



**Diseño e implementación de un  
simulador didáctico de control para  
una subestación eléctrica de doble  
barra con seccionador de  
transferencia y acople.**

**German Alexander Rosas Ravelo  
Oscar Javier Velásquez Rincón**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Ciudad, Colombia

2021

# **Diseño e implementación de un simulador didáctico de control para una subestación eléctrica de doble barra con seccionador de transferencia y acople.**

**German Alexander Rosas Ravelo  
Oscar Javier Velásquez Rincón**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Electromecánico**

Director (a):  
Ingeniero, Juan David Rivera Niquepa

Línea de Investigación:  
Energía.  
Grupo de Investigación:  
REM (Research Energy Materials)

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Tunja, Colombia  
2021

*Dedico mi tesis a Dios, a mis padres Delfina, Nelson, y a mi hermosa familia por el apoyo incondicional, por impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera.*

**Oscar Javier Velásquez Rincón**

*A Paola, Alison y Zaidy. Por ustedes que siempre estuvieron en los momentos difíciles y en las alegrías esto es suyo.*

**German Alexander Rosas Ravelo**

## **Agradecimientos**

En estas palabras quiero expresar mi gratitud:

A mi esposa, Luz Stella por ser incondicional y siempre estar cada día motivándome a seguir adelante a pesar de los obstáculos.

A La Universidad Antonio Nariño por permitirme hacer parte del programa de Ingeniería Electromecánica y así cumplir el sueño de ser ingeniero.

A mis compañeros, amigos que hicieron parte de este proceso y aportaron de forma directa o indirecta a la culminación de este largo proceso.

A los profesores por compartir todos sus conocimientos personales como profesionales para mi desarrollo integral como profesional.

A la empresa ISA INTERCOLOMBIA por permitirme reutilizar los componentes restantes de la renovación de control en Subestaciones 230 kV para poder crear este simulador con fines educativos.

***Oscar Javier Velásquez Rincón***

## **Agradecimientos**

A dios todo poderoso por darme la oportunidad de culminar mis estudios con éxito, una ilusión para crecer como profesional de lo cual estoy seguro que será de provecho y prosperidad en mi vida laboral.

A mi esposa Paola Molano y mis hijas Alison y Zaidy Rosas por siempre estar a mi lado brindándome su apoyo incondicional en todo momento y la fuerza para no desfallecer cuando creía que no lograría culminar con este reto. A mis padres José Rosas y Clementina Ravelo por los valores inculcados y sobre todo por ser el ejemplo a seguir y la voz de aliento demostrándome que todo era posible, a mis hermanos Wilmer y Zulma Rosas y mis cuñados Julián, Fredy Molano y Ronald Estupiñán porque desde la distancia siempre estuvieron pendientes de mi familia, apoyándome en momentos de dificultad.

A mis suegros Jaime molano y Carmen Rosa Ramírez por brindarme el apoyo en mi hogar cuando los necesité siempre estuvieron hay para dar el empujón y el aliento para culminar esta etapa. A mi compañero de tesis Oscar Velásquez y su esposa por brindar una idea loca que gracias a mucho esfuerzo logramos concretar y demostrar que era una realidad.

A mis amigos de estudio por brindarme su ayuda y apoyo en los momentos que los necesite, la gran amistad mis llevo a culminar esta etapa de la vida a mi asesor ing. Juan David Rivera por siempre apoyarnos y orientarnos de la mejor manera con sus grandes conocimientos.

Y por último a la persona que me llevo a iniciar con este proyecto nelson paredes infinitas gracias por ser el que motivador para arrancar con lo que no creía posible.

***German Alexander Rosas Ravelo***

## Resumen

Este proyecto experimental cualitativo, se desarrolla con base en una necesidad practica en los estudiantes del pregrado de Ingeniería Electromecánica - Sede Tunja. A partir de la identificación de la configuración de la subestación más utilizada en el Sistema de Transmisión Nacional (STN), se diseña e implementa un simulador didáctico de control, para desarrollar habilidades prácticas en la ejecución de maniobras operativas.

**Palabras clave:**

**Simulador, maniobras de operación y mantenimiento, subestación eléctrica.**

## **Abstract**

This qualitative experimental project is developed based on a practical need in the undergraduate students of Electromechanical Engineering - Tunja Headquarters. Based on the identification of the configuration of the most used substation in the National Transmission System (STN), a didactic control simulator is designed and implemented to develop practical skills in the execution of operational maneuvers.

**Keywords:**

**Simulator, operation and maintenance maneuvers, electrical substation.**

# Contenido

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>22</b>
1.1 SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	28
1.2 CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LAS SUBESTACIONES	30
1.2.1 Flexibilidad	30
1.2.2 Confiabilidad	31
1.2.3 Seguridad	31
1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	31
1.3.1 Clasificación según su función dentro del sistema	31
1.3.2 Clasificación según su nivel de tensión	32
1.3.3 Clasificación según el emplazamiento	32
1.3.4 Clasificación según el tipo de aislamiento	32
1.4 CONFIGURACIONES DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	33
1.4.1 Configuraciones de conexión de barras – Tendencia Europea	34
1.4.2 Configuraciones de conexión de interruptores – Tendencia americana	40
1.5 COMPARACIÓN DE COSTO BENEFICIO DE LAS CONFIGURACIONES MÁS COMUNES	43
1.6 ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA SUBESTACIÓN	44
1.6.1 Transformadores de potencia	44
1.6.2 Seccionadores	45
1.6.3 Interruptores	46
1.6.4 Transformadores de corriente (CT)	47
1.6.5 Transformadores de potencial (PT)	48
1.6.6 Descargadores de sobretensión	49
1.7 MANTENIMIENTOS EN LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	49
1.7.1 Mantenimiento preventivo	50
1.7.2 Mantenimiento predictivo	51
1.7.3 Mantenimiento correctivo	51

<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>52</b>
2.1 FASE DE DISEÑO	52
2.1.1 Simbología de subestaciones eléctricas	53
2.1.2 Nomenclatura de subestaciones eléctricas	55
2.1.3 Diseño de sistema de control del simulador didáctico	57
2.2 FASE DE CONSTRUCCIÓN	58
2.2.1 Selección material para la construcción del simulador didáctico de control	59
2.2.2 Construcción del simulador didáctico de control	61
<b>3. FASE DE IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>71</b>
3.1 ENERGIZAR BAHÍA DE LÍNEA L1-3 POR SU PROPIO INTERRUPTOR L130 A TRAVÉS DE LA BARRA 1	72
3.1.1 Condiciones Iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1	72
3.1.2 Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1	73
3.2 DESENERGIZAR Y ATERRIZAR BAHÍA DE LÍNEA L1-3 CUANDO SE ENCUENTRA ENERGIZADO POR SU PROPIO INTERRUPTOR L130 DESDE LA BARRA 1	75
3.2.1 Condiciones iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1	75
3.2.2 Procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1	77
3.3 ENERGIZAR BAHÍA DE LÍNEA L1-3 POR SU PROPIO INTERRUPTOR L130 A TRAVÉS DE LA BARRA 2	79
3.3.1 Condiciones iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2	79
3.3.2 Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2	80
3.4 DESENERGIZAR Y ATERRIZAR BAHÍA DE LÍNEA L1-3 CUANDO SE ENCUENTRA ENERGIZADO POR SU PROPIO INTERRUPTOR L130 DESDE LA BARRA 2	82
3.4.1 Condiciones Iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2	82
3.4.2 Procedimiento Operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2	84
3.5 TRANSFERIR BAHÍA DE LÍNEA L1-3 DE BARRA 1 A BARRA 2 POR SU PROPIO INTERRUPTOR L130	86
3.5.1 Condiciones Iniciales transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130	86
3.5.2 Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130	87
3.6 TRANSFERIR BAHÍA DE LÍNEA L1-3 DE BARRA 2 A BARRA 1 POR SU PROPIO INTERRUPTOR L130	89
3.6.1 Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 de barra 2 a barra 1 por su propio interruptor L130	89
3.6.2 Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 de barra 2 a barra 1 por su propio interruptor L130	91
3.7 TRANSFERIR BAHÍA DE LÍNEA L1-3 DESDE SU INTERRUPTOR L130 A TRAVÉS DE LA BARRA 1 AL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA M200	93

3.7.1	Condiciones iniciales para transferir bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200	93
3.7.2	Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200	94
3.8	TRANSFERIR BAHÍA DE LÍNEA L1-3 DESDE EL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA M200 AL INTERRUPTOR L130 A TRAVÉS DE LA BARRA 1	96
3.8.1	Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1	96
3.8.2	Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1	98
3.9	TRANSFERIR LA BAHÍA DE LÍNEA L1-3 DESDE SU INTERRUPTOR L130 A TRAVÉS DE LA BARRA 2 AL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA M200	100
3.9.1	Condiciones iniciales para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200	100
3.9.2	Procedimiento operacional para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200	101
3.10	TRANSFERIR BAHÍA DE LÍNEA L1-3 DESDE EL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA M200 AL INTERRUPTOR L130 A TRAVÉS LA BARRA 2	103
3.10.1	Condiciones Iniciales Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2	103
3.10.2	Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2	105
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>107</b>
4.1	CONCLUSIONES	107
4.2	RECOMENDACIONES	108
<b>A.</b>	<b>ANEXO: DIAGRAMA UNIFILAR DE LA DISPOSICIÓN DE LOS ESPACIOS DE LAS BAHÍAS.</b>	<b>109</b>
<b>B.</b>	<b>ANEXO: DIAGRAMA UNIFILAR DE LA DISPOSICIÓN DE LOS EQUIPOS EN PATIO.</b>	<b>110</b>
<b>C.</b>	<b>ANEXO: DIAGRAMA UNIFILAR DE LAS BAHÍAS DE ACOUPLE, UNIDAD DE GENERACIÓN, LÍNEA 1 Y LÍNEA 2.</b>	<b>111</b>
<b>D.</b>	<b>ANEXO: INGENIERÍA DE DETALLE -BAHÍA DE ACOUPLE DE BARRAS.</b>	<b>112</b>
<b>E.</b>	<b>ANEXO: INGENIERÍA DE DETALLE -BAHÍA DE GENERACIÓN.</b>	<b>113</b>
<b>F.</b>	<b>ANEXO: INGENIERÍA DE DETALLE -BAHÍA DE LÍNEA 1 Y LÍNEA 2.</b>	<b>114</b>
<b>G.</b>	<b>ANEXO: CONSIGNAS OPERATIVAS</b>	<b>115</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>145</b>



## Lista de figuras

	<b>Pág</b>
<b>Figura 0-1:</b> Transporte y distribución de la energía.....	18
<b>Figura 1-1:</b> Conformación del sector minero – energético. ....	22
<b>Figura 1-2:</b> Sistemas de generación de energía. ....	23
<b>Figura 1-3:</b> Mapa institucional del sector eléctrico. ....	24
<b>Figura 1-4:</b> Sistema actual de Interconectado Nacional SNT – SNR .....	27
<b>Figura 1-5:</b> Sistema eléctrico con centros de producción y de consumo de energía eléctrica.....	29
<b>Figura 1-6:</b> Configuración barra sencilla .....	34
<b>Figura 1-7:</b> Barra principal más barra de transferencia .....	35
<b>Figura 1-8:</b> Configuración doble barra .....	36
<b>Figura 1-9:</b> Configuración doble interruptor más transferencia .....	37
<b>Figura 1-10:</b> Configuración doble barra más seccionador de transferencia .....	38
<b>Figura 1-11:</b> Configuración doble más barra de transferencia .....	39
<b>Figura 1-12:</b> Configuración en anillo .....	40
<b>Figura 1-13:</b> Configuración en interruptor y medio.....	41
<b>Figura 1-14:</b> Configuración doble barra con doble interruptor .....	43
<b>Figura 1-15:</b> Transformador de potencia.....	45
<b>Figura 1-16:</b> Seccionadores.....	45
<b>Figura 1-17:</b> Interruptor de potencia .....	46
<b>Figura 1-18:</b> Transformador de corriente CT .....	47
<b>Figura 1-19:</b> Transformado de Potencia PT.....	48
<b>Figura 1-20:</b> Descargadores de sobretensión.....	49
<b>Figura 2-1:</b> Disposición de los espacios de las bahías.....	53
<b>Figura 2-2:</b> Representación equipos de patio .....	55
<b>Figura 2-3:</b> Estructura de los circuitos, etiquetas y nomenclaturas de los equipos de patio. ....	56
<b>Figura 2-4:</b> Plano de control Bahía L1-3 .....	58
<b>Figura 2-5:</b> Estructura del simulador didáctico de control .....	62
<b>Figura 2-6:</b> Módulos de operación reusados.....	62
<b>Figura 2-7:</b> Módulo final del simulador didáctico .....	63
<b>Figura 2-8:</b> Testeo de funcionamiento del módulo operacional.....	63

