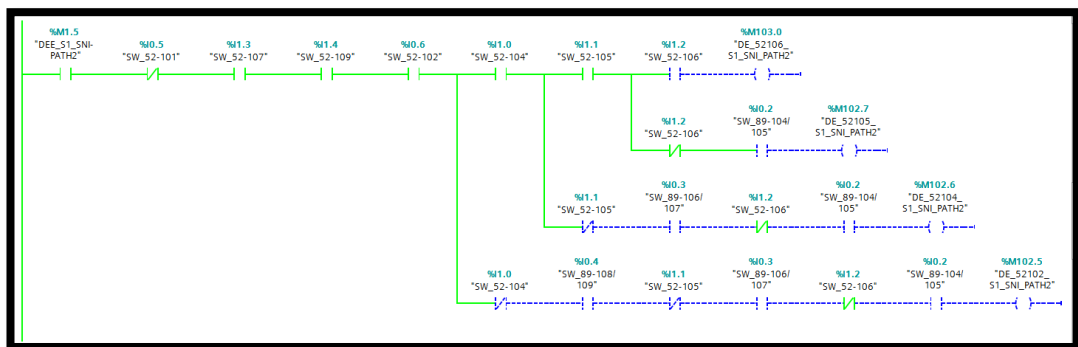


FIGURA 83: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-106 EN TIA PORTAL

Abrir los seccionadores 89-104 y 89-105. Ver Fig.84, vinculados con la entrada digital %I0.2. Ver Fig.85.

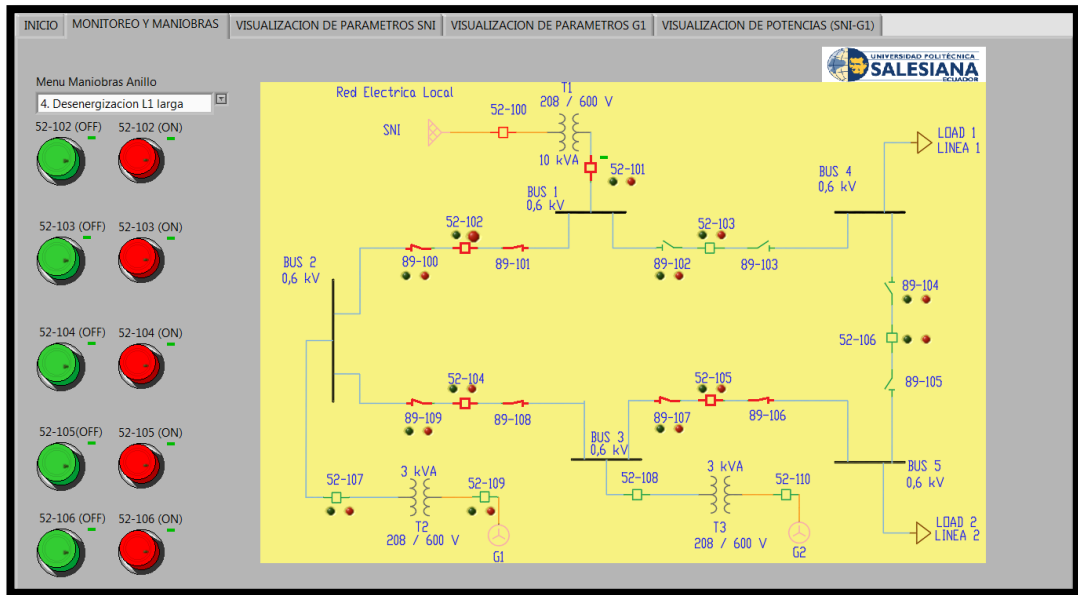


FIGURA 84: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-104, 89-105

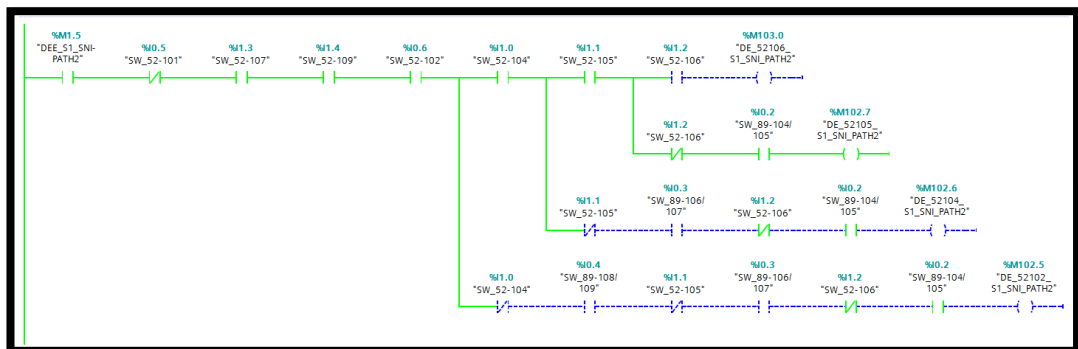


FIGURA 85: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-104, 89-105 EN TIA PORTAL

Abrir el interruptor 52-105, accionando el botón de color verde 52-105 (OFF) . Ver Fig.86, con entrada digital %I1.1. Ver Fig.87. Al realizar la apertura de este interruptor, se acciona la salida digital Q0.7 del PLC.

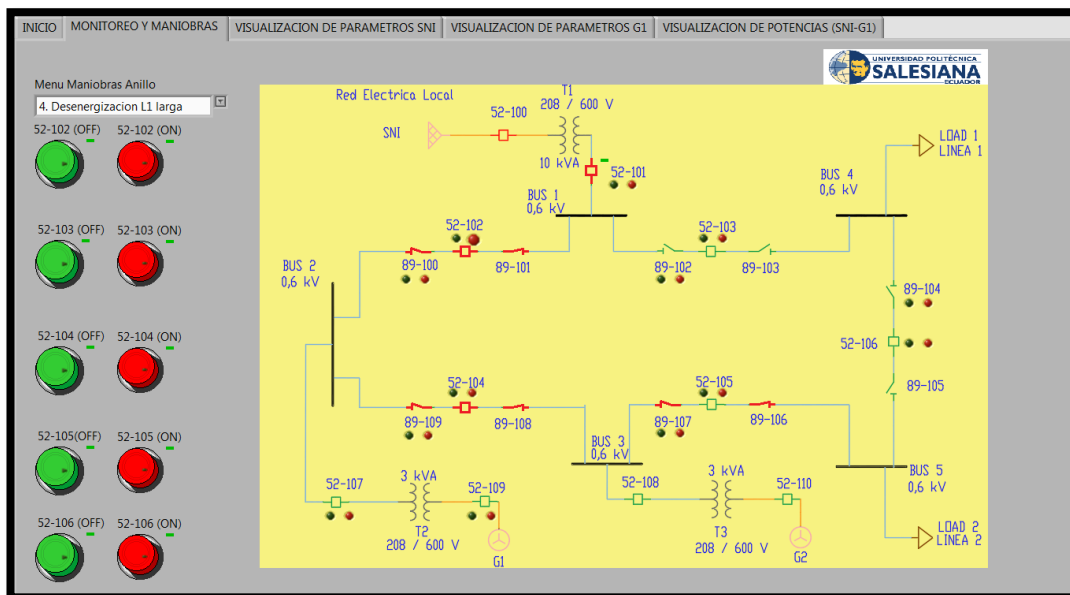


FIGURA 86: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-105

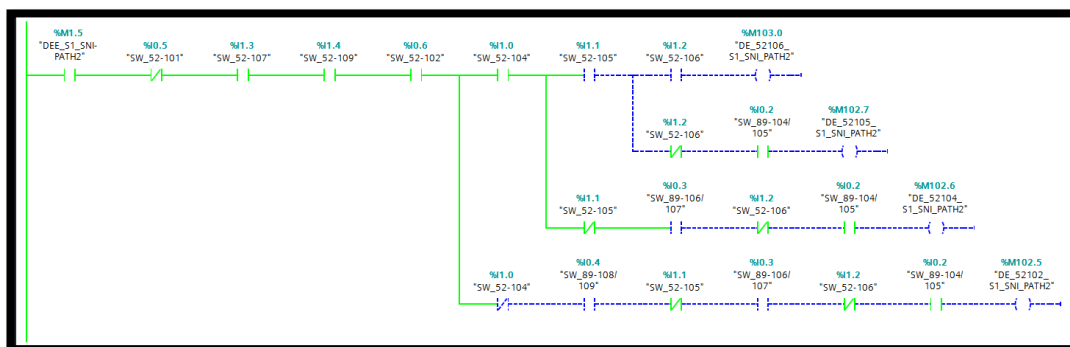


FIGURA 87: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-105 EN TIA PORTAL

Abrir los seccionadores 89-106 y 89-107. Ver Fig.88, vinculados con la entrada digital %I0.3. Ver Fig.89.

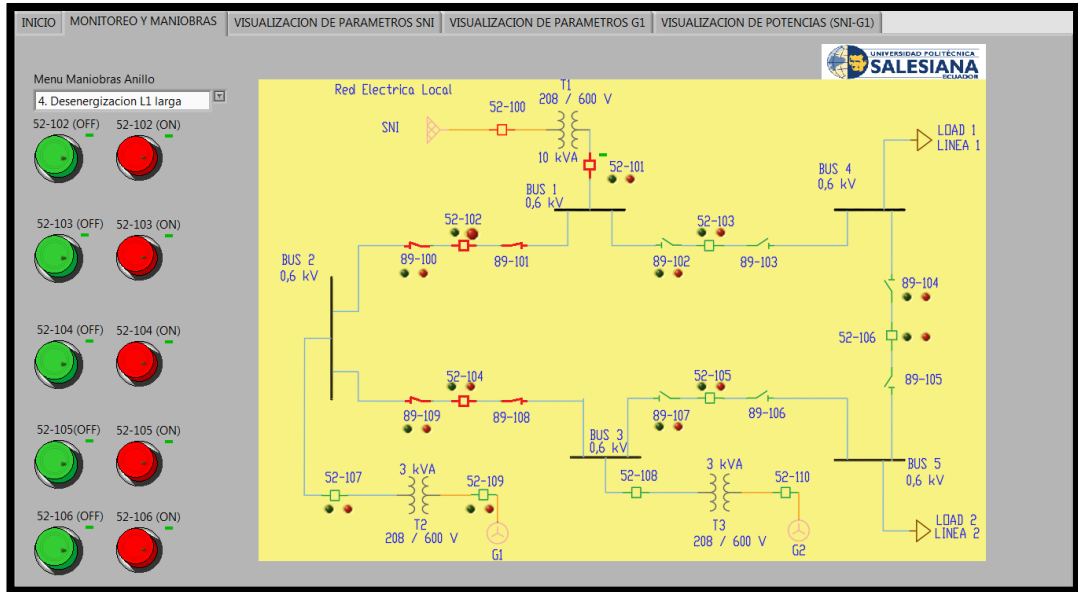


FIGURA 88: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-106, 89-107

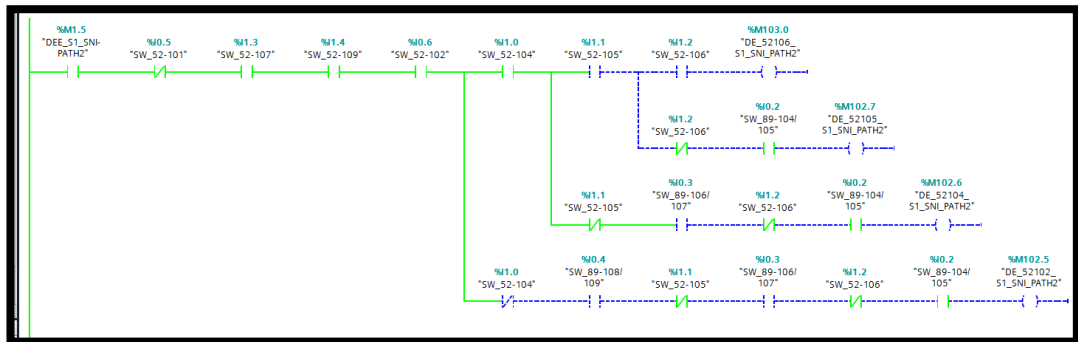


FIGURA 89: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-106, 89-107 EN TIA PORTAL

Abrir el interruptor 52-104, accionando el botón de color verde 52-104 (OFF). Ver Fig.90, con entrada digital %I1.0. Ver Fig.91. Al realizar la apertura de este interruptor, se acciona la salida digital Q0.5 del PLC.

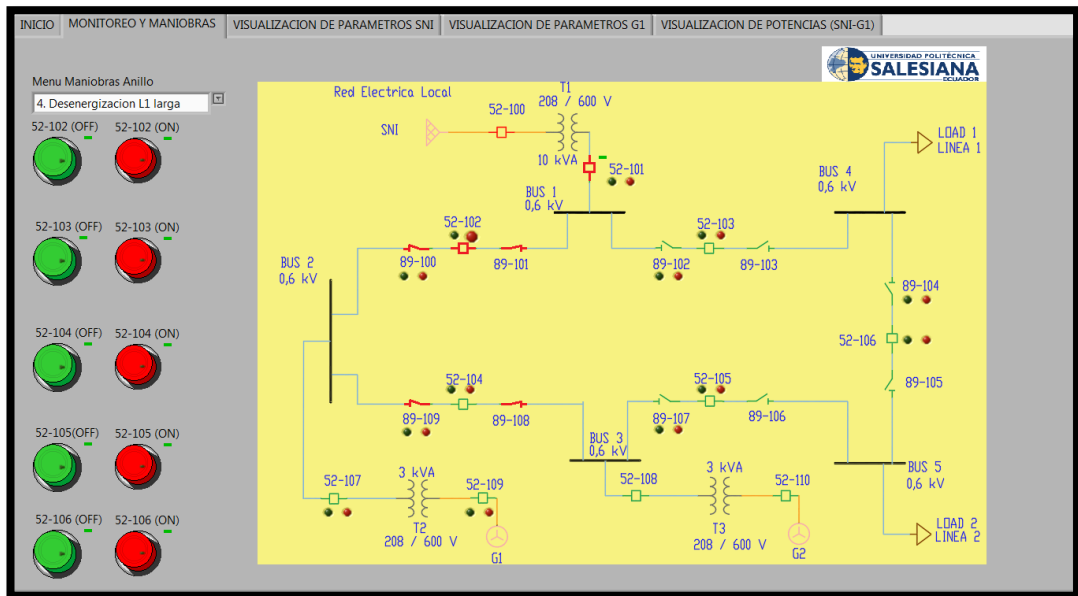


FIGURA 90: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-104

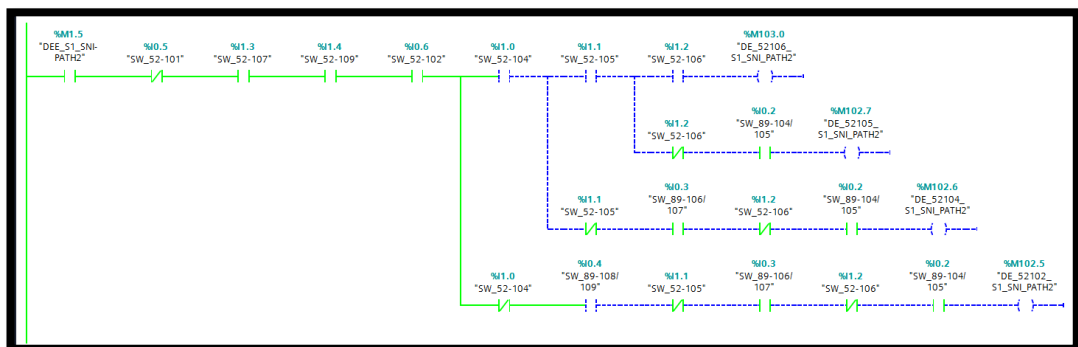


FIGURA 91: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-104 EN TIA PORTAL

Abrir los seccionadores 89-108 y 89-109. Ver Fig.92, vinculados con la entrada digital %I0.4. Ver Fig.93.

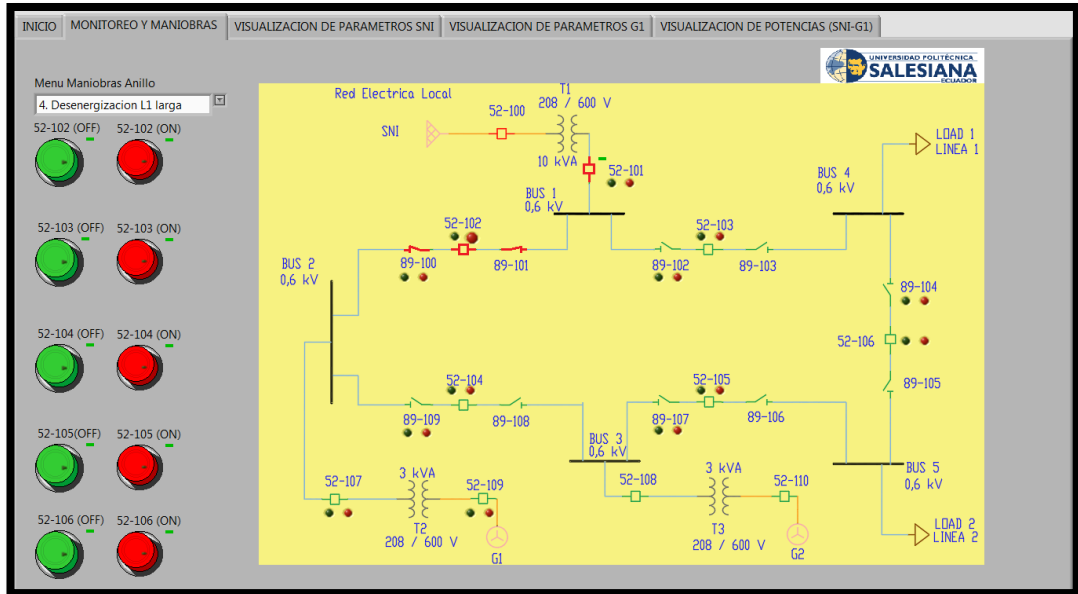


FIGURA 92: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-108, 89-109

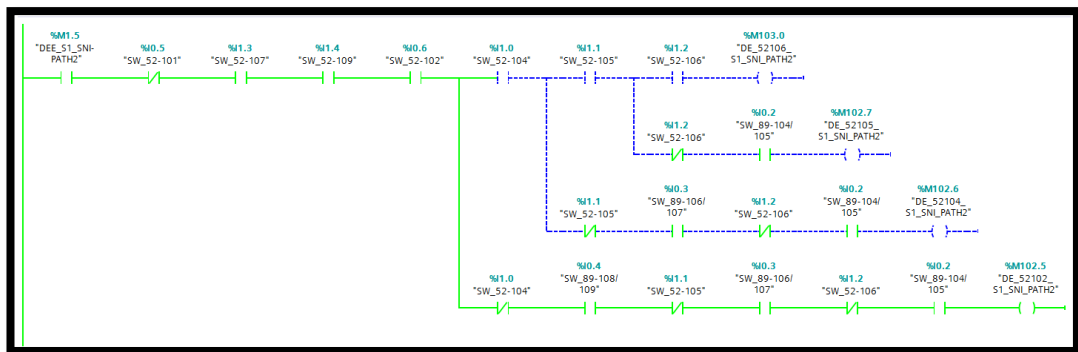


FIGURA 93: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-108, 89-109 EN TIA PORTAL

Abrir el interruptor 52-102, accionando el botón de color verde 52-102 (OFF). Ver Fig.94, con entrada digital %I0.6. Ver Fig.95. Al realizar la apertura de este interruptor, se acciona la salida digital Q0.1 del PLC.

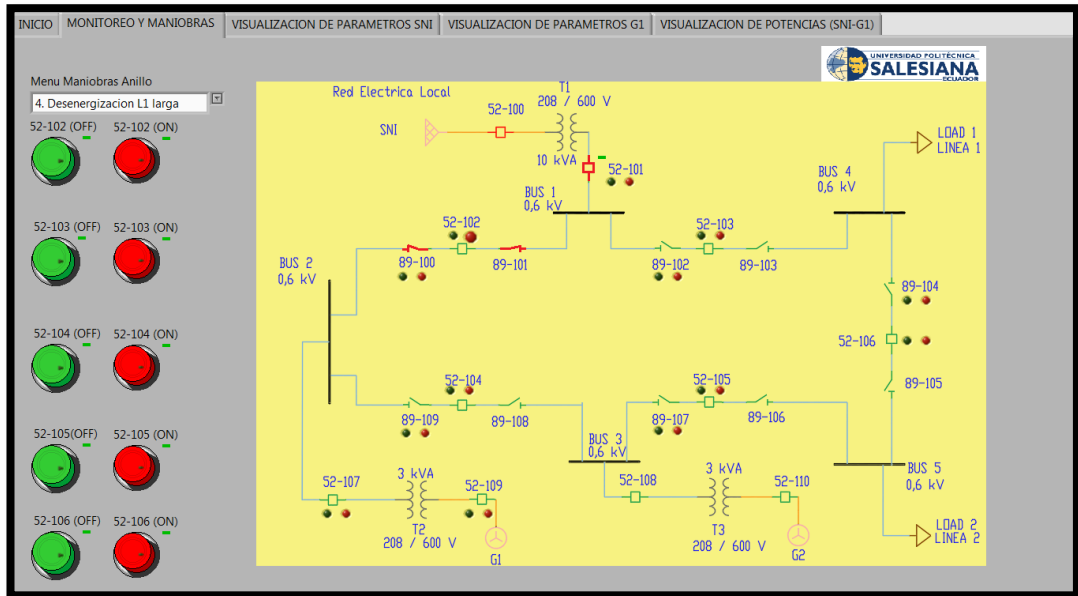


FIGURA 94: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-102

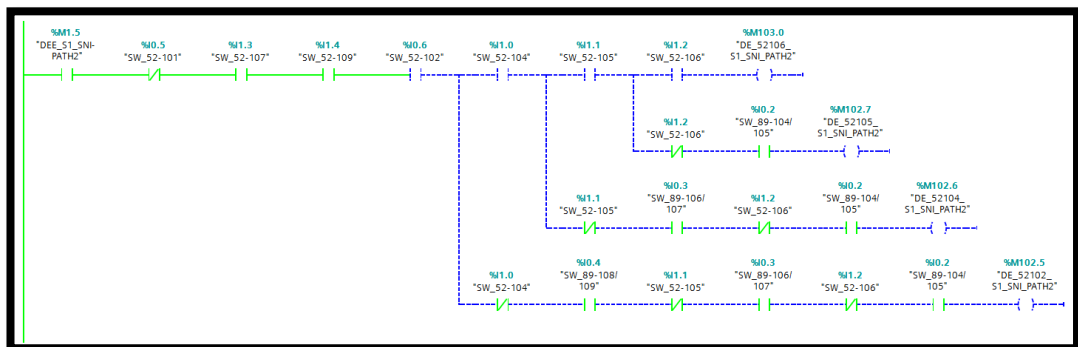


FIGURA 95: ESTADO ABIERTO DEL INTERRUPTOR 52-102 EN TIA PORTAL

Finalmente abrir los seccionadores 89-100 y 89-101. Ver Fig.96, vinculados con la entrada digital %I0.0. Ver Fig.97.

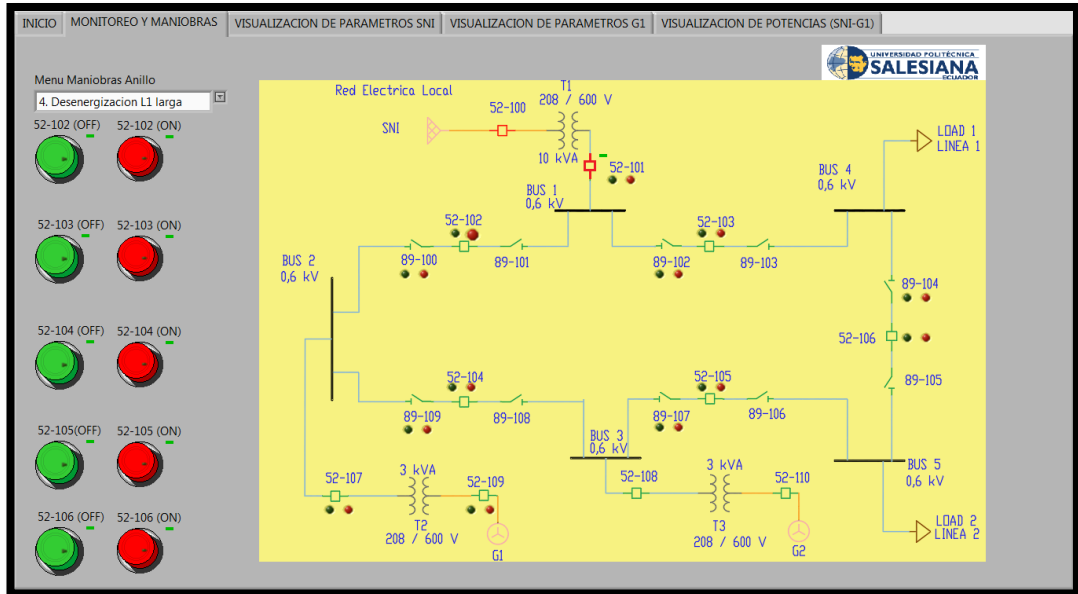


FIGURA 96: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-100, 89-101

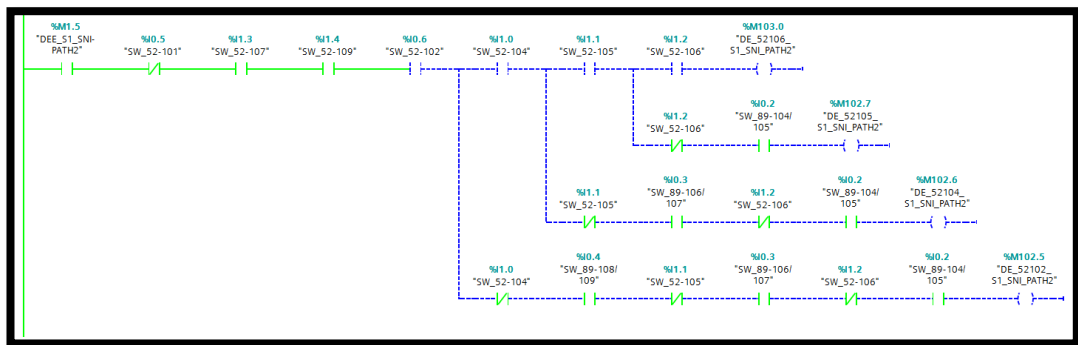


FIGURA 97: ESTADO ABIERTO DE SECCIONADORES 89-100, 89-101 EN TIA PORTAL

La práctica finaliza con la comunicación entre el PLC con La PC para obtener datos de valores de temperatura de aceite y de devanado del transformador, los mismos que serán monitoreado en LabVIEW. Ubicar en el HMI de LabVIEW la pestaña con nombre *VISUALIZACION DE PARAMETROS SNI*. Ver Fig.98.

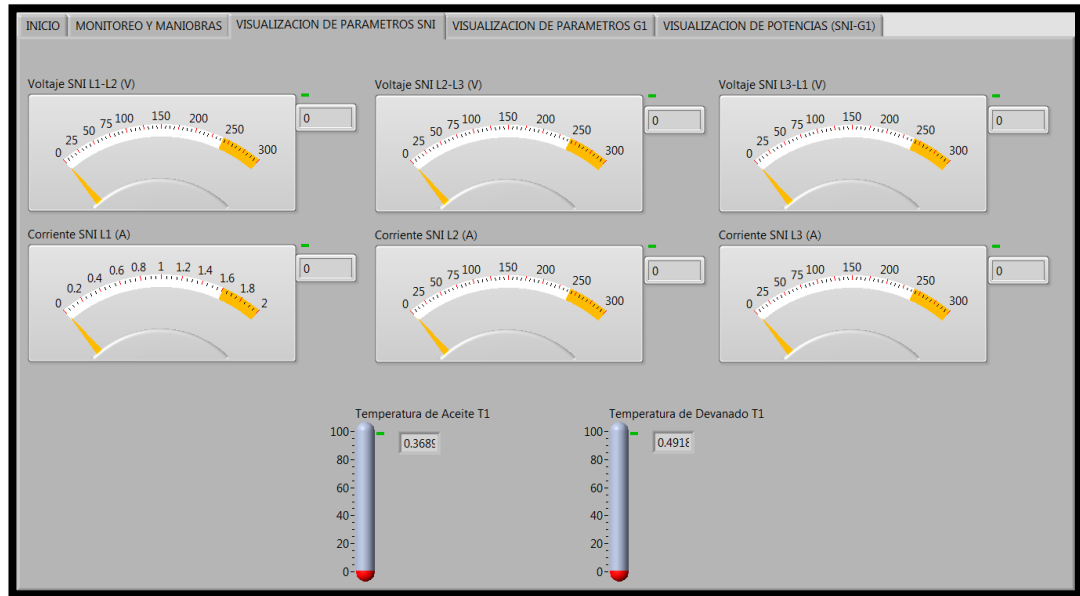


FIGURA 98: PANTALLA DE VISUALIZACION DE PARAMETROS SNI

En el OPC server se pueden visualizar los tags con nombre *Oil_Temp_T1*, y *Winding_Temp_T1*. Ver Fig.99, que se encargarán de enlazarse con la tarea de monitorear la temperatura de aceite y de devanado del transformador respectivamente.

Tag Name	Addr...	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
ENE_L2_LG_SNI	M2.4	Boolean	100	None	Energizacion L2 larga SNI
DES_L2_LG_SNI	M2.5	Boolean	100	None	Desenergizacion L2 larga SNI
ENE_L2_SH_G1	M2.6	Boolean	100	None	Energizacion L2 corta G1
DES_L2_SH_G1	M2.7	Boolean	100	None	Desenergizacion L2 corta G1
ENE_L2_LG_G1	M3.0	Boolean	100	None	Energizacion L2 larga G1
DES_L2_LG_G1	M3.1	Boolean	100	None	Desenergizacion L2 larga G1
SNI_VOLT_L1L2	MD1012	Float	100	None	Lectura de Voltaje SNI L1-L2
SNI_VOLT_L2L3	MD1016	Float	100	None	Lectura de Voltaje SNI L2-L3
SNI_VOLT_L3L1	MD1020	Float	100	None	Lectura de Voltaje SNI L3-L1
SNI_AMP_L1	MD1024	Float	100	None	Lectura de corriente SNI L1
SNI_AMP_L2	MD1028	Float	100	None	Lectura de corriente SNI L2
SNI_AMP_L3	MD1032	Float	100	None	Lectura de corriente SNI L3
SNI_PAPARENTE	MD1124	Float	100	None	Lectura de Potencia Aparente SNI (VA)
SNI_PREAL	MD1128	Float	100	None	Lectura de Potencia Real SNI (W)
SNI_PREACTIVA	MD1132	Float	100	None	Lectura de Potencia Reactiva SNI (VAR)
G1_VOLT_L1L2	MD2012	Float	100	None	Lectura de Voltaje G1 L1-L2
G1_VOLT_L2L3	MD2016	Float	100	None	Lectura de Voltaje G1 L2-L3
G1_VOLT_L3L1	MD2020	Float	100	None	Lectura de Voltaje G1 L3-L1
G1_AMP_L1	MD2024	Float	100	None	Lectura de corriente G1 L1
G1_AMP_L2	MD2028	Float	100	None	Lectura de corriente G1 L2
G1_AMP_L3	MD2032	Float	100	None	Lectura de corriente G1 L3
G1_PAPARENTE	MD2124	Float	100	None	Lectura de Potencia Aparente G1 (VA)
G1_PREAL	MD2128	Float	100	None	Lectura de Potencia Real G1 (W)
G1_PREACTIVA	MD2132	Float	100	None	Lectura de Potencia Reactiva G1 (VAR)
Winding_Temp_T1	MD3000	Float	100	None	Temperatura Devanado T1
Oil_Temp_T1	MD3004	Float	100	None	Temperatura Aceite T1

FIGURA 99: TAGS DEL OPC SERVER OIL_TEMP_T1 Y WINDING_TEMP_T1

En el TIA PORTAL dentro del bloque de funciones se encuentra la función *ANALOGIC_SIGNALS_[FC3]*, el rango de valores de señales analógicas que lee el PLC es [0; 27648], las entradas de señales analógicas son normalizadas y luego escaladas a los valores de 0° a 100° C, mediante las funciones *NORM_X* y *SCALE_X*. Ver Fig.100, para obtener el resultado final se utiliza la función *MOVE*. Ver Fig.101. Este procedimiento debe cumplirse para el de temperatura de aceite del transformador. Ver Fig. 102 y 103, así como para el de temperatura de devanado del transformador. Ver Fig. 104.

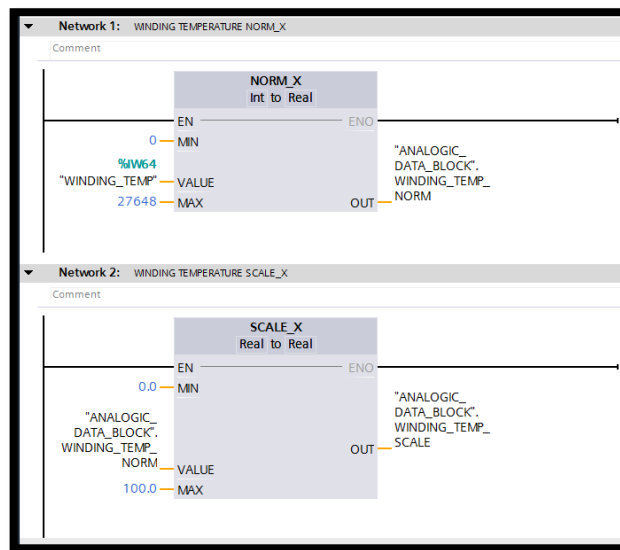


FIGURA 100: FUNCIONES NORM_X, Y SCALE_X PARA TEMPERATURA DE DEVANADO DEL TRANSFORMADOR

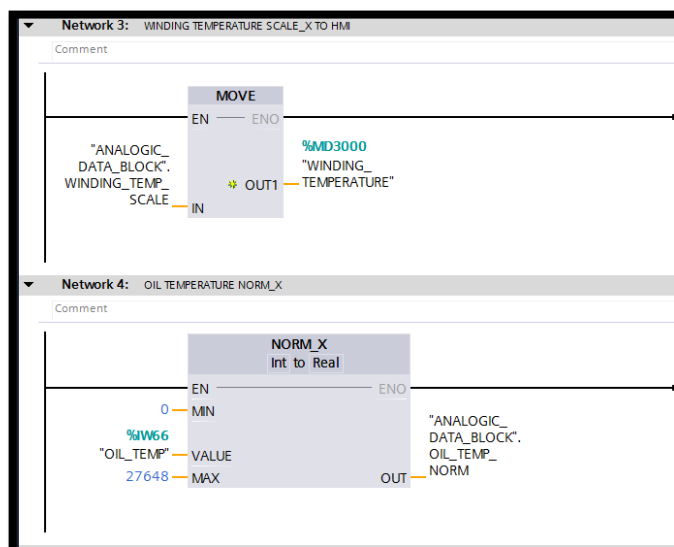


FIGURA 101: FUNCIÓN MOVE PARA TEMPERATURA DE DEVANADO DEL TRANSFORMADOR

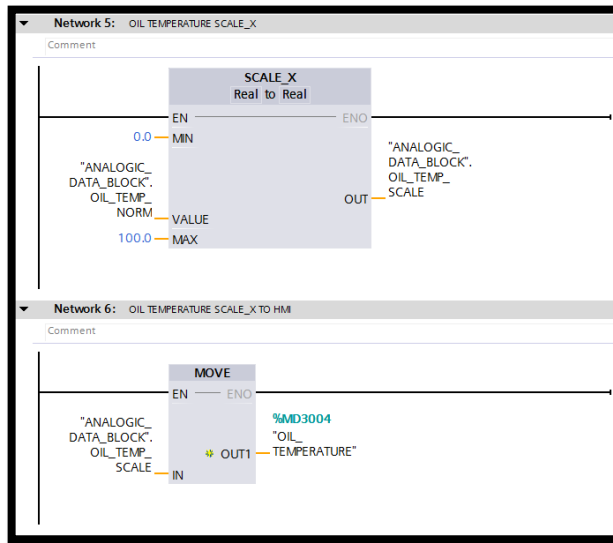


FIGURA 102: FUNCIONES SCALE_X, Y MOVE PARA TEMPERATURA DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR

Los valores obtenidos al final para el caso temperatura de devanado del transformador sera reflejado en la marca %MD3000, y para el caso temperatura de aceite del transformador en la marca %MD3004.