---

<b>Figura 2-9:</b> Marquilla impresa .....	64
<b>Figura 2-10:</b> Conexión y marquillado modulo operacional .....	64
<b>Figura 2-11:</b> Cableado parte superior del módulo operacional.....	66
<b>Figura 2-12:</b> Instalación de rieles y borneras al costado de la interfaz.....	66
<b>Figura 2-13:</b> Timbrado del módulo operativo .....	66
<b>Figura 2-14:</b> Mueble simulador - Interfaz operacional.....	68
<b>Figura 2-15:</b> Disposición final de relés.....	68
<b>Figura 2-16:</b> Cableado del tablero de relés.....	69
<b>Figura 2-17:</b> Marquillado en tablero de relés .....	69
<b>Figura 2-18:</b> Timbrado en cada Bahía del simulador didáctico .....	69
<b>Figura 2-19:</b> Mueble simulador - Tablero de relés .....	70
<b>Figura 2-20:</b> Amarillado del simulador didáctico .....	70
<b>Figura 3-1:</b> Modulo interface - Condiciones Iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1 .....	73
<b>Figura 3-2:</b> Modulo interface - Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1 .....	74
<b>Figura 3-3:</b> Diagrama unifilar en condiciones finales - Energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1. ....	75
<b>Figura 3-4:</b> Modulo interface - Condiciones iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1.....	76
<b>Figura: 3-5:</b> Modulo interface - Procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1 .....	78
<b>Figura 3-6:</b> Diagrama unifilar en condiciones finales - Desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1.....	78
<b>Figura 3-7:</b> Modulo interface - Condiciones Iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2 .....	80
<b>Figura 3-8:</b> Modulo interface - Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2 .....	81
<b>Figura 3-9:</b> Diagrama unifilar en condiciones finales - Energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2 .....	82
<b>Figura 3-10:</b> Modulo interface - Condiciones Iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2.....	83
<b>Figura 3-11:</b> Modulo interface - Procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2 .....	85
<b>Figura 3-12:</b> Diagrama unifilar en condiciones finales - Desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2.....	85

<b>Figura 3-13:</b> Modulo interface - Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130 .....	87
<b>Figura 3-14:</b> Modulo interface - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea =L1-3 de Barra 1 a Barra 2 por su Propio Interruptor L130.....	88
<b>Figura 3-15:</b> Diagrama unifilar en condiciones finales - Transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130 .....	89
<b>Figura 3-16:</b> Modulo interface - Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L130 .....	90
<b>Figura 3-17:</b> Modulo interface - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L130.....	92
<b>Figura 3-18:</b> Diagrama unifilar en condiciones finales - Transferir bahía de línea L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L130.....	92
<b>Figura 3-19:</b> Modulo interface - Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200 ...	94
<b>Figura 3-20:</b> Modulo interface - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200 .....	95
<b>Figura 3-21:</b> Diagrama unifilar en condiciones finales - Transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200 ...	96
<b>Figura 3-22:</b> Modulo interface - Condiciones Iniciales para para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1 .....	97
<b>Figura 3-23:</b> Modulo interface – Procedimiento operativo para para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1.....	99
<b>Figura 3-24:</b> Diagrama unifilar en condiciones finales - Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1 ....	99
<b>Figura 3-25:</b> Modulo interface - Condiciones iniciales para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200	101
<b>Figura 3-26:</b> Modulo interface - Procedimiento operacional para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200 .....	101
<b>Figura 3-27:</b> Diagrama unifilar en condiciones finales - Transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200...	103
<b>Figura 3-28:</b> Modulo interface - Condiciones Iniciales Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2 .....	104
<b>Figura 3-29:</b> Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2.....	105
<b>Figura 3-30:</b> Diagrama unifilar condiciones finales - Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor M200 al interruptor L130a través de la barra 2 .....	106

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1-1:</b> Entidades del subsector eléctrico.....	25
<b>Tabla 1-2:</b> Comparación económica de cinco configuraciones para una subestación de 115kV .....	44
<b>Tabla 2-1:</b> Simbología usada en los diagramas unifilares .....	54
<b>Tabla 2-2:</b> Caracteres simbólicos de seccionadores .....	57
<b>Tabla 2-3:</b> Materiales utilizados en la construcción del Simulador de subestación eléctrica .....	59
<b>Tabla 2-4:</b> Tabla de conexionado - Bahía L1-5 .....	65
<b>Tabla 3-1:</b> Consigna operativa - Condiciones iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1 .....	72
<b>Tabla 3-2:</b> Consigna operativa - Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1 .....	74
<b>Tabla 3-3:</b> Consigna operativa - Condiciones iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1.....	76
<b>Tabla 3-4:</b> Consigna operativa - Procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1 .....	77
<b>Tabla 3-5:</b> Consigna operativa - Condiciones iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2 .....	79
<b>Tabla 3-6:</b> Consigna operativa - Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2 .....	81
<b>Tabla 3-7:</b> Consigna operativa - Condiciones Iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2.....	83
<b>Tabla 3-8:</b> Consigna operativa - Procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2 .....	84
<b>Tabla 3-9:</b> Consigna operativa - Condiciones iniciales para transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130 .....	86
<b>Tabla 3-10:</b> Consigna operativa - Transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130 .....	88

<b>Tabla 3-11:</b> Consigna operativa – Condiciones iniciales para transferir bahía de línea L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L130 .....	90
<b>Tabla 3-12:</b> Consigna operativa - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L130.....	91
<b>Tabla 3-13:</b> Consigna operativa - Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200 ...	93
<b>Tabla 3-14:</b> Consigna operativa - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200 .....	95
<b>Tabla 3-15:</b> Consigna operativa - Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1 ....	97
<b>Tabla 3-16:</b> Consigna operativa – Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1 .....	98
<b>Tabla 3-17:</b> Consigna operativa - Condiciones iniciales para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200 .....	100
<b>Tabla 3-18:</b> Consigna operativa - Procedimiento operacional para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200 .....	102
<b>Tabla 3-19:</b> Consigna operativa - Condiciones Iniciales Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2 .....	104
<b>Tabla 3-20:</b> Consigna operativa - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2	106

# Introducción

La energía eléctrica, ha sido en un elemento vital para el ser humano desde sus inicios, siendo fuente fundamental para el desarrollo industrial y comercial de la humanidad.

*(Revista\_08\_06\_2016-F.pdf, s. f.)*

Hoy en día, cerca de 2000 millones de personas, o cerca de una tercera parte de la población mundial, dependen fundamentalmente de las fuentes de energía derivadas de la biomasa tradicional y 1700 millones carecen de electricidad dado que el ritmo de crecimiento demográfico supera la tasa de electrificación. *(Pub1222s\_web.pdf, s. f.)*

Esto significa que una cuarta parte de la población mundial aún carece de asequibilidad energética, teniendo como efecto la pérdida de competitividad del país ya que se ven afectadas todas las cadenas productivas. (Helman, s. f.) Siendo estas fundamentales para que la humanidad haya alcanzado el “nivel de desarrollo” del que goza en la actualidad. *(Lugares donde no hay electricidad en el mundo y porqué, 2019)*

En Colombia, según la sentencia T-761-15 de la Corte Constitucional, la energía se considera un derecho, sin ser propiamente dicho como fundamental *(T-761-15 Corte Constitucional de Colombia, s. f.)*, sin embargo, hay hogares colombianos con pobreza energética, según definición de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) “*Un hogar se encuentra en pobreza energética cuando las personas que lo habitan no satisfacen las necesidades de energía absolutas, las cuales están relacionadas con una serie de satisfactores y bienes económicos que son considerados esenciales, en un lugar y tiempo determinados, de acuerdo a las convenciones sociales y culturales.*” (R. G. Ochoa, s. f.)

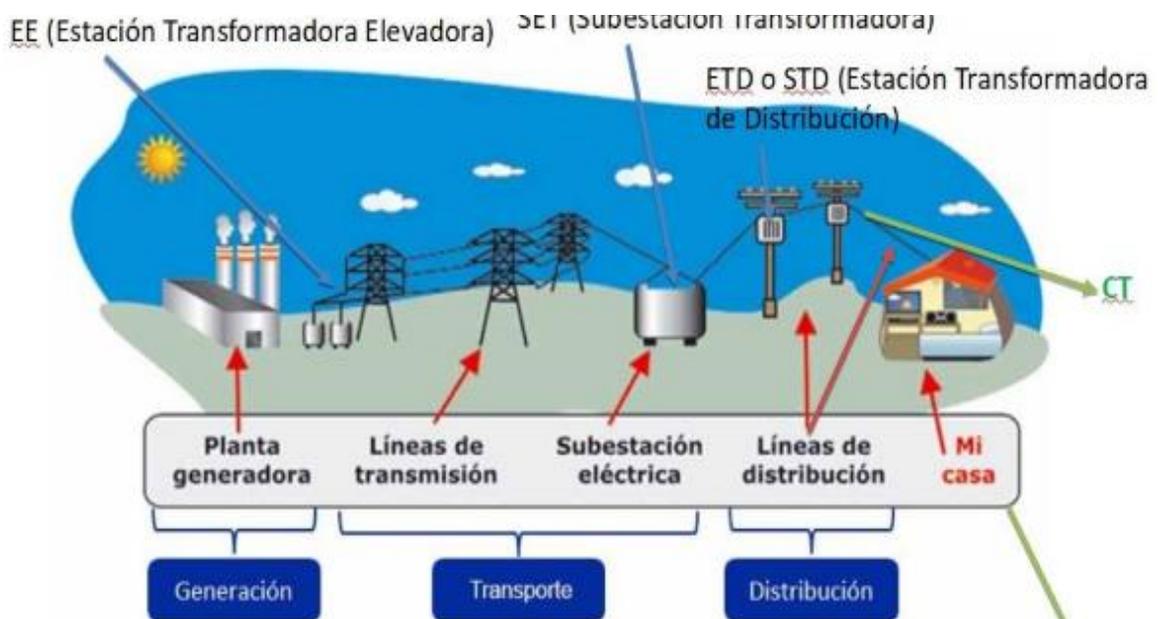
Según, el Instituto de planificación y promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), en Colombia, la accesibilidad a la energía es nula o limitada en 1710 poblados en el país, como es el caso de Nariño con 600 poblados no

interconectados a una red eléctrica, Chocó con 509 poblados; Cauca, con 189, y el Valle del Cauca, con 81 (*INFORME DE GESTION IPSE 2020.pdf*, s. f.).

Para garantizar la disponibilidad y el abastecimiento de los recursos energéticos, atendiendo la demanda nacional, y disminuyendo el porcentaje de hogares en pobreza energética, El Ministerio de Minas y Energía en colaboración con La Unidad de Planeación Minero - Energética (UPME), elaboraron un documento donde se establecen las bases para la estructuración e implementación de una política energética en Colombia, El Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. (*Plan energético nacional Colombia: ideario energético 2050*, s. f.)

Uno de los objetivos del Plan Energético es la “generación de valor en el sector energético para el desarrollo de regiones y poblaciones, contando con los soportes tecnológicos, infraestructura, capital humano y modernización regulatoria para el desarrollo del sector energético” (*Plan energético nacional Colombia: ideario energético 2050*, s. f.). La energía tiene diferentes procesos, como: generación, transmisión, distribución, antes de llegar a su punto final o su consumo. Figura 0-1.

**Figura 0-1:** Transporte y distribución de la energía.



**Fuente:** (<https://www.areatecnologia.com>, s. f.)

En el proceso de distribución las subestaciones eléctricas, como el conjunto de elementos que se agrupan en varias líneas de subtransmisión, son un punto importante dentro del sistema de transmisión nacional, en el cual se cambian los niveles de tensión y corriente con el fin de minimizar pérdidas y optimizar la distribución en el sistema. (*Glosario Energético*, 1998)

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente proyecto pretende proporcionar una herramienta didáctica de aprendizaje, adquiriendo habilidades prácticas en la ejecución de maniobras sobre los equipos primarios de potencia en una subestación eléctrica.

Según el estado del arte realizado, en el año 2005, la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, desarrolló un sistema software como simulador de entrenamiento para el personal que atiende la operación de subestaciones eléctricas de transmisión. El objetivo del simulador software era permitir que los operadores de las subestaciones adquirieran las habilidades y destrezas en el manejo de los equipos de una subestación, sin tener que usarlos directamente. (*Subestaciones Alta y Extra Alta Tensión*, s. f.)

En la Universidad de Valladolid, España, en el 2014, se creó como proyecto de grado un programa “Simulador de Subestaciones Eléctricas” que explica los distintos elementos de una subestación eléctrica, y permite la simulación de maniobras en diferentes configuraciones dirigido a los estudiantes del Departamento de Ingeniería eléctrica. (*Aulamoisan - Subestaciones Eléctricas*, s. f.)

En el año 2017, los estudiantes de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas desarrollaron un estudio investigativo sobre la importancia de la inclusión de un simulador de subestaciones eléctricas, como apoyo educativo de los estudiantes de la facultad para disminuir los índices de repitencia. (Riveros Hernández et al., 2017)

En el año 2018, se desarrollaron diferentes simuladores interactivos por medio de aplicaciones gratuitas para computadores, los cuales han ayudado a reforzar los conocimientos en áreas específicas del conocimiento durante la carrera de ingeniería eléctrica de Universidades de Medellín.

Cabe anotar que, los simuladores mencionados son programas software, los cuales no permiten una interacción física con un tablero de control de operaciones real, siendo la ejecución por medio de un dispositivo electrónico.

Un plus del siguiente proyecto es el contacto directo y la simulación de maniobras operativas reales que puede tener el estudiante, ya que el simulador didáctico se construirá con partes rehusadas que conformaron un tablero de operación de una subestación eléctrica.