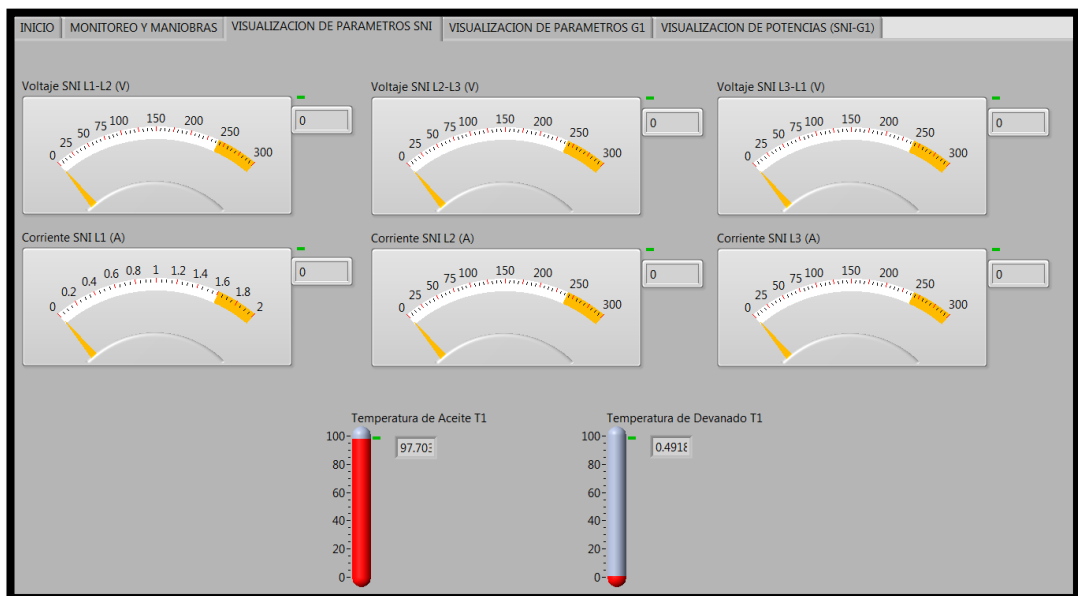


FIGURA 103: MONITOREO TEMPERATURA DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR

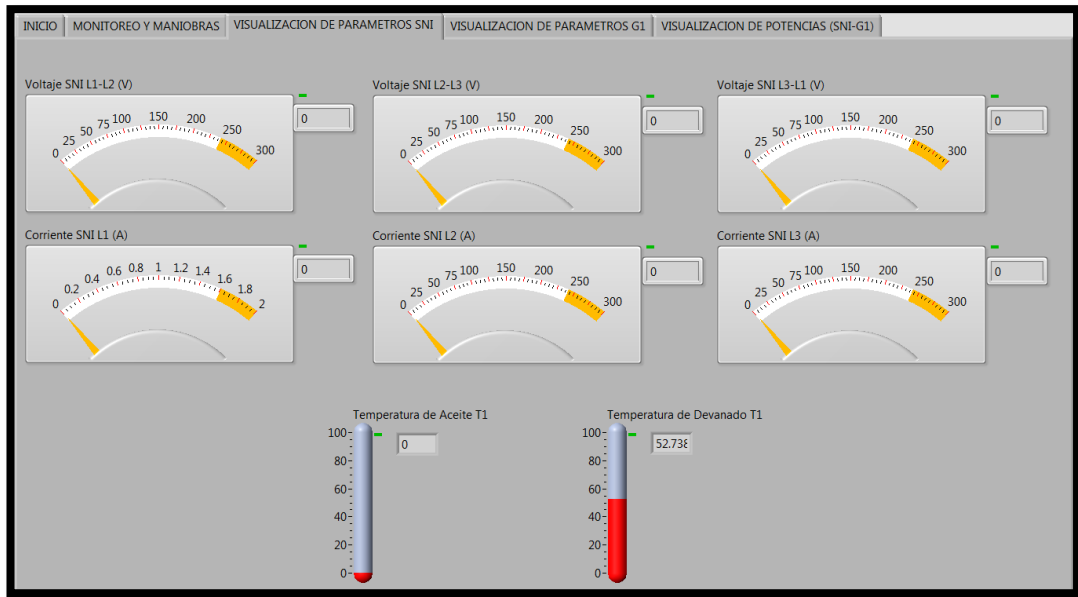


FIGURA 104: MONITOREO TEMPERATURA DE DEVANADO DEL TRANSFORMADOR

4.2 Práctica 2

4.2.1 Tema

Energización y desenergización de carga (línea 2), por medio de SNI, vía larga.

4.2.2 Objetivos

Objetivo general:

- Simular el control y automatización de una subestación en configuración tipo anillo para habilitar y deshabilitar una etapa de transmisión conectada al SNI.

Objetivos específicos:

- Interactuar con un programa que controle las maniobras de una subestación.
- Visualizar un HMI de una subestación en configuración tipo anillo realizada en el software LabVIEW.
- Comunicar el PLC con la PC para obtener datos de valores de voltaje, corriente, potencia activa, reactiva y aparente, que serán monitoreados por el software LabVIEW.

4.2.3 Recursos

- Módulo didáctico de automatización con PLC S7-1200 DC/DC/DC, cable de alimentación a 120 VAC, cables de red, cables de pruebas.
- Módulo didáctico de protecciones y sistemas eléctricos de potencia aplicados a sistemas de generación.
- Laptop Dell Latitude E6430.
- Software: TIA Portal V13, LabVIEW 2017, OPC Server 2016.
- Transformador Variable Powerstat
- Transformador trifásico de 10 kVA.
- Motor trifásico.
- Switch

4.2.4 Tiempo estimado

El tiempo estimado para realizar la práctica es de 2 horas.

El procedimiento a seguir para energizar línea 2 por medio de SNI, vía larga es similar al de la práctica anterior. En la Fig. 105, se indica la secuencia del camino a seguir en la pantalla de LabVIEW con su respectiva opción del menú de maniobras denominada *Energización L2 larga (SNI)*. La programación de las maniobras de energización de línea 2 en TIA PORTAL, y la descripción de las maniobras a realizar. Ver Fig. 106.

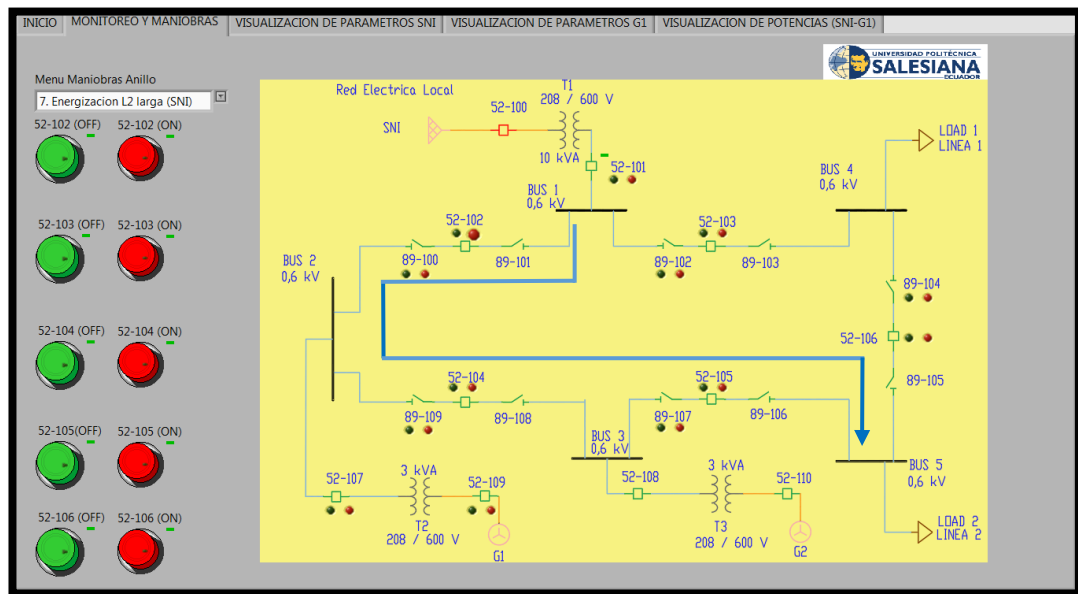


FIGURA 105: SECUENCIA A SEGUIR PARA ENERGIZAR LA LÍNEA 2 POR SNI

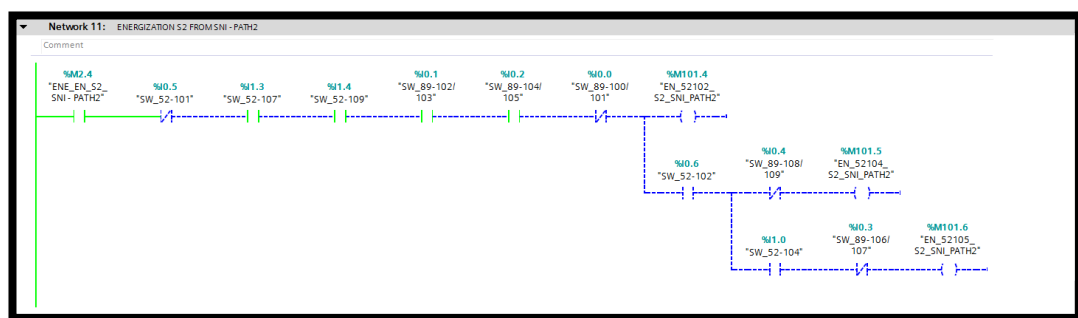


FIGURA 106: ESTADO EN CONDICIONES INICIALES TIA PORTAL

Teniendo en cuenta que para realizar las maniobras de cierre de los interruptores, físicamente el estado de los breakers en el módulo de generación debe estar en ON, y para la apertura de los mismos su estado debe ser OFF. Las maniobras a realizar son las siguientes:

- 1) Cerrar el interruptor 52-101, que tiene como entrada digital %I0.5.
- 2) Cerrar seccionadores 89-100, 89-101 vinculados con la entrada digital %I0.0.
- 3) Cerrar interruptor 52-102 vinculado a la entrada digital %I0.6 pulsando botón 52-102 (ON), se acciona la salida digital Q0.0.
- 4) Cerrar seccionadores 89-108, 89-109 vinculados con la entrada digital %I0.4.
- 5) Cerrar interruptor 52-104 vinculado a la entrada digital %I1.0 pulsando botón 52-104 (ON), se acciona la salida digital Q0.4.
- 6) Cerrar seccionadores 89-106, 89-107 vinculados con la entrada digital %I0.3.
- 7) Cerrar interruptor 52-105 vinculado a la entrada digital %I1.1 pulsando botón 52-105 (ON), se acciona la salida digital Q0.6.

El proceso de energización de línea 2 por medio de SNI, vía larga, quedara como indica la Fig. 107.

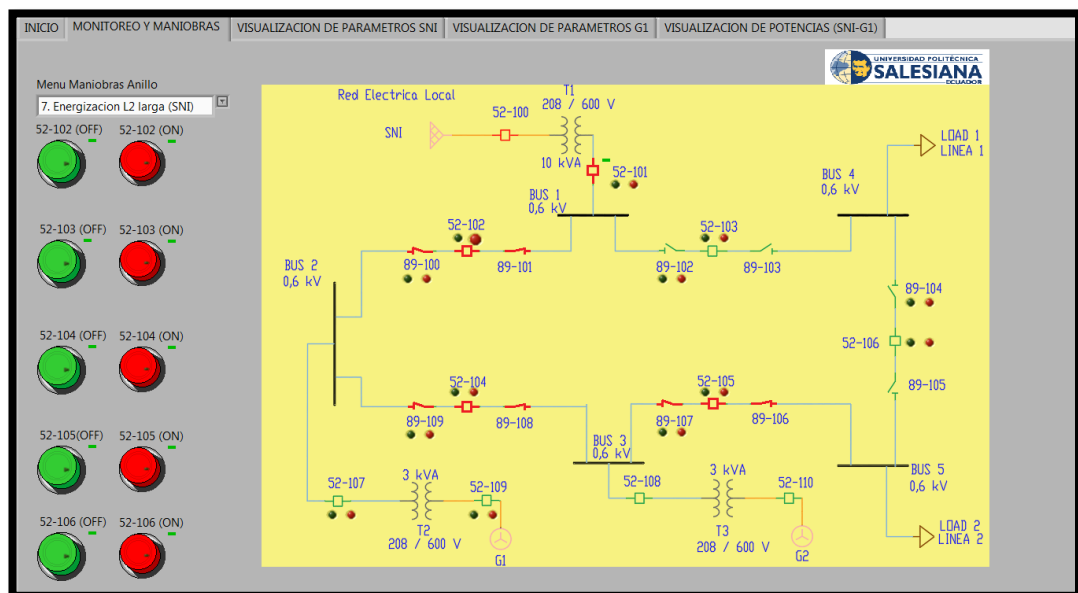


FIGURA 107: ENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA

En el programa TIA PORTAL la energización de la línea 2 por medio de SNI, se visualiza tal como indica la Fig. 108.

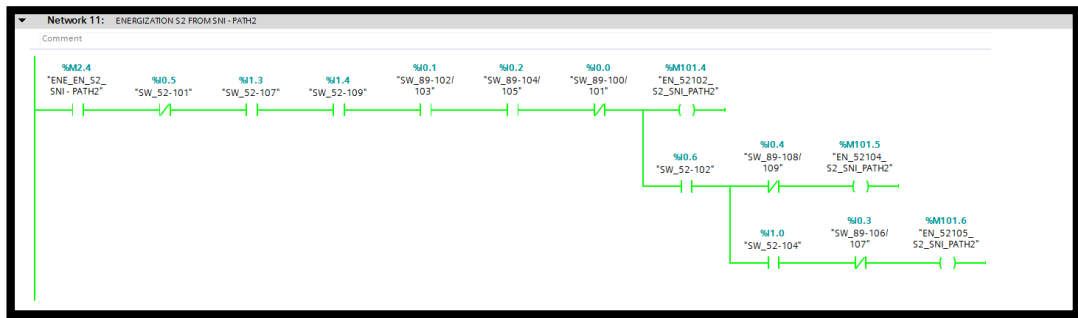


FIGURA 108: ENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA EN TIA PORTAL

El procedimiento para desenergizar línea 2, por medio de SNI, vía larga, seguirá el proceso inverso al de energización, en la pantalla de LabVIEW debemos seleccionar en el menú de maniobras *Desenergizacion L2 larga*. Ver Fig.109, la programación de las maniobras para desenergización de línea 2 en TIA PORTAL. Ver Fig. 110, y la descripción de las maniobras a realizar.

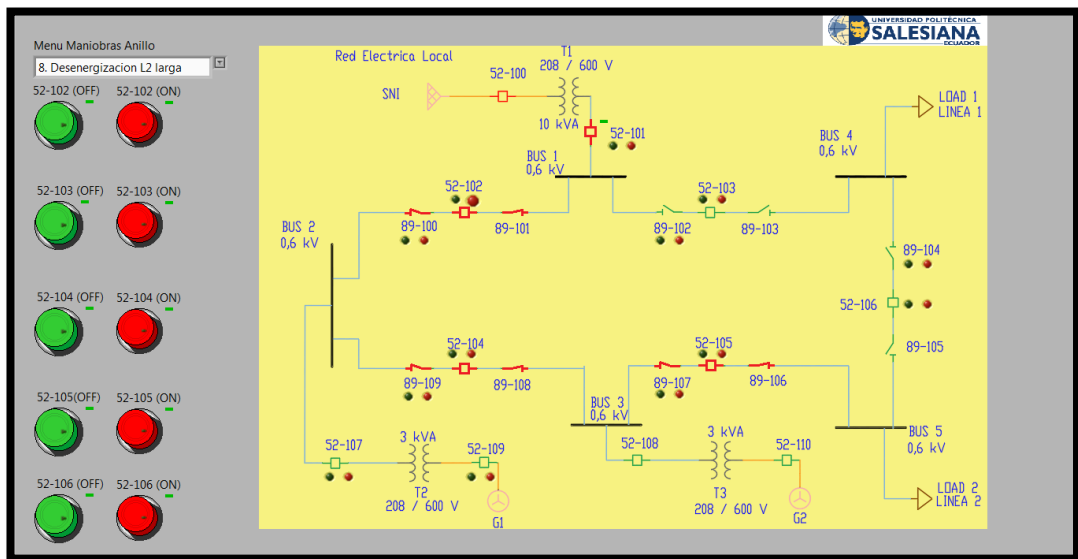


FIGURA 109: MENÚ DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA

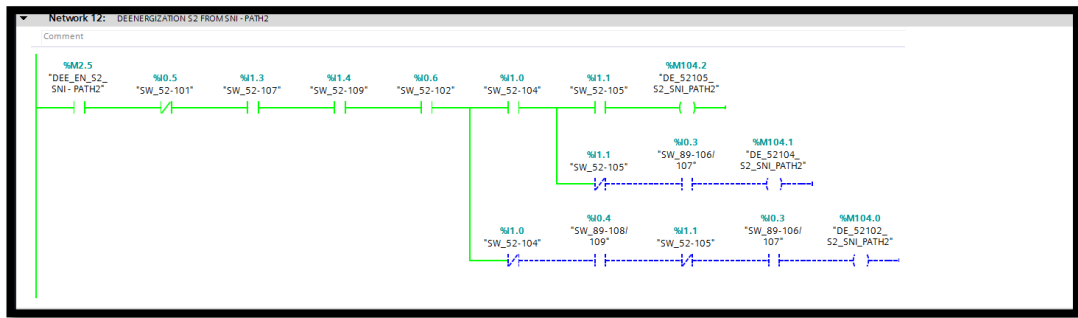


FIGURA 110: MANIOBRAS DE DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA EN TIA PORTAL

El orden de las maniobras a realizar para la desenergización es la siguiente:

- Abrir interruptor 52-105 vinculado a la entrada digital %I1.1 pulsando botón 52-105 (OFF), se acciona la salida digital Q0.7.
- Abrir seccionadores 89-106, 89-107 vinculados con la entrada digital %I0.3.
- Abrir interruptor 52-104 vinculado a la entrada digital %I1.0 pulsando botón 52-104 (OFF), se acciona la salida digital Q0.5.
- Abrir seccionadores 89-108, 89-109 vinculados con la entrada digital %I0.4.
- Abrir interruptor 52-102 vinculado a la entrada digital %I0.6 pulsando botón 52-102 (OFF), se acciona la salida digital Q0.1.
- Abrir seccionadores 89-100, 89-101 vinculados con la entrada digital %I0.0.
- Para Finalizar la maniobra se debe de abrir el interruptor 52-101, que tiene como entrada digital %I0.5.

En las Fig. 111 y 112 se visualizan las pantallas finales del proceso de las maniobras de desenergización de línea para LabVIEW y TIA PORTAL.

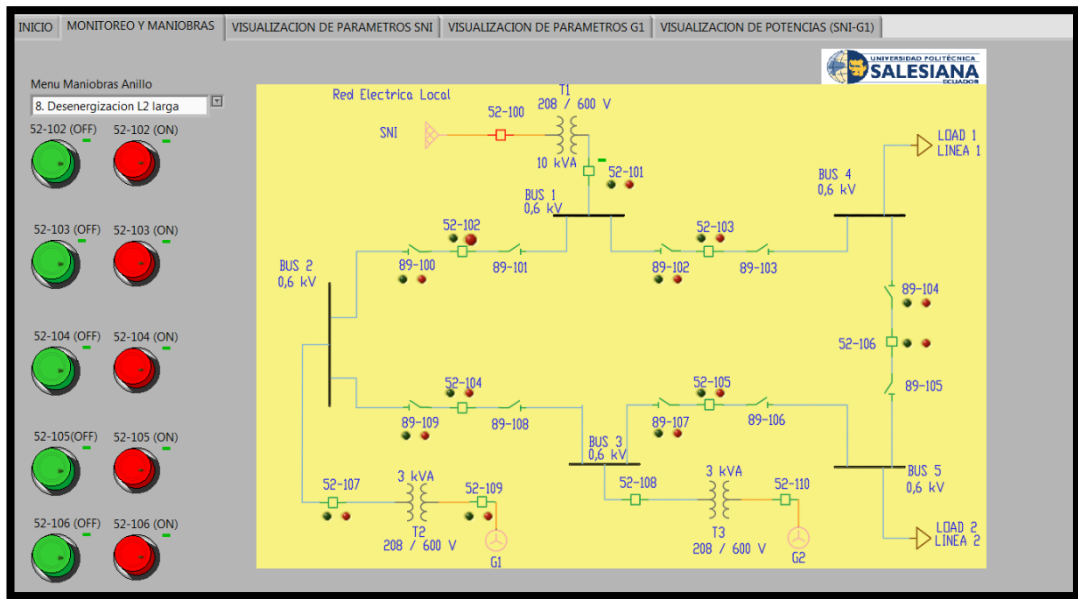


FIGURA 111: DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA

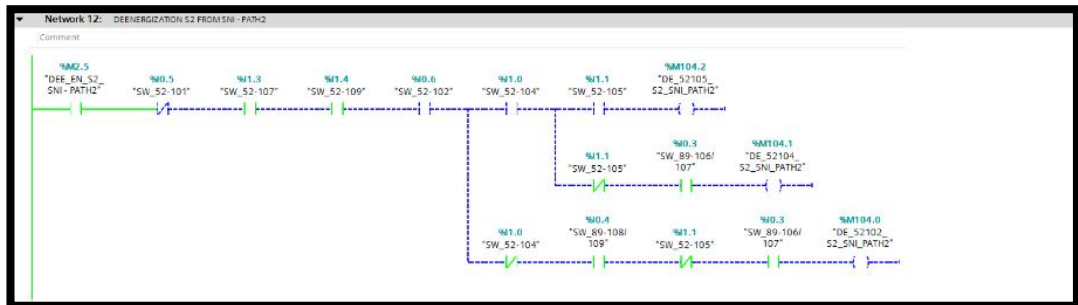


FIGURA 112: DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 2 POR SNI VIA LARGA EN TIA PORTAL

La práctica finaliza con la comunicación entre PLC con la PC para obtener datos de valores de voltaje, corriente, potencia activa, reactiva y aparente, que serán monitoreados por el software LabVIEW. Se necesitarán los siguientes implementos:

- Transformador Variable Powerstat (Variac)
- Transformador trifásico de 10 kVA.
- Motor trifásico.
- Switch
- 2 cables de red

El procedimiento para montar el diagrama de comunicación entre dispositivos PLC, PC y medidor. Ver Fig.113 y 114, es el siguiente:

- Implementar una alimentación trifásica en la red eléctrica local del módulo de generación mediante el uso del transformador variable Powerstat.
- Conectar el transformador trifásico de 10 kVA.
- Establecer una red de comunicación usando el switch entre la PC, PLC del módulo didáctico de automatización, y el medidor M1 del módulo de generación.
- Conectar el motor trifásico en punto de pruebas para fallas en líneas.

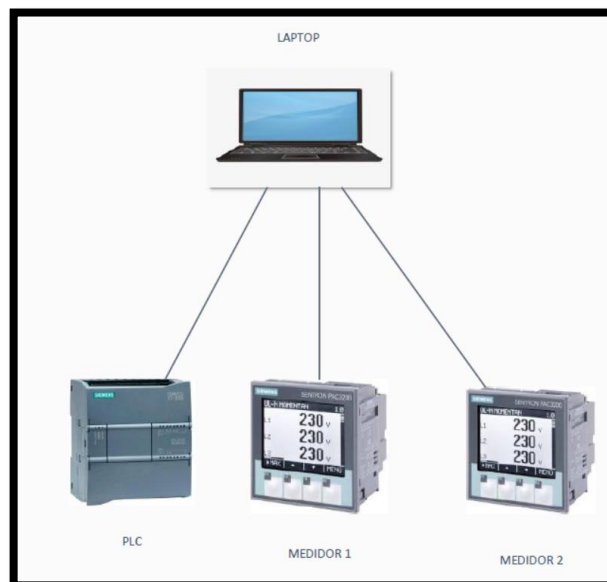


FIGURA 113: TOPOLOGÍA PARA OBTENER PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LA COMUNICACIÓN ENTRE PLC CON LA PC



FIGURA 114: MONTAJE PARA OBTENER PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LA COMUNICACIÓN ENTRE PLC CON LA PC

En TIA PORTAL la función *PAC3200_MODBUS-TCP/IP[FC4]* se encuentran dos bloques, cada uno correspondiente a los medidores multifuncionales de SNI. Ver Fig. 115 Y G1. Ver Fig. 116. En ellos se configuran status del medidor dirección IP y longitud de bytes de datos a ser extraídos de los medidores.

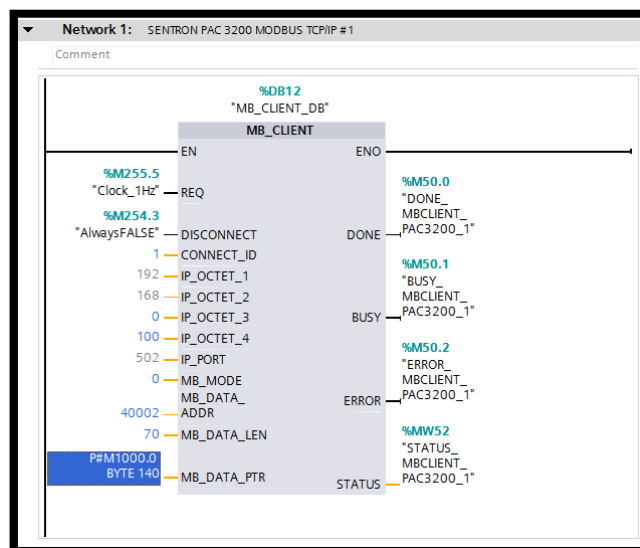


FIGURA 115: FUNCIONES PARA MEDIDOR MULTIFUNCIONAL DE PARAMETROS EN SNI

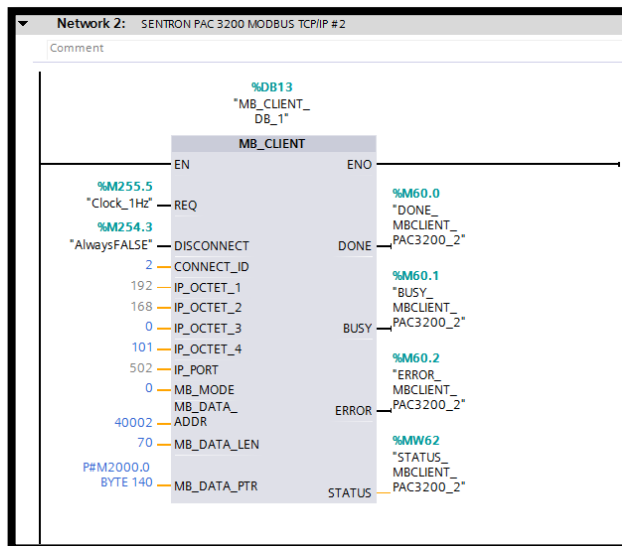


FIGURA 116: FUNCIONES PARA MEDIDOR MULTIFUNCIONAL DE PARAMETROS EN G1

En la pantalla HMI de LabVIEW se visualiza el parámetro de potencias, para lo cual se debe seleccionar la pestaña de *VISUALIZACION DE POTENCIAS (SNI-G1)*. Ver Fig.117, contiene los medidores de los valores de potencias que se visualizan en el medidor M1 del módulo de generación, para este caso los valores corresponden al SNI.

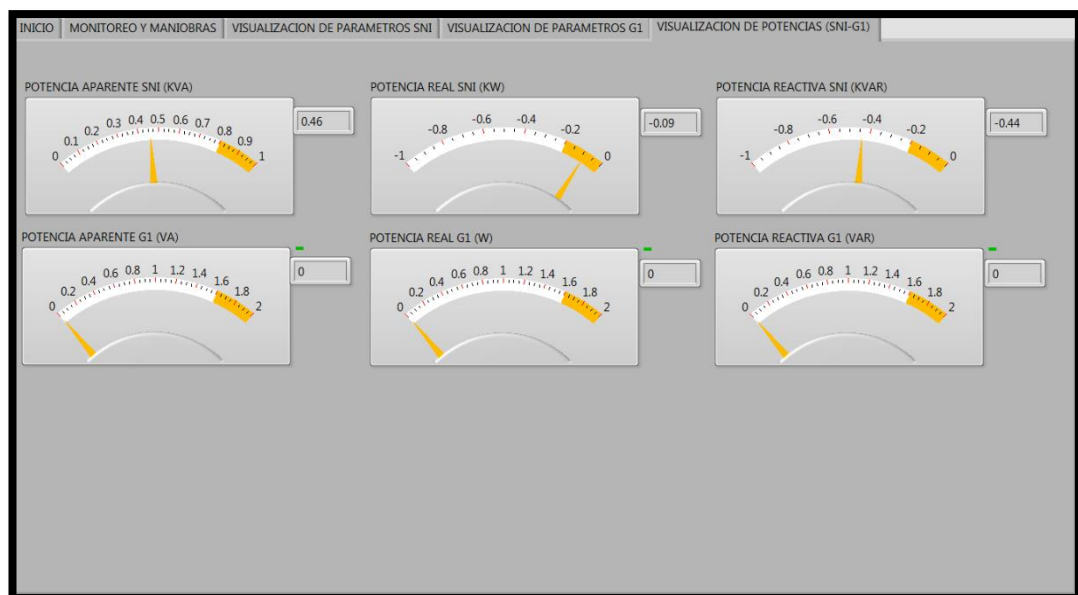


FIGURA 117: MEDIDORES DE PARÁMETROS DE POTENCIAS EN SNI CON SUS RESPECTIVOS VALORES EN LABVIEW

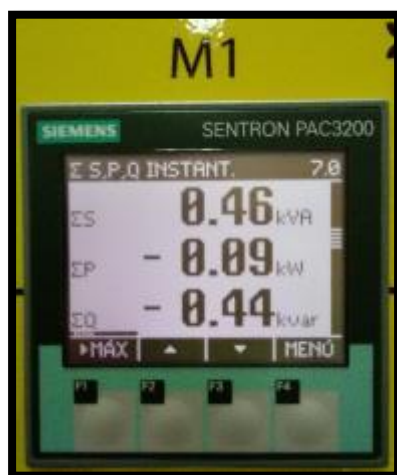


FIGURA 118: MEDIDOR DE PARÁMETROS DE POTENCIAS EN SNI CON SUS RESPECTIVOS VALORES

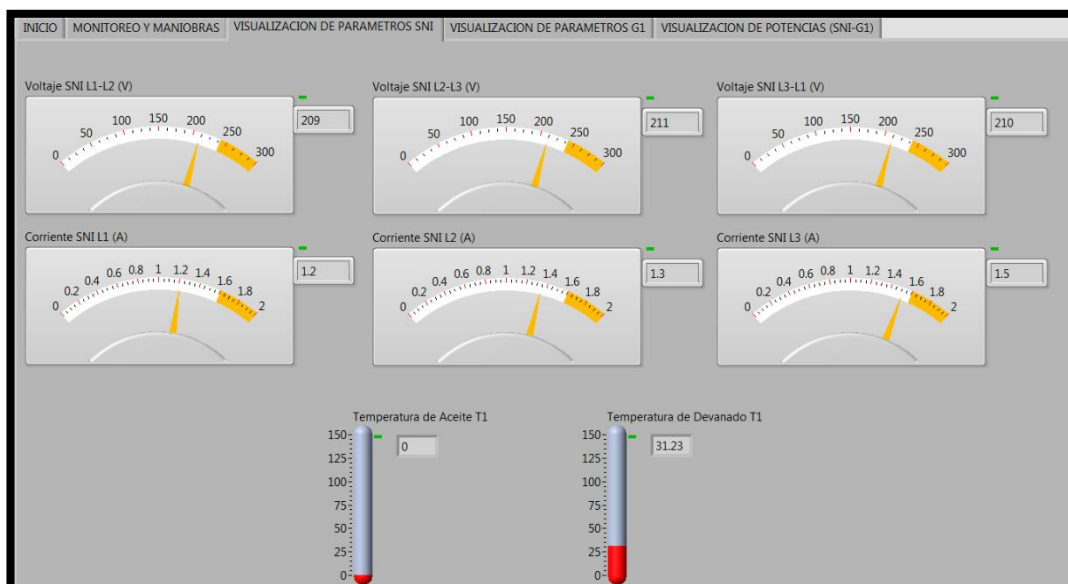


FIGURA 119: MEDIDORES DE PARÁMETROS DE VOLTAJES Y CORRIENTES EN SNI CON SUS RESPECTIVOS VALORES EN LABVIEW



FIGURA 121: MEDIDOR DE CORRIENTE EN SNI



FIGURA 120: MEDIDOR DE VOLTAJE EN SNI

4.3 Práctica 3

4.3.1 Tema

Energización y desenergización de carga (línea 1), por medio de G1, vía larga.

4.3.2 Objetivos

Objetivo general:

- Simular el control y automatización de una subestación en configuración tipo anillo para habilitar y deshabilitar una etapa de transmisión conectada al G1.

Objetivos específicos:

- Interactuar con un programa que controle las maniobras de una subestación.
- Visualizar un HMI de una subestación en configuración tipo anillo realizada en el software LabVIEW.

4.3.3 Recursos

- Módulo didáctico de automatización con PLC S7-1200 DC/DC/DC, cable de alimentación a 120 VAC, cable de red, cables de pruebas.
- Módulo didáctico de protecciones y sistemas eléctricos de potencia aplicados a sistemas de generación.
- Laptop Dell Latitude E6430.
- Software: TIA Portal V13, LabVIEW 2017, OPC Server 2016.

4.3.4 Tiempo estimado

El tiempo estimado para realizar la práctica es de 2 horas.

4.3.5 Procedimiento

Seleccionar en el menú de maniobras anillo en la pantalla HMI creada en LabVIEW la opción de *Energización Ll larga (G1)*, se debe seguir la secuencia del camino a seguir. Ver Fig.122, simultáneamente abrir el programa en TIA PORTAL que contiene la programación de la maniobra de energización de la línea 1 por medio de Generador G1. Ver Fig.123.