El simulador didáctico, será un proyecto de ayuda educativa en aspectos técnicos en la enseñanza de ingeniería y su construcción apoyará la docencia en la Universidad Antonio Nariño, dado que permitirá y facilitará el desarrollo de los métodos didácticos de enseñanza utilizados por el profesor, mejorando la presentación de los contenidos de diferentes áreas eléctricas del conocimiento. (Martel, 2006)

Por consecuente, el desarrollo y construcción del simulador didáctico, resulta útil, como herramienta didáctica, para que el estudiante adquiera las competencias y pueda participar activamente mediante la experimentación, el análisis y la toma de decisiones.

Según, el proyecto investigativo realizado en la Universidad Distrital, la inclusión de un simulador de maniobras eléctricas en subestaciones, en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, demostró la utilidad de esta herramienta para la comprensión de procesos de operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas en una subestación, contribuyendo a mejorar el desempeño de los estudiantes en diferentes asignaturas.

Hoy en día, los conocimientos y experiencias adquiridas durante todo el proceso de formación universitaria son un pilar fundamental para ser un profesional competitivo en la industria actual.

Por lo cual se genera la pregunta investigativa, ¿Cómo se puede mejorar los laboratorios, como apoyo en el proceso de aprendizaje, en la parte eléctrica, de los estudiantes de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño?

Este simulador didáctico de control da respuesta a la necesidad planteada, ya que es importante tener un simulador didáctico en el que se demuestren las diferentes consignas operativas de una subestación eléctrica, para que los futuros egresados del pregrado de Ingeniería Electromecánica tengan una aproximación al campo real, afianzando los diferentes conocimientos y sean profesionales competitivos y calificados del sector eléctrico.

En este simulador, el estudiante podrá poner en práctica todos los conceptos adquiridos en la materia de subestaciones eléctricas, el orden de operación en los equipos que conforman la bahía, las características propias de la configuración de subestación seleccionada y sus ventajas e inconvenientes, dando las herramientas necesarias para ser profesionales calificados, dado que el sector eléctrico no se escapa de la necesidad de generar ventajas competitivas, fortaleciendo su talento humano y desarrollando e implementando avances tecnológicos.

El objetivo general de la tesis es el diseño e implementación un simulador didáctico para una subestación eléctrica de doble barra con seccionador de transferencia y acople, para poner en práctica las diferentes consignas operativas.

Entre los objetivos específicos se tienen:

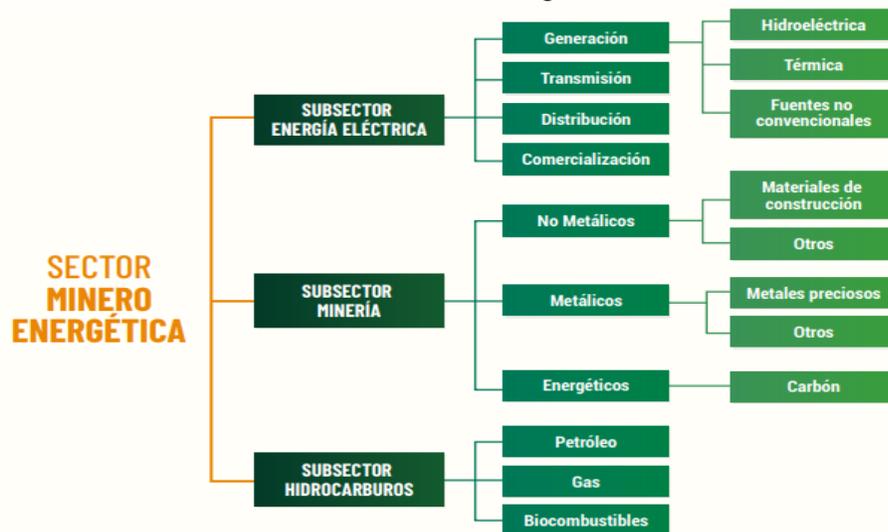
- Diseñar la Ingeniería básica o unifilar del simulador didáctico de control.
- Diseñar la Ingeniería de detalle o planos de control de cada bahía del simulador.
- Implementar el simulador didáctico de control para una subestación eléctrica de doble barra con seccionador de transferencia más acople, según su diseño de Ingeniería.

## 1. Marco teórico

En Colombia, El Sector Minero Energético, es un sector que corresponde a las actividades primarias de la economía, basadas en el aprovechamiento de las energías y de los recursos naturales no renovables. Institucionalmente comprende todas las empresas y entidades relacionadas con las actividades minero-energéticas.

El Sector Minero Energético está conformado por los subsectores de energía eléctrica, minería e hidrocarburos. (*Informe\_gestion\_2015.pdf*, s. f.) Como se ilustra en la figura 1-1.

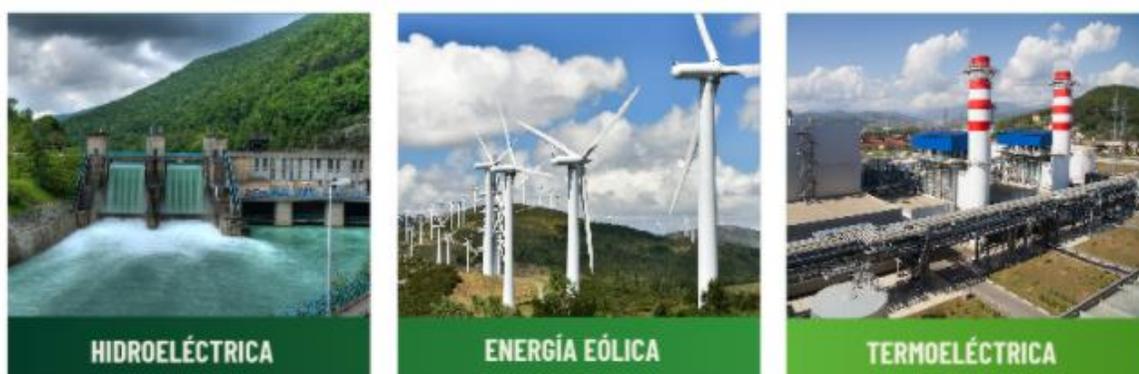
**Figura 1-1:** Conformación del sector minero – energético.



**Fuente:** UPME 2015 (*Informe\_gestion\_2015.pdf*, s. f.)

El subsector de energía eléctrica tiene como actividades; la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. La cual puede ser producida a partir de agua (proyectos hidroeléctricos), carbón, gas natural, combustibles líquidos, biomasa, residuos (proyectos de centrales térmicas) o de fuentes no convencionales de energía tales como eólica, solar, geotérmica, entre otras. (Lección 1.1 | Departamental | UPME, s. f.) Según la Figura 1-2.

**Figura 1-2:** Sistemas de generación de energía.



**Fuente:** UPME 2015 (*Informe\_gestion\_2015.pdf*, s. f.)

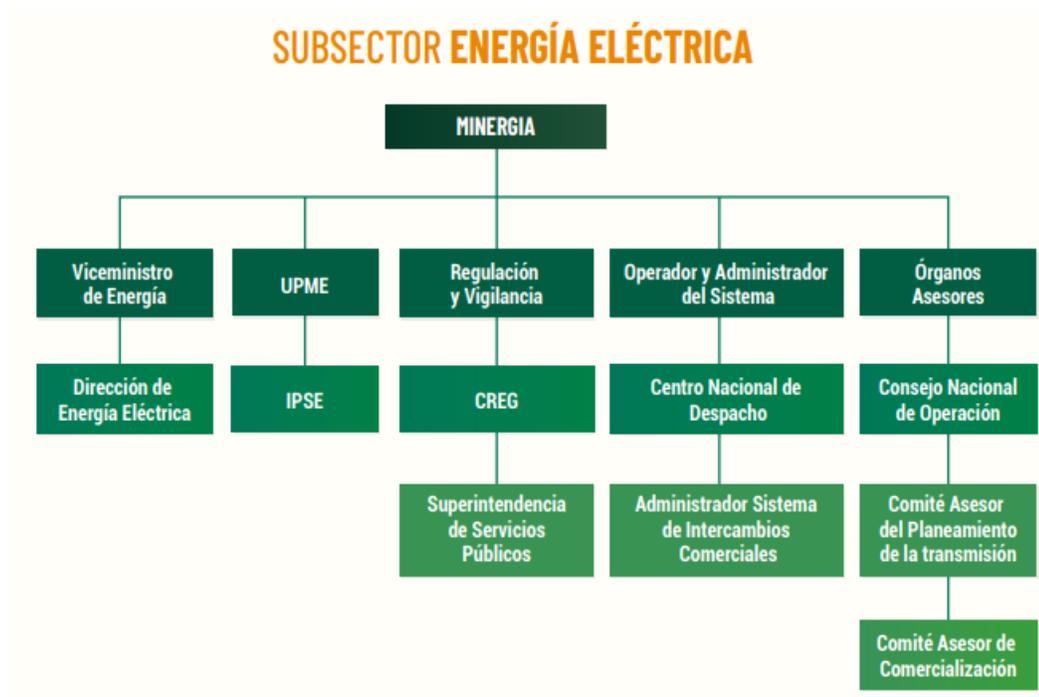
De acuerdo con la Ley 1715 de 2014, que regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, las plantas de generación se clasifican en Fuentes Convencionales de Energía, utilizadas en forma intensiva y ampliamente comercializadas en el país, entre las cuales se agrupan las plantas hidroeléctricas y las plantas termoeléctricas; y las Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE), que emplean recursos energéticos sostenibles disponibles a nivel mundial. (*Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY\_1715\_2014]*, s. f.)

El Sector Minero Energético es fundamental en el crecimiento económico del país y generación de empleo. Según el DANE, en el año 2017, la explotación de hidrocarburos ascendió a \$44.21 billones de pesos, representando el 5.3% del Precio Interno Bruto (PIB). De igual forma, El subsector eléctrico es relevante para la dinámica económica del país; en el año 2017, las actividades de suministro de electricidad y gas contribuyeron al PIB

con el 2,05%.<sup>19</sup> Así mismo, aporta recursos a las autoridades ambientales y a los municipios de las regiones donde se ejecutan los proyectos, por las compensaciones ambientales y sociales, de acuerdo con la Ley 99 de 1993. (*Ley 99 de 1993 Nivel Nacional*, s. f.)

El subsector de energía eléctrica en Colombia está conformado por distintas entidades y empresas (Figura 1-3) que cumplen diversas funciones tanto de regulación, vigilancia y control como en los mercados de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía. Según Tabla 1-1.

**Figura 1-3:** Mapa institucional del sector eléctrico.



**Fuente:** UPME 2015(*upme\_departamental\_1.3.pdf*, s. f.)

**Tabla 1-1:** Entidades del subsector eléctrico.

<b>Tipo de Función</b>	<b>Entidades</b>
<b>Dirección y Planeación</b>	Ministerio Minas y Energía (MINENERGÍA)  Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones de Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE)  Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)
<b>Regulación</b>	Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)
<b>Vigilancia y control</b>	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)
<b>Operadores y administradores del sistema</b>	Centro Nacional de Despacho (CND)  El Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC) “Actualmente XM, empresa filial de ISA, tiene a cargo la operación del Sistema Interconectado Nacional colombiano y la Administración del Mercado de Energía en Colombia, incluyendo las transacciones internacionales de electricidad con Ecuador”
<b>Asesores</b>	Consejo Nacional de Operación (CNO)  Comité Asesor del Planeamiento de la Transmisión (CAPT)  Comité Asesor de Comercialización (CAC)
<b>Gremios del sector</b>	Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones (ANDESCO)  Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (ACOLGEN)  Asociación Nacional de Empresas Generadoras (ANDEG)  Asociación Colombiana de Distribuidores de Energía Eléctrica (ASOCODIS) Asociación de Energías Renovables (SER)

Fuente: UPME 2015(*upme\_departamental\_1.3.pdf*, s. f.)

Todas estas entidades forman parte del Sistema de Interconectado Nacional (SIN), el cual se creó en los años 70 debido a un ambicioso proyecto del gobierno de esa época, que buscaba integrar y conectar todos los sistemas eléctricos de las diferentes regiones del país, brindando un servicio de energía seguro y confiable. (*Documento-de-trabajo-sobre-el-Sistema-Interconectado-Nacional.pdf*, s. f.)

En la actualidad, el Sistema de Transmisión Nacional STN y el Sistema de transmisión Regional, conforman El Sistema de Interconectado Nacional, que está compuesto por más de 30 empresas de energía (generadoras, transmisoras, distribuidoras), 209 plantas de generación (hidráulicas, térmicas, solares, eólicas, cogeneradores y autogeneradores) y 26.333 kilómetros aproximadamente de redes de energía.

El Sistema de Transmisión Nacional STN, se asocia a los circuitos de línea en los niveles de tensión superiores a 200 kilovoltios, esta configuración hace parte también del sistema internacional de transmisión el cual interconecta con Venezuela y Ecuador. Los Sistemas de Transmisión Regional STR están compuesto por niveles de tensión 220 kilovoltios y 110 kilovoltios. Figura 1-4.