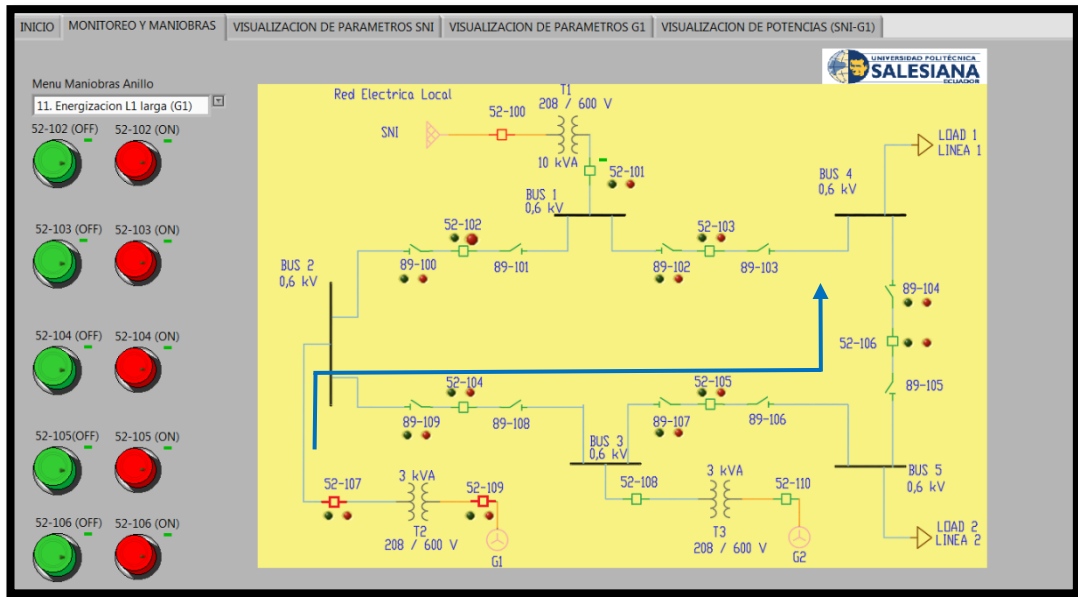


FIGURA 122: SECUENCIA A SEGUIR PARA ENERGIZAR LA LÍNEA 1 POR G1

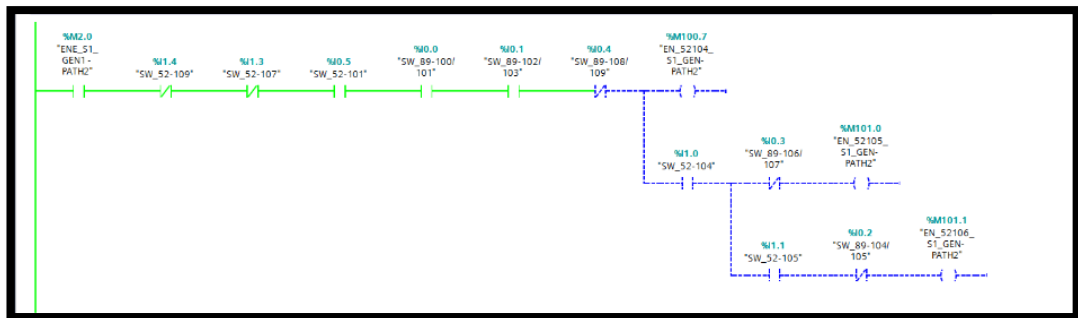


FIGURA 123: CONDICIONES INICIALES PARA ENERGIZAR LA LÍNEA 1 POR G1

La descripción de la operación de las maniobras de energización de línea 1 por medio de generador 1 es el siguiente:

- Cerrar seccionadores 89-108, 89-109 vinculados con la entrada digital %I0.4.
- Cerrar interruptor 52-104 vinculado a la entrada digital %I1.0 pulsando botón 52-104 (ON), se acciona la salida digital Q0.4.
- Cerrar seccionadores 89-106, 89-107 vinculados con la entrada digital %I0.3.
- Cerrar interruptor 52-105 vinculado a la entrada digital %I1.1 pulsando botón 52-105 (ON), se acciona la salida digital Q0.6.
- Cerrar seccionadores 89-104, 89-105 vinculados con la entrada digital %I0.2.

- Cerrar interruptor 52-106 vinculado a la entrada digital %I1.2 pulsando botón 52-106 (ON), se acciona la salida digital Q1.0.

La energización de línea 1 por medio de G1 se visualiza en la Fig. 124, y en TIA PORTAL. Ver Fig. 125.

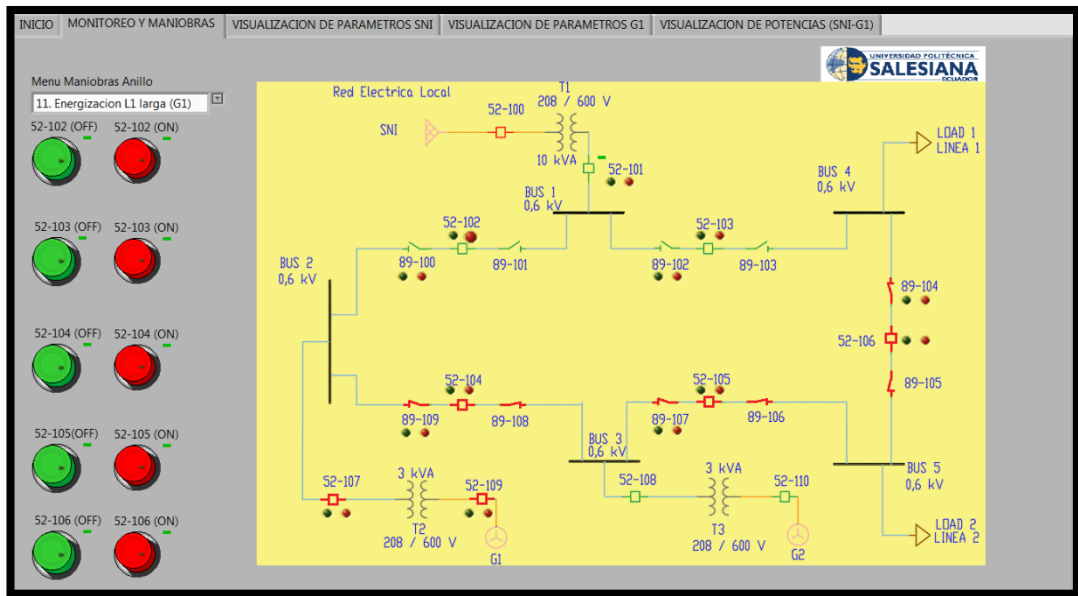


FIGURA 124: ENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA

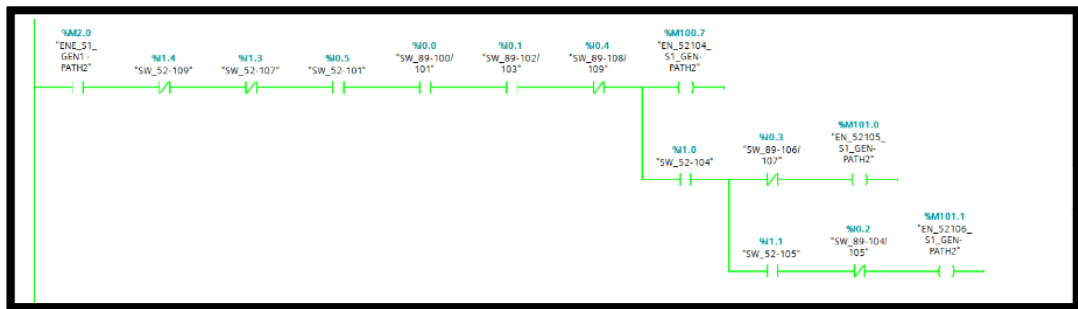


FIGURA 125: ENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA EN TIA PORTA

El procedimiento para desenergizar línea 1, por medio de G1, vía larga, seguirá el proceso inverso al de energización, en la pantalla de LabVIEW debemos seleccionar en el menú de maniobras *Desenergizacion L1 larga*. Ver Fig.126, la programación de las maniobras de desenergización de línea 1 para G1 en TIA PORTAL, y la descripción de las maniobras a realizar. Ver Fig. 127.

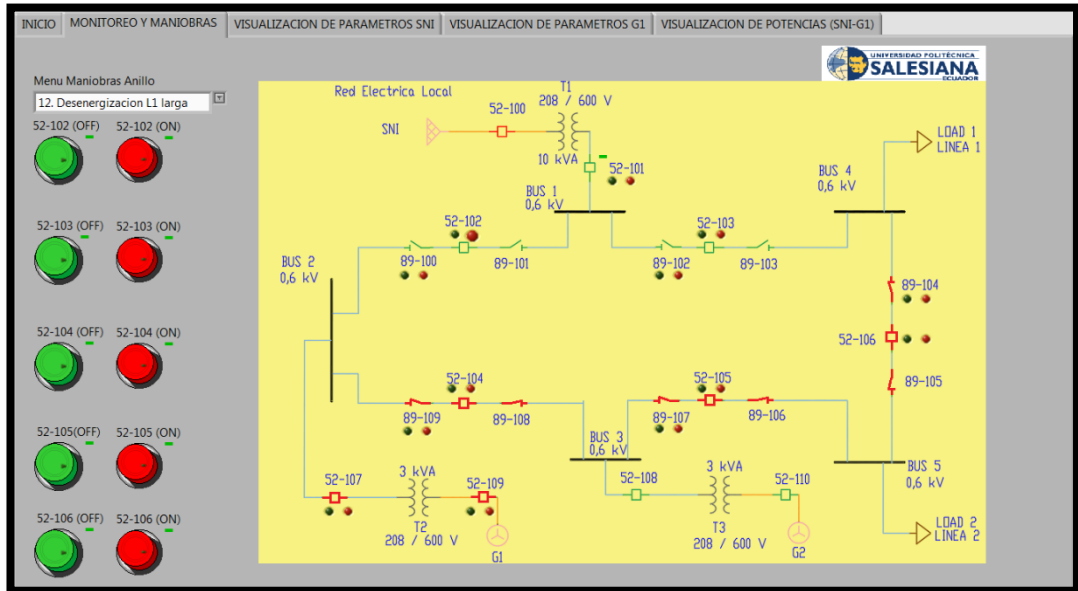


FIGURA 126: MENÚ DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA

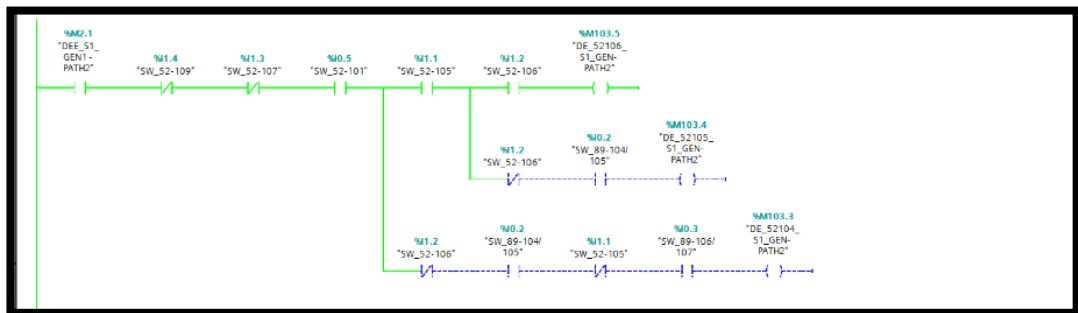


FIGURA 127: MANIOBRAS DE DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA EN TIA PORTAL

El orden de las maniobras a realizar para la desenergización es la siguiente:

- Abrir interruptor 52-106 vinculado a la entrada digital %I1.2 pulsando botón 52-106 (OFF), se acciona la salida digital Q1.1.
- Abrir seccionadores 89-104, 89-105 vinculados con la entrada digital %I0.2.
- Abrir interruptor 52-105 vinculado a la entrada digital %I1.1 pulsando botón 52-105 (OFF), se acciona la salida digital Q0.7.
- Abrir seccionadores 89-106, 89-107 vinculados con la entrada digital %I0.3.
- Abrir interruptor 52-104 vinculado a la entrada digital %I1.0 pulsando botón 52-104 (OFF), se acciona la salida digital Q0.5.
- Abrir seccionadores 89-108, 89-109 vinculados con la entrada digital %I0.4.
- Abrir interruptor 52-107 vinculado a la entrada digital %I1.3, físicamente en el módulo de generación el breaker debe estar estado OFF.
- Abrir interruptor 52-109 vinculado a la entrada digital %I1.4, físicamente en el módulo de generación el breaker debe estar estado OFF.

En las Fig. 128 y 129 se visualizan las pantallas finales del proceso de las maniobras de desenergización de línea para LabVIEW y TIA PORTAL.

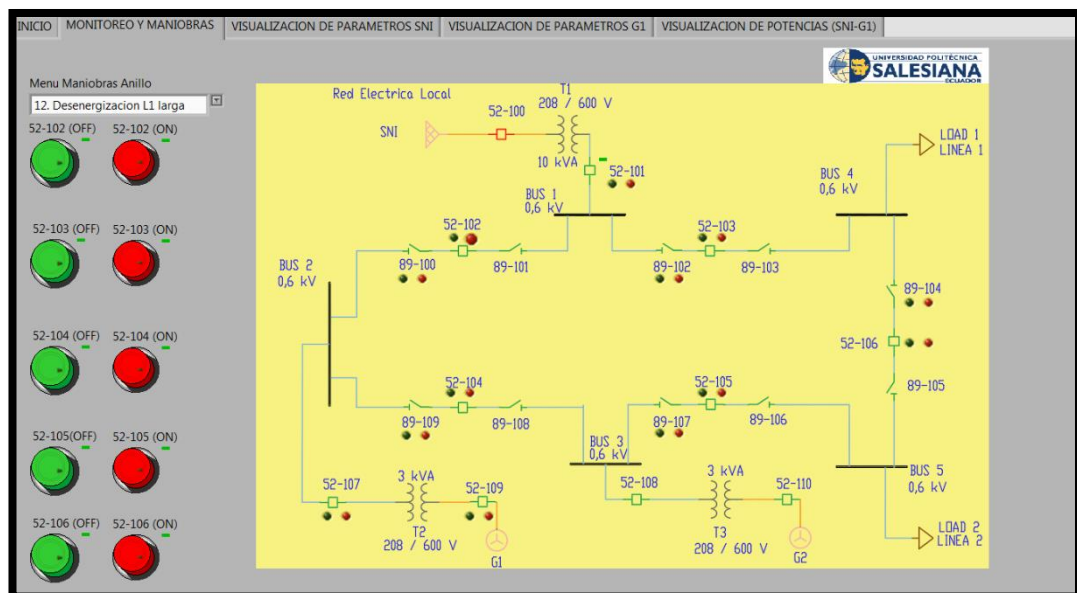


FIGURA 128: DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA

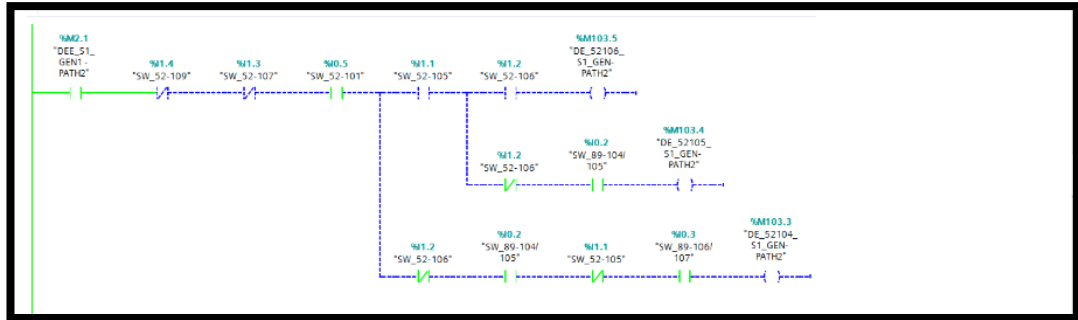


FIGURA 129: DESENERGIZACIÓN DE LÍNEA 1 POR G1 VIA LARGA EN TIA PORTAL

4.4 Práctica 4

4.4.1 Tema

Energización y desenergización de carga por Línea 1.

4.4.2 Objetivos

Objetivo general:

- Simular el control y automatización de una subestación en configuración tipo doble barra para habilitar y deshabilitar una etapa de subtransmisión o distribución.

Objetivos específicos:

- Interactuar con un programa que controle las maniobras de una subestación.
- Visualizar un HMI de una subestación en configuración tipo doble barra realizada en el software LabVIEW.

4.4.3 Recursos

- Módulo didáctico de automatización con PLC S7-1200 DC/DC/DC, cable de alimentación a 120 VAC, cable de red, cables de pruebas.
- Módulo de protecciones de líneas de transmisión.
- Laptop Dell Latitude E6430.
- Software: TIA Portal V13, LabVIEW 2017, OPC Server 2016.

4.4.4 Tiempo estimado

El tiempo estimado para realizar la práctica es de 2 horas.

4.4.5 Procedimiento

Abrir el programa desarrollado en TIA Portal V13 que tiene como nombre **MANEUVERS_DOUBLE_BAR_V2**. Ver Fig. 130. Se deberá tener en consideración que este proceso se tendrá que repetir con las demás prácticas de la configuración doble barra (4, 5, 6).

Seleccionar Open existing project, poroeder a dar click en el botón Browse para buscar el archivo del programa que se quiere ejecutar llamado **MANEUVERS_DOUBLE_BAR_V2**, luego click en Project view.

El dispositivo cargado por default en el programa es **PLC_1[CPU 1214C DC/DC/DC]**

Name	Date modified	Type	Size
AdditionalFiles	4/11/2018 8:35 PM	File folder	
IM	3/15/2018 10:05 PM	File folder	
Logs	3/15/2018 10:05 PM	File folder	
System	4/11/2018 8:35 PM	File folder	
TMP	3/15/2018 10:05 PM	File folder	
UserFiles	3/15/2018 10:05 PM	File folder	
MANEUVERS_DOUBLE_BAR_V2	4/1/2018 10:38 PM	Siemens TIA Portal...	8 KB

FIGURA 130: ACCESO AL PROGRAMA DE MANIOBRAS MANEUVERS_DOUBLE_BAR_V2

La interfaz realizada en LabVIEW para la configuración doble barra, en esta práctica debe seguir la secuencia del camino trazado de color azul, los dispositivos involucrados en la maniobra son los seccionadores 89-204, 89-205, 89-214, 89-208 y los interruptores 52-202, 52-206. Ver Fig. 131

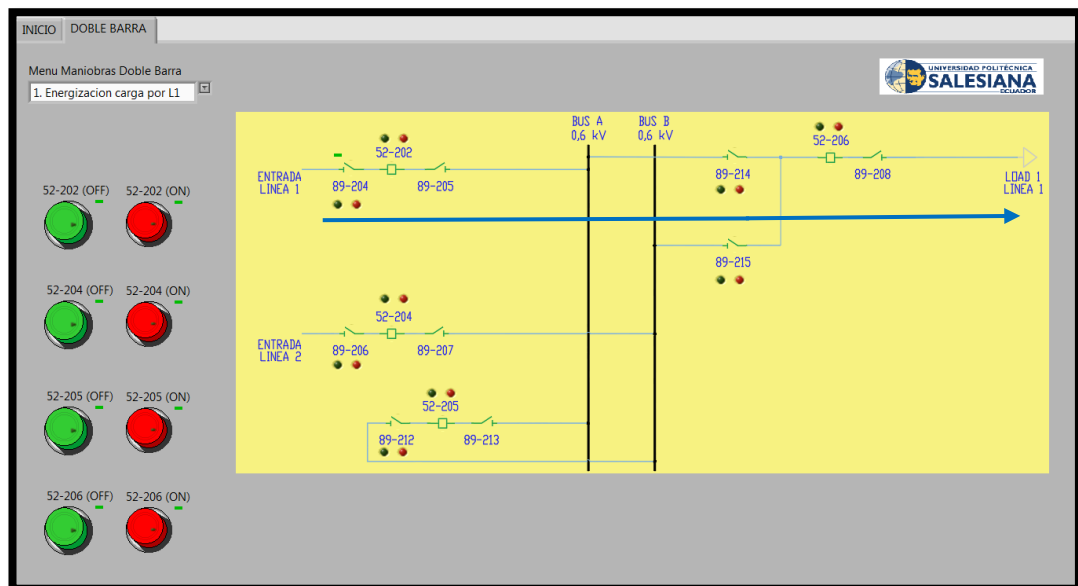


FIGURA 131: SECUENCIA A SEGUIR PARA ENERGIZAR CARGA POR LINEA 1

En la Fig. 132 se observan los tags creados en el OPC server para la configuración doble barra, en la maniobra para energizar la carga por línea 1 se utilizarán los tags de los elementos involucrados en la práctica mencionados anteriormente.

Tag Name	Addr.	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
SW_204-205	I0.0	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-204/205
SW_206-207	I0.1	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-206/207
SW_212-213	I0.2	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-212/213
SW_214-208	I0.3	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-214/208
SW_215-208	I0.4	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-215/208
CB 52-202	I0.5	Boolean	100	None	Status 52-202
CB 52-204	I0.6	Boolean	100	None	Status 52-204
CB 52-205	I0.7	Boolean	100	None	Status 52-205
CB 52-206	I1.0	Boolean	100	None	Status 52-206
52-202C	M0.0	Boolean	100	None	52-202 PB_Close
52-202O	M0.1	Boolean	100	None	52-202 PB_Open
52-204C	M0.2	Boolean	100	None	52-204 PB_Close
52-204O	M0.3	Boolean	100	None	52-204 PB_Open
52-205C	M0.4	Boolean	100	None	52-205 PB_Close
52-205O	M0.5	Boolean	100	None	52-205 PB_Open
52-206C	M0.6	Boolean	100	None	52-206 PB_Close
52-206O	M0.7	Boolean	100	None	52-206 PB_Open
Ene_L1_Lin1	M1.0	Boolean	100	None	Energizacion carga por linea1
Ene_L1_Lin2	M1.1	Boolean	100	None	Energizacion Carga por Linea2
Des_L1_Lin1	M1.2	Boolean	100	None	Desenergizacion Carga por Linea1
Des_L1_Lin2	M1.3	Boolean	100	None	Desenergizacion Carga por Linea2
Transf_bar_A-B	M1.4	Boolean	100	None	Trasferencia de Barra A hacia B
Transf_bar_B-A	M1.5	Boolean	100	None	Trasferencia de Barra B hacia A

FIGURA 132: TAGS EN OPC SERVER PARA CONFIGURACION DOBLE BARRA

El proceso a seguir para habilitar la carga por línea 1 es el siguiente:

- 1) Cerrar seccionadores 89- 204, 89-205 vinculados con la entrada digital %I0.0.
- 2) Cerrar interruptor 52-202 vinculado a la entrada digital %I0.5 pulsando botón 52-202 (ON), se acciona la salida digital Q0.0.
- 3) Cerrar seccionadores 89-208, 89-214 vinculados con la entrada digital %I0.3.
- 4) Cerrar interruptor 52-206 vinculado a la entrada digital %I1.0 pulsando botón 52-206 (ON), se acciona la salida digital Q0.6.

Las Fig. 133 y 134. Muestran las pantallas de maniobras de condiciones en TIA Portal y de interfaz HMI en LabVIEW respectivamente.

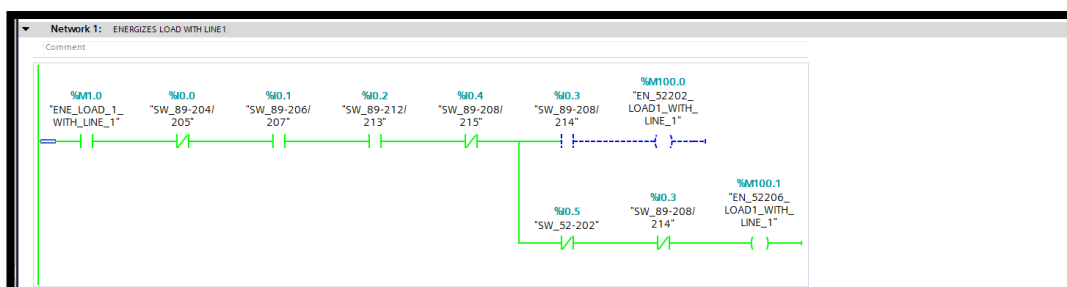


FIGURA 133: MANIOBRAS PARA HABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 1 EN TIA PORTAL

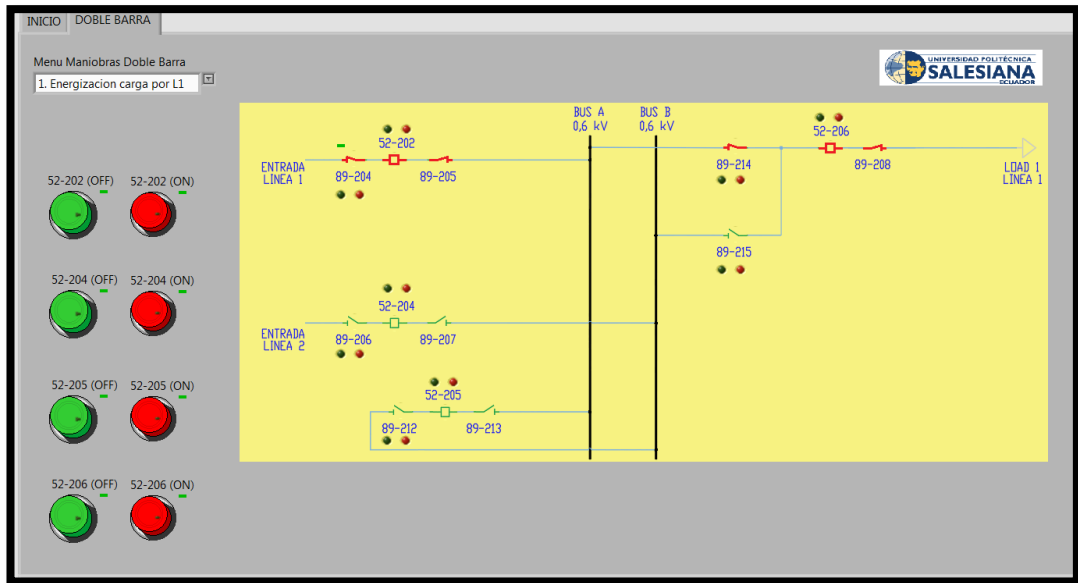


FIGURA 134: INTERFAZ HMI PARA HABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 1 EN LABVIEW

El procedimiento para deshabilitar la carga por línea 1, seguirá el proceso inverso al de habilitación de la carga por línea 1, en la pantalla de LabVIEW debemos seleccionar en el menú de maniobras Desenergización carga por L1.

El orden de las maniobras a realizar para deshabilitar la carga por línea 1 es:

- 1) Abrir interruptor 52-206 vinculado a la entrada digital %I1.0 pulsando botón 52-206 (OFF), se acciona la salida digital Q0.7.
- 2) Abrir seccionadores 89-208, 89-214 vinculados con la entrada digital %I0.3.
- 3) Abrir interruptor 52-202 vinculado a la entrada digital %I0.5 pulsando botón 52-202 (OFF), se acciona la salida digital Q0.1.
- 4) Abrir seccionadores 89-204, 89-205 vinculados con la entrada digital %I0.4.

La programación de las maniobras para deshabilitar la carga por línea 1 en TIA PORTAL, y la HMI de la práctica se visualizan en Fig. 135 y 136 respectivamente.

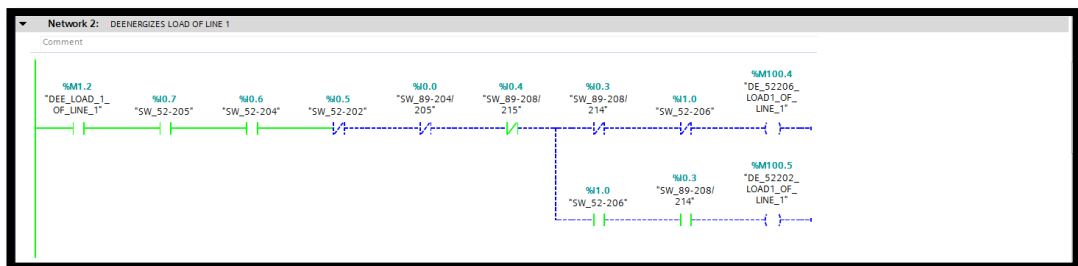


FIGURA 135: MANIOBRAS PARA DESHABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 1 EN TIA PORTAL

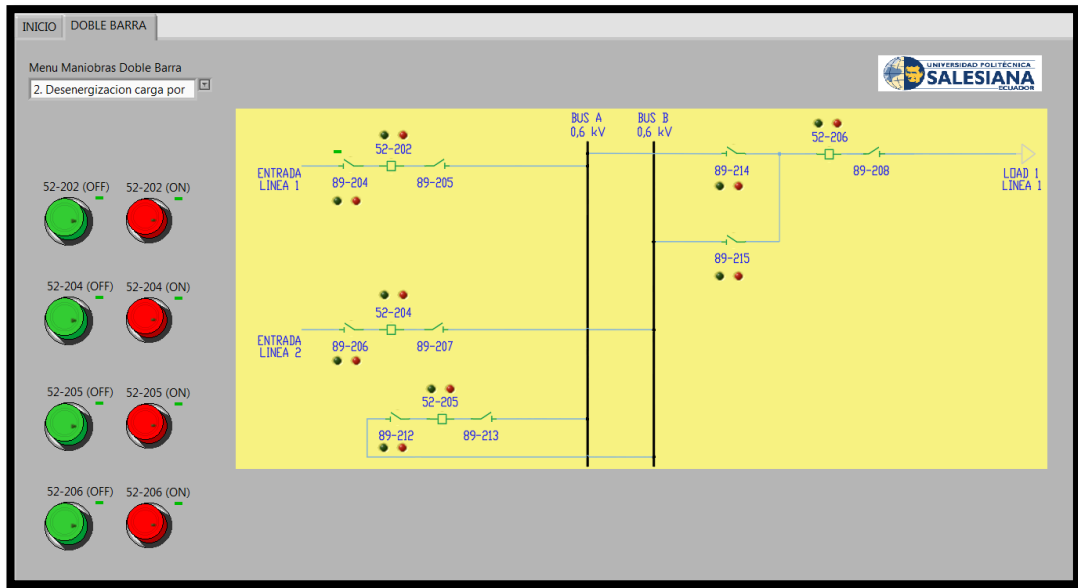


FIGURA 136: INTERFAZ HMI PARA DESHABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 1 EN LABVIEW

4.5 Práctica 5

4.5.1 Tema

Energización y desenergización de carga por Línea 2.

4.5.2 Objetivos

Objetivo general:

- Simular el control y automatización de una subestación en configuración tipo doble barra para habilitar y deshabilitar una etapa de subtransmisión o distribución.

Objetivos específicos:

- Interactuar con un programa que controle las maniobras de una subestación.
- Visualizar un HMI de una subestación en configuración tipo doble barra realizada en el software LabVIEW.

4.5.3 Recursos

- Módulo didáctico de automatización con PLC S7-1200 DC/DC/DC, cable de alimentación a 120 VAC, cable de red, cables de pruebas.
- Módulo de protecciones de líneas de transmisión.
- Laptop Dell Latitude E6430.
- Software: TIA Portal V13, LabVIEW 2017, OPC Server 2016.

4.5.4 Tiempo estimado

El tiempo estimado para realizar la práctica es de 2 horas.

4.5.5 Procedimiento

El procedimiento para iniciar el programa en el TIA Portal de esta práctica, es el mismo que se describió en la práctica 4.

En el menú de la interfaz HMI seleccionar Energización carga por L2, el camino a seguir en la práctica será el que indique la flecha azul. Los dispositivos involucrados en la maniobra son los seccionadores 89-206, 89-207, 89-215, 89-208 y los interruptores 52-204, 52-206. Ver Fig. 137.

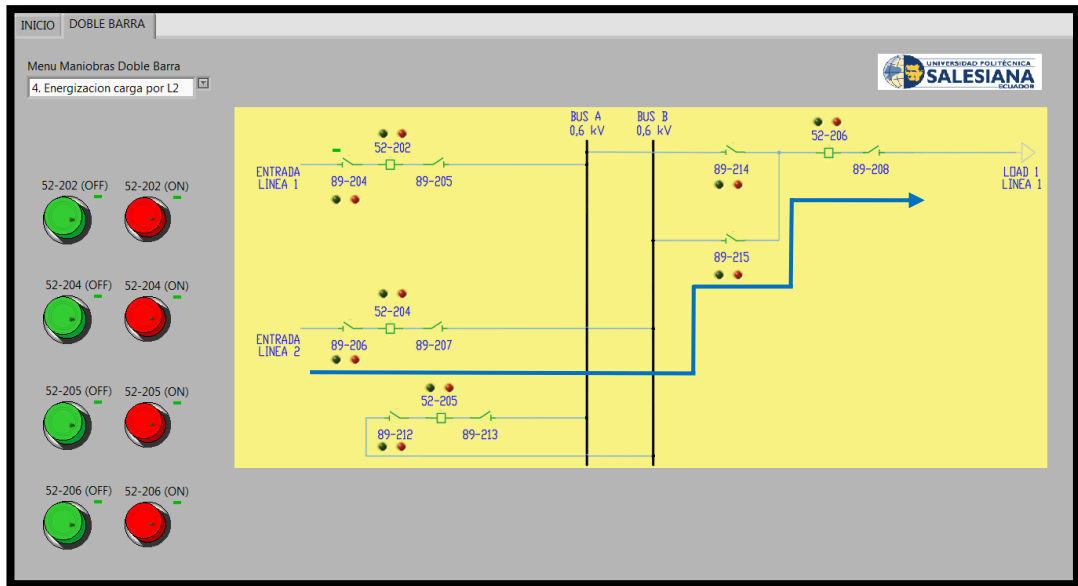


FIGURA 137: SECUENCIA A SEGUIR PARA ENERGIZAR CARGA POR LINEA 2

El proceso a seguir para habilitar la carga por línea 2 es el siguiente:

- 1) Cerrar seccionadores 89- 206, 89-207 vinculados con la entrada digital %I0.1.
- 2) Cerrar interruptor 52-204 vinculado a la entrada digital %I0.6 pulsando botón 52-204 (ON), se acciona la salida digital Q0.2.
- 3) Cerrar seccionadores 89-215, 89-208 vinculados con la entrada digital %I0.4.
- 4) Cerrar interruptor 52-206 vinculado a la entrada digital %I1.0 pulsando botón 52-206 (ON), se acciona la salida digital Q0.6.

Las Fig. 138 y 139. Muestran las pantallas de maniobras de condiciones en TIA Portal y de interfaz HMI en LabVIEW respectivamente.