Por otra parte, El Centro Nacional de Despacho, CND, es el encargado de la planeación, programación, coordinación, supervisión y control de la operación integrada de los recursos de generación y de transmisión del Sistema Interconectado Nacional. (*apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolución-2003-CREG116-2003*, s. f.)

El CND, está igualmente encargado de dar las instrucciones a los Centros Regionales de Despacho para coordinar las maniobras de las instalaciones con el fin de tener una operación segura, confiable y ceñida al reglamento de operación y a todos los acuerdos del Consejo Nacional de Operación. (*apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolución-1995-CRG95024*, s. f.)

**Figura 1-4:** Sistema actual de Interconectado Nacional SNT – SNR



**Fuente:** UPME 2015(UPME\_EN\_STN\_STR\_ACTUAL\_2019.pdf, s. f.)

El Centro Regional de Despacho, CRD, es un centro de supervisión y control de la operación de las redes, subestaciones y centrales de generación localizadas en una misma región, cuya función es la de coordinar la operación y maniobras de esas instalaciones con sujeción, en lo pertinente, a las instrucciones impartidas por el Centro Nacional de Despacho, en desarrollo de las previsiones contenidas en el Reglamento de Operación, con el fin de asegurar una operación segura y confiable del sistema interconectado. ([apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Codigos-1995-RES.025-1995.COD..REDES-.COD..OPERACION?OpenDocument](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Codigos-1995-RES.025-1995.COD..REDES-.COD..OPERACION?OpenDocument), s. f.)

La finalidad de las operaciones y maniobras en el Sistema Interconectado Nacional es la distribución eléctrica a los domicilios de los usuarios finales, para esto se requieren varios equipos e infraestructuras, como lo son las subestaciones eléctricas.

## 1.1 Subestaciones eléctricas

Para que la energía eléctrica llegue a los distintos centros de consumo, recorre un largo camino que inicia en las centrales generadoras. Las subestaciones son uno de los subsistemas que conforman el sistema eléctrico, su función es modificar los parámetros de la energía para hacer posible su transmisión y distribución. («SUBESTACIONES ELÉCTRICAS», 2016a)

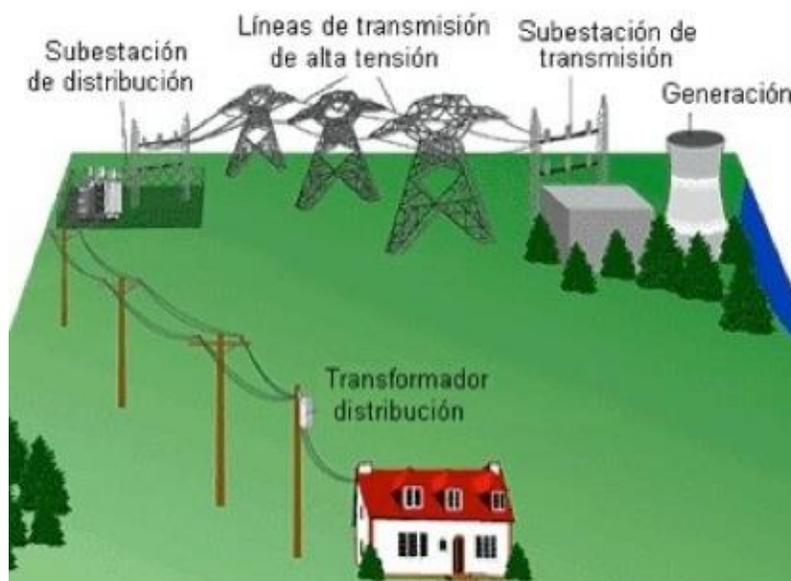
Las subestaciones eléctricas intervienen en la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Una subestación eléctrica está compuesta por dispositivos capaces de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión, corriente, frecuencia, etc.) y son un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema eléctrico. («SUBESTACIONES ELÉCTRICAS», 2016b)

Según, El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, “Una subestación eléctrica es un conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.” (09a5f5d0-58a8-44ef-a591-64386de276d2.pdf, s. f.)

El objeto de una subestación en un sistema de potencia se debe a que en una central eléctrica la tensión es relativamente baja y se ubican lejos de los centros de consumo, por tal razón el transporte de estos niveles de energía sería muy costoso. Por lo tanto, se busca elevar el nivel de tensión, para disminuir el costo de transporte, esto depende de factores como; la potencia a transmitir, la longitud de la línea, las pérdidas, etc.

Esta operación se realiza en una Subestación Primaria; una vez hecha la conducción por las líneas de transmisión a los centros de consumo, se reduce el voltaje a un nivel adecuado en unas casetas de transformación, por medio de un Transformador de Distribución para su distribución, requiriéndose de Subestaciones Distribuidoras. En ocasiones se tiene un nivel intermedio denominado Subtransmisión. (*SUBESTACIONES*, s. f.) Figura 1-5

**Figura 1-5:** Sistema eléctrico con centros de producción y de consumo de energía eléctrica



**Fuente:** Conceptos básicos de subestaciones eléctricas, 2013. (*Conceptos Básicos de Subestaciones Eléctricas 1 | Subestación eléctrica | Transformador*, s. f.)

Las funciones de una subestación eléctrica son de maniobra, protección, supervisión, producción, conversión, transformación, regulación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Cada subestación debe modificar y establecer las fases y los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, logrando una operación segura y confiable de los sistemas eléctricos de potencia. (Avella, 2016)

## 1.2 Características de operación de las subestaciones

Para lograr un servicio de calidad y disponibilidad del 100%, las subestaciones deben garantizar algunas características importantes, tales como: flexibilidad, confiabilidad y seguridad.

### 1.2.1 Flexibilidad

Propiedad de la instalación para acomodarse a las diferentes condiciones que se puedan presentar especialmente por cambios operativos en el sistema y, además, por contingencias y/o mantenimiento.(Márquez, s. f.)

Según Mejía Villegas, los cambios operativos que pueden darse en un sistema se realizan buscando(Márquez, s. f.).

- Control de potencia activa y reactiva para optimizar la carga de los generadores, lo cual implica independizar o agrupar circuitos de carga y/o generación.
- Limitar niveles de cortocircuito. Cualquier arreglo o configuración que incorpore medios para dividir la Subestación en dos o más secciones independientes puede reducir los niveles de cortocircuito, sin embargo, este no debe ser un parámetro inicial de diseño de esta, sino una condición operativa de la instalación para prolongar la vida útil de los equipos y mejorar la estabilidad del sistema.
- Independizar o limitar la influencia de algunas cargas o circuitos pertenecientes a sub- sistemas que por sus características pueden afectar la seguridad.

### **1.2.2 Confiabilidad**

La probabilidad de que una Subestación pueda suministrar energía durante un período de tiempo dado bajo la condición de que al menos un componente esté fuera de servicio. Por ejemplo; se presenta una falla en algún elemento de la Subestación y se pueda continuar con el suministro de energía después de efectuar una operación interna, mientras se efectúa la reparación (Márquez, s. f.)

### **1.2.3 Seguridad**

Propiedad de una instalación de dar continuidad de servicio (suministro de energía) sin interrupción alguna durante fallas de los equipos de potencia, especialmente interruptores y barrajes. La seguridad implica confiabilidad (Márquez, s. f.)

## **1.3 Clasificación de las subestaciones eléctricas**

### **1.3.1 Clasificación según su función dentro del sistema**

- **Elevadora**

Una Subestación Eléctrica es elevadora cuando tiene banco de transformación que aumenta el nivel de tensión de las fuentes de alimentación. Este tipo de Subestaciones se usa por lo general en las plantas de generación, en este caso se modifican los parámetros principales de generación de energía eléctrica por medio de transformadores de potencia, de esta forma se eleva el voltaje y se reduce el valor de la corriente con el objetivo de transmitir grandes cantidades de energía eléctrica a grandes distancias y con el mínimo de pérdidas, por medio de líneas de transmisión.(*GutiérrezSalazarLuisAntonio2020.pdf*, s. f.)

- **Reductora**

Son subestaciones que usan transformadores de potencia, para modificar los parámetros de la transmisión de la energía, reduciendo los niveles de voltaje de transmisión (500 kV y 230 kV) a niveles de voltaje de Subtransmisión (115 kV, 57.5 kV y 34.5 kV) y distribución (13.2 kV y 11.4 kV). Para que a través de las líneas de transmisión y distribución la potencia

pueda ser distribuida a distancias medias o cortas; alimentando las redes de distribución de bajos voltajes para su comercialización. (*GutiérrezSalazarLuisAntonio2020.pdf*, s. f.)

- **De maniobra**

Estas Subestaciones se encargan de efectuar operaciones de conexión y desconexión entre dos o más circuitos, líneas o derivaciones de igual tensión. Se caracterizan por no tener un banco de transformación que modifique el nivel de tensión de las fuentes de alimentación. (*GutiérrezSalazarLuisAntonio2020.pdf*, s. f.)

### **1.3.2 Clasificación según su nivel de tensión**

- Subestación de transmisión: > 230 kV.
- Subestaciones de sub - transmisión: > 115 kV y < 230 kV.
- Subestaciones de distribución primaria: > 23 kV y < 115 kV.
- Subestaciones de distribución secundaria: < 23 kV.

### **1.3.3 Clasificación según el emplazamiento**

- **De intemperie**

Son subestaciones eléctricas situadas en el exterior a cielo abierto, un ejemplo de estas son las aisladas al aire AIS (Air Insulated Switchgear). (María, s. f.)

- **De interior**

Las subestaciones que se encuentran dentro de una edificación construcción, tienen la ventaja de que no están condicionadas meteorológicamente y reducen su superficie, al tener menos distancia de seguridad entre elementos. Sin embargo, tienen mayor coste económico. Un ejemplo de estas son las subestaciones aisladas en gas, GIS (Gas Insulated Switchgear). (María, s. f.)

### **1.3.4 Clasificación según el tipo de aislamiento**

- **Air Insulated Switchgear, AIS.**

Se utiliza como elemento de aislamiento el aire. Están sujetas a condiciones meteorológicas, y este tipo de subestaciones utilizan mucha superficie, al tener que

mantener determinadas distancias de seguridad entre los distintos elementos. (Carvajal, 2004)

- **Gas Insulated Switchgear, GIS**

Cuyo elemento de aislamiento es el gas. No están sujetas a condiciones meteorológicas y al estar en interior pueden reducir considerablemente el espacio.(Carvajal, 2004)

- **Híbridas, HIS**

Este tipo de Subestación modular presenta características de ambas tecnologías AIS y GIS. Las barras siguen estando aisladas en aire, pero los equipos están integrados en un único compartimento aislado en gas tipo GIS. Así se puede compactar una fase de una Subestación de intemperie aislada en aire en un elemento sencillo y de mucho menor tamaño.(Carvajal, 2004)

## **1.4 Configuraciones de subestaciones eléctricas**

La configuración hace referencia a la disposición de los equipos electromecánicos constitutivos de un patio de conexiones, o pertenecientes a un mismo nivel de tensión de una Subestación, de tal forma que su operación permita dar a la Subestación diferentes grados de confiabilidad, seguridad y flexibilidad para el manejo, transformación y distribución de la energía. (*Subestaciones-Eléctricas.pdf*, s. f.)

Existen dos tendencias generales con respecto a los tipos de configuraciones para las Subestaciones de media, alta y extra alta tensión; estas tendencias son la europea (conexión de barras) y la americana (conexión de interruptores), las configuraciones utilizadas dependen de los requerimientos de la empresa y del sistema de potencia, mientras que las tendencias se dan por la tradición, uniformidad de operación y mantenimiento.(*Subestaciones-Eléctricas.pdf*, s. f.)

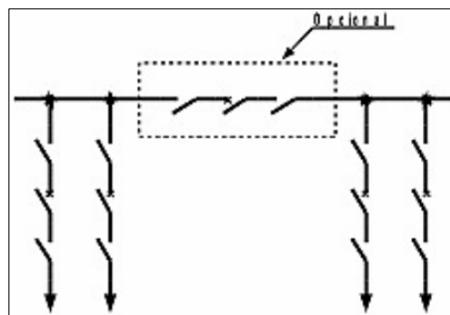
### 1.4.1 Configuraciones de conexión de barras – Tendencia Europea

Cada circuito tiene un interruptor, con la posibilidad de conectarse a una o más barras por medio de seccionadores. Las configuraciones más utilizadas para esta tendencia son:

- **Barra sencilla**

Es una configuración que cuenta con un solo barraje colector al cual se conectan los circuitos por medio de un interruptor. Es económica, simple, fácil de proteger, ocupa poco espacio y no presenta muchas posibilidades de operación incorrecta. (Varela & Echeverry, 2019a) Figura 1-6

**Figura 1-6:** Configuración barra sencilla



**Fuente:** (Varela & Echeverry, 2019a)

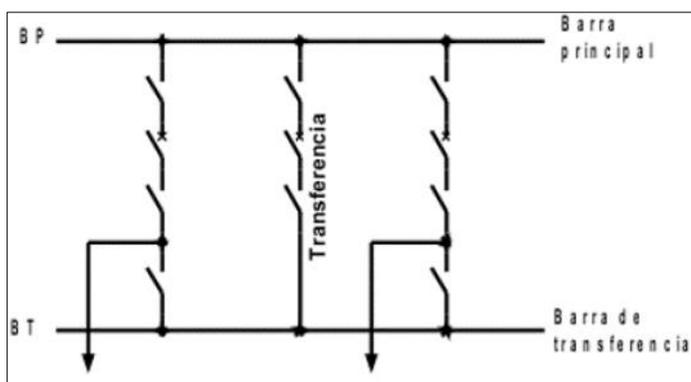
Como desventaja principal puede citarse la falta de confiabilidad, seguridad y flexibilidad teniendo así que suspender el servicio en forma total cuando se requiera hacer una revisión o reparación en la barra colector, o del circuito cuando se requiera hacer una revisión o reparación del interruptor; sin embargo, con un seccionamiento longitudinal se obtiene alguna confiabilidad y flexibilidad pues se hace posible separar en dos partes el barraje, lo cual facilita las reparaciones, trabajos y ampliación y en determinadas circunstancias, la operación de la subestación.