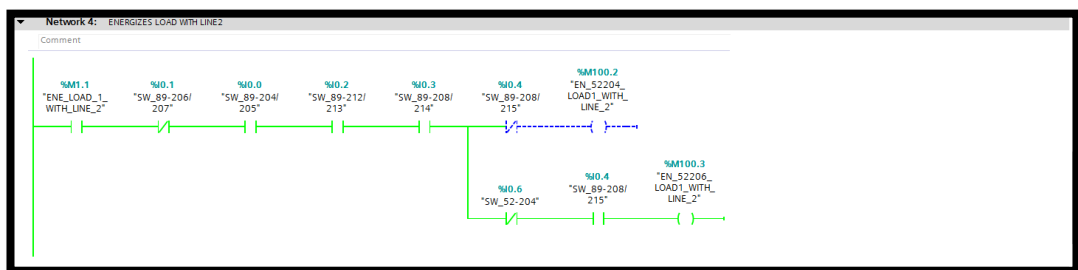


FIGURA 138: MANIOBRAS PARA HABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 2 EN TIA PORTAL

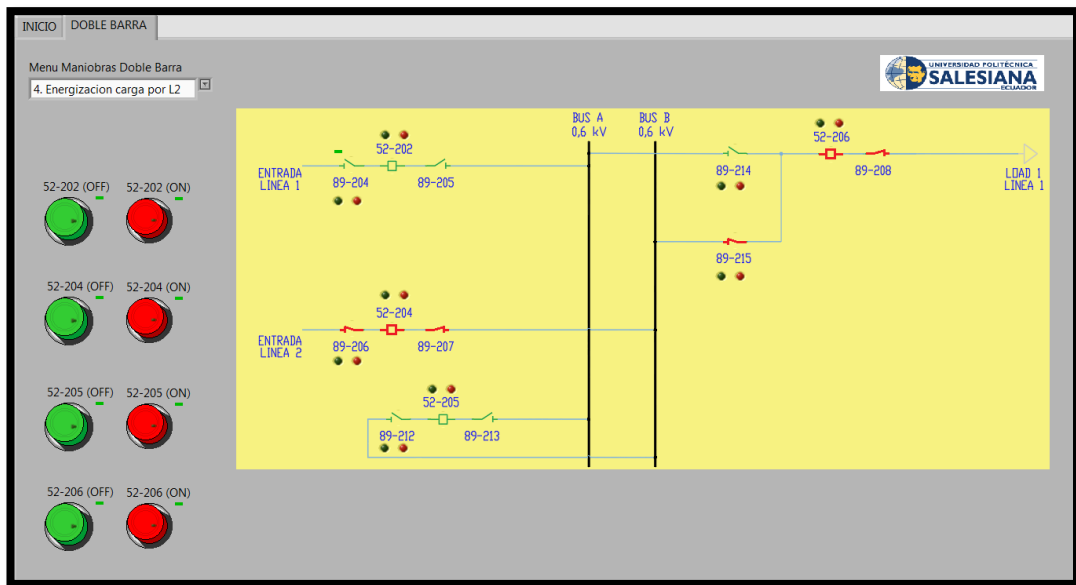


FIGURA 139: INTERFAZ HMI PARA HABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 2 EN LABVIEW

El procedimiento para deshabilitar la carga por línea 2, seguirá el proceso inverso al de habilitación de la carga por línea 2, en la pantalla de LabVIEW debemos seleccionar en el menú de maniobras Desenergizacion carga por L2.

El orden de las maniobras a realizar para deshabilitar la carga por línea 2 es:

- 1) Abrir interruptor 52-206 vinculado a la entrada digital %I1.0 pulsando botón 52-206 (OFF), se acciona la salida digital Q0.7.
- 2) Abrir seccionadores 89-208, 89-215 vinculados con la entrada digital %I0.4.
- 3) Abrir interruptor 52-204 vinculado a la entrada digital %I0.5 pulsando botón 52-204 (OFF), se acciona la salida digital Q0.3.
- 4) Abrir seccionadores 89-206, 89-207 vinculados con la entrada digital %I0.1.

La programación de las maniobras para deshabilitar la carga por línea 2 en TIA PORTAL, y la HMI de la práctica se visualizan en Fig. 140 y 141 respectivamente.

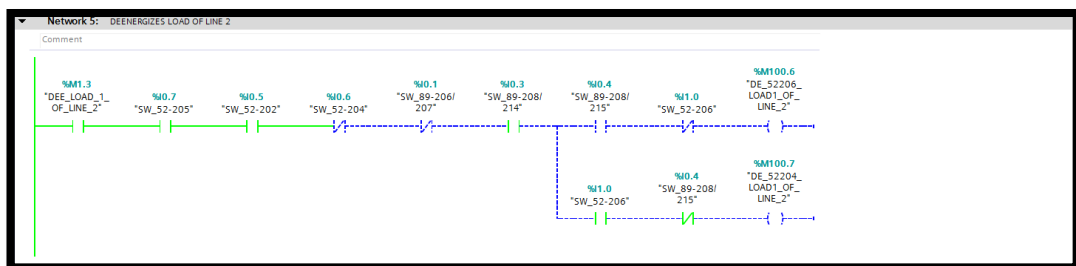


FIGURA 140: MANIOBRAS PARA DESHABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 2 EN TIA PORTAL

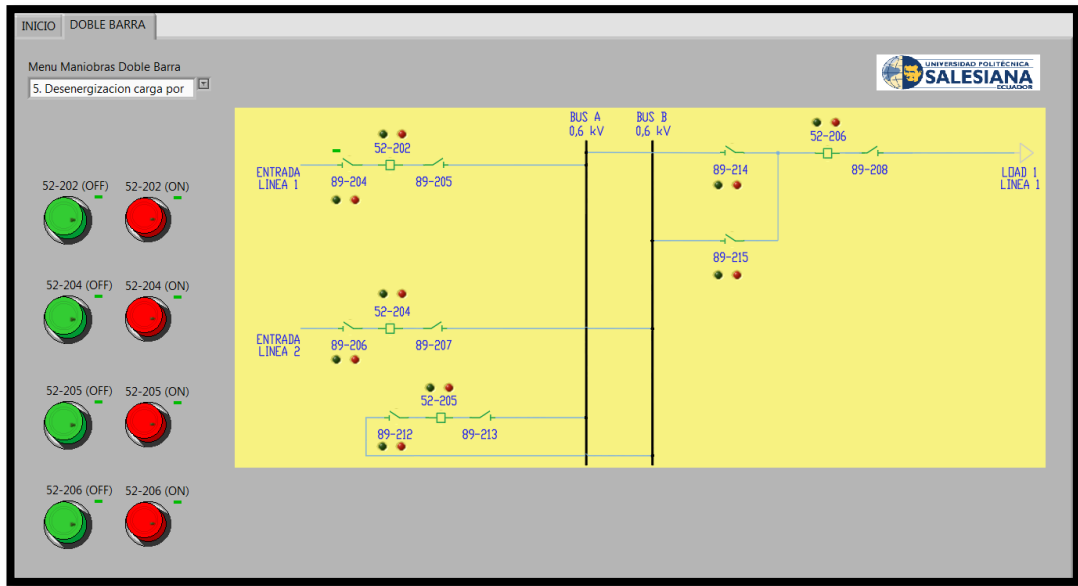


FIGURA 141: INTERFAZ HMI PARA DESHABILITAR LA CARGA POR LÍNEA 2 EN LABVIEW

4.6 Práctica 6

4.6.1 Tema

Transferencia de carga de L1 a L2 y viceversa.

4.6.2 Objetivos

Objetivo general:

- Simular el control y automatización de una subestación en configuración tipo doble barra para habilitar y deshabilitar una etapa de subtransmisión o distribución por medio de una transferencia de carga.

Objetivos específicos:

- Interactuar con un programa que controle las maniobras de una subestación.
- Visualizar un HMI de una subestación en configuración tipo doble barra realizada en el software LabVIEW.

4.6.3 Recursos

- Módulo didáctico de automatización con PLC S7-1200 DC/DC/DC, cable de alimentación a 120 VAC, cable de red, cables de pruebas.
- Módulo de protecciones de líneas de transmisión.
- Laptop Dell Latitude E6430.
- Software: TIA Portal V13, LabVIEW 2017, OPC Server 2016.

4.6.4 Tiempo estimado

El tiempo estimado para realizar la práctica es de 2 horas.

4.6.5 Procedimiento

El procedimiento para iniciar el programa en el TIA Portal de esta práctica, es el mismo que se describió en la práctica 4.

En el menú de la interfaz HMI seleccionar Transferencia carga L1 a L2. Los dispositivos involucrados en la maniobra son los seccionadores 89-204, 89-205, 89-214, 89-208, 89-206, 89-207, 89-212, 89-213 y 89-2015 y los interruptores 52-202, 52-204, 52-205 y 52-206. Ver Fig. 137.

Inicialmente la carga se encuentra energizada por medio de L1, tal como se realizó en la práctica 4. Ver Fig.142.

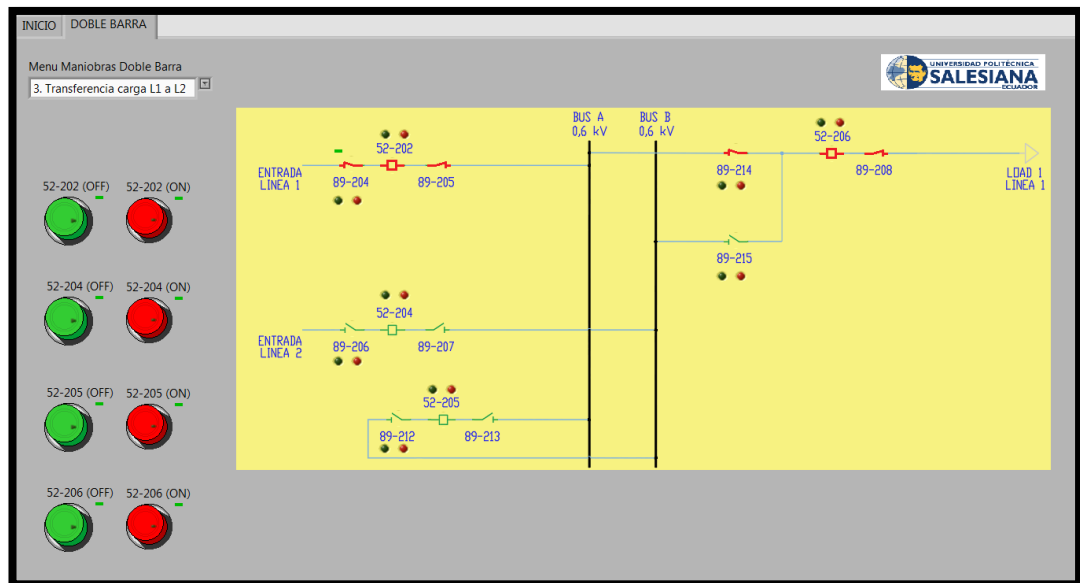


FIGURA 142: CONDICIONES INICIALES PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE L1 A L2

Para la transferencia de carga a L2, se debe realizar el siguiente proceso:

- 1) Cerrar seccionadores 89-206 y 89-207 vinculados con la entrada digital %I0.1.
- 2) Cerrar interruptor 52-204 vinculado a la entrada digital %I0.6, pulsando botón 52-204 (ON), se acciona la salida digital Q0.2.
- 3) Cerrar los seccionadores 89-212 y 89-213 vinculados con la entrada digital %I0.2.
- 4) Cerrar interruptor 52-205 vinculado a la entrada digital %I0.7, pulsando botón 52-205 (ON), se acciona la salida digital Q0.4.
- 5) Cerrar seccionador 89-215 vinculado a la entrada digital %I0.4.
- 6) Abrir seccionador 89-214 vinculado con la entrada digital %I0.3.
- 7) Abrir interruptor 52-205 vinculado a la entrada digital %I0.7 pulsando botón 52-205 (OFF), se acciona la salida digital Q0.5.
- 8) Abrir seccionadores 89-212 y 89-213 vinculados con la entrada digital %I0.2.
- 9) Abrir interruptor 52-202 vinculado a la entrada digital %I0.5 pulsando botón 52-202 (OFF), se acciona la salida digital Q0.1.
- 10) Abrir seccionadores 89-204 y 89-205 vinculados con la entrada digital %I0.0.

Las Fig. 143 y 144, Muestran las pantallas de maniobras de condiciones en TIA Portal y de interfaz HMI en LabVIEW respectivamente.

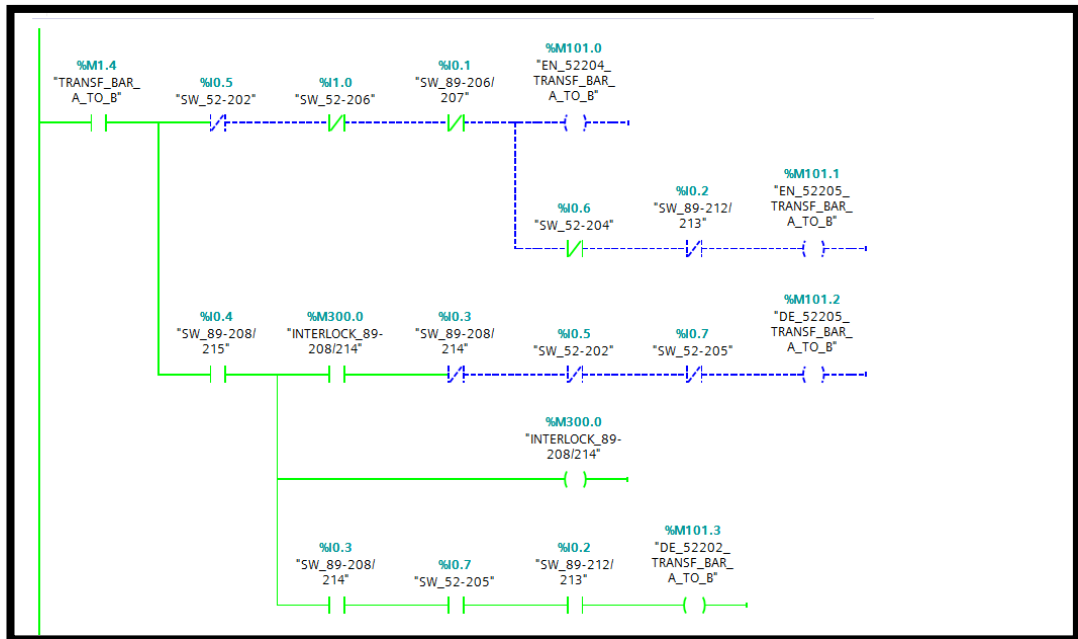


FIGURA 143: MANIOBRAS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE L1 A L2 EN TIA PORTAL

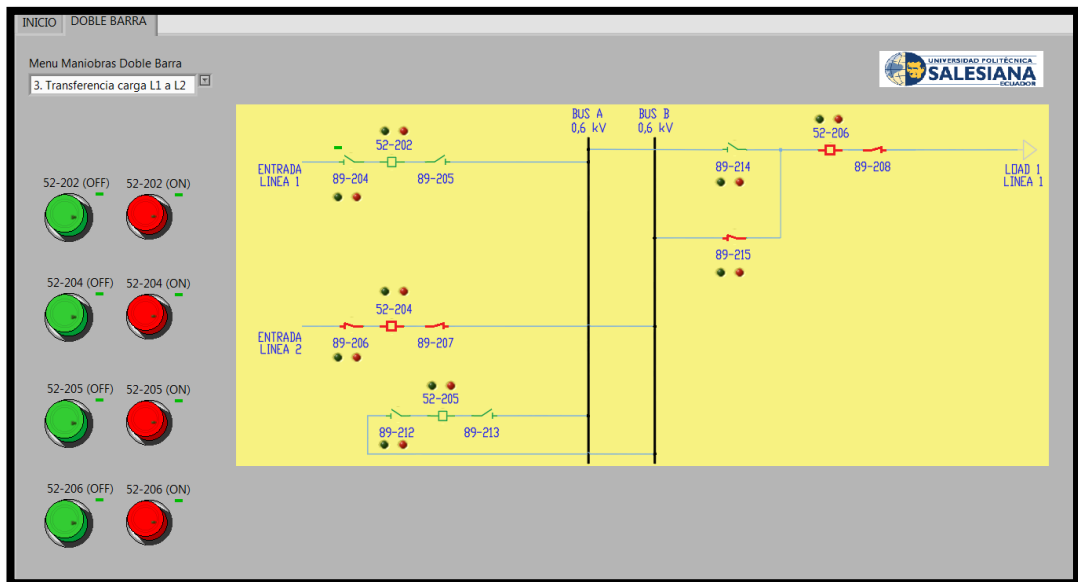


FIGURA 144: INTERFAZ HMI PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE L1 A L2

Para realizar la transferencia de carga de línea 2 a línea 1 en el menú de la interfaz HMI seleccionar la opción Transferencia carga L2 a L1. Los pasos a seguir para realizar la maniobra son los siguientes:

- 1) Cerrar seccionadores 89-204 y 89-205 vinculados con la entrada digital %I0.0.
- 2) Cerrar interruptor 52-202 vinculado a la entrada digital %I0.5, pulsando botón 52-202 (ON), se acciona la salida digital Q0.0.
- 3) Cerrar los seccionadores 89-212 y 89-213 vinculados con la entrada digital %I0.2.
- 4) Cerrar interruptor 52-205 vinculado a la entrada digital %I0.7, pulsando botón 52-205 (ON), se acciona la salida digital Q0.4.
- 5) Cerrar seccionador 89-214 vinculado a la entrada digital %I0.3.
- 6) Abrir seccionador 89-215 vinculado con la entrada digital %I0.4.
- 7) Abrir interruptor 52-205 vinculado a la entrada digital %I0.7 pulsando botón 52-205 (OFF), se acciona la salida digital Q0.5.
- 8) Abrir seccionadores 89-212 y 89-213 vinculados con la entrada digital %I0.2.
- 9) Abrir interruptor 52-204 vinculado a la entrada digital %I0.6 pulsando botón 52-204 (OFF), se acciona la salida digital Q0.3.
- 10) Abrir seccionadores 89-206 y 89-207 vinculados con la entrada digital %I0.1.

Las Fig. 145 y 146, Muestran las pantallas de maniobras de condiciones en TIA Portal y de interfaz HMI en LabVIEW respectivamente.

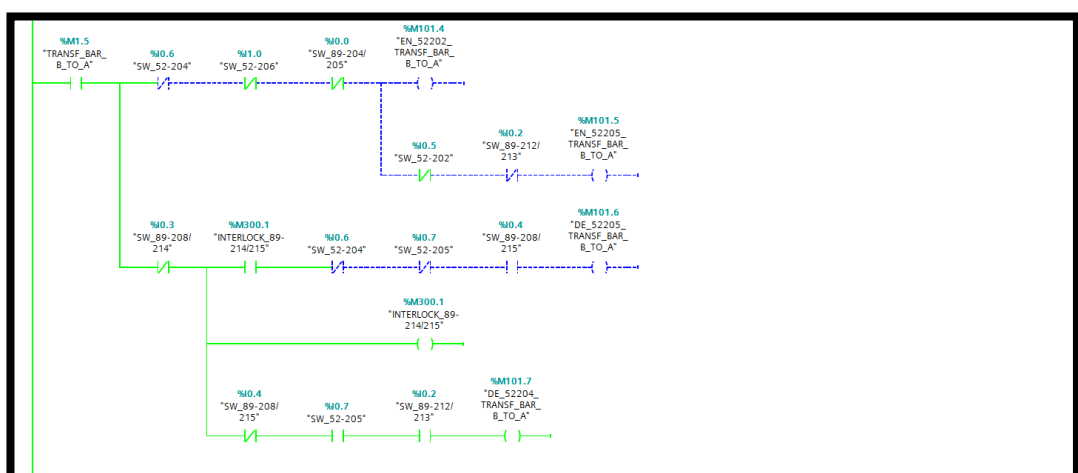


FIGURA 145: MANIOBRAS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE L2 A L1 EN TIA PORTAL

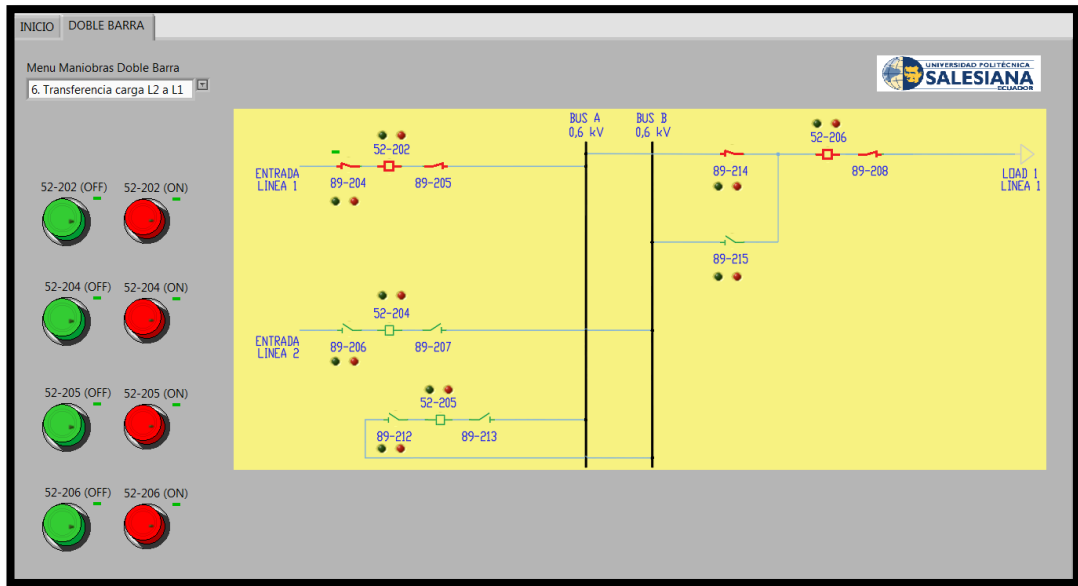


FIGURA 146: INTERFAZ HMI PARA TRANSFERENCIA DE CARGA DE L2 A L1

4.7 Práctica 7

4.7.1 Tema

Energización y desenergización de carga en 52-306 por barra principal.

4.7.2 Objetivos

Objetivo general:

- Simular el control y automatización de una subestación en configuración tipo barra principal y transferencia para habilitar y deshabilitar una etapa de distribución.

Objetivos específicos:

- Interactuar con un programa que controle las maniobras de una subestación.
- Visualizar un HMI de una subestación en configuración tipo barra principal y transferencia realizada en el software LabVIEW.

4.7.3 Recursos

- Módulo didáctico de automatización con PLC S7-1200 DC/DC/DC, cable de alimentación a 120 VAC, cable de red, cables de pruebas.
- Módulo de protecciones de líneas de transmisión.
- Laptop Dell Latitude E6430.
- Software: TIA Portal V13, LabVIEW 2017, OPC Server 2016.

4.7.4 Tiempo estimado

El tiempo estimado para realizar la práctica es de 2 horas.

4.7.5 Procedimiento

Abrir el programa desarrollado en TIA Portal V13 que tiene como nombre **MANEUVERS_MAIN_BAR_&_TRANSFER** y seguir el procedimiento indicado en las prácticas anteriores.

La interfaz realizada en LabVIEW para la configuración barra principal y transferencia, en el menú seleccionar la opción Energización carga 52-306 por BP. En esta práctica debe seguir la secuencia del camino trazado de color azul, los dispositivos involucrados en la maniobra son los seccionadores 89-301, 89-302, 89-304, 89-307, 89-310, y los interruptores 52-301, 52-302, 52-303, 52-306. Ver Fig. 147.

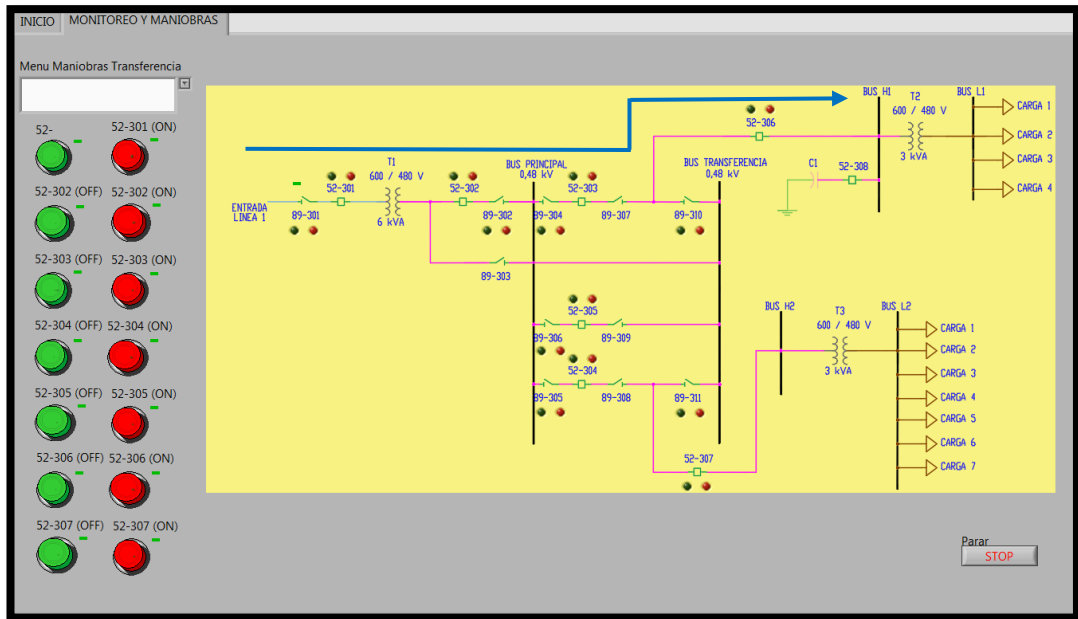


FIGURA 147: HMI ENERGIZACIÓN Y DESENERGIZACIÓN DE CARGA EN 52-306 POR BARRA PRINCIPAL

Al igual que las prácticas anteriores, existen tags creados en el OPC server para la configuración barra principal y transferencia. Ver Fig. 148.

Tag Name	Add...	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
SW_89-301	I0.0	Boolean	100	None	Status seccionador 89-301
SW_89-302	I0.1	Boolean	100	None	Status seccionador 89-302
SW_89-304-307	I0.2	Boolean	100	None	Status seccionador 89-304/307
SW_89-306-309	I0.3	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-306/309
SW_89-305-308	I0.4	Boolean	100	None	Status seccionadores 89-305/308
SW_89-310	I0.5	Boolean	100	None	Status seccionador 89-310
SW_89-311	I0.6	Boolean	100	None	Status seccionador 89-311
CB_52-301	I0.7	Boolean	100	None	Status CB 52-301
CB_52-302	I1.0	Boolean	100	None	Status CB 52-302
CB_52-303	I1.1	Boolean	100	None	Status CB 52-303
CB_52-304	I1.2	Boolean	100	None	Status CB 52-304
CB_52-305	I1.3	Boolean	100	None	Status CB 52-305
CB_52-306	I1.4	Boolean	100	None	Status CB 52-306
CB_52-307	I1.5	Boolean	100	None	Status CB 52-307
52-301C	M0.0	Boolean	100	None	PB 52-301 Close
52-301O	M0.1	Boolean	100	None	PB 52-301 Open
52-302C	M0.2	Boolean	100	None	PB 52-302 Close
52-302O	M0.3	Boolean	100	None	PB 52-302 Open
52-303C	M0.4	Boolean	100	None	PB 52-303 Close
52-303O	M0.5	Boolean	100	None	PB 52-301 Open
52-304C	M0.6	Boolean	100	None	PB 52-304 Close
52-304O	M0.7	Boolean	100	None	PB 52-301 Open
52-305C	M1.0	Boolean	100	None	PB 52-305 Close
52-305O	M1.1	Boolean	100	None	PB 52-305 Open
52-306C	M1.2	Boolean	100	None	PB 52-306 Close
52-306O	M1.3	Boolean	100	None	PB 52-306 Open
52-307C	M1.4	Boolean	100	None	PB 52-307 Close
52-307O	M1.5	Boolean	100	None	PB 52-305 Open
ENE_LOAD1_BP	M1.6	Boolean	100	None	Energizacion carga 1 con BP
ENE_LOAD2_BP	M1.7	Boolean	100	None	Energizacion carga 2 con BP
RTTRE	M100.1	Boolean	100	None	EFDGFD
DES_LOAD1	M2.0	Boolean	100	None	Desenergizacion carga 1
DES_LOAD2	M2.1	Boolean	100	None	Desenergizacion carga 2
ENE_LOAD1_BT	M2.2	Boolean	100	None	Energizacion carga 1 con BT
ENE_LOAD2_BT	M2.3	Boolean	100	None	Energizacion carga 2 con BT
REST_LOAD1_BP	M2.4	Boolean	100	None	Restablecimiento carga 1 con BP

FIGURA 148: TAGS EN OPC SERVER PARA LA CONFIGURACIÓN BARRA PRINCIPAL Y TRANSFERENCIA

Para la energización de carga en 52-306 por barra principal, se debe realizar el siguiente proceso:

- 1) Cerrar seccionador 89-301 vinculado con la entrada digital %I0.0.
- 2) Cerrar interruptor 52-301 vinculado a la entrada digital %I0.7, pulsando botón 52-301 (ON), se acciona la salida digital Q0.0.
- 3) Cerrar seccionador 89-302 vinculado con la entrada digital %I0.1.
- 4) Cerrar interruptor 52-302 vinculado a la entrada digital %I1.0, pulsando botón 52-302 (ON), se acciona la salida digital Q0.2.
- 5) Cerrar seccionadores 89-304 y 89-307 vinculados con la entrada digital %I0.2.
- 6) Cerrar interruptor 52-303 vinculado a la entrada digital %I1.1, pulsando botón 52-303 (ON), se acciona la salida digital Q0.4.
- 7) Cerrar interruptor 52-306 vinculado a la entrada digital %I1.4, pulsando botón 52-306 (ON), se acciona la salida digital Q1.0.

Las Fig. 149 y 150, Muestran las pantallas de maniobras de condiciones en TIA Portal y de interfaz HMI en LabVIEW respectivamente.

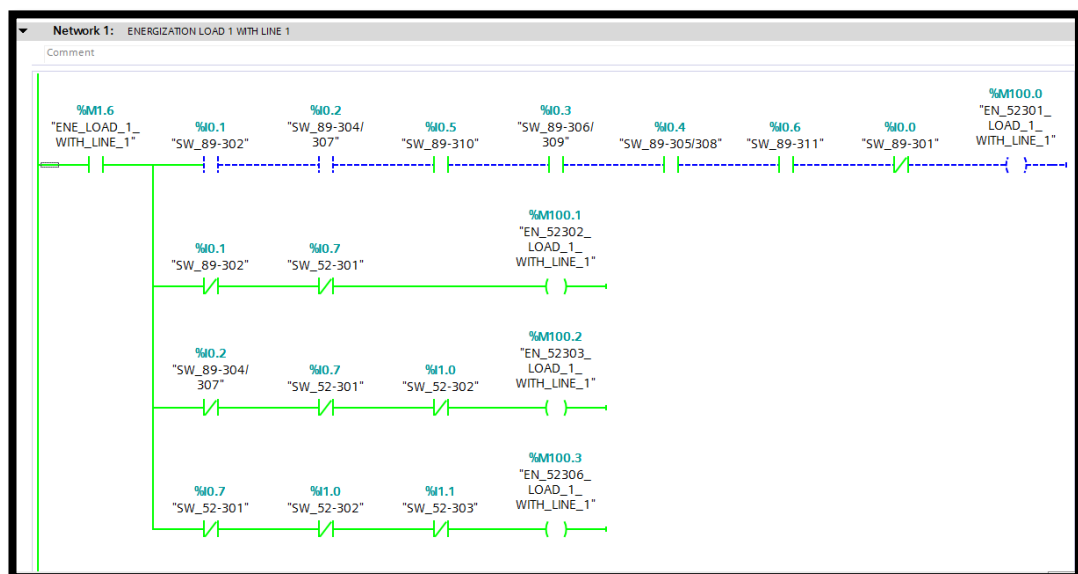


FIGURA 149: MANIOBRAS PARA ENERGIZACIÓN DE CARGA EN 52-306 POR BARRA PRINCIPAL

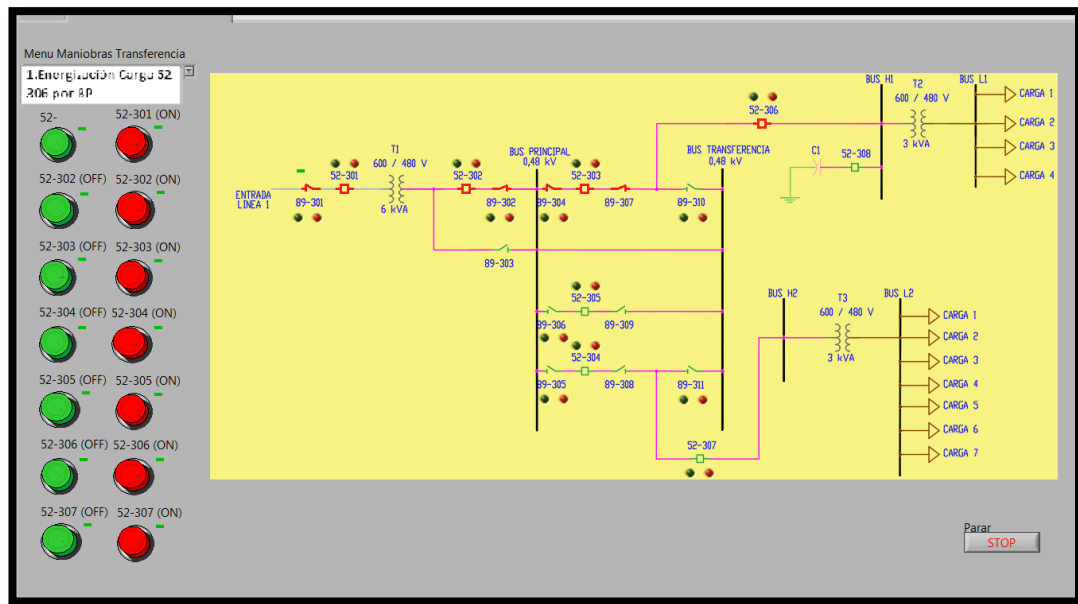


FIGURA 150: INTERFAZ HMI PARA ENERGIZACIÓN DE CARGA EN 52-306 POR BARRA PRINCIPAL

Para la desenergización de carga en 52-306 por barra principal, se debe realizar el siguiente proceso:

- 1) Abrir interruptor 52-306 vinculado con la entrada digital %I1.4, pulsando botón 52-306 (OFF), se acciona la salida digital Q1.1.
- 2) Abrir interruptor 52-303 vinculado con la entrada digital %I1.1, pulsando botón 52-303 (OFF), se acciona la salida digital Q0.5.
- 3) Abrir seccionadores 89-304 y 89-307 vinculados a la entrada digital %I0.2.
- 4) Abrir interruptor 52-302 vinculado con la entrada digital %I1.0, pulsando botón 52-302 (OFF), se acciona la salida digital Q0.3.
- 5) Abrir seccionador 89-302 vinculado a la entrada digital %I0.1.
- 6) Abrir interruptor 52-301 vinculado con la entrada digital %I0.7, pulsando botón 52-301 (OFF), se acciona la salida digital Q0.1.
- 7) Abrir seccionador 89-301 vinculado a la entrada digital %I0.0.