Si el seccionamiento del barraje se efectúa con el fin de lograr flexibilidad de la subestación, se requiere un planteamiento muy cuidadoso ya que durante la operación normal no se puede cambiar los circuitos de una barra a otra. Un seccionamiento mal planeado puede inclusive atentar contra la seguridad del sistema. (Varela & Echeverry, 2019a)

- **Barra principal más barra de transferencia**

Para mejorar la confiabilidad por falla en interruptores en la configuración de barra sencilla, a esta se le puede agregar una barra auxiliar o de transferencia, a cada circuito un seccionador de transferencia para la conexión a dicha barra y un interruptor de transferencia para unir las dos barras, conformándose así una configuración llamada de barra principal más transferencia.(Varela & Echeverry, 2019a) Figura 1-7

**Figura 1-7:** Barra principal más barra de transferencia



**Fuente:** (Varela & Echeverry, 2019a)

Con esta configuración cada circuito se puede conectar por medio del interruptor de la barra de transferencia, conservando el servicio durante el mantenimiento de los equipos o ante fallas, siempre y cuando no sean fallas del circuito.(Varela & Echeverry, 2019a)

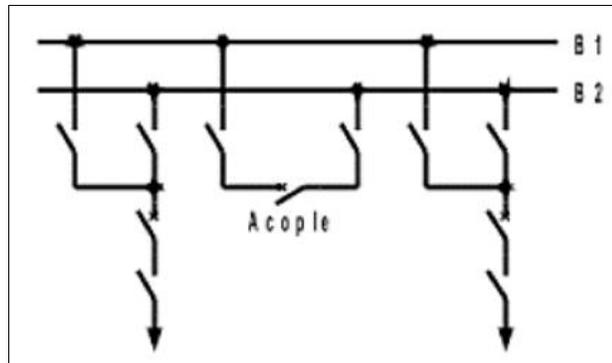
Esta configuración es económica, para el diseño se debe tener en cuenta la ubicación de los transformadores de corriente de tal forma que no existan problemas de protección con los circuitos a los cuales se les está efectuando la transferencia (su ubicación debe ser en el lado de la línea). El campo de transferencia no requiere transformador de corriente si estos en los circuitos son ubicados correctamente. Además, la capacidad de la barra y del campo de transferencia debe ser igual a cualquiera de los otros campos o circuitos.(Varela & Echeverry, 2019a)

- **Doble barra**

Esta configuración usa dos barras idénticas. Se puede decir que es la continuación de la barra sencilla, pero en este caso una barra es el repuesto de la otra, lo que garantiza que

no exista interrupción del servicio en caso de falla en una de estas.(Varela & Echeverry, 2019a) Figura 1-8

**Figura 1-8:** Configuración doble barra



**Fuente:** (Varela & Echeverry, 2019a)

Esta configuración es flexible pues permite separar circuitos en cada una de las barras, pudiéndose así dividir sistemas, además, tiene confiabilidad, pero no seguridad por falla en barras y en interruptores.

Es posible también hacer mantenimiento en las barras sin suspender el servicio y por ello se usa en áreas de alta contaminación ambiental. Se adapta muy bien a sistemas enmallados en donde es necesario disponer de flexibilidad; debido a esta flexibilidad se puede usar el acople como seccionador de barras, permitiendo así conectar a una y otra barra circuitos provenientes de una misma fuente sin necesidad de hacer cruce de las líneas a la entrada de la subestación. (Varela & Echeverry, 2019a)

Tiene como ventaja adicional, sobre el seccionamiento longitudinal en las configuraciones anteriores, de que la conexión de un circuito a la barra u otra puede ser efectuada en cualquier momento dependiendo de circunstancias o consignas operativas. En el diseño es necesario considerar que las dos barras deben tener la misma capacidad y a su vez la capacidad total de la subestación. (Varela & Echeverry, 2019a)

El interruptor de acople hace parte de los barrajes y por lo tanto debe tener la misma capacidad que estos o por lo menos la misma capacidad equivalente a la máxima transferencia posible entre los dos barrajes en cualquier topología de la subestación. Se

debe tener un cuidado especial con el tipo de protección diferencial de barras que se utiliza y el campo de acoplamiento requiere transformadores de corriente para la protección diferencial. (Varela & Echeverry, 2019a)

Algunas disposiciones físicas de esta configuración permiten efectuar un by-pass, por medio de cambios en las conexiones de los equipos y barrajes para permitir una continuidad en el servicio durante prolongados periodos de mantenimiento o reparaciones.(Varela & Echeverry, 2019a)

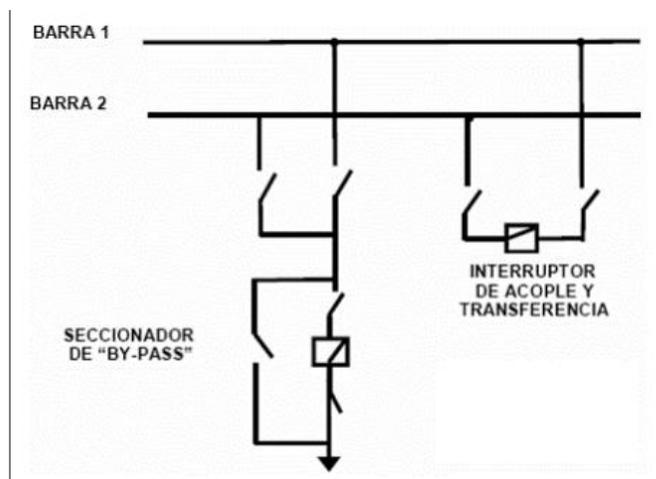
Las ventajas que se pueden encontrar son que se pueden realizar maniobras de mantenimiento sin interrumpir el servicio, es flexible y confiable pues separa los circuitos de cada una de las barras, además facilita el mantenimiento de los equipos ya que se puede aislar solo el tramo asociado.(Varela & Echeverry, 2019a)

Las desventajas son que esta configuración requiere de un gran espacio físico para su construcción y no es segura cuando se presentan fallas en barras e interruptores.

- **Doble barra más seccionador de by-pass**

Esta configuración se logra a partir de la doble barra, conectando un seccionador de by-pass o paso directo al interruptor de cada salida y adicionando un seccionador adyacente al interruptor para así aislarlo (Varela & Echeverry, 2019a) Figura 1-9.

**Figura 1-9:** Configuración doble interruptor más transferencia



Fuente: (Varela & Echeverry, 2019a)

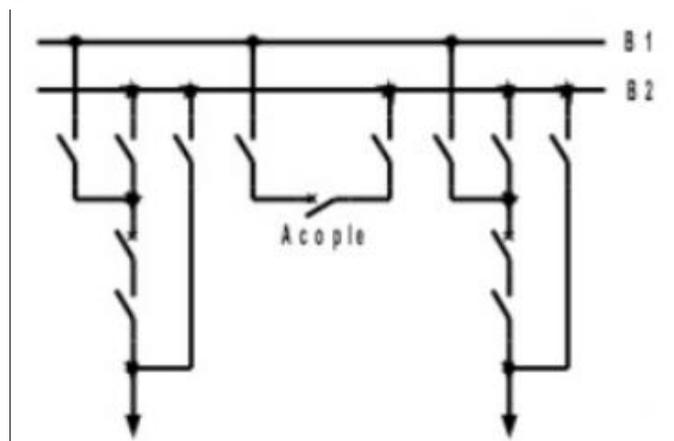
Esta subestación se puede operar como doble barra o como barra principal más transferencia. Esta configuración es la que requiere un mayor número de equipos por campo, presentándose una elevada posibilidad de operación incorrecta durante maniobras.

Una desventaja que se encuentra en esta configuración es que requiere un gran número de equipos por campo, presentando una elevada posibilidad de operación incorrecta durante las maniobras; además generalmente no se explota la flexibilidad de esta configuración, pues se usa una de las barras como barra de reserva o transferencia, haciendo que no se compense su elevado costo.

- **Doble Barra más seccionador de transferencia**

Esta configuración es una variante de la anterior, utilizando un seccionador menos. Tiene las mismas características de la doble barra con seccionador de by-pass aun cuando se pierde la flexibilidad de poder realizar la transferencia a través de cualquiera de las dos barras. Para la instalación se requieren seccionadores del tipo pantógrafo o semi pantógrafo (conexión vertical) o seccionadores instalados en los pórticos, por lo menos en una de las barras (Varela & Echeverry, 2019a) Figura 1-10

**Figura 1-10:** Configuración doble barra más seccionador de transferencia

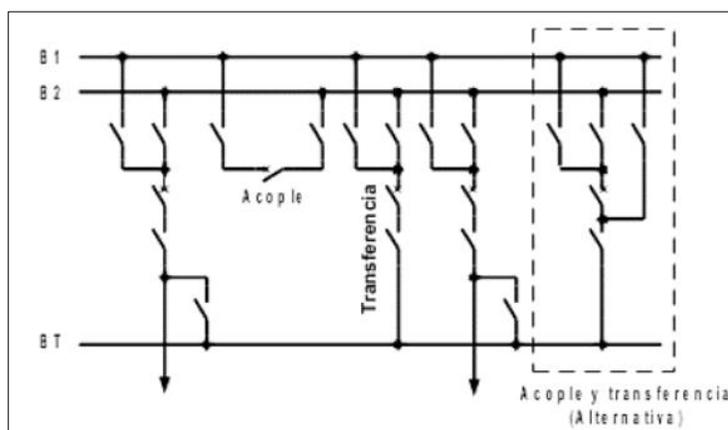


**Fuente:** (Varela & Echeverry, 2019a)

- **Doble barra más barra de transferencia**

Es una combinación de la barra principal y la de transferencia y la doble barra, ya que se tienen dos barras principales más una de transferencia, dando como resultado un arreglo que brinda confiabilidad y flexibilidad. (Varela & Echeverry, 2019a) Figura 1-11

**Figura 1-11:** Configuración doble más barra de transferencia



**Fuente:**(Varela & Echeverry, 2019a)

Normalmente se usan dos interruptores para las funciones de acople y transferencia, respectivamente, pudiéndose así efectuar en forma simultánea ambas operaciones. En algunos casos se utiliza un solo interruptor para las dos operaciones. Perdiéndose así la función fundamental de las tres barras con lo cual se asimila esta configuración a los dos anteriores, sin embargo, cuando se prefiere dejar uno de los barrajes como reserva, se puede disponer de un solo interruptor que cumpla ambas funciones con lo cual la solución pasa a ser muy económica.(Varela & Echeverry, 2019a)

Es una combinación de la barra principal y de transferencia y la de doble barra, dando como resultado un arreglo que brinda simultáneamente confiabilidad y flexibilidad. Normalmente se usan dos interruptores para las funciones de acople y transferencia, respectivamente, pudiéndose así efectuar en forma simultánea ambas operaciones.(Varela & Echeverry, 2019a)

En algunos casos se utiliza un sólo interruptor (con el debido arreglo de seccionadores) perdiéndose así la función fundamental de las tres barras, con lo cual se asimila esta

configuración a las dos anteriores. Esta configuración se usa en niveles de 220kV. Como desventaja se puede resaltar que requiere de un área mayor en comparación con las configuraciones anteriores.(Varela & Echeverry, 2019a)

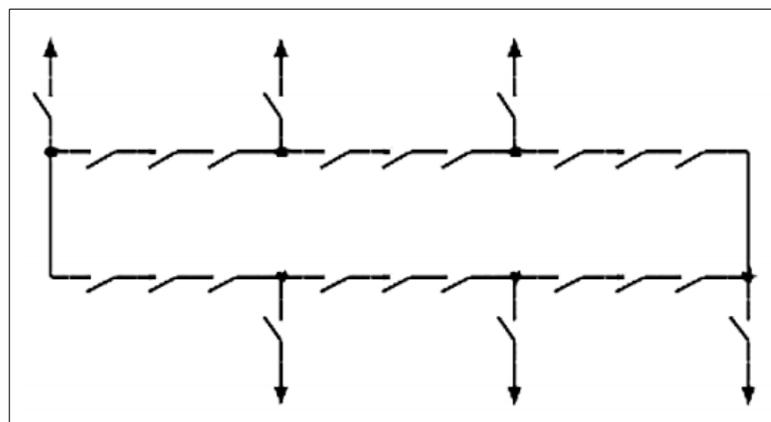
### 1.4.2 Configuraciones de conexión de interruptores – Tendencia americana

- **Anillo**

En esta configuración no existe una barra colectora como tal. La conexión de los circuitos se realiza sobre un anillo conformado por interruptores, con los circuitos conectados entre cada dos de ellos. Para aislar un circuito es necesaria la apertura de dos interruptores correspondientes, abriéndose así el anillo. (Patiño, s. f.)