Las Fig. 151 y 152, Muestran las pantallas de maniobras de condiciones en TIA Portal y de interfaz HMI en LabVIEW respectivamente.

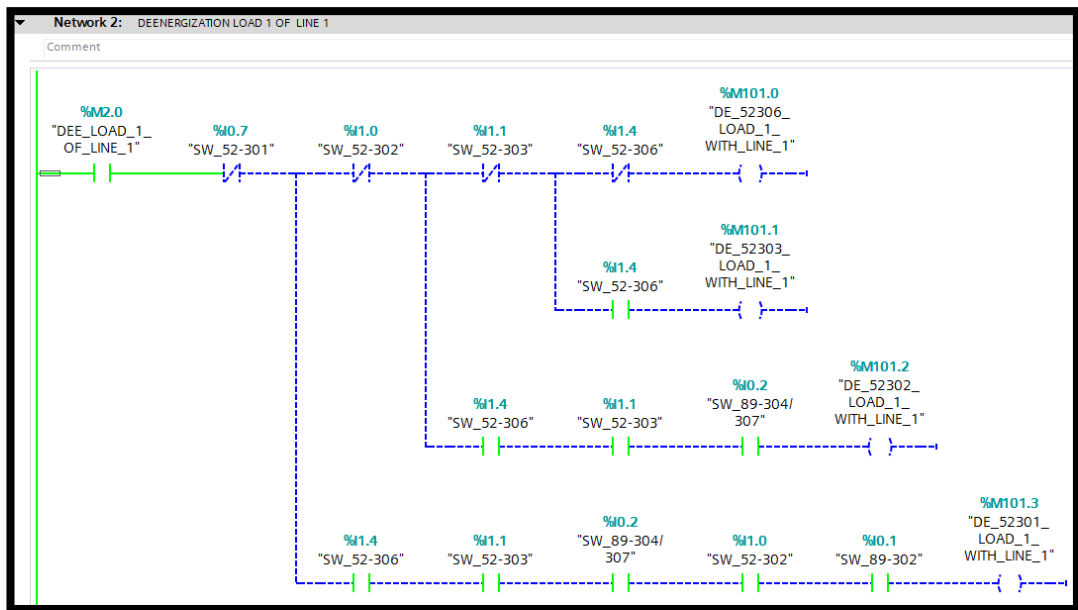


FIGURA 151: MANIOBRAS PARA DESENERGIZACIÓN DE CARGA EN 52-306 POR BARRA PRINCIPAL

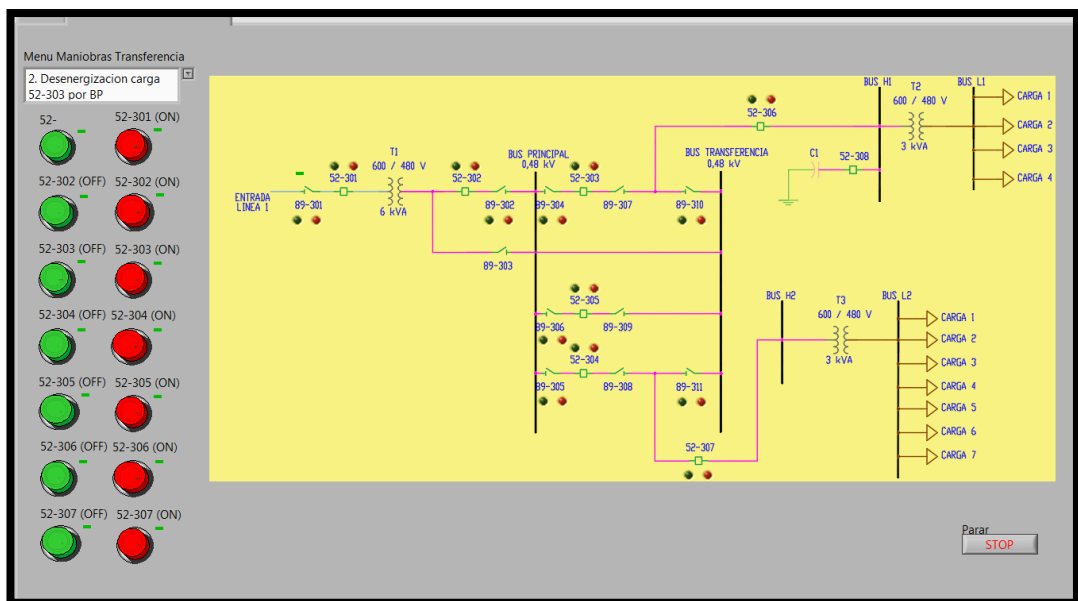


FIGURA 152: INTERFAZ HMI PARA DESENERGIZACIÓN DE CARGA EN 52-306 POR BARRA PRINCIPAL

CONCLUSIONES

- Luego de analizar las características técnicas de los equipos adquiridos para el desarrollo de las prácticas, las cuales tuvieron una orientación al aspecto didáctico, se llegó a la conclusión de que los elementos seleccionados fueron los más idóneos para cumplir satisfactoriamente la simulación y automatización del control y operación de subestaciones eléctricas.
- Se diseñó, construyó e implementó un módulo para prácticas de simulación de sistemas eléctricos de potencia, donde adicionalmente también se podrían trabajar materias afines a la comunicación entre dispositivos programables configurables tales como: protecciones, automatización, etc. Con ello, los estudiantes tendrán la libertad de poder utilizar las entradas y salidas, tanto analógicas como digitales para implementar sus propios trabajos relacionados a las materias que estén cursando.
- Se logró la implementación de una interfaz capaz de comandar y monitorear variables físicas como: lecturas de voltaje, corriente, potencia, accionamiento de interruptores, lógica de operación en los módulos de la universidad, mediante el cual se puede concluir que se estableció satisfactoriamente la comunicación entre el ambiente virtual (LabVIEW) y el autómata programable (PLC).
- Se realizó el diseño de 7 prácticas acordes a la temática de operación de subestaciones, tomando en cuenta sus características técnicas y limitantes, logrando superar las expectativas iniciales de 4 prácticas propuestas inicialmente en el desarrollo del presente trabajo de titulación.
- El LabVIEW es un ambiente virtual para hacer simulaciones, las cuales pueden ser desde las más simples hasta las más complejas como: el control en tiempo real de un motor DC, controlador basado en LabVIEW para una cámara de pruebas de ambiente, procesamiento de imágenes basada en integración entre LabVIEW y Matlab, desarrollo de un simulador de vuelo en tiempo real utilizando LabVIEW, etc.

RECOMENDACIONES

- Antes de poner en marcha el uso del equipo, se recomienda leer los datos técnicos de los elementos que conforman el maletín didáctico de automatización.
- Si bien es cierto que el PLC representa una limitación física, debido a las cantidades de E/S que posee, es posible mediante el uso de más módulos de automatización o en su defecto terminales de recolección de señales externa, establecer el desarrollo de prácticas más complejas como la simulación del SEP completo, es decir los 3 módulos del laboratorio en conjunto.
- Tener en cuenta que la versión 13 e TIA PORTAL es compatible con Windows 7 Professional, y en caso de no tenerlo se recomienda utilizar una máquina virtual.
- El PLC del maletín didáctico de automatización, se puede comunicar con otros PLCS por medio de un switch, creando una expansión de entradas y salidas para obtener un sistema más complejo.
- Se recomienda tomar como base el presente trabajo, para implementar futuros proyectos como la integración de protección numérica por medio de relés de protecciones, con comunicación a través de protocolo IEC 61850, empleando equipos más cercanos al ambiente real en el contexto de las subestaciones como lo es una RTU.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. D. Vizuite Pataron and J. F. Sares Reyes, “Diseño e implementación de un módulo didáctico de protecciones y sistemas eléctricos de potencia aplicado a sistemas de generación.,” Universidad Politécnica Salesiana, 2017.
- [2] K. X. Cruz Rodríguez and C. M. Morales Cisneros, “Diseño y construcción de módulo didáctico de protecciones para sistemas eléctricos de potencia (SEP) aplicado a sistemas de transmisión.,” Universidad Politécnica Salesiana, 2016.
- [3] F. D. Barberán Núñez and M. F. Suárez Ordóñez, “Diseño y construcción de un módulo didáctico de protecciones de redes de distribución en sistemas eléctricos de potencia,” Universidad Politécnica Salesiana, 2017.
- [4] E. Csanyi, “Electrical substation introduction and elements,” 2011. [Online]. Available: <http://electrical-engineering-portal.com/electrical-substation-introduction-and-elements>. [Accessed: 07-Feb-2018].
- [5] Astm, “ASTM A394 - 08(2015) Standard Specification for Steel Transmission Tower Bolts, Zinc-Coated and Bare,” 2015. [Online]. Available: <https://www.astm.org/Standards/A394.htm>. [Accessed: 08-Feb-2018].
- [6] EMSA; Villavicencio, “DISEÑO, SUMINISTRO, OBRAS CIVILES, MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO PARA LA AMPLIACIÓN DE UN BANCO DE AUTOTRANSFORMADORES EN LA SUBESTACIÓN REFORMA 230/115 KV, PARTE III.” IEB, p. 145, 2012.
- [7] Siemens, “Interruptores de potencia de alta tensión,” p. 28, 2013.
- [8] W. J. Henao, “Transformadores de Voltaje de Alta Tensión para suministro directo de Potencia en Baja y Media Tensión,” 2015.
- [9] General Electric, “Medium Voltage Switchgear | GE Industrial Solutions,” 2018. [Online]. Available: <http://www.geindustrial.com/products/switchgear/medium-voltage-switchgear>. [Accessed: 08-Feb-2018].
- [10] A. Sarawgi, “CLASSIFICATION OF SUBSTATIONS,” 2017. [Online].

Available: <https://www.ansnetwork.in/classification-of-substations/>.

[Accessed: 07-Feb-2018].


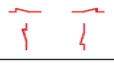


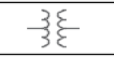



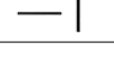


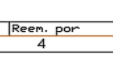
- [11] E. Csanyi, “Substation Main Functions and Classification | EEP,” 2012.
[Online]. Available: <http://electrical-engineering-portal.com/substation-main-functions-and-classification>. [Accessed: 07-Feb-2018].
- [12] D. Pieniazek, “HV Substation Design: Applications and Considerations,” 2012.
- [13] J. D. (John D. McDonald, *Electric Power Substations Engineering, Third Edition*. CRC Press, 2012.
- [14] TestGuy, “6 Electrical Substation Bus Schemes Explained - YouTube,” 2017.
[Online]. Available:
https://www.youtube.com/watch?time_continue=11&v=ZU4y6vsabP4.
[Accessed: 14-Feb-2018].
- [15] Electrical Systems, “Electrical Systems: Substation Bus Schemes,” 2012.
[Online]. Available: <http://www.skm-eleksys.com/2011/09/substation-bus-schemes.html>. [Accessed: 14-Feb-2018].
- [16] IEEE, *605-2008 IEEE Guide for Bus Design in Air Insulated Substations*. 2010.
- [17] Etap, “Substation Automation System (SAS) | Control & Monitoring System (SCMS),” 2018. [Online]. Available:
<https://etap.com/solutions/substation-automation>. [Accessed: 15-Feb-2018].
- [18] H. Leon, C. Montez, M. Stemmer, and F. Vasques, “Simulation models for IEC 61850 communication in electrical substations using GOOSE and SMV time-critical messages,” in *2016 IEEE World Conference on Factory Communication Systems (WFCS)*, 2016, pp. 1–8.
- [19] M. Childers and M. Borrielli, “IEC 61850 substation experiences,” in *11th IET International Conference on Developments in Power Systems Protection (DPSP 2012)*, 2012, pp. 142–142.
- [20] R. A. Kariyawasam Sachintha, Wickremasuriya Achintha, “Teaching IEC 61850 based substation automation through hands-on experiences - IEEE

- Conference Publication,” 2017.
- [21] M. A. Toscano Palacios, “Automatización de una Subestación Eléctrica utilizando el Protocolo IEC 61850 y el ICCP para el envío de Datos,” Universidad Ricardo Palma, 2010.
- [22] Metroid, “Protocol Series: What is Profinet? - Metroid Electrical Engineering,” 2017. [Online]. Available: <https://www.metroid.net.au/engineering/what-is-profinet/>. [Accessed: 06-Apr-2018].
- [23] Certsi, “Características y seguridad en PROFINET | CERTSI.” [Online]. Available: <https://www.certsi.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>. [Accessed: 06-Apr-2018].
- [24] Siemens, “PROFINET Answers for industry,” p. 35, 2010.
- [25] National Instruments, “¿Qué es LabVIEW? - National Instruments,” 2017. [Online]. Available: <http://www.ni.com/es-mx/shop/labview.html>. [Accessed: 17-Apr-2018].
- [26] InfoPLC, “LabVIEW 6.1 - Programación en lenguaje G - infoPLC,” 2011. [Online]. Available: <http://www.infoplac.net/descargas/50-national-instruments/854-labview-61-programacion-en-lenguaje-g>. [Accessed: 17-Apr-2018].
- [27] National Instruments, “Connect LabVIEW to Any PLC Using OPC - National Instruments,” *Tutorial*, 2012. [Online]. Available: <http://www.ni.com/tutorial/7450/en/>. [Accessed: 17-Apr-2018].
- [28] OPC Foundation, “What is OPC? - OPC Foundation,” 2018. [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>. [Accessed: 17-Apr-2018].
- [29] Weidmüller, “1010000000 WPE 2.5 | Catálogo de productos Weidmüller,” 2018. [Online]. Available: <http://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=es&ObjectID=1010000000>. [Accessed: 17-Apr-2018].

ANEXOS

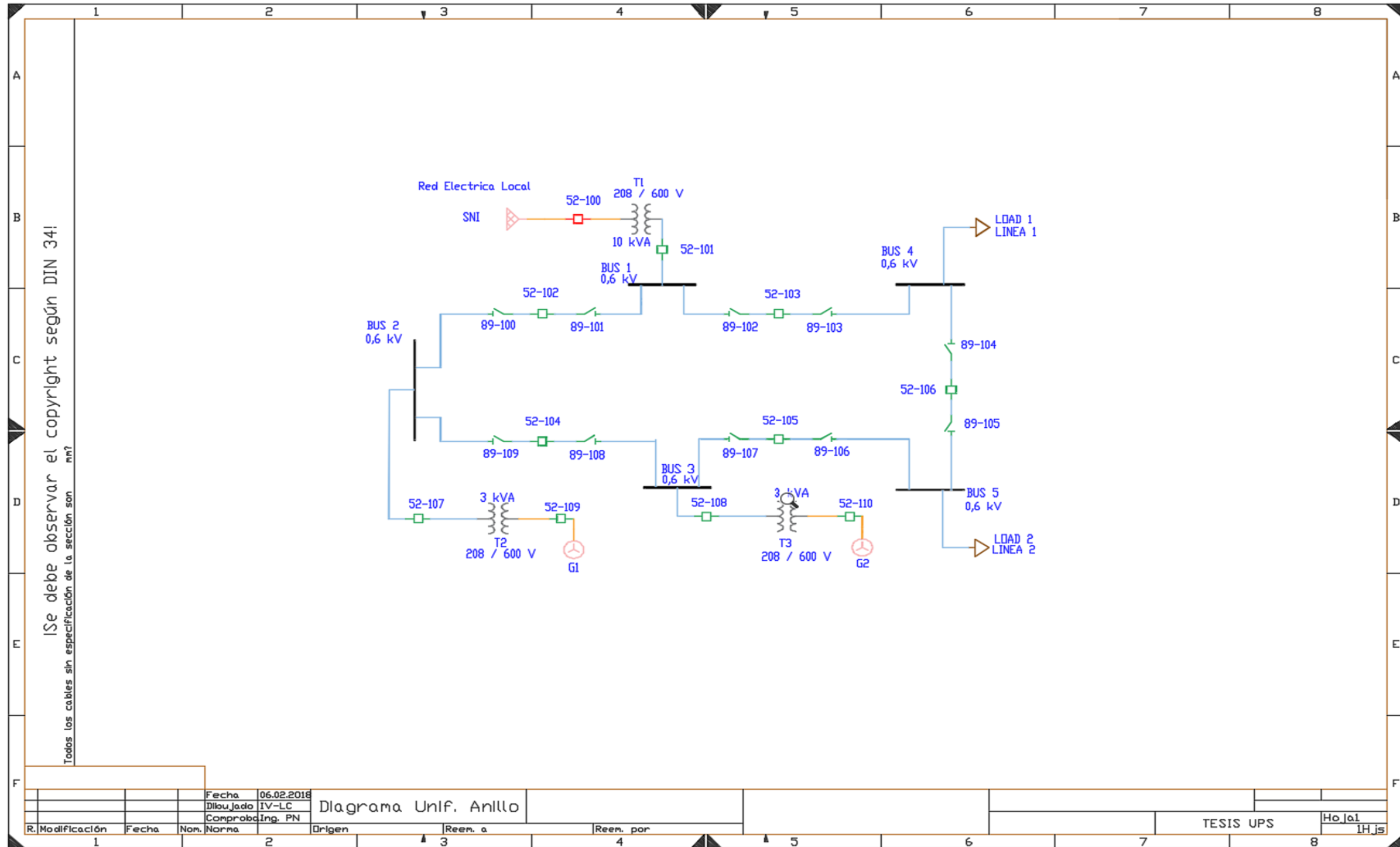
A							A
B							B
C							C
D							D
E							E
F							F

Ise debe observar el copyright según DIN 341.
 Todos los cables sin especificación de la sección son mm²

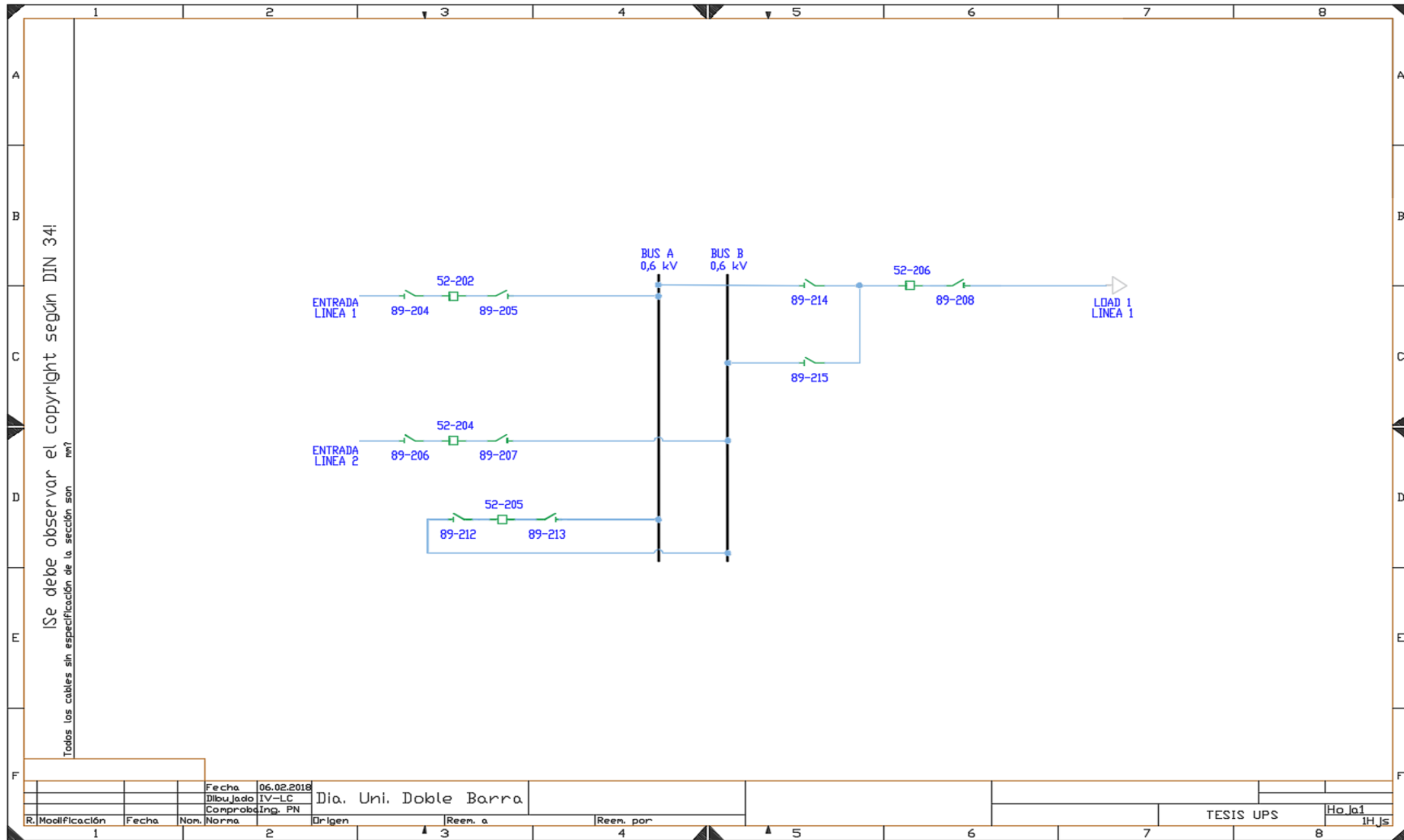
SIMBOLOGÍA	
	Representación unifilar de seccionadores en estado abierto
	Representación unifilar de seccionadores en estado cerrado
	Representación unifilar de seccionadores en estado abierto
	Representación unifilar de seccionadores en estado cerrado
	Representación unifilar de grilla de potencia (power grid)
	Representación unifilar de transformador de potencia
	Representación unifilar de generador
	Representación unifilar de banco de capacitores
	Representación unifilar de puesta a tierra
	Representación unifilar de cargas
	Representación unifilar de nodo
	Representación unifilar de barras

		Fecha	06.02.2016	Dibujado	IV-LC	Revisado	PN	Origen	Reem. a	Reem. por	TESIS UPS	Hoja 1
R. Modificación				Simbolos Pantallas								IHJS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

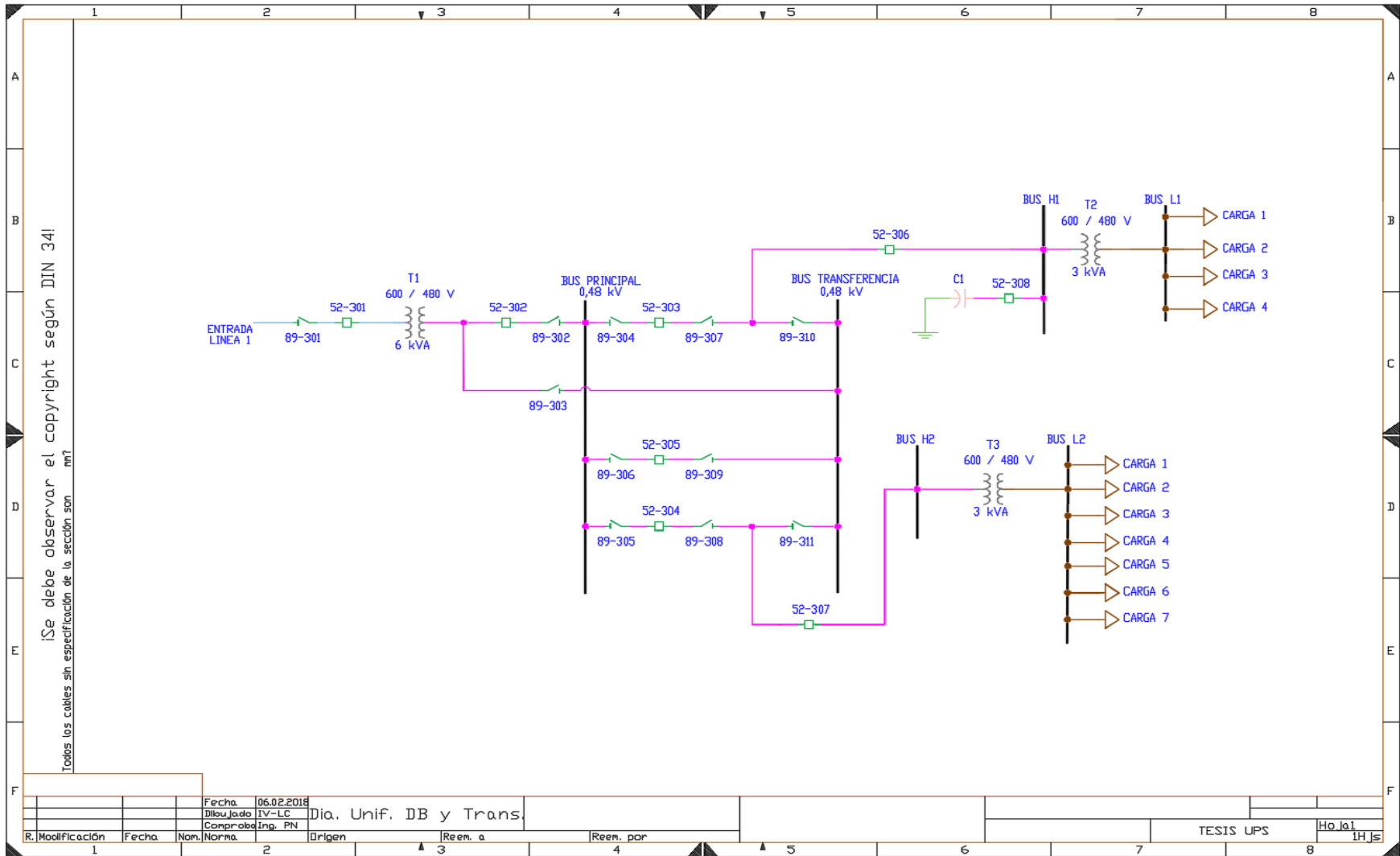
ANEXO 1: SIMBOLOGÍA UNIFILAR



ANEXO 2: DIAGRAMA UNIFILAR ANILLO



ANEXO 3: DIAGRAMA UNIFILAR DOBLE BARRA



ANEXO 4: DIAGRAMA UNIFILAR DOBLE BARRA Y TRANSFERENCIA

DISPOSITIVO	EQUIPOS ASOCIADOS	DISPONIBILIDAD EN BORNERAS	GRUPO DE BORNERAS / NUMERO	DISPONIBILIDAD PARA CABLEAR	No. CONTACTOS DISPONIBLES	TIPO DE CONTACTOS
52-100	BREAKER	SI	1; 5-6	X	1	NC
	SELECTOR LOC/REM	SI	1; 3-4	X	1	NO (LOCAL)
	CONTACTOR	SI	1; 7-8	X	1	NO
52-101	BREAKER	SI	2; 5-6	X	1	NC
	SELECTOR LOC/REM	SI	2; 3-4	X	1	NO (LOCAL)
	CONTACTOR	SI	2; 7-8	X	1	NO
52-102	BREAKER	SI	7; 5-6	X	1	NC
	SELECTOR LOC/REM	SI	7; 3-4	X	1	NO (LOCAL)
	CONTACTOR	SI	7; 7-8	X	1	NO
89-100	SECCIONADOR	Averiado, debería ser 7; 9-10				
89-101	SECCIONADOR	SI	7; 11-12	X	1	NC
52-103	BREAKER	SI	10; 7-8	X	1	NC
	SELECTOR LOC/REM	SI	10; 3-4	X	1	NO (LOCAL)
	CONTACTOR	NO	10; 5-6	✓	1	NO
89-102	SECCIONADOR	SI	10; 9-10	X	1	NC
89-103	SECCIONADOR	SI	10; 11-12	X	1	NC
52-106	BREAKER	SI	9; 5-6	X	1	NC
	SELECTOR LOC/REM	SI	9; 3-4	X	1	NO (LOCAL)
	CONTACTOR	NO	9; 7-8	✓	1	NO
89-104	SECCIONADOR	SI	9; 9-10	X	1	NC
89-105	SECCIONADOR	SI	9; 11-12	X	1	NC
52-104	BREAKER	SI	11; 5-6	X	1	NC
	SELECTOR LOC/REM	SI	11; 3-4	X	1	NO (LOCAL)
	CONTACTOR	NO	11; 7-8	✓	1	NO
89-109	SECCIONADOR	SI	11; 9-10	X	1	NC
89-108	SECCIONADOR	SI	11; 11-12	X	1	NC
52-105	No disponible el control del conjunto interruptor-seccionadores, 8vo grupo					
52-107	BREAKER	SI	6; 5-6	X	1	NC
	SELECTOR LOC/REM	SI	6; 3-4	X	1	NO (LOCAL)
	CONTACTOR	SI	6; 7-8	X	1	NO
52-109	BREAKER	SI	5; 5-6	X	1	NC
	SELECTOR LOC/REM	SI	5; 3-4	X	1	NO (LOCAL)
	CONTACTOR	SI	5; 7-8	X	1	NO
52-108	BREAKER	SI	4; 5-6	X	1	NC
	SELECTOR LOC/REM	SI	4; 3-4	X	1	NO (LOCAL)
	CONTACTOR	SI	4; 7-8	X	1	NO
52-110	BREAKER	SI	3; 5-6	X	1	NC
	SELECTOR LOC/REM	SI	3; 3-4	X	1	NO (LOCAL)
	CONTACTOR	NO	3; 7-8	✓	1	NO

ANEXO 5: LEVANTAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS EN MÓDULO DE GENERACIÓN

DISPOSITIVO	EQUIPOS ASOCIADOS	DISPONIBILIDAD EN BORNERAS	GRUPO DE BORNERAS / NUMERO	DISPONIBILIDAD PARA CABLEAR	No. CONTACTOS DISPONIBLES	TIPO DE CONTACTOS
52-201	BREAKER	NO	---	X	0	---
89-201	SECCIONADOR	NO	---	✓	1	NO (LOCAL)
89-202	SECCIONADOR	NO	---	✓	1	NO
52-203	BREAKER	NO	---	X	0	---
89-209	SECCIONADOR	NO	---	✓	1	NO (LOCAL)
89-210	SECCIONADOR	NO	---	✓	1	NO
RESTO DE CONTACTORES	INTERRUPTORES	NO	---	✓	1	NO
RESTO DE CONTACTORES	BREAKERS	NO	---	✓	1	NO
RESTO DE SECCIONADORES	SECCIONADORES	NO	Disponibles para cablear: 89-203, 204, 205, 206, 207, 208, 211, 212, 213, 214, 216			NO, NC

ANEXO 6: LEVANTAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS EN MÓDULO DE TRANSMISIÓN

DISPOSITIVO	EQUIPOS ASOCIADOS	DISPONIBILIDAD EN BORNERAS	GRUPO DE BORNERAS / NUMERO	DISPONIBILIDAD PARA CABLEAR	No. CONTACTOS DISPONIBLES	TIPO DE CONTACTOS
52-301	BREAKER	SI	8; 9-10	X	1	NC
	CONTACTOR	NO	8	✓	1	NO
89-301	SECCIONADOR	SI	8; 1-2	X	1	NC
52-302	BREAKER	SI	7; 9-10	X	1	NC
	CONTACTOR	NO	7	✓	1	NO
89-302	SECCIONADOR	SI	7; 1-2	X	1	NC
52-303	BREAKER	SI	4; 8-9	X	1	NC
	CONTACTOR	NO	4	✓	1	NC
89-304	SECCIONADOR	NO	4	✓	1	NC
89-307	SECCIONADOR	NO	4	✓	1	NC
52-305	BREAKER	SI	5; 11-12	X	1	NC
	CONTACTOR	NO	5	✓	1	NC
89-309	SECCIONADOR	NO	5; 1-2	✓	1	NC
89-306	SECCIONADOR	NO	5	✓	1	NC
52-304	BREAKER	SI	6; 11-12	X	1	NC
	CONTACTOR	NO	4	✓	1	NC
89-305	SECCIONADOR	NO	4	✓	1	NC
89-308	SECCIONADOR	NO	4	✓	1	NC
52-306	BREAKER	SI	1; 7-8	X	1	NC
	CONTACTOR	NO	1	✓	1	NC
52-307	BREAKER	SI	2; 7-8	X	1	NC
	CONTACTOR	NO	2	✓	1	NC
52-308	BREAKER	SI	3	X	1	NC
	CONTACTOR	NO	3	✓	1	NC
89-303	SECCIONADOR	SI	---	X	1	NC
89-301	SECCIONADOR	SI	---	X	1	NC
89-310	SECCIONADOR	SI	---	X	1	NC

ANEXO 7: LEVANTAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS EN MÓDULO DE DISTRIBUCIÓN