Cuando se requiere aislar un circuito por un periodo largo, se debe abrir el seccionador de conexión de este para poder cerrar los interruptores asociados a dicho circuito y así dar continuidad al anillo. (Patiño, s. f.) Figura 1-12

**Figura 1-12:** Configuración en anillo



**Fuente:** (Patiño, s. f.)

Las ventajas que se pueden encontrar son que esta configuración es económica y segura, además de confiable, pues permite continuidad al servicio por falla o durante mantenimientos, ya que cada línea o circuito está asociado a dos interruptores.

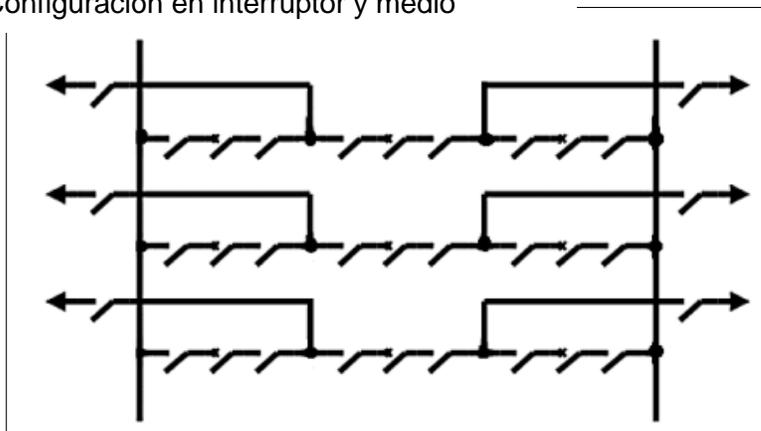
Las desventajas radican en que es poco flexible. En caso de falla en un circuito mientras se hace mantenimiento en otro, el anillo puede quedar dividido y presentar falta de servicio para algunas de las partes, o perderse la seguridad del sistema, para cumplir con la seguridad y confiabilidad que debe tener la subestación.

Por otro lado, es necesario operarla con todos los interruptores cerrados (tal como su operación normal), por lo tanto, desde el punto de vista de la flexibilidad, la subestación es similar a una barra sencilla, y se recomienda que este tipo de configuraciones tenga máximo seis salidas, de lo contrario se recomienda cambiar la configuración a interruptor y medio.(Patiño, s. f.)

- **Interruptor y medio**

Esta configuración exige tres interruptores por cada dos salidas. Un grupo de tres interruptores llamado diámetro, se conecta entre los dos barrajes principales. Se puede hacer mantenimiento a cualquier interruptor o barraje sin suspender el servicio y sin alterar el sistema de protección, además una falla en el barraje no interrumpe el servicio a ningún circuito, presentando así un alto índice de confiabilidad y seguridad tanto por falla en los interruptores como en los circuitos y en las barras. (Patiño, s. f.) Figura 1-13

**Figura 1-13:** Configuración en interruptor y medio



**Fuente:** (Patiño, s. f.)

Normalmente se opera con ambas barras energizadas y todos los interruptores cerrados y por tal motivo (igual que en el caso del anillo), no es flexible, además, el tener dos barras no significa que los circuitos puedan ser conectados independientemente a cualquiera de ellas manteniendo la configuración, como es el caso de doble barra.(Patiño, s. f.)

Esta configuración se emplea normalmente en la red de transporte ya que ofrece mayores garantías de continuidad del suministro y flexibilidad que la de doble barra, así como es más cara que la de doble barra.

Algunas de sus características son:

1+ ½ interruptores por circuito.

3 seccionadores por circuito.

Fallo en barra: continuidad de servicio.

Fallo de interruptor en barra: continuidad de servicio.

Fallo de interruptor central: se pierde un circuito.

Mantenimiento de interruptor: continuidad de servicio.

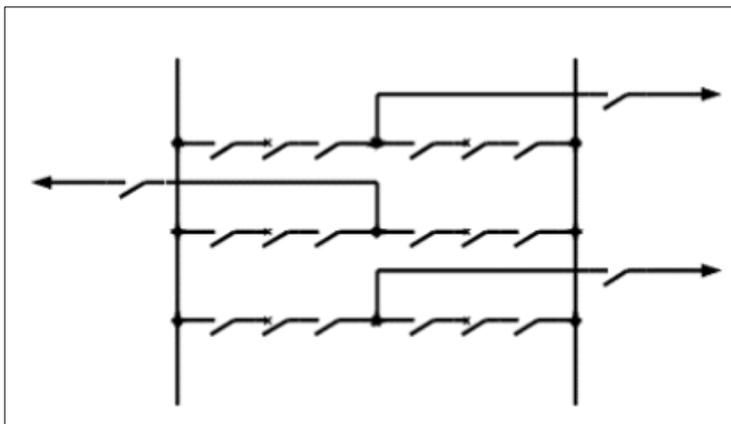
Posible operación con 2 nodos eléctricos.

- **Doble barra con doble interruptor**

En esta configuración, se duplican tanto las barras como los interruptores de cada circuito. Presenta la mayor seguridad tanto por falla en barras como en interruptores.

Para lograr la mayor seguridad cada circuito se debe conectar a ambas barras o sea todos los interruptores cerrados y las dos barras energizadas. Es la más costosa de todas las configuraciones a expensas de su seguridad desde el punto de vista del suministro. Patiño, s. f.) Figura 1-14

**Figura 1-14:** Configuración doble barra con doble interruptor



**Fuente:** (Patiño, s. f.)

Da gran libertad para la operación, para trabajos de revisión y mantenimiento. Para lograr la mayor seguridad, cada circuito se debe conectar a ambas barras, o sea todos los interruptores cerrados y las dos barras energizadas. (Patiño, s. f.)

Es la más costosa de todas las configuraciones a expensas de su seguridad desde el punto de vista del suministro, por lo cual su adopción en un caso particular requiere una justificación cuidadosa.

## 1.5 Comparación de costo beneficio de las configuraciones más comunes

Al realizar comparación económica de las configuraciones más comunes mencionadas, teniendo en cuenta la cantidad de equipos requeridos y su costo relativo, siendo aplicadas a una subestación de 115kV, la cual consta de 2 circuitos, se puede identificar que configuración ofrece más beneficios al sistema y cual es más económico. (Romero, s. f.)

Tabla 1-2.

**Tabla 1-2:** Comparación económica de cinco configuraciones para una subestación de 115kV

S/E	CANTIDAD DE EQUIPOS NECESARIOS PARA UNA SUBESTACIÓN DE 115 KV				Costo de equipos en dólares
	Interruptores	Seccionadores	Juegos de CT'S	Juegos de PT'S	
Barra sencilla	2	4	2	2	285.648
Doble barra	3	8	2	2	430.294
Doble barra más seccionador de transferencia	3	10	2	2	446.366
Interruptor y medio	3	8	3	3	444.544
Anillo	2		6.107	8.143	315.970
Precios unitarios	112.502	8.036	6.107	8.143	-----

**Fuente** "Diseño de subestaciones eléctricas"(Romero, s. f.)

Se observa que el costo de los equipos para interruptor y medio es inferior al costo de la doble barra más transferencia, pero superior al arreglo en anillo. Se resalta que la configuración interruptor y medio ofrece más beneficios al sistema, pues facilita las intervenciones de los equipos y da mayor maniobrabilidad en caso de fallas; la configuración en anillo también es confiable y se recomienda usar este tipo de configuración siempre y cuando no se tengan más de seis salidas.(Romero, s. f.)

## 1.6 Elementos principales de una subestación

### 1.6.1 Transformadores de potencia

Es una máquina eléctrica estática que transfiere la energía de un circuito eléctrico a otro, aprovechando el efecto de la inducción en sus bobinas. Funciona modificando los parámetros de voltaje y corriente (Varela & Echeverry, 2019b). Figura 1- 15

**Figura 1-15:** Transformador de potencia



**Fuente:** Autores

## 1.6.2 Seccionadores

Son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica como equipos, maquinas o líneas, y efectuar maniobras de operación o de mantenimiento. Tienen la capacidad de interrumpir en forma visible la continuidad de un circuito, deben ser accionados sin carga y por seguridad se deben dejar abiertos. (Figura 1-16). (Varela & Echeverry, 2019b)

**Figura 1-16:** Seccionadores.



(A) Seccionador de apertura central      (B) Seccionador pantografo

**Fuente:** Autores

### 1.6.3 Interruptores

El interruptor es un dispositivo destinado al cierre y apertura de la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga, en condiciones normales, así como bajo condiciones de cortocircuito. Sirve para insertar o retirar de cualquier circuito energizado máquinas, aparatos, líneas aéreas o cables.

El interruptor es junto al transformador, el dispositivo más importante de una subestación. Su comportamiento determina el nivel de confiabilidad que se puede tener un sistema eléctrico de potencia (*Diseño de Subestaciones Eléc. Raull Martin 2a Ed\_2000b | Ingeniería | Diseño, s. f.*) Figura 1-17

Los interruptores pueden cerrar o abrir en forma manual o automática y la interrupción del arco eléctrico puede llevarse a cabo por medio de: aceite, aire, vacío, hexafluoruro de azufre (SF6) o un soplo de aire-magnético. (*Diseño de Subestaciones Eléc. Raull Martin 2a Ed\_2000b | Ingeniería | Diseño, s. f.*)

**Figura 1-17:** Interruptor de potencia



(A) Interruptor tripolar SF6

(B) Interruptor monopolar tanque vivo

**Fuente:** Autores

### 1.6.4 Transformadores de corriente (CT)

Son aparatos en que la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la corriente primaria, aunque ligeramente desfasada. Desarrollan dos tipos de función: transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión. (*Diseño de Subestaciones Eléc. Raul Martin 2a Ed\_2000b | Ingeniería | Diseño, s. f.*)

El primario del transformador se conecta en serie con el circuito por controlar y el secundario se conecta en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y de protección que requieren ser energizados. (*Diseño de Subestaciones Eléc. Raul Martin 2a Ed\_2000b | Ingeniería | Diseño, s. f.*)

Un transformador de corriente puede tener uno o varios secundarios, embobinados a su vez sobre uno o varios circuitos magnéticos. Si el aparato tiene varios circuitos magnéticos, se comporta como si fueran varios transformadores diferentes. Un circuito se puede utilizar para mediciones que requieren mayor precisión, y los demás se pueden utilizar para protección. (*Diseño de Subestaciones Eléc. Raul Martin 2a Ed\_2000b | Ingeniería | Diseño, s. f.*). Figura 1-18

**Figura 1-18:** Transformador de corriente CT



**Fuente:** Autores

### 1.6.5 Transformadores de potencial (PT)

Tienen como función reducir la tensión a valores secundarios suministrando valores normalizados de tensión para alimentar los relevadores de protección. Son aparatos en que la tensión secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la tensión primaria, aunque ligeramente desfasada. (Varela & Echeverry, 2019c)

Desarrollan dos funciones: transformar la tensión y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión. El primario se conecta en paralelo con el circuito por controlar y el secundario se conecta en paralelo con las bobinas de tensión de los diferentes aparatos de medición y de protección que se requiere energizar.

Estos transformadores se fabrican para servicio interior o exterior, y al igual que los de corriente, se fabrican con aislamientos de resinas sintéticas para tensiones bajas o medias, mientras que para altas tensiones se utilizan aislamientos de aceite y porcelana. (Varela & Echeverry, 2019c) Figura 1-19

**Figura 1-19:** Transformado de Potencia PT



**Fuente:** Autores

### 1.6.6 Descargadores de sobretensión

Dispositivos destinados a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas que, en otro caso, se descargarían sobre aisladores o perforarían el aislamiento, ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico. (Varela & Echeverry, 2019c) Figura 1-20

**Figura 1-20:** Descargadores de sobretensión



(A) Pararrayo cerámico

(B) Pararrayo polimérico

**Fuente:** Autores

## 1.7 Mantenimientos en las subestaciones eléctricas

Se define como la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión durante el ciclo de vida de un elemento, destinada a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida y evite la aparición de alguna falta o perturbación en el sistema que pueda provocar interrupciones en el suministro. Bibliomanual (JESÚS, 2015)

Existe una gran variedad de clasificaciones de los tipos y filosofías de mantenimiento, como lo pueden ser:

- Mantenimiento por niveles.
- Mantenimiento por el tipo de acción.
- Mantenimiento temporal.
- Mantenimiento reglamentario.
- Mantenimiento proactivo.
- Mantenimiento productivo total.
- Mantenimiento basado en la fiabilidad.
- Mantenimiento basado en la condición.
- Mantenimiento en el riesgo.

Los mantenimientos más utilizados en las subestaciones eléctricas son los preventivos, predictivos y correctivos.

### **1.7.1 Mantenimiento preventivo**

Se refiere a que se realizan las actividades antes de que ocurra la avería. También llamado mantenimiento planificado. Dado que las acciones son periódicas y se llevan a cabo con el fin de aumentar la confiabilidad de las instalaciones y la duración de la vida útil de las mismas, estas actividades pueden incluir la sustitución de elementos cuando proceda. (JESÚS, 2015)

Este mantenimiento es programado, consistente en la realización de unas actividades fijas y establecidas (gama de mantenimiento) y se realizan con periodicidad fija, independientemente del estado del equipo. (JESÚS, 2015)

### **1.7.2 Mantenimiento predictivo**

Su objetivo es revisar los equipos e instalaciones antes de que se produzca la avería, por medio de acciones de mantenimiento que consisten en diagnosticar el estado o la condición de los equipos.(JESÚS, 2015)

Estas acciones se realizan a partir de variables de diagnóstico y en función de sus valores estándar y de un margen aceptado de variación, dando como resultado la predicción del funcionamiento anormal del equipo con anterioridad al fallo del mismo.

Es un mantenimiento programado que consistente en la realización de ensayos, con una periodicidad en función de los resultados de los ensayos anteriores.(JESÚS, 2015)

### **1.7.3 Mantenimiento correctivo**

Este tipo de mantenimiento consiste en corregir el mal funcionamiento después de que se produzca la avería. También llamado “mantenimiento reactivo”.(JESÚS, 2015)

Las acciones que se llevan a cabo en este tipo de mantenimiento son enfocadas para recuperar el estado normal del funcionamiento del elemento en una instalación en el cual se ha detectado un fallo o un mal funcionamiento.(JESÚS, 2015)

Este mantenimiento no es programado, es necesario para la reparación de una avería, que ha dejado el equipo en condiciones inadmisibles de explotación, tiene la finalidad de reemplazar los elementos o equipos averiados y que no pueden funcionar operativamente en la Subestación, el reemplazo también se da cuando los equipos han cumplido las horas de trabajo para las que fue fabricado.(JESÚS, 2015)

## 2. Metodología

Partiendo de una necesidad académica de los estudiantes de ingeniería electromecánica, se realiza una revisión bibliográfica y por medio de los estudios sistemáticos, se identificaron los elementos que se pueden utilizar en el diseño e implementación de un simulador didáctico de control para una subestación eléctrica, específicamente, con configuración de doble barra con seccionador de transferencia y acople, el cual aportaría grandes beneficios en el desarrollo de habilidades operacionales en una subestación eléctrica.

Para el desarrollo de este proyecto experimental cualitativo con un método progresivo y el cumplimiento de los objetivos propuestos, se tuvieron cuenta los diferentes conceptos teóricos y prácticos adquiridos, dando como resultado tres fases de ejecución; diseño, construcción y comprobación, las cuales serán explicadas a continuación.

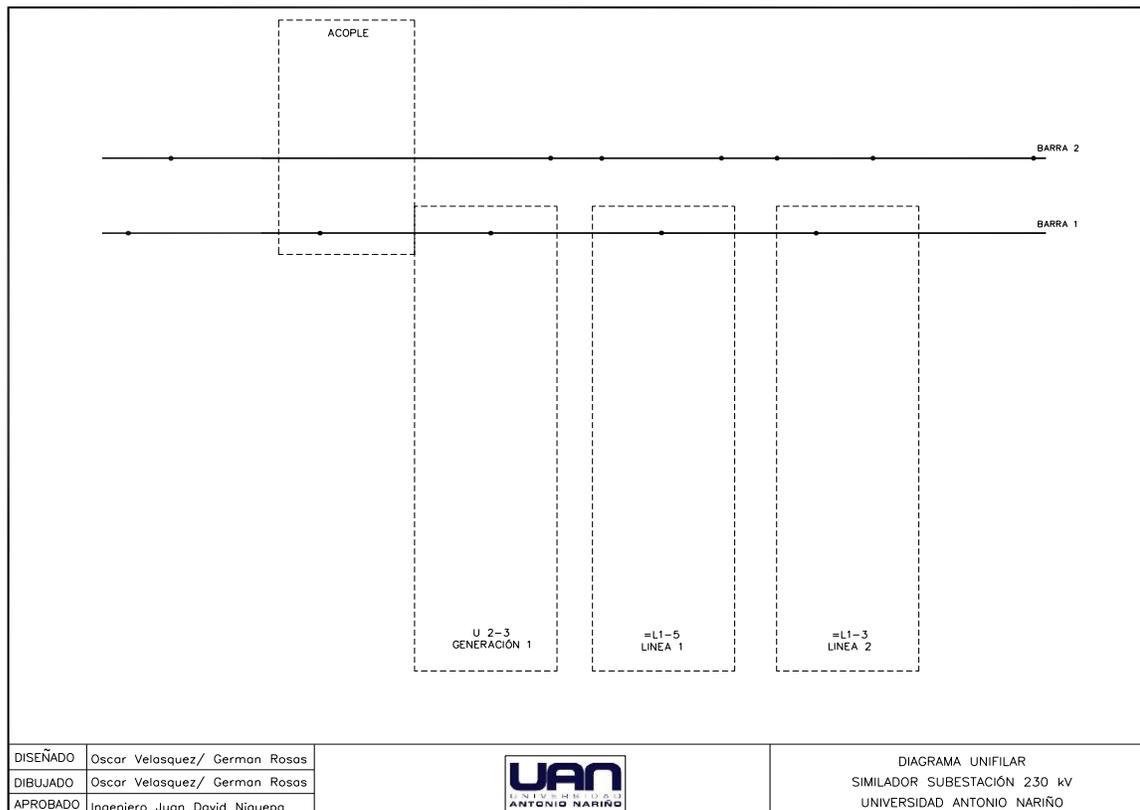
### 2.1 Fase de diseño

Esta fase se divide en dos partes: La primera parte consta de la realización de los planos de ingeniería básica o diagramas unifilares en el programa AutoCAD. En la segunda parte, es el diseño de la ingeniería de detalle o control en el programa Cade\_simu v3. (Ver Anexo B)

Se diseña el diagrama unifilar, a partir de la configuración de la subestación de doble barra con seccionador de transferencia más acople, se realiza la disposición de los espacios de cada una de las cuatro bahías (Figura 2-1); las cuales se conforman de dos circuitos de línea, uno de generación y un acople de barras, y esta a su vez, podría funcionar como

bahía de transferencia, gracias a que cada bahía de línea cuenta con un seccionador de transferencia. (Ver Anexo A).

**Figura 2-1:** Disposición de los espacios de las bahías.



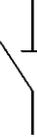
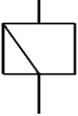
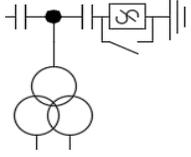
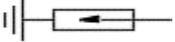
**Fuente:** Autores

### 2.1.1 Simbología de subestaciones eléctricas

Recordemos que el diagrama unifilar de una subestación eléctrica es el resultado de conectar en forma simbólica y a través de un solo hilo todo el equipo mayor que forma parte de la instalación, considerando la secuencia de operación de cada uno de los circuitos. (Romero, s. f.)

El diseño de una instalación eléctrica tiene su origen en el diagrama unifilar correspondiente, que resulta del estudio de las necesidades de carga de la zona en el presente y con proyección a un futuro de mediano plazo. (Romero, s. f.)

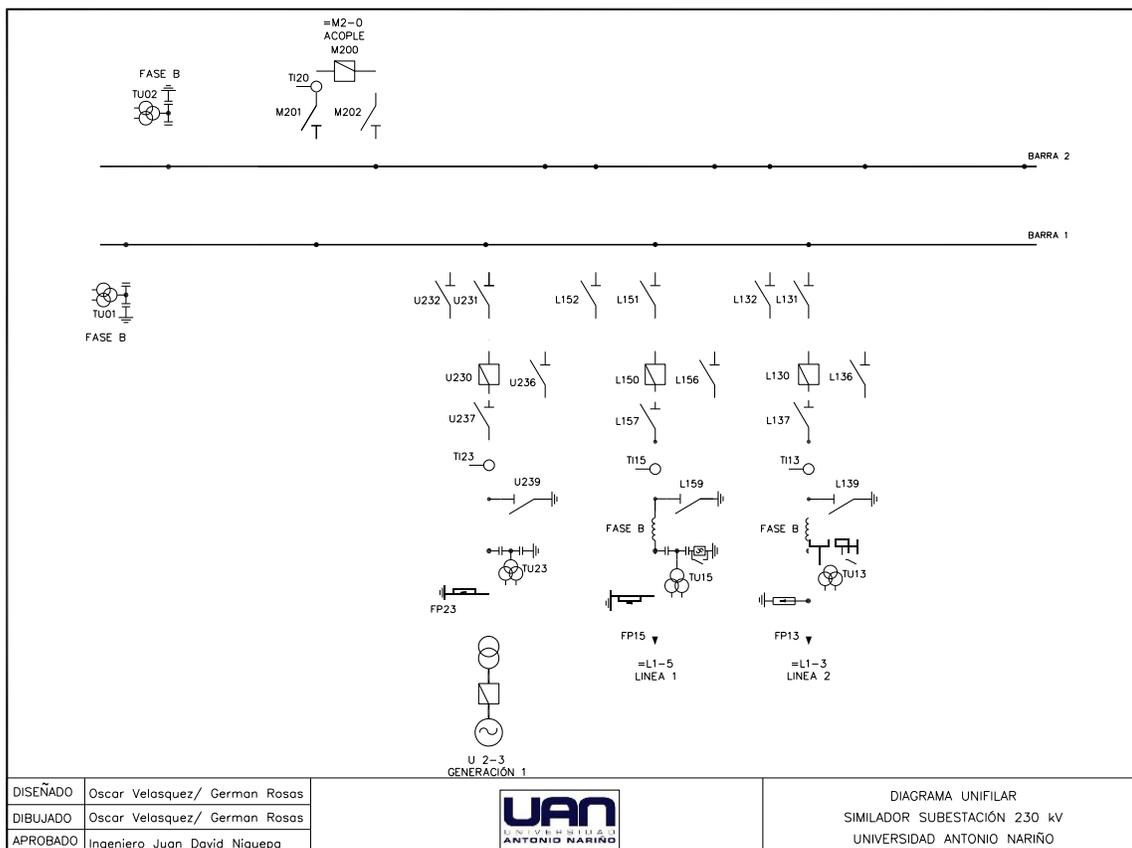
**Tabla 2-1:** Simbología usada en los diagramas unifilares

SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	Seccionador
	Interruptor
	Transformador de corriente (CT)
	Seccionadora cuchilla puesta a tierra
	Transformador de potencial (U) pt
	Descargador de sobretensión (DPS)
	Transformador de potencia
	Unidad de generación

Fuente: (V 010 | Relé | Controlador lógico programable, s. f.)

Para el diseño de los planos de control y detalle se representarán los equipos de patio según las normas de simbología IEEE 315-1993 Tabla 2-1 (*V 010 | Relé | Controlador lógico programable*, s. f.) A continuación, se representa de la disposición de los equipos de patio utilizados en cada bahía como son los seccionadores e interruptores. Figura 2-2 (Ver Anexo B).

**Figura 2-2:** Representación equipos de patio

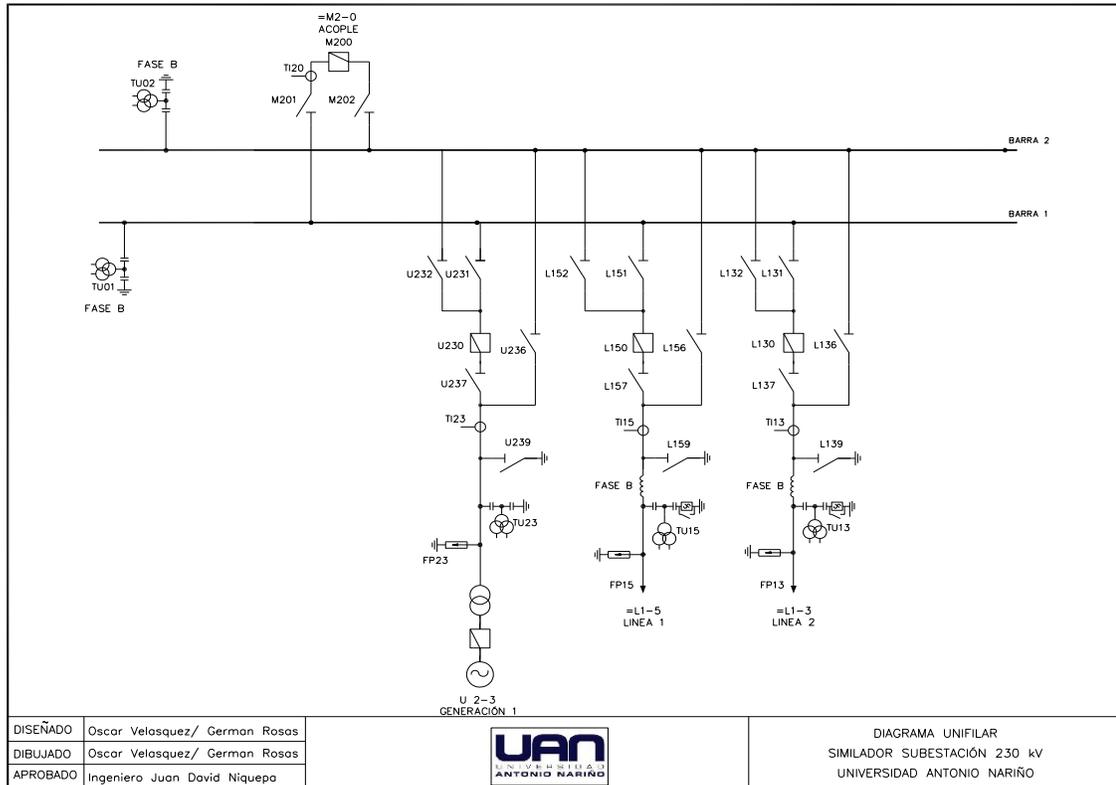


**Fuente:** Autores

### 2.1.2 Nomenclatura de subestaciones eléctricas

Acto seguido, se estructuran los circuitos de cada bahía, cumpliendo con la lógica operacional y los fundamentos de operación de los equipos, conectando los diagramas realizados. (Ver Anexo C). Se etiquetan los equipos de patio según el espacio que ocupa en la bahía y la nomenclatura de acuerdo con el Manual de nomenclatura operativa MTN – O-S-02.00-1673 (E. A. L. Ochoa, 2017) , como se observa en la Figura 2-3.