Name	Path	Data Type	Logical Address	Comment	Hmi Visible	Hmi Accessible
SW_89-100/101	TAGS_RING_BARS	Bool	%I0.0	89- 100/101 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-102/103	TAGS_RING_BARS	Bool	%I0.1	89- 102/103 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-104/105	TAGS_RING_BARS	Bool	%I0.2	89- 104/105 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-106/107	TAGS_RING_BARS	Bool	%I0.3	89- 106/107 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-108/109	TAGS_RING_BARS	Bool	%I0.4	89- 108/109 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_52-101	TAGS_RING_BARS	Bool	%I0.5	52- 101 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-102	TAGS_RING_BARS	Bool	%I0.6	52- 102 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-103	TAGS_RING_BARS	Bool	%I0.7	52- 103 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-104	TAGS_RING_BARS	Bool	%I1.0	52- 104 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-105	TAGS_RING_BARS	Bool	%I1.1	52- 105 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-106	TAGS_RING_BARS	Bool	%I1.2	52- 106 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-107	TAGS_RING_BARS	Bool	%I1.3	52- 107 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-109	TAGS_RING_BARS	Bool	%I1.4	52- 108 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
52-102_CLOSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%Q0.0	52- 102 CLOSE COMMAND	True	True
52-102_OPEN	TAGS_RING_BARS	Bool	%Q0.1	52- 102 OPEN COMMAND	True	True
52-103_CLOSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%Q0.2	52- 103 CLOSE COMMAND	True	True
52-103_OPEN	TAGS_RING_BARS	Bool	%Q0.3	52- 103 OPEN COMMAND	True	True
52-104_CLOSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%Q0.4	52- 104 CLOSE COMMAND	True	True
52-104_OPEN	TAGS_RING_BARS	Bool	%Q0.5	52- 104 OPEN COMMAND	True	True
52-105_CLOSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%Q0.6	52- 105 CLOSE COMMAND	True	True
52-105_OPEN	TAGS_RING_BARS	Bool	%Q0.7	52- 105 OPEN COMMAND	True	True
52-106_CLOSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%Q1.0	52- 106 CLOSE COMMAND	True	True
52-106_OPEN	TAGS_RING_BARS	Bool	%Q1.1	52- 106 OPEN COMMAND	True	True
PB_52-102_CLOSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%M0.0	PUSHBUTTON 52- 102 CLOSE	True	True
PB_52-102_OPEN	TAGS_RING_BARS	Bool	%M0.1	PUSHBUTTON 52- 102 OPEN	True	True
PB_52-103_CLOSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%M0.2	PUSHBUTTON 52- 103 CLOSE	True	True
PB_52-103_OPEN	TAGS_RING_BARS	Bool	%M0.3	PUSHBUTTON 52- 103 OPEN	True	True
PB_52-104_CLOSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%M0.4	PUSHBUTTON 52- 104 CLOSE	True	True
PB_52-104_OPEN	TAGS_RING_BARS	Bool	%M0.5	PUSHBUTTON 52- 104 OPEN	True	True
PB_52-105_CLOSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%M0.6	PUSHBUTTON 52- 105 CLOSE	True	True
PB_52-105_OPEN	TAGS_RING_BARS	Bool	%M0.7	PUSHBUTTON 52- 105 OPEN	True	True
PB_52-106_CLOSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%M1.0	PUSHBUTTON 52- 106 CLOSE	True	True
PB_52-106_OPEN	TAGS_RING_BARS	Bool	%M1.1	PUSHBUTTON 52- 106 OPEN	True	True
EN_52103_S1_SNI_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M100.0	ENERGIZE 52 103 S1 SNI PATH1	True	True
EN_52102_S1_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M100.1	ENERGIZE 52 102 S1 SNI PATH2	True	True
EN_52104_S1_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M100.2	ENERGIZE 52 104 S1 SNI PATH2	True	True
EN_52105_S1_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M100.3	ENERGIZE 52 105 S1 SNI PATH2	True	True
EN_52106_S1_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M100.4	ENERGIZE 52 106 S1 SNI PATH2	True	True
ENE_52102_S1_GEN_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M100.5	ENERGIZATION S2 FROM GEN1 - PATH1	True	True
EN_52103_S1_GEN_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M100.6	ENERGIZE 52 103 S1 GEN PATH1	True	True
EN_52104_S1_GEN_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M100.7	ENERGIZE 52 104 S1 GEN PATH2	True	True
WINDING_TEMP	TAGS_RING_BARS	Word	%IW64	WINDING TEMPERATURE	True	True
OIL_TEMP	TAGS_RING_BARS	Word	%IW66	OIL TEMPERATURE	True	True
WINDING_TEMP_ALARM_1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M200.0	WINDING TEMPERATURE ALARM 1	True	True
WINDING_TEMP_ALARM_2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M200.1	WINDING TEMPERATURE ALARM 2	True	True
WINDING_TEMP_ALARM_3	TAGS_RING_BARS	Bool	%M200.2	WINDING TEMPERATURE ALARM 3	True	True
ENE_S1_SNI_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M1.2	ENERGIZATION S1 FROM SNI- PATH1 SELECTED	True	True
DEE_S1_SNI_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M1.3	DEENERGIZATION S1 FROM SNI- PATH1 SELECTED	True	True
ENE_S1_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M1.4	ENERGIZATION S1 FROM SNI- PATH2 SELECTED	True	True
DEE_S1_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M1.5	DEENERGIZATION S1 FROM SNI- PATH2 SELECTED	True	True
ENE_S1_GEN1_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M1.6	ENERGIZATION S1 FROM GEN1 - PATH1	True	True
DEE_S1_GEN1_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M1.7	DEENERGIZATION S1 FROM GEN1 - PATH1	True	True
ENE_S1_GEN1_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M2.0	ENERGIZATION S1 FROM GEN1 - PATH2	True	True
DEE_S1_GEN1_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M2.1	DEENERGIZATION S1 FROM GEN1 - PATH2	True	True
ENE_EN_S2_SNI_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M2.2	ENERGIZATION S2 FROM SNI- PATH1 SELECTED	True	True
DEE_EN_S2_SNI_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M2.3	DEENERGIZATION S2 FROM SNI- PATH1 SELECTED	True	True
ENE_EN_S2_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M2.4	ENERGIZATION S2 FROM SNI- PATH2 SELECTED	True	True
DEE_EN_S2_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M2.5	DEENERGIZATION S2 FROM SNI- PATH2 SELECTED	True	True
ENE_S2_GEN1_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M2.6	ENERGIZATION S2 FROM GEN1 - PATH1	True	True
DEE_S2_GEN1_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M2.7	DEENERGIZATION S2 FROM GEN1 - PATH1	True	True
ENE_S2_GEN1_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M3.0	ENERGIZATION S2 FROM GEN1 - PATH2	True	True
DEE_S2_GEN1_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M3.1	DEENERGIZATION S2 FROM GEN1 - PATH2	True	True
EN_52105_S1_GEN_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M101.0	ENERGIZE 52 105 S1 GEN PATH2	True	True
EN_52106_S1_GEN_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M101.1	ENERGIZE 52 106 S1 GEN PATH2	True	True
EN_52103_S2_SNI_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M101.2	ENERGIZE 52 103 S2 SNI PATH 1	True	True
EN_52106_S2_SNI_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M101.3	ENERGIZE 52 106 S2 SNI PATH 1	True	True
EN_52102_S2_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M101.4	ENERGIZE 52 102 S2 SNI PATH 2	True	True
EN_52104_S2_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M101.5	ENERGIZE 52 104 S2 SNI PATH 2	True	True
EN_52105_S2_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M101.6	ENERGIZE 52 105 S2 SNI PATH 2	True	True
EN_52102_S2_GEN_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M101.7	ENERGIZE 52 102 S2 GEN PATH1	True	True
EN_52103_S2_GEN_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M102.0	ENERGIZE 52 103 S2 GEN PATH1	True	True
EN_52106_S2_GEN_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M102.1	ENERGIZE 52 106 S2 GEN PATH1	True	True
EN_52104_S2_GEN_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M102.2	ENERGIZE 52 104 S2 GEN PATH2	True	True
EN_52105_S2_GEN_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M102.3	ENERGIZE 52 105 S2 GEN PATH2	True	True
DE_52103_S1_SNI_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M102.4	DEENERGIZE 52 103 S1 SNI PATH1	True	True
DE_52102_S1_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M102.5	DEENERGIZE 52 102 S1 SNI PATH2	True	True
DE_52104_S1_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M102.6	DEENERGIZE 52 104 S1 SNI PATH2	True	True
DE_52105_S1_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M102.7	DEENERGIZE 52 105 S1 SNI PATH2	True	True
DE_52106_S1_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M103.0	DEENERGIZE 52 106 S1 SNI PATH2	True	True
DE_52102_S1_GEN_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M103.1	DEENERGIZE 52 102 S1 GEN PATH1	True	True
DE_52103_S1_GEN_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M103.2	DEENERGIZE 52 103 S1 GEN PATH1	True	True
DE_52104_S1_GEN_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M103.3	DEENERGIZE 52 104 S1 GEN PATH2	True	True
DE_52105_S1_GEN_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M103.4	DEENERGIZE 52 105 S1 GEN PATH2	True	True
DE_52106_S1_GEN_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M103.5	DEENERGIZE 52 106 S1 GEN PATH2	True	True
DE_52103_S2_SNI_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M103.6	DEENERGIZE 52 103 S2 SNI PATH 1	True	True
DE_52106_S2_SNI_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M103.7	DEENERGIZE 52 106 S2 SNI PATH 1	True	True
DE_52102_S2_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M104.0	DEENERGIZE 52 102 S2 SNI PATH 2	True	True
DE_52104_S2_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M104.1	DEENERGIZE 52 104 S2 SNI PATH 2	True	True
DE_52105_S2_SNI_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M104.2	DEENERGIZE 52 105 S2 SNI PATH 2	True	True
DE_52102_S2_GEN_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M104.3	DEENERGIZE 52 102 S2 GEN PATH1	True	True
DE_52103_S2_GEN_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M104.4	DEENERGIZE 52 103 S2 GEN PATH1	True	True
DE_52106_S2_GEN_PATH1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M104.5	DEENERGIZE 52 106 S2 GEN PATH1	True	True
DE_52104_S2_GEN_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M104.6	DEENERGIZE 52 104 S2 GEN PATH2	True	True
DE_52105_S2_GEN_PATH2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M104.7	DEENERGIZE 52 105 S2 GEN PATH2	True	True
System_Byte	TAGS_RING_BARS	Byte	%MB254		True	True
Clock_Byte	TAGS_RING_BARS	Byte	%MB255		True	True
FirstScan	TAGS_RING_BARS	Bool	%M254.0		True	True
DiagStatusUpdate	TAGS_RING_BARS	Bool	%M254.1		True	True
AlwaysTRUE	TAGS_RING_BARS	Bool	%M254.2		True	True
AlwaysFALSE	TAGS_RING_BARS	Bool	%M254.3		True	True
Clock_10Hz	TAGS_RING_BARS	Bool	%M255.0		True	True
Clock_5Hz	TAGS_RING_BARS	Bool	%M255.1		True	True
Clock_2.5Hz	TAGS_RING_BARS	Bool	%M255.2		True	True
Clock_2Hz	TAGS_RING_BARS	Bool	%M255.3		True	True
Clock_1.25Hz	TAGS_RING_BARS	Bool	%M255.4		True	True
Clock_1Hz	TAGS_RING_BARS	Bool	%M255.5		True	True
Clock_0.625Hz	TAGS_RING_BARS	Bool	%M255.6		True	True
Clock_0.5Hz	TAGS_RING_BARS	Bool	%M255.7		True	True
DONE_MBCLIENT_PAC3200_1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M60.0	DONE SENTRON PAC 3200 MODBUS TCP/IP #1	True	True
BUSY_MBCLIENT_PAC3200_1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M60.1	BUSY SENTRON PAC 3200 MODBUS TCP/IP #1	True	True
ERROR_MBCLIENT_PAC3200_1	TAGS_RING_BARS	Bool	%M60.2	ERROR SENTRON PAC 3200 MODBUS TCP/IP #1	True	True
STATUS_MBCLIENT_PAC3200_1	TAGS_RING_BARS	Word	%MW52	STATUS SENTRON PAC 3200 MODBUS TCP/IP #1	True	True
DONE_MBCLIENT_PAC3200_2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M60.0	DONE SENTRON PAC 3200 MODBUS TCP/IP #2	True	True
BUSY_MBCLIENT_PAC3200_2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M60.1	BUSY SENTRON PAC 3200 MODBUS TCP/IP #2	True	True
ERROR_MBCLIENT_PAC3200_2	TAGS_RING_BARS	Bool	%M60.2	ERROR SENTRON PAC 3200 MODBUS TCP/IP #2	True	True
STATUS_MBCLIENT_PAC3200_2	TAGS_RING_BARS	Word	%MW62	STATUS SENTRON PAC 3200 MODBUS TCP/IP #2	True	True

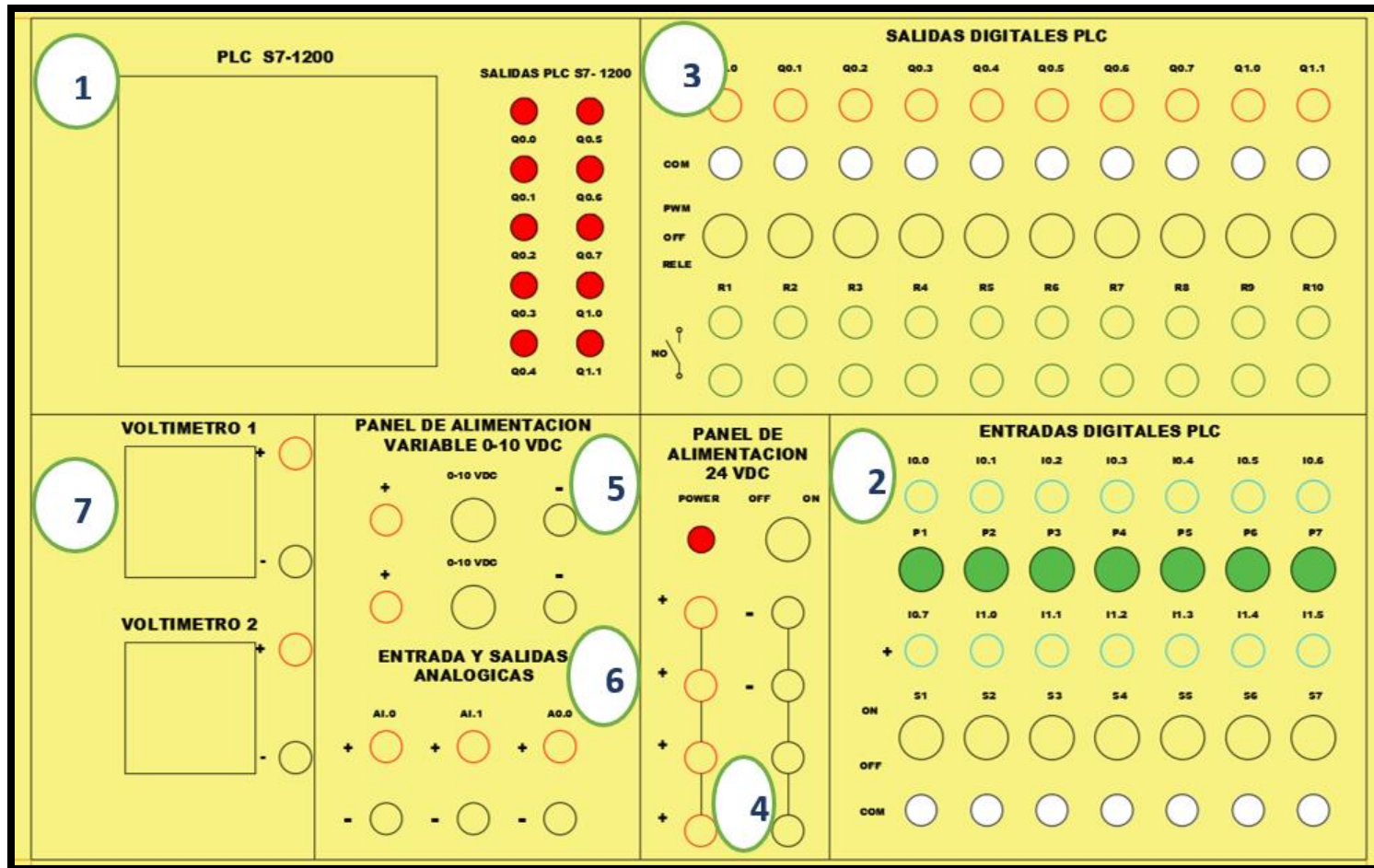
ANEXO 8: TAGS PRÁCTICAS ANILLO

Name	Path	Data Type	Logical Address	Comment	Hmi Visible	Hmi Accessible
SW_89-204/205	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%I.0	89-204/205 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-206/207	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%I.1	89-206/207 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-212/213	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%I.2	89-212/213 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-208/214	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%I.3	89-208/214 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-208/215	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%I.4	89-208/215 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-202	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%I.5	52-202 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-204	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%I.6	52-204 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-205	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%I.7	52-205 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-206	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%I.8	52-206 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
52-202_CLOSE	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%Q.0	52-202 CLOSE COMMAND	True	True
52-202_OPEN	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%Q.1	52-202 OPEN COMMAND	True	True
52-204_CLOSE	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%Q.2	52-204 CLOSE COMMAND	True	True
52-204_OPEN	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%Q.3	52-204 OPEN COMMAND	True	True
52-205_CLOSE	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%Q.4	52-205 CLOSE COMMAND	True	True
52-205_OPEN	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%Q.5	52-205 OPEN COMMAND	True	True
52-206_CLOSE	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%Q.6	52-206 CLOSE COMMAND	True	True
52-206_OPEN	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%Q.7	52-206 OPEN COMMAND	True	True
PB_52-202_CLOSE	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M.0	PUSHBUTTON 52-202 CLOSE	True	True
PB_52-202_OPEN	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M.1	PUSHBUTTON 52-202 OPEN	True	True
PB_52-204_CLOSE	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M.2	PUSHBUTTON 52-204 CLOSE	True	True
PB_52-204_OPEN	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M.3	PUSHBUTTON 52-204 OPEN	True	True
PB_52-205_CLOSE	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M.4	PUSHBUTTON 52-205 CLOSE	True	True
PB_52-205_OPEN	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M.5	PUSHBUTTON 52-205 OPEN	True	True
PB_52-206_CLOSE	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M.6	PUSHBUTTON 52-206 CLOSE	True	True
PB_52-206_OPEN	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M.7	PUSHBUTTON 52-206 OPEN	True	True
EN_52202_LOAD1_WITH_LINE_1	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M100.0	ENERGIZE 52202 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
EN_52206_LOAD1_WITH_LINE_1	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M100.1	ENERGIZE 52206 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
EN_52204_LOAD1_WITH_LINE_2	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M100.2	ENERGIZE 52204 LOAD 1 WITH LINE 2	True	True
EN_52206_LOAD1_WITH_LINE_2	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M100.3	ENERGIZE 52206 LOAD 1 WITH LINE 2	True	True
DE_52206_LOAD1_OF_LINE_1	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M100.4	DEENERGIZE 52206 LOAD 1 OF LINE 1	True	True
DE_52202_LOAD1_OF_LINE_1	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M100.5	DEENERGIZE 52202 LOAD 1 OF LINE 1	True	True
WINDING_TEMP	TAGS_DOUBLE_BAR	Word	%W64	WINDING TEMPERATURE	True	True
OIL_TEMP	TAGS_DOUBLE_BAR	Word	%W66	OIL TEMPERATURE	True	True
WINDING_TEMP_ALARM_1	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M200.0	WINDING TEMPERATURE ALARM 1	True	True
WINDING_TEMP_ALARM_2	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M200.1	WINDING TEMPERATURE ALARM 2	True	True
WINDING_TEMP_ALARM_3	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M200.2	WINDING TEMPERATURE ALARM 3	True	True
ENE_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M1.0	ENERGIZATION LOAD 1 WITH LINE 1 SELECTED	True	True
ENE_LOAD_1_WITH_LINE_2	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M1.1	ENERGIZATION LOAD 1 WITH LINE 2 SELECTED	True	True
DEE_LOAD_1_OF_LINE_1	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M1.2	DEENERGIZATION LOAD 1 WITH LINE 1 SELECTED	True	True
DEE_LOAD_1_OF_LINE_2	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M1.3	DEENERGIZATION LOAD 1 WITH LINE 2 SELECTED	True	True
TRANSF_BAR_A_TO_B	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M1.4	TRANSFER BAR A TO BAR B SELECTED	True	True
TRANSF_BAR_B_TO_A	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M1.5	TRANSFER BAR B TO BAR A SELECTED	True	True
DE_52206_LOAD1_OF_LINE_2	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M100.6	DEENERGIZE 52206 LOAD 1 OF LINE 2	True	True
DE_52204_LOAD1_OF_LINE_2	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M100.7	DEENERGIZE 52204 LOAD 1 OF LINE 2	True	True
EN_52204_TRANSF_BAR_A_TO_B	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M101.0	ENERGIZE 52204 TRANSF BAR A TO BAR B	True	True
EN_52205_TRANSF_BAR_A_TO_B	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M101.1	ENERGIZE 52205 TRANSF BAR A TO BAR B	True	True
DE_52205_TRANSF_BAR_A_TO_B	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M101.2	DEENERGIZE 52205 TRANSF BAR A TO BAR B	True	True
DE_52202_TRANSF_BAR_A_TO_B	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M101.3	DEENERGIZE 52202 TRANSF BAR A TO BAR B	True	True
EN_52202_TRANSF_BAR_B_TO_A	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M101.4	ENERGIZE 52202 TRANSF BAR B TO BAR A	True	True
EN_52205_TRANSF_BAR_B_TO_A	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M101.5	ENERGIZE 52205 TRANSF BAR B TO BAR A	True	True
DE_52205_TRANSF_BAR_B_TO_A	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M101.6	DEENERGIZE 52205 TRANSF BAR B TO BAR A	True	True
DE_52204_TRANSF_BAR_B_TO_A	TAGS_DOUBLE_BAR	Bool	%M101.7	DEENERGIZE 52204 TRANSF BAR B TO BAR A	True	True

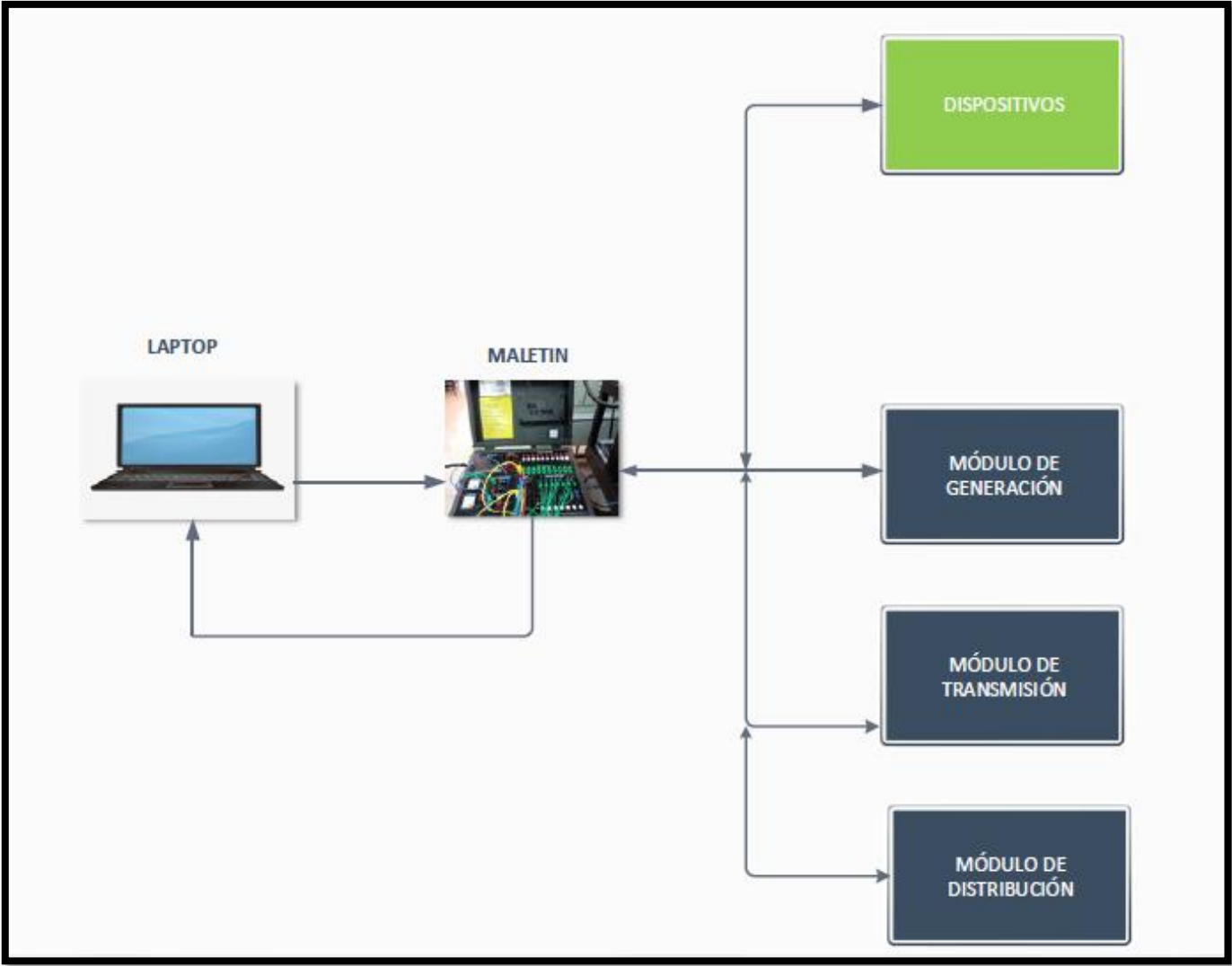
ANEXO 9: TAGS PARA PRÁCTICAS DOBLE BARRA

Name	Path	Data Type	Logical Address	Comment	Hmi Visible	Hmi Accessible
SW_89-301	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I0.0	89-301 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-302	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I0.1	89-302 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-304/307	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I0.2	89-304/307 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-306/309	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I0.3	89-306/309 POSITION 0-CLOSE, 1-OPEN	True	True
SW_89-305/308	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I0.4	89-305/308 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_89-310	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I0.5	89-310 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_89-311	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I0.6	89-311 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-301	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I0.7	52-301 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-302	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I1.0	52-302 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
52-301_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%Q0.0	52-301 CLOSE COMMAND	True	True
52-301_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%Q0.1	52-301 OPEN COMMAND	True	True
52-302_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%Q0.2	52-302 CLOSE COMMAND	True	True
52-302_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%Q0.3	52-302 OPEN COMMAND	True	True
52-303/52-304_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%Q0.4	52-303/52-304 CLOSE COMMAND	True	True
52-303/52-304_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%Q0.5	52-303/52-304 OPEN COMMAND	True	True
52-305_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%Q0.6	52-305 CLOSE COMMAND	True	True
52-305_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%Q0.7	52-305 OPEN COMMAND	True	True
PB_52-301_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M0.0	PUSHBUTTON 52-301 CLOSE	True	True
PB_52-301_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M0.1	PUSHBUTTON 52-301 OPEN	True	True
PB_52-302_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M0.2	PUSHBUTTON 52-302 CLOSE	True	True
PB_52-302_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M0.3	PUSHBUTTON 52-302 OPEN	True	True
PB_52-303_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M0.4	PUSHBUTTON 52-303 CLOSE	True	True
PB_52-303_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M0.5	PUSHBUTTON 52-303 OPEN	True	True
PB_52-304_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M0.6	PUSHBUTTON 52-304 CLOSE	True	True
PB_52-304_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M0.7	PUSHBUTTON 52-304 OPEN	True	True
EN_52301_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M100.0	ENERGIZE 52301 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
EN_52302_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M100.1	ENERGIZE 52302 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
EN_52303_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M100.2	ENERGIZE 52303 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
EN_52306_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M100.3	ENERGIZE 52306 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
EN_52301_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M100.4	ENERGIZE 52301 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
EN_52302_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M100.5	ENERGIZE 52302 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
WINDING_TEMP	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Word	%M64	WINDING TEMPERATURE	True	True
OIL_TEMP	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Word	%M66	OIL TEMPERATURE	True	True
WINDING_TEMP_ALARM_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M200.0	WINDING TEMPERATURE ALARM 1	True	True
WINDING_TEMP_ALARM_2	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M200.1	WINDING TEMPERATURE ALARM 2	True	True
WINDING_TEMP_ALARM_3	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M200.2	WINDING TEMPERATURE ALARM 3	True	True
ENE_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M1.6	ENERGIZE LOAD 1 WITH LINE 1 SELECTED	True	True
ENE_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M1.7	ENERGIZE LOAD 2 WITH LINE 1 SELECTED	True	True
DEE_LOAD_1_OF_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M2.0	DEENERGIZE LOAD 1 WITH LINE 1 SELECTED	True	True
DEE_LOAD_2_OF_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M2.1	DEENERGIZE LOAD 2 WITH LINE 1 SELECTED	True	True
ENE_LOAD_1_WITH_TRANSFER	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M2.2	ENERGIZE LOAD 1 WITH TRANSFER SELECTED	True	True
ENE_LOAD_2_WITH_TRANSFER	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M2.3	ENERGIZE LOAD 2 WITH TRANSFER SELECTED	True	True
EN_52304_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M100.6	ENERGIZE 52304 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
EN_52307_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M100.7	ENERGIZE 52307 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
DE_52306_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M101.0	DEENERGIZE 52306 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
DE_52303_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M101.1	DEENERGIZE 52303 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
DE_52302_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M101.2	DEENERGIZE 52302 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
DE_52301_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M101.3	DEENERGIZE 52301 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
DE_52307_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M101.4	DEENERGIZE 52307 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
DE_52304_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M101.5	DEENERGIZE 52304 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
DE_52302_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M101.6	DEENERGIZE 52302 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
DE_52301_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M101.7	DEENERGIZE 52301 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
SW_52-303	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I1.1	52-303 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-304	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I1.2	52-304 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-305	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I1.3	52-305 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-306	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I1.4	52-306 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
SW_52-307	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%I1.5	52-307 POSITION 0-OPEN, 1-CLOSE	True	True
52-306/52-307_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%Q1.0	52-306/52-307 CLOSE COMMAND	True	True
52-306/52-307_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%Q1.1	52-306/52-307 OPEN COMMAND	True	True
PB_52-305_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M1.0	PUSHBUTTON 52-305 CLOSE	True	True
PB_52-305_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M1.1	PUSHBUTTON 52-305 OPEN	True	True
PB_52-306_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M1.2	PUSHBUTTON 52-306 CLOSE	True	True
PB_52-306_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M1.3	PUSHBUTTON 52-306 OPEN	True	True
PB_52-307_OPEN	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M1.5	PUSHBUTTON 52-307 OPEN	True	True
PB_52-307_CLOSE	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M1.4	PUSHBUTTON 52-307 CLOSE	True	True
REE_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M2.4	REESTABLISH LOAD 1 WITH LINE 1 SELECT	True	True
REE_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M2.5	REESTABLISH LOAD 2 WITH LINE 1 SELECT	True	True
EN_REE_52303_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M102.4	REESTABLISH ENERGIZE 52303 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
DE_REE_52305_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M102.5	REESTABLISH DEENERGIZE 52305 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
EN_REE_52304_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M102.6	REESTABLISH ENERGIZE 52304 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
DE_REE_52305_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M102.7	REESTABLISH DEENERGIZE 52305 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
EN_TRA_52305_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M102.0	TRANSFER ENERGIZE 52305 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
DE_TRA_52303_LOAD_1_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M102.1	TRANSFER DEENERGIZE 52303 LOAD 1 WITH LINE 1	True	True
EN_TRA_52305_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M102.2	TRANSFER ENERGIZE 52305 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True
DE_TRA_52304_LOAD_2_WITH_LINE_1	TAGS_MAIN_BAR_&_TRANSFER	Bool	%M102.3	TRANSFER DEENERGIZE 52304 LOAD 2 WITH LINE 1	True	True

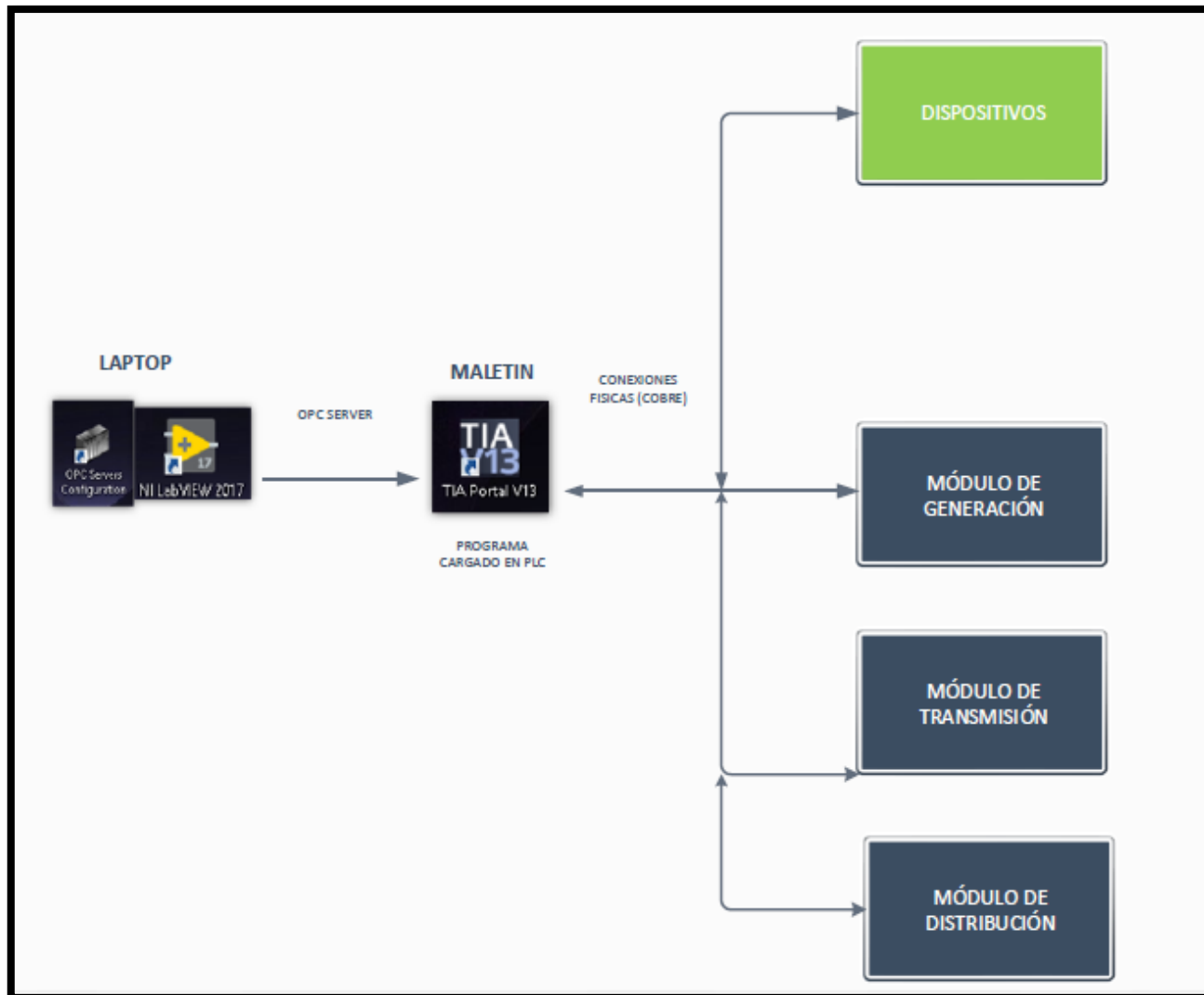
ANEXO 10: TAGS PARA PRÁCTICAS BARRA PRINCIPAL Y TRANSFERENCIA



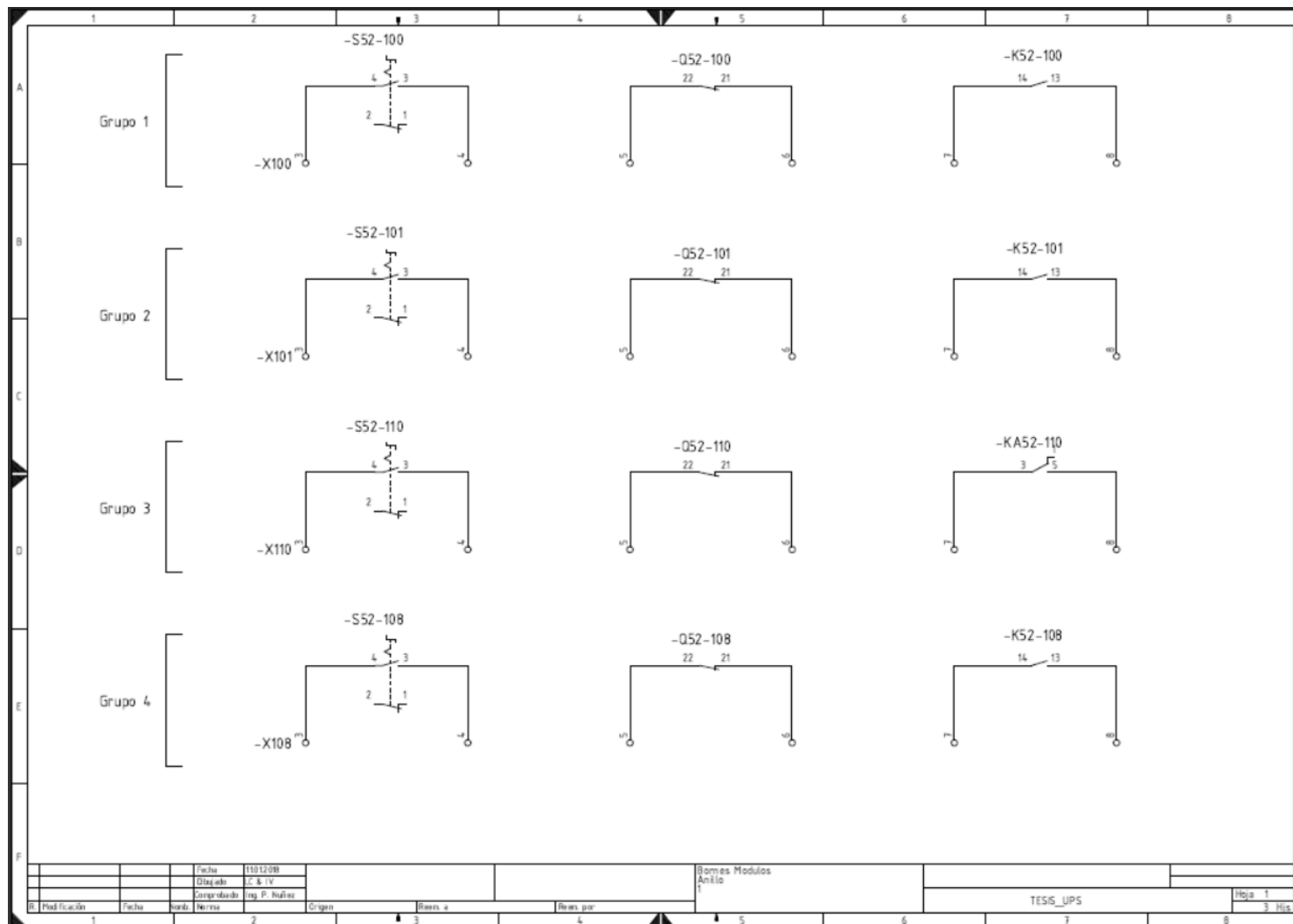
ANEXO 11: DISEÑO DE MASCARILLA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN



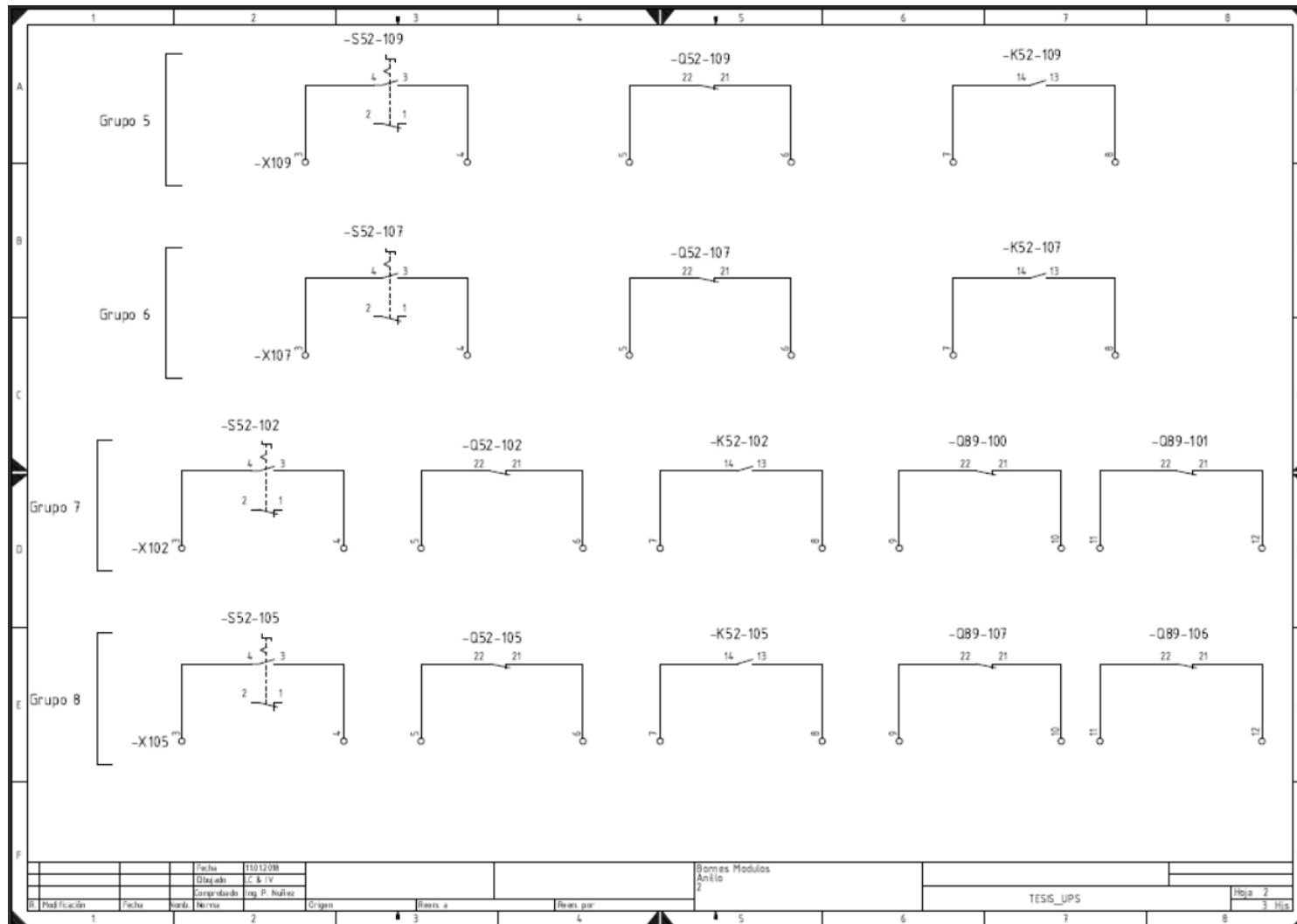
ANEXO 12: INTERACCIÓN DE EQUIPOS DESDE PUNTO DE VISTA DE HARDWARE

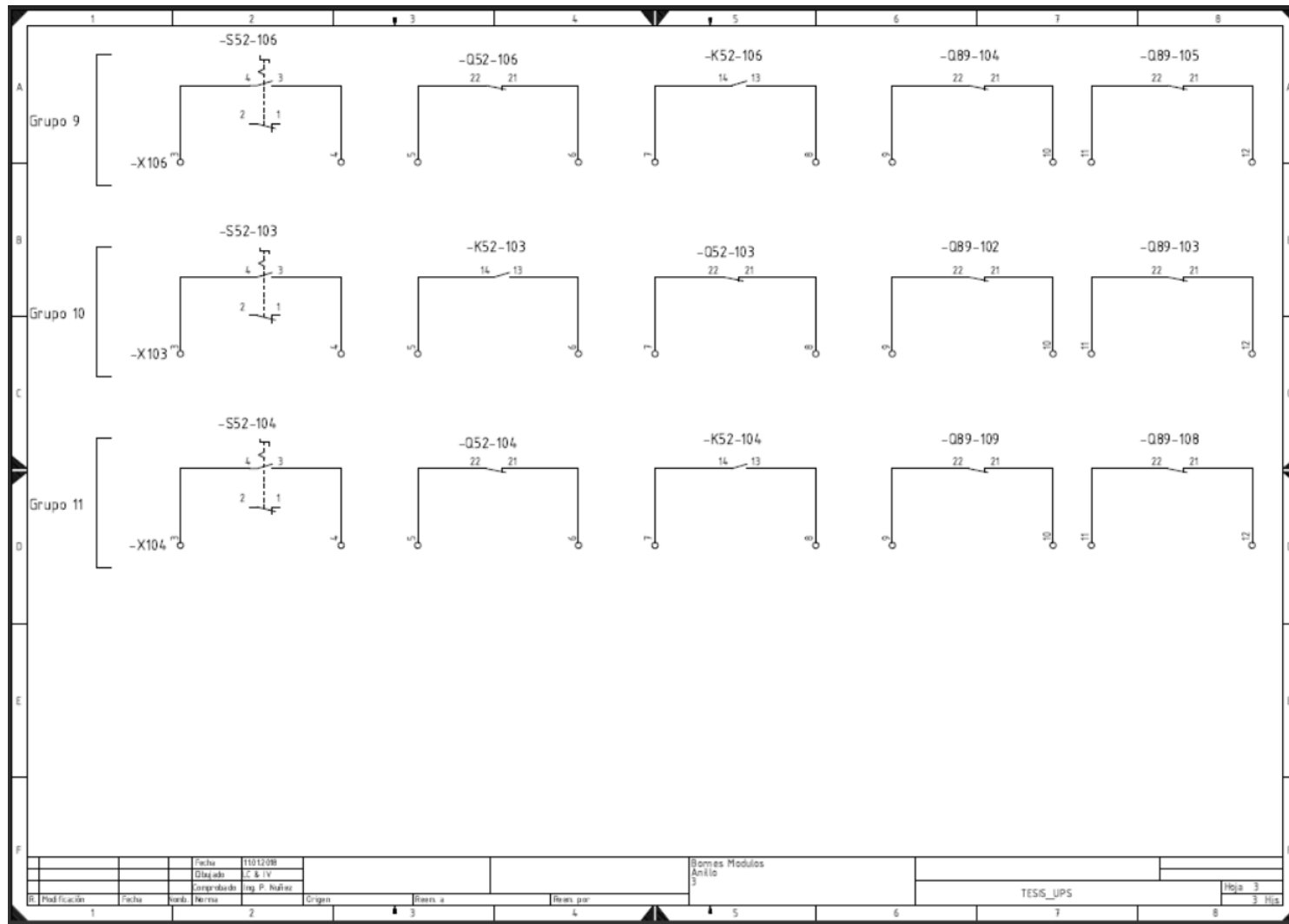


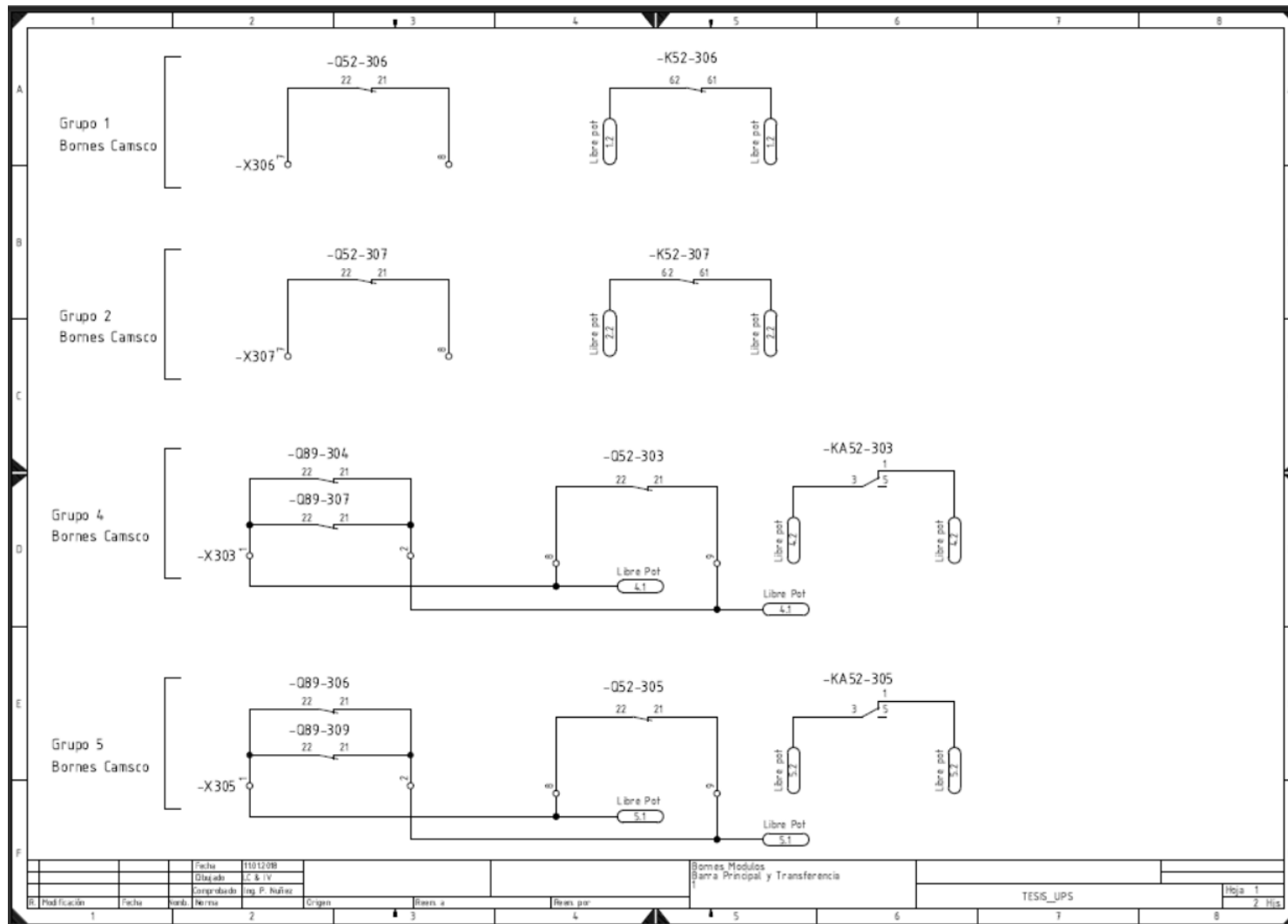
ANEXO 13: INTERACCIÓN DE EQUIPOS DESDE PUNTO DE VISTA DE SOFTWARE



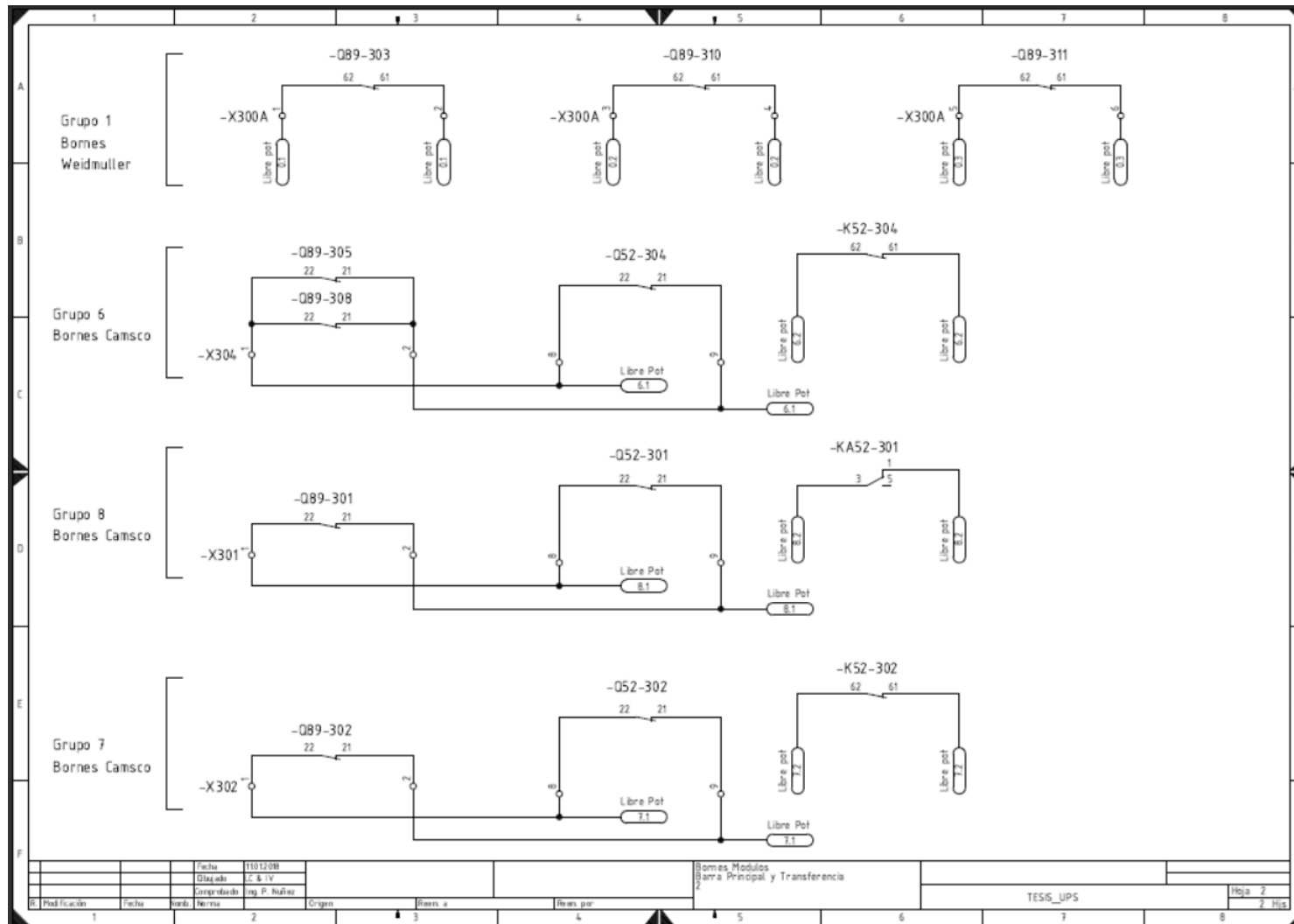
ANEXO 14: BORNES MÓDULO CONFIGURACIÓN ANILLO

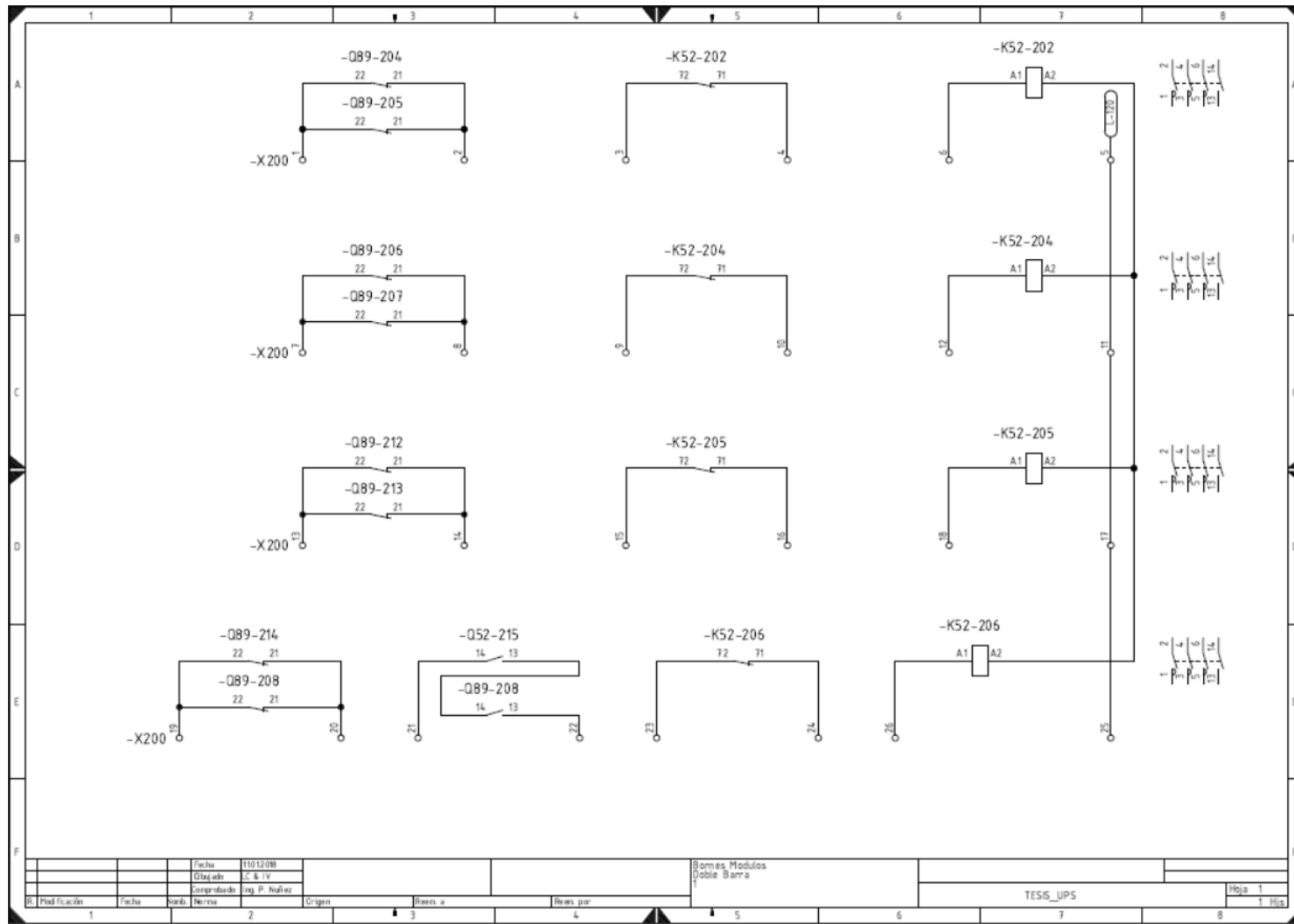




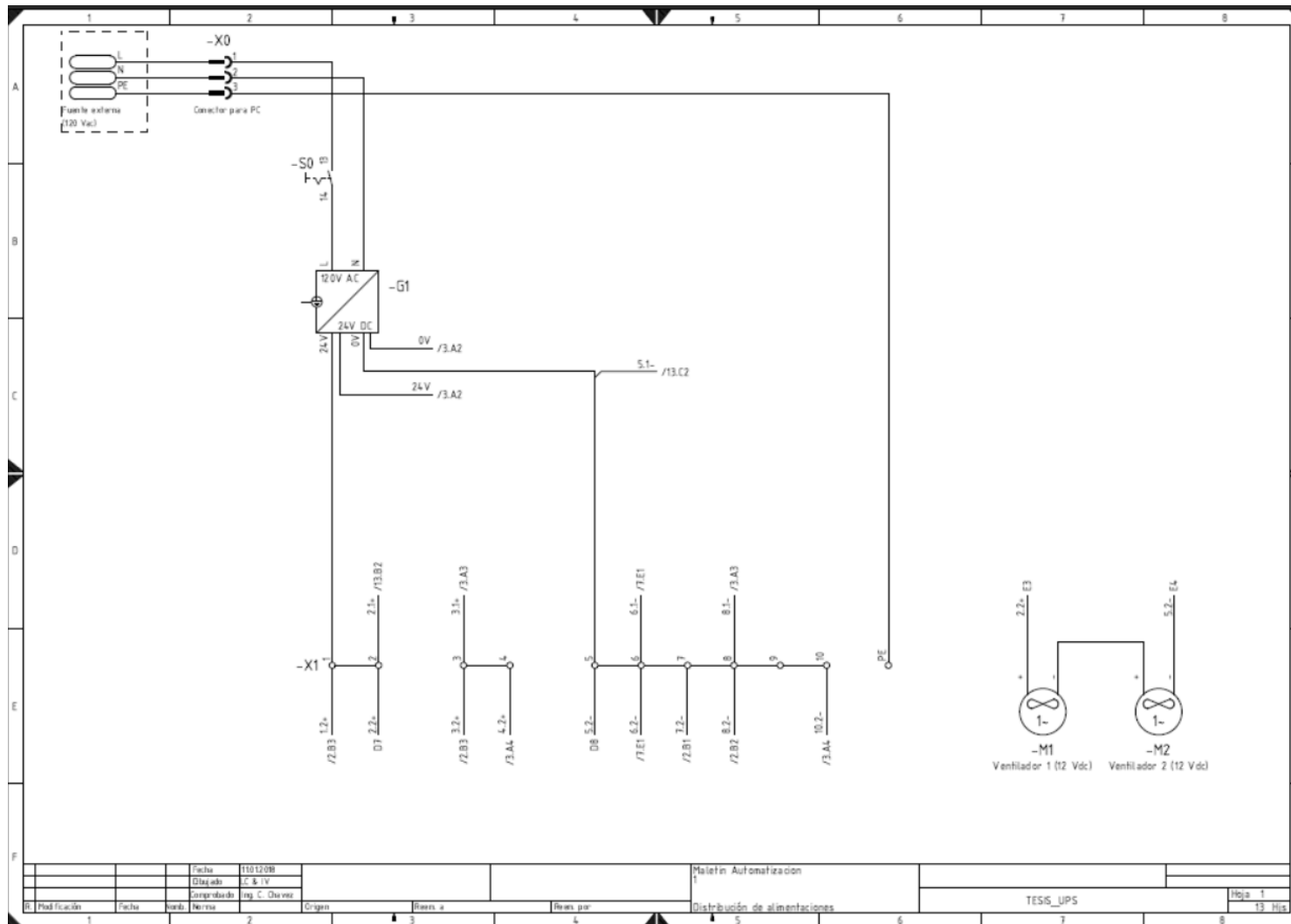


ANEXO 15: BORNES MÓDULO CONFIGURACIÓN BARRA PRINCIPAL Y TRANSFERENCIA

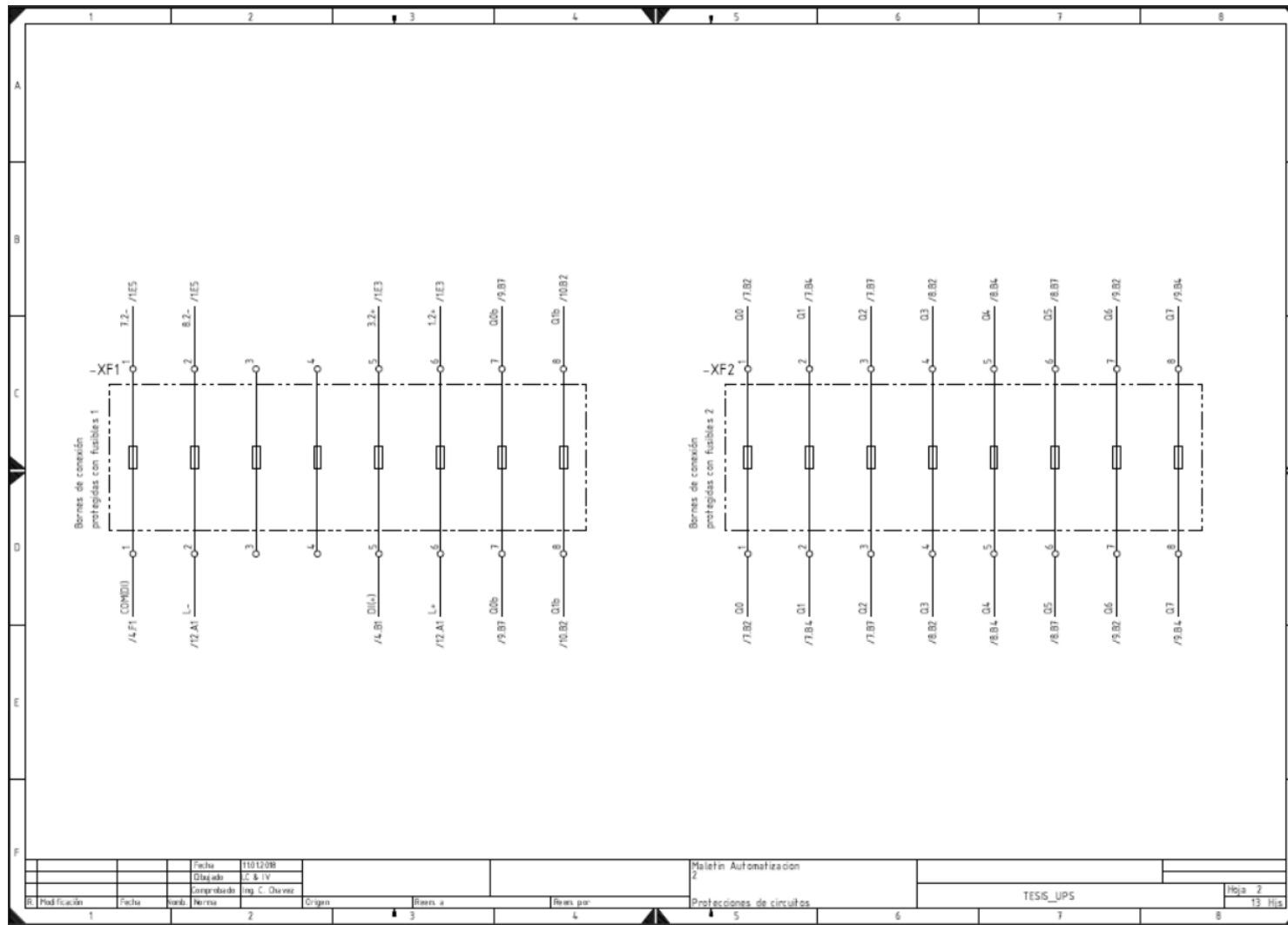




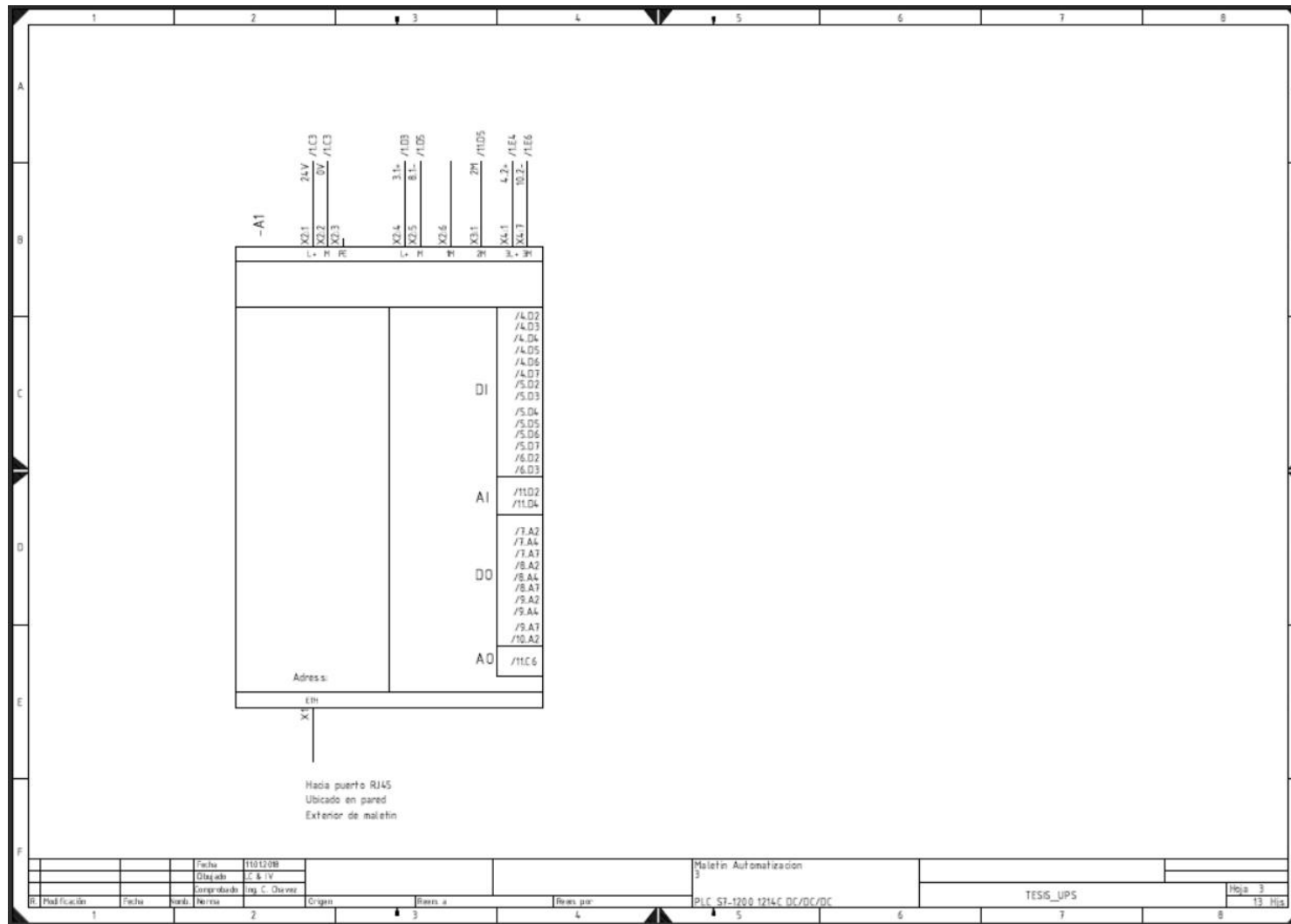
ANEXO 16: BORNES MÓDULO CONFIGURACIÓN DOBLE BARRA



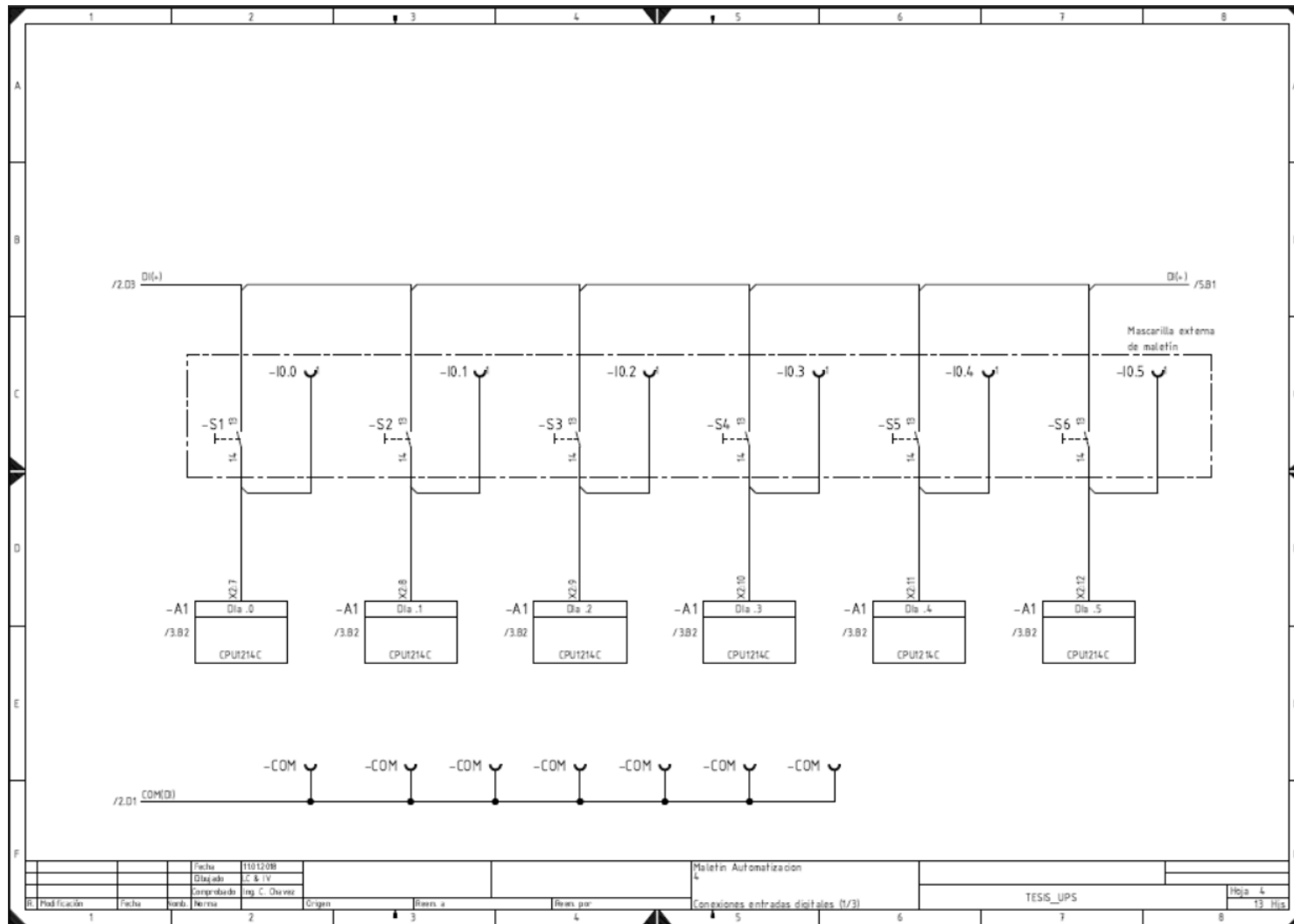
ANEXO 17: DISTRIBUCIÓN DE LAS ALIMENTACIONES DEL MALETÍN DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN



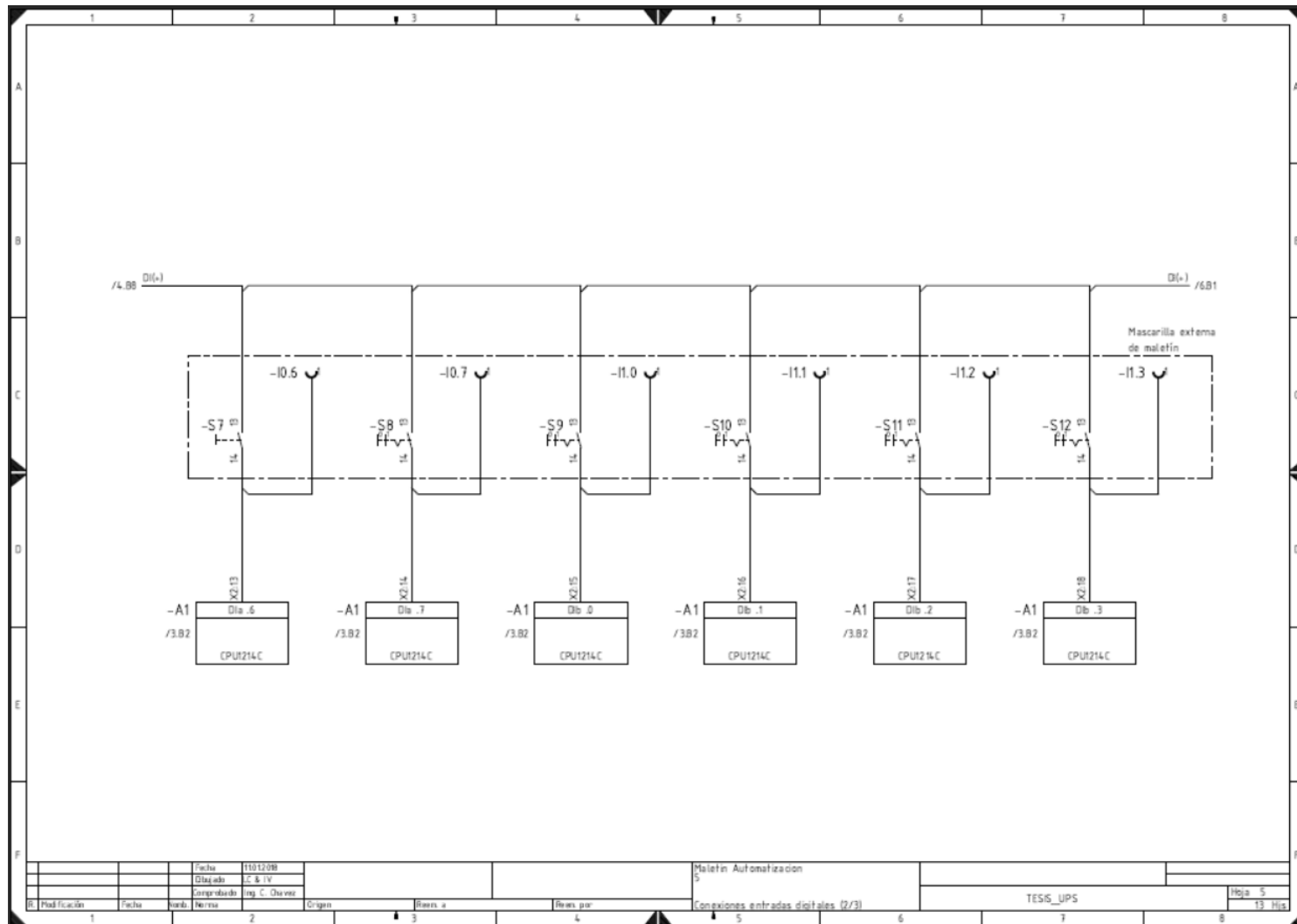
ANEXO 18: PROTECCIONES DE CIRCUITOS DEL MALETÍN DIDÁCTICO DE AUTOMATIZACIÓN

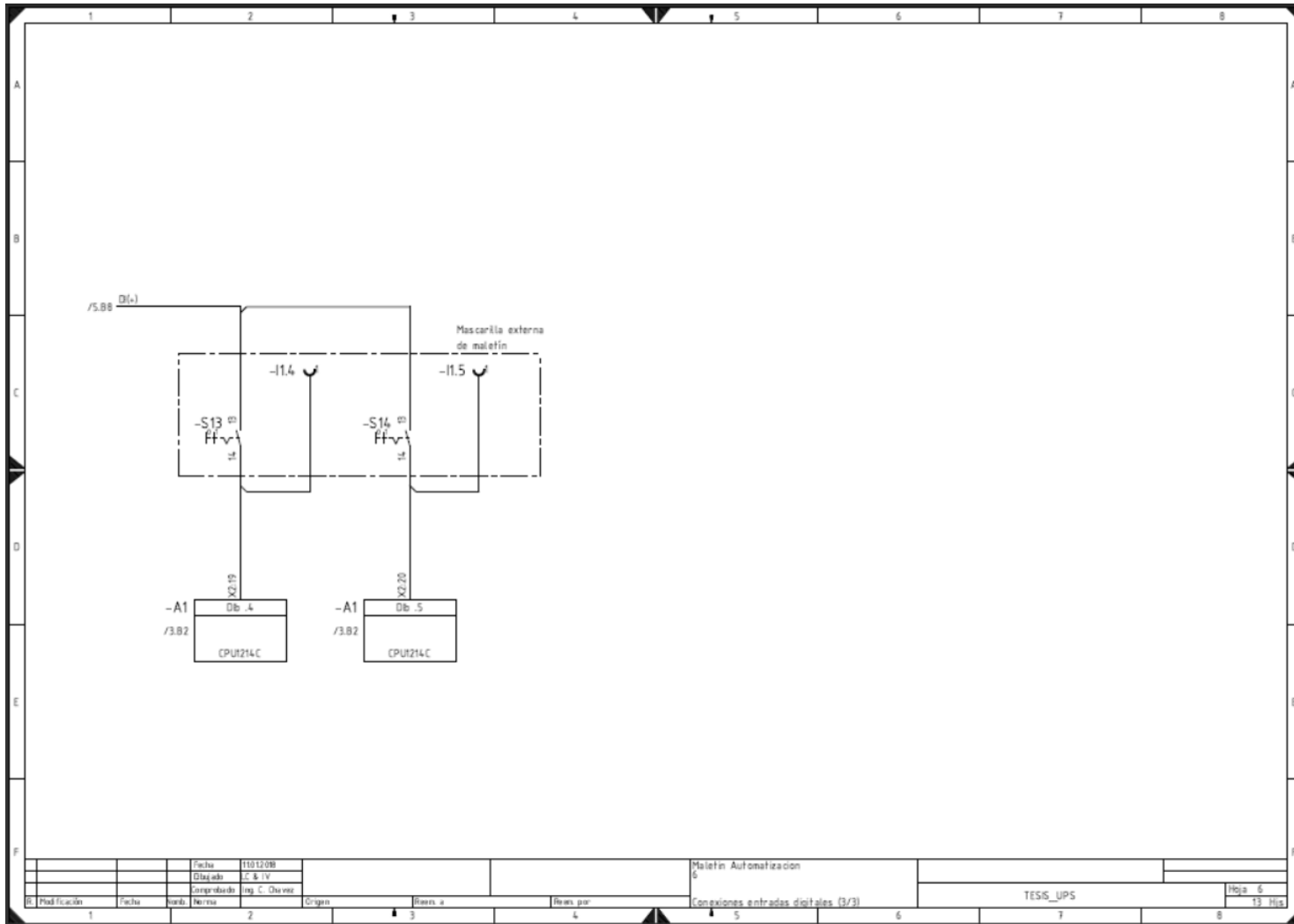


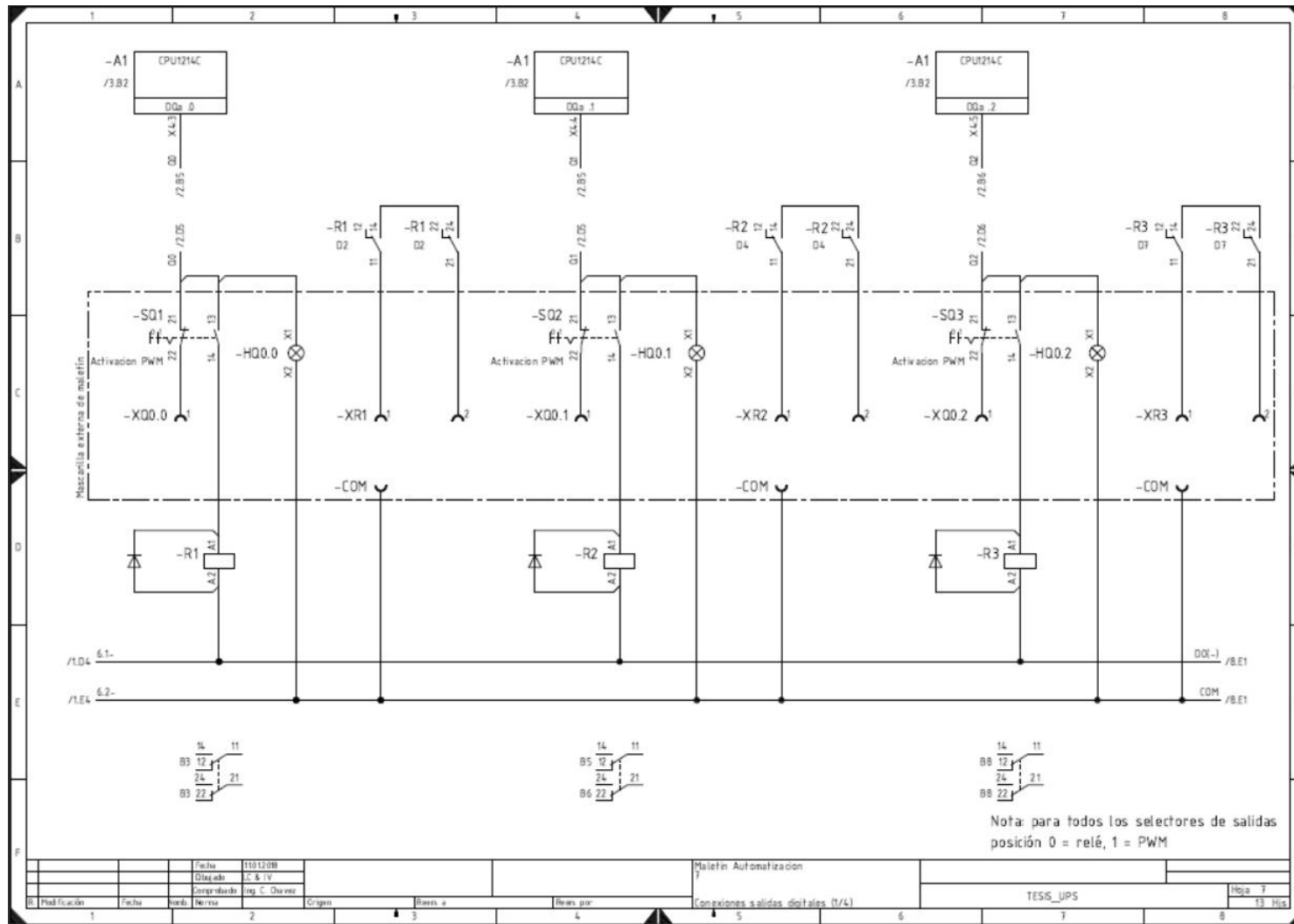
ANEXO 19: PLC S7 1200 CPU 1214C DC/DC/DC



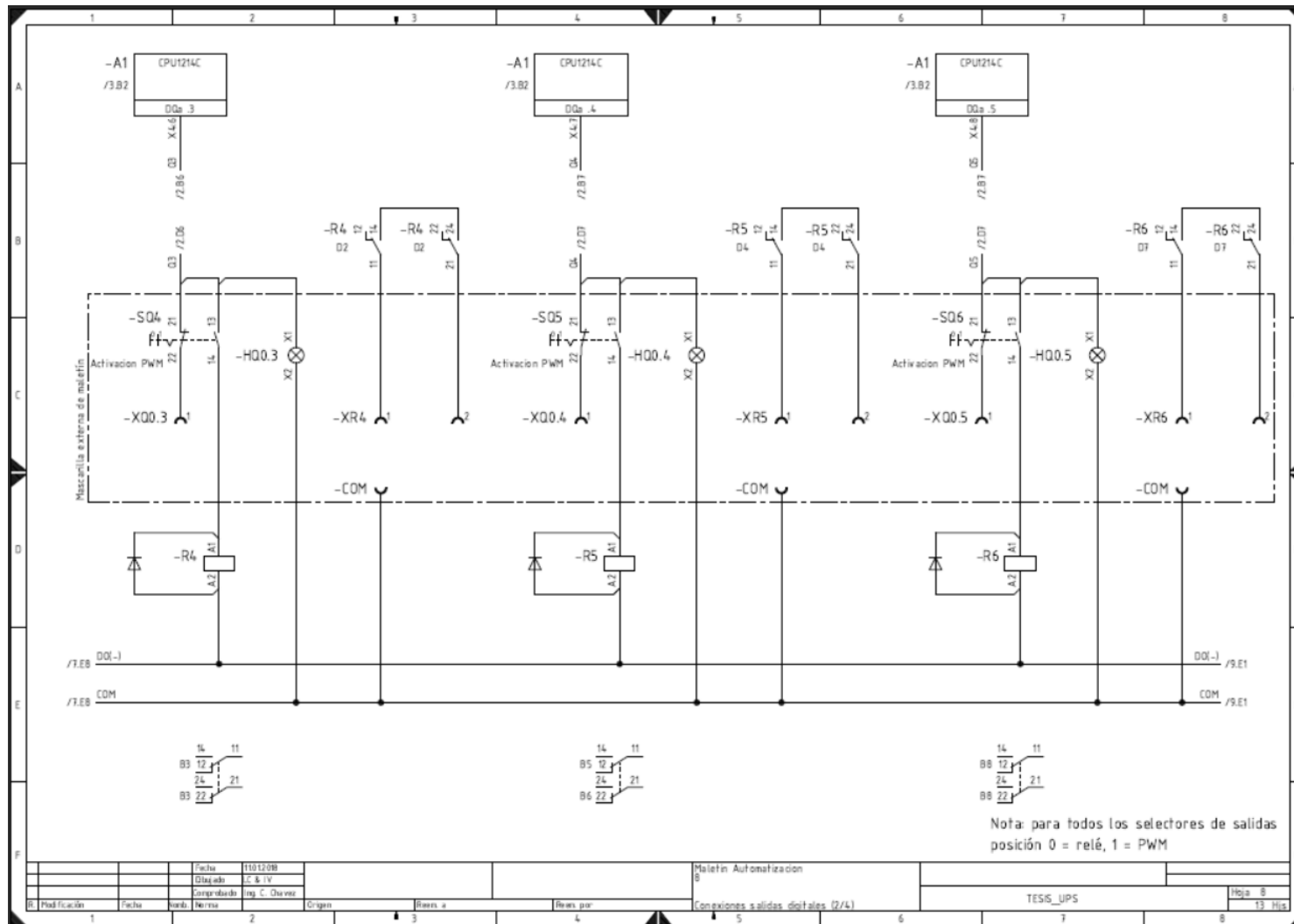
ANEXO 20: CONEXIONES ENTRADAS DIGITALES

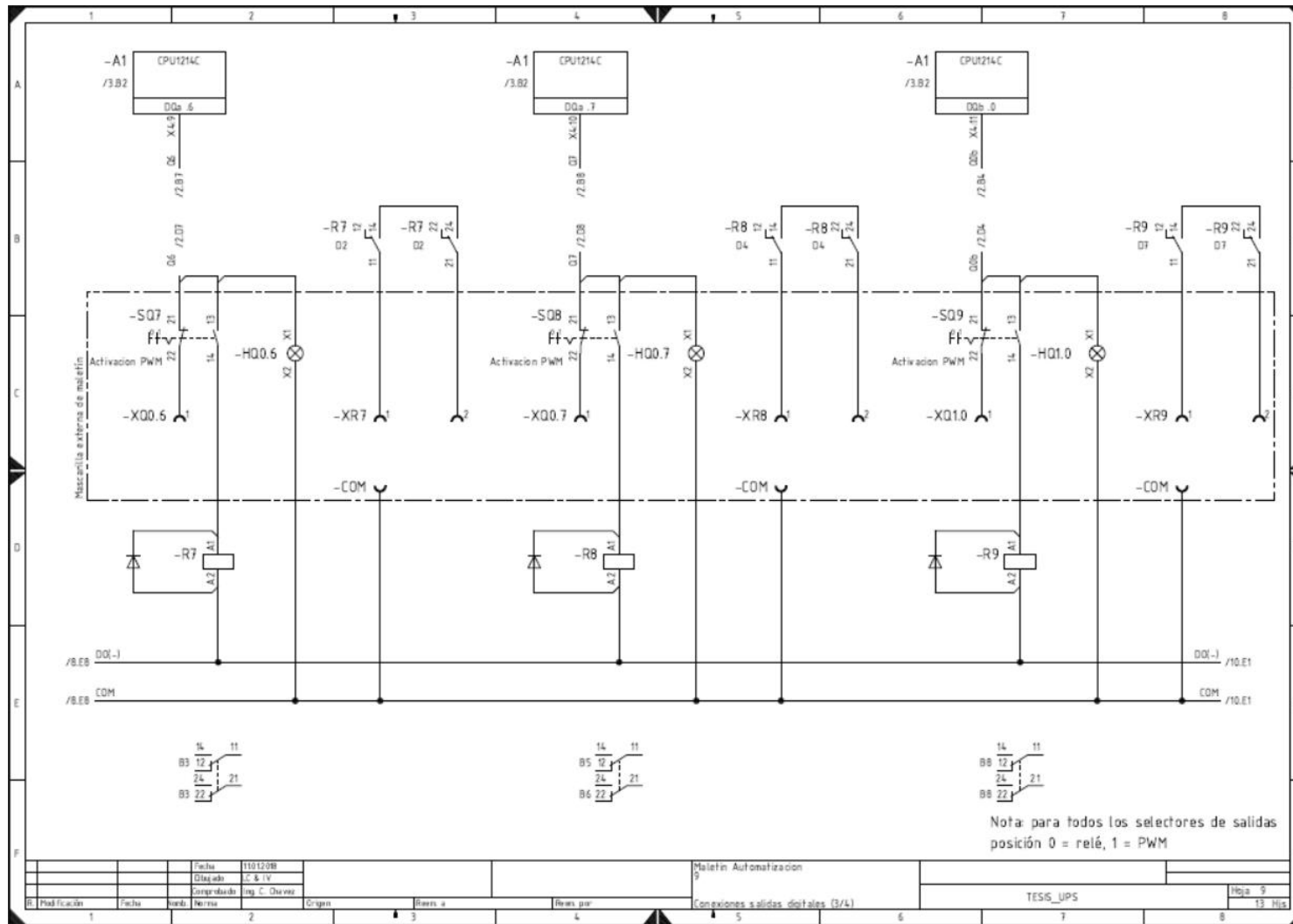


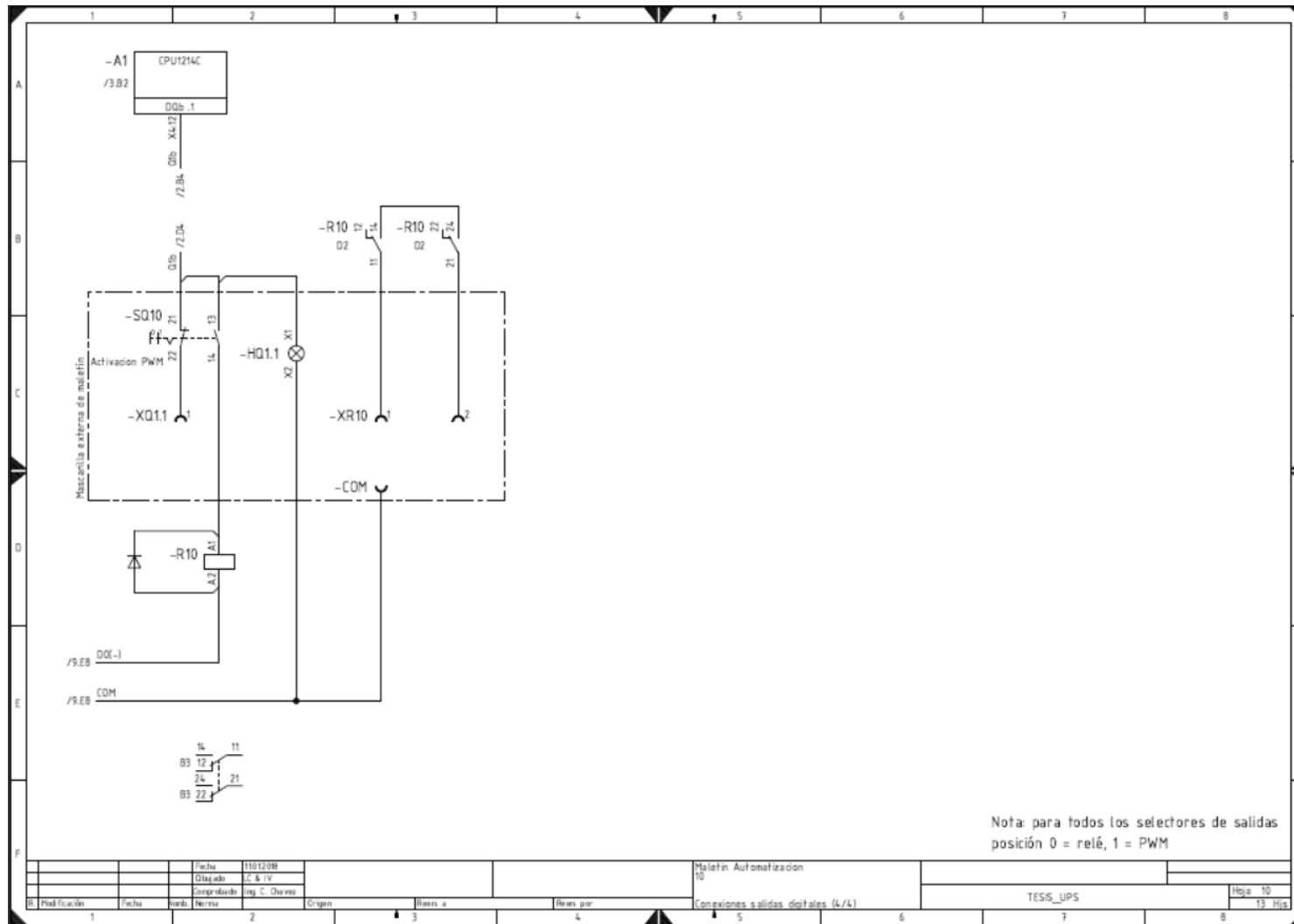


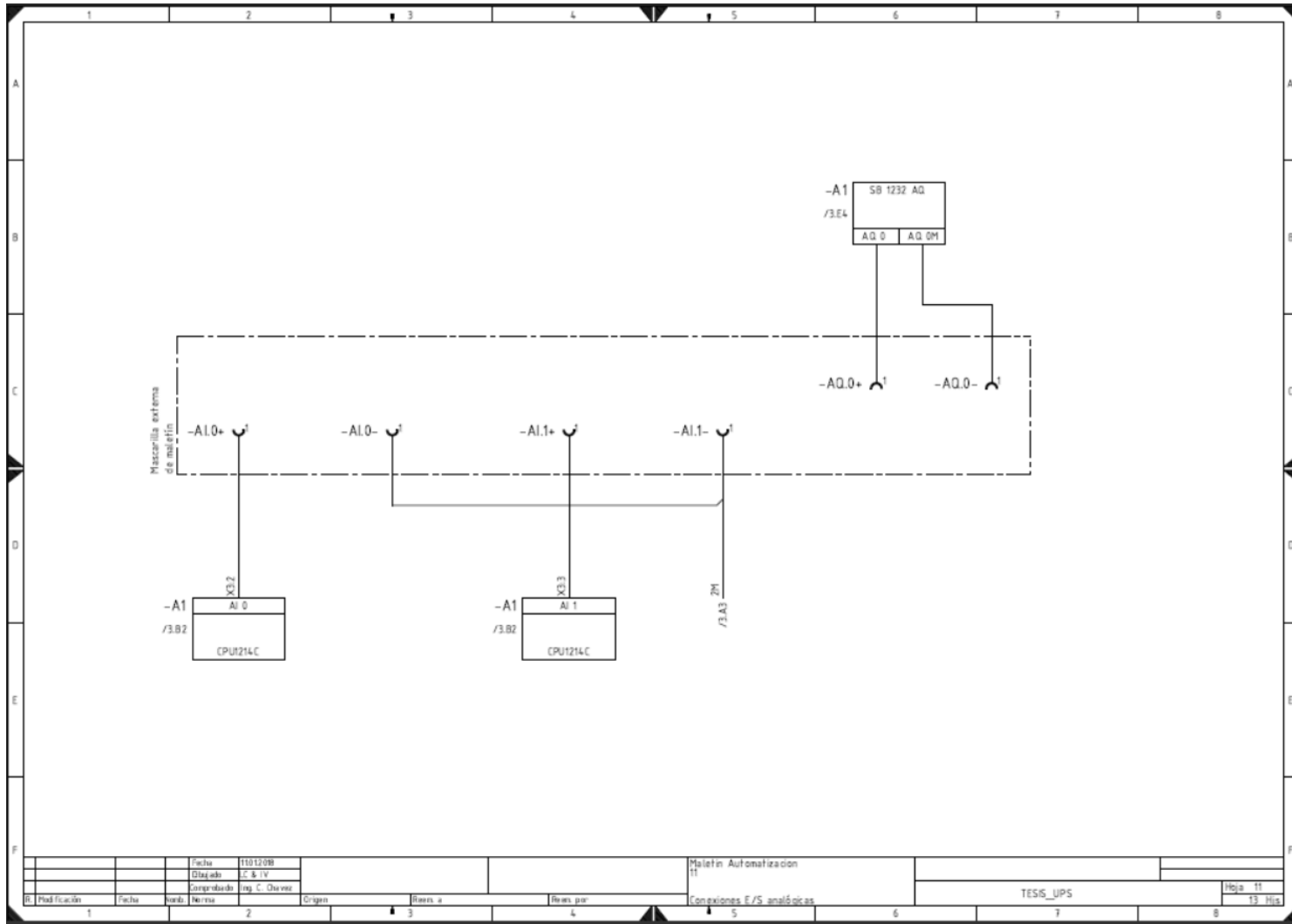


ANEXO 21: CONEXIONES SALIDAS DIGITALES

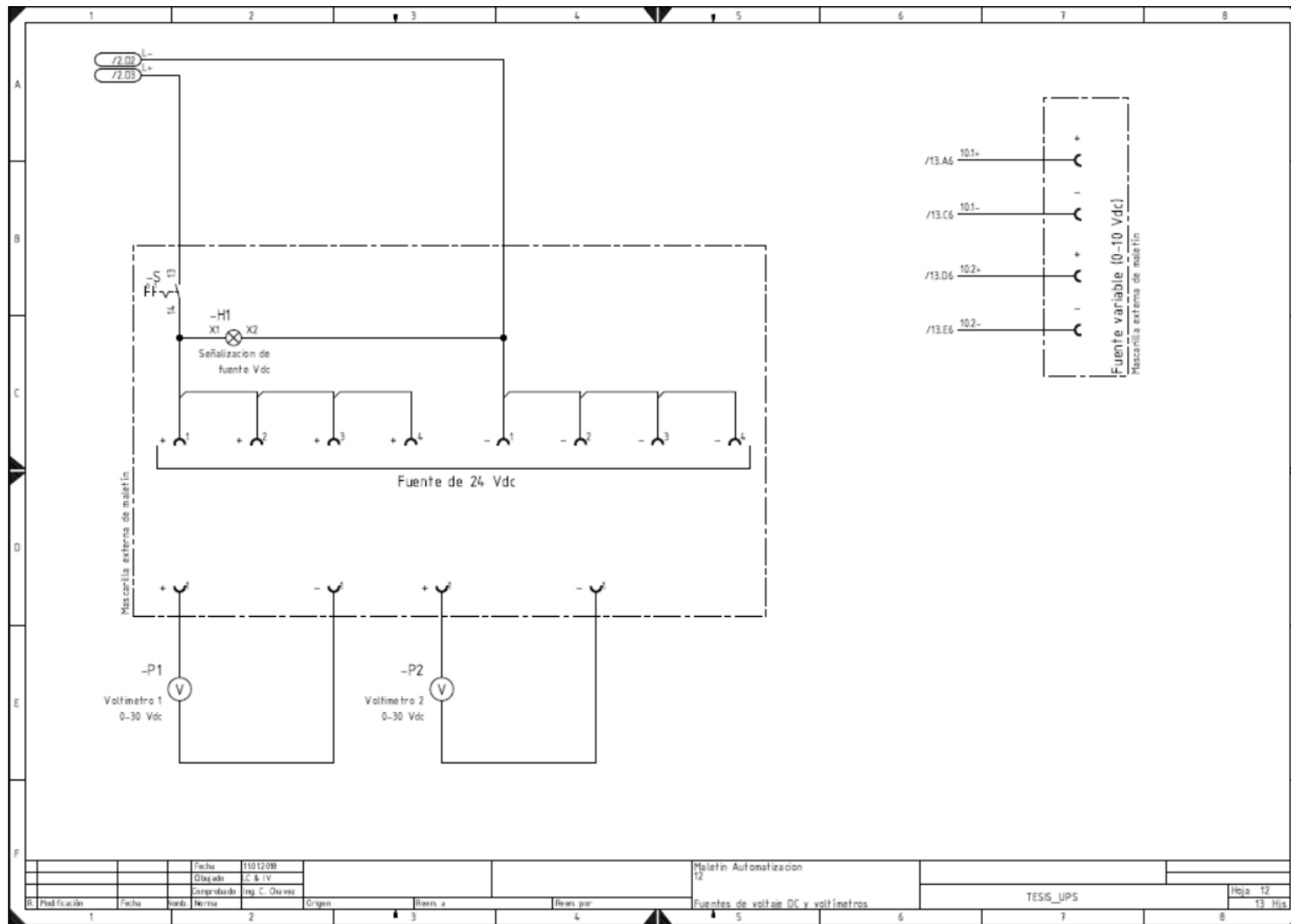




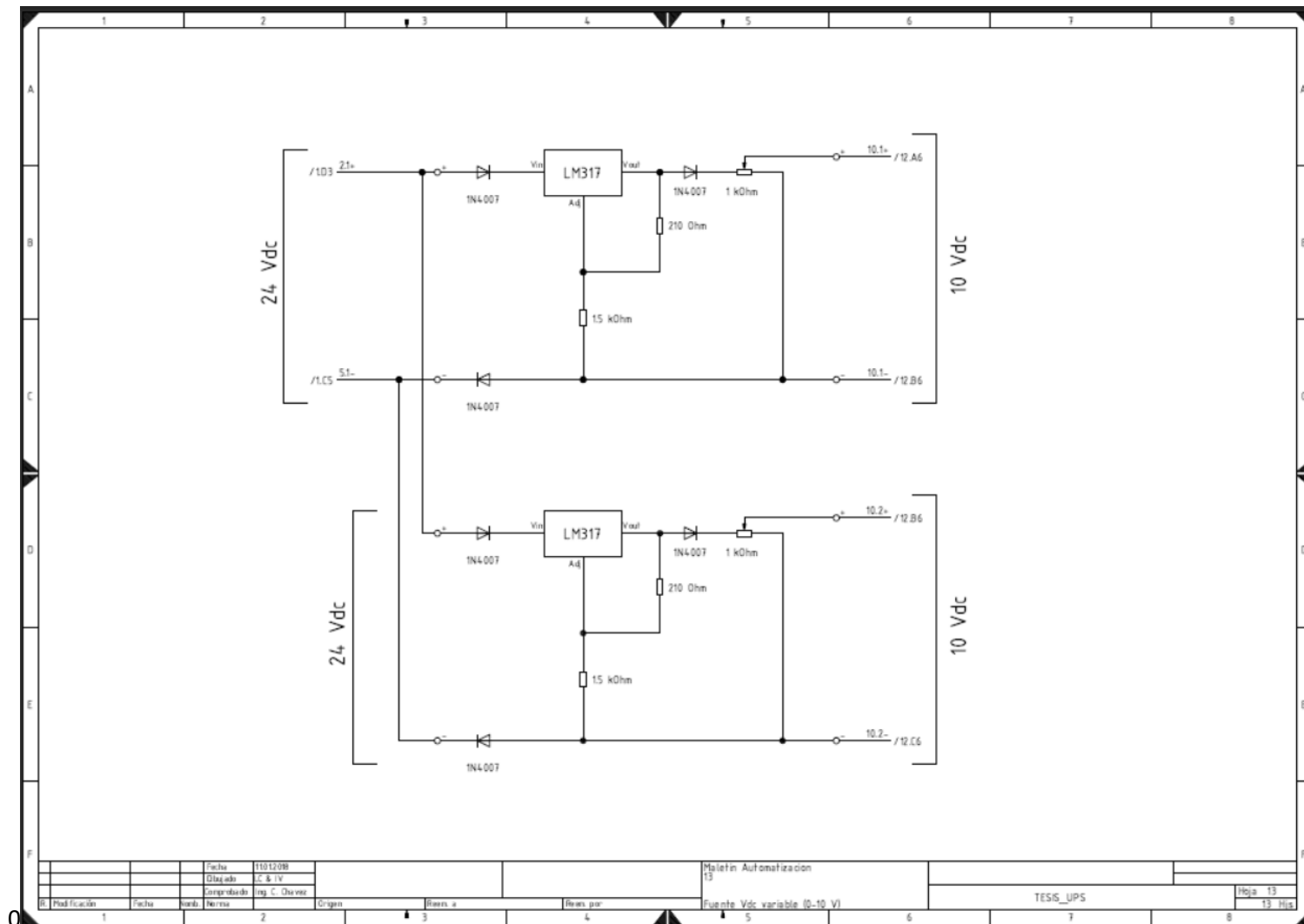




ANEXO 22: CONEXIONES E/S ANALÓGICAS



ANEXO 23: FUENTES DE VOLTAJE DC Y VOLTÍMETROS



ANEXO 24: FUENTE VDC VARIABLE 0 V - 10 V