**Figura 2-3:** Estructura de los circuitos, etiquetas y nomenclaturas de los equipos de patio.



**Fuente:** Autores

Se debe tener en cuenta varios factores en la denominación de la nomenclatura operativa de las subestaciones, como los niveles de tensión, la configuración física y la ubicación de la sala de control, con respecto al patio de la subestación.

La nomenclatura operativa de interruptores usada en los diagramas unifilares consta de cuatro caracteres ya que no cuenta con nivel de tensión por ser un simulador. El primer carácter corresponde a la función de la conexión, este puede ser; línea (L), generador (U), acople (M). El segundo y tercer carácter corresponden a la codificación de los interruptores y el cuarto carácter corresponde a cero (0) indicando que es un interruptor. (E. A. L. Ochoa, 2017)

De igual forma, los seccionadores tienen la misma nomenclatura operativa que los interruptores. El último carácter depende de la ubicación del seccionador. Los caracteres específicos de los seccionadores se pueden evidenciar en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Caracteres simbólicos de seccionadores

Tipo de Seccionador	Numero de Carácter
Lado de Barra 1 Sección 1	1
Lado de Barra 1 Sección 2	2
Lado de Barra 3	3
Intermedio de lado de barra 1	4
Intermedio de lado de barra 2	5
Salida de línea o Autotransformador	7
By-pass	6
Cuchilla de puesta a tierra (primera opción)	9
Cuchilla de puesta a tierra (segunda opción)	8

**Fuente:**(E. A. L. Ochoa, 2017)

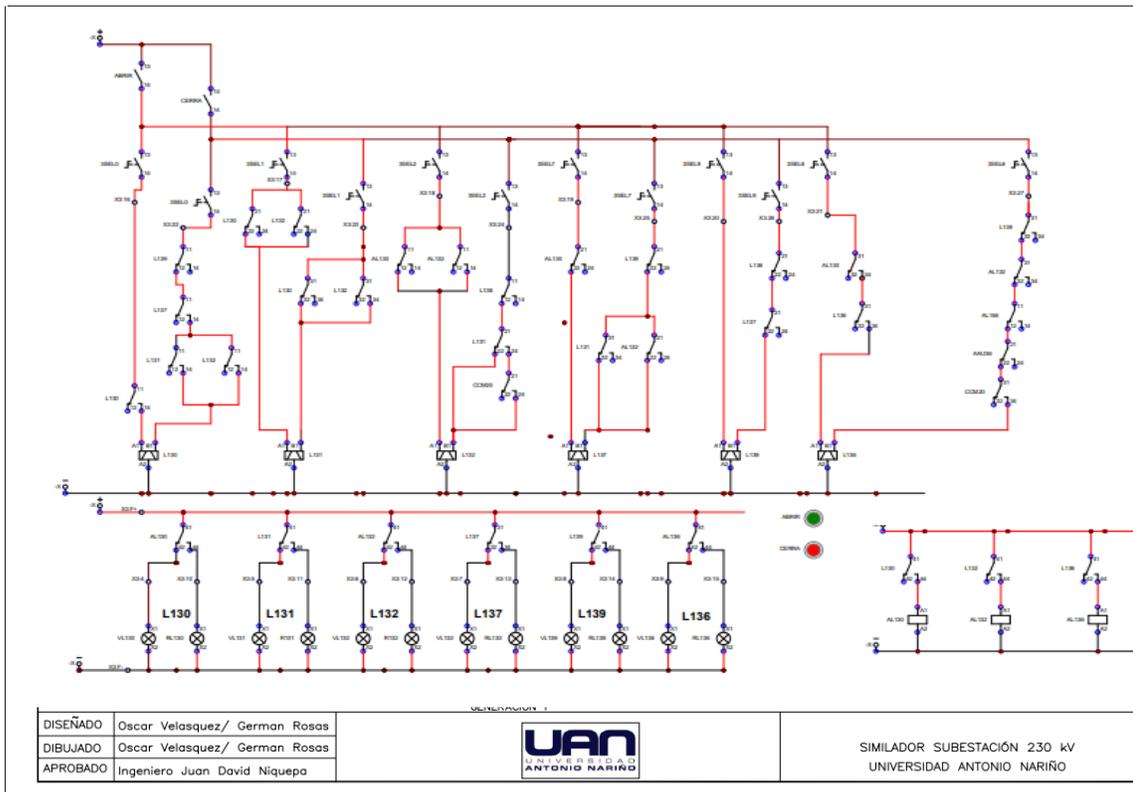
### 2.1.3 Diseño de sistema de control del simulador didáctico

En la segunda parte del diseño, se realiza la ingeniería de detalle o planos de control de la bahía de acople (Ver Anexo D), bahía de generación (Ver Anexo E), bahía de la línea 1 (Ver Anexo F) con el programa Cade\_simu v3; el cual es un programa o software electrotécnico que permite realizar diagramas de mando del tipo eléctrico basado en normas europeas, creado por J.L Villanueva Montoto. (*Practica 1V\_2020A-rev.pdf*, s. f.) Por ejemplo, el plano de ingeniería detallada de la Bahía L1-3. Figura 2-4

Posteriormente, se hace la verificación del funcionamiento seguro y correcto de cada circuito y a su vez la armonía entre las cuatro bahías (Figura 2.6), por medio de la simulación y ejecución del programa Cade\_simu v3.

Obteniendo los resultados de la verificación, se realiza el listado de materiales y elementos necesarios para la construcción física del simulador. Por ejemplo: Se definió el tipo y cantidad de enclavamientos eléctricos por cada equipo, teniendo en cuenta la lógica operacional y los fundamentos de operación de los equipos de patio en cada bahía.

**Figura 2-4:** Plano de control Bahía L1-3



Fuente: Autores

## 2.2 Fase de construcción

En esta fase se inicia la construcción física del simulador didáctico de control para una subestación eléctrica de doble barra con seccionador de transferencia y acople, implementando los planos diseñados y aprobados.

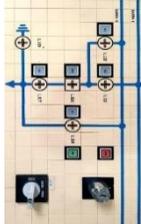
## 2.2.1 Selección material para la construcción del simulador didáctico de control

Cabe resaltar que para la elaboración del simulador didáctico de control se usó un porcentaje importante de materiales y elementos reusados de subestaciones que han sido reformadas, esto con el fin de darle más realismo al simulador. A continuación, se relacionan los materiales utilizados en su construcción en la Tabla 2-5.

**Tabla 2-3:** Materiales utilizados en la construcción del Simulador de subestación eléctrica

NOMBRE	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	PRECIO
Terminales aisladas tipo pin hueco serie E		Tipo: Puntera, empalme aislado Temp. max.: 105°C Material met.: Tubo de cobre Material aislante: Nylon Origen: China	8.000 COP (100 und)
Cable vehicular AWG 14 negro x metro		Calibre: 14 AWG Color: Negro Material: Cobre	100.000 COP (100 m)
Canaleta ranurada Dexson		Referencia: DXN 10062 Marca: Schneider electric Color: Gris 40x40	31.000 COP (3 m)
Tornillo auto perforante cabeza lenteja		Tipo: Tornillo Cabeza medidas: 8x1/2 pulg Tipo de cabeza: Lenteja Material: Acero Uso: Estructura placa fibrocemento 1,9mm	3.000 COP (100 und)
Zócalo de relé de 16 pines rhz21 tele mecánica*		Origen: Frances Con bornes desmontables: No Cantidad de pines: 16 Anchura: 41 mm Altura: 98 mm Profundidad: 48 mm	19,80 € (1 und)

<p>Relé de conmutación DC 125v rhk412g (Biestable)*</p>		<p>Tensión de alimentación de mando: 125 VCC          Tipo de tensión del accionamiento: VCA/VCC          Comportamiento de conmutación: Biestable          Cantidad de contactos Inversores:4          Contactos de guía forzada: sí          Grado de protección (ip): ip40          Anchura: 33 mm          Altura: 43 mm          Profundidad: 90 mm</p>	<p>75,57 € (1 und)</p>
<p>Relé de conmutación DC 125v rhn412g (Monoestable)*</p>		<p>Tensión de alimentación de mando :125 VCC          Tipo de tensión del accionamiento: VCA/VCC          Comportamiento de conmutación: Monoestable          Cantidad de contactos Inversores: 4          Contactos de guía forzada: sí          Grado de protección (ip): ip40          Anchura:33 mm          Altura: 43 mm          Profundidad: 54 mm</p>	<p>36,37 € (1 und)</p>
<p>Bornera bloques de terminales de alimentación estándar *</p>		<p>Voltaje nominal: 1000 v          Corriente nominal: 41A.          Par de apriete: 0,8 nm          Material de la carcasa: Poliamida          Función del producto: Alimentar a través          Montaje: Carril din32/din35/din 35-15          Tamaño de tornillo: m 3          Voltaje de sobretensión nominal: 8 kv</p>	<p>1.351 COP (1 und)</p>
<p>Fuente 2938604 phoenix contact - quint-ps-100-240ac/24dc/10*</p>		<p>Peso neto: 1,3 kg          Indicación de servicio: LED verde          Rendimiento: &gt; 91 %          MTBF (IEC 61709, SN 29500): &gt; 500000 h          Tensión de aislamiento entrada/salida: 4 kV AC          Tensión de aislamiento entrada/PE: 3,5 kV AC          Tensión de aislamiento salida/PE: 500 V DC          Índice de protección: IP20          Clase de protección: I (con conexión PE)          Posición para el montaje: Carril horizontal NS 35          Alienable: horizontal 0 mm, vertical 50 mm</p>	<p>1.165.630 COP (1 und)</p>
<p>Temporizado vde-0435-250*</p>		<p>Fuente de alimentación: 24vAC-240vAC          Consumo nominal: 24vDC - 48 vDC          Rango de temperatura ambiente: -25°- +55°          Clase de protección: ip40          Conexión eléctrica: terminal máx. 4 mm          Salida: 2 cambiadores máx.          Rango de frecuencia: 48-63 hz</p>	<p>270,88 USD (1 und)</p>

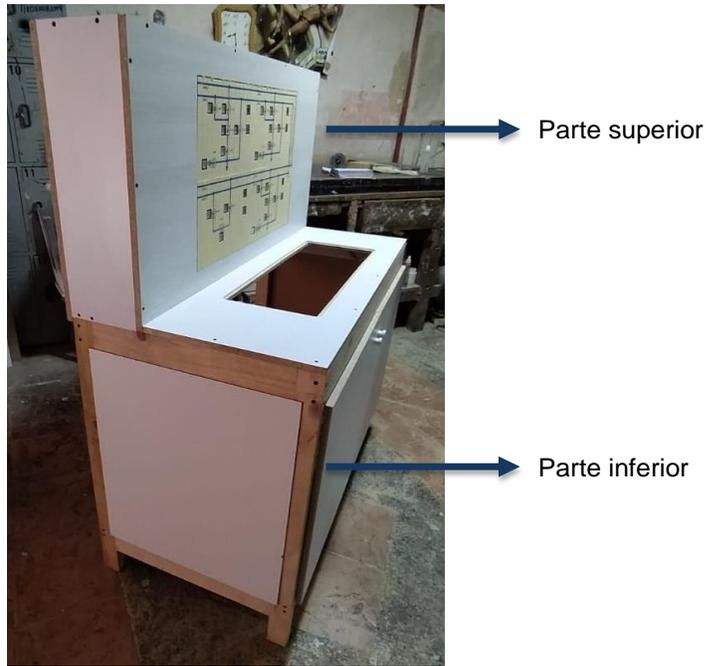
<p>Puente rectificador kbpc3510</p>		<p>Tipo de puente: rectificador          Voltaje: 1000 v          Corriente: 35 a          Encapsulado: KBPC cuadrado metálico          pines dimensiones: 2.8 cm x 2.8 cm x 1.1 cm          Modelo: KBPC3510</p>	<p>8.000 COP          (1 und)</p>
<p>Riel omega*</p>		<p>Clase: Riel din lámina de acero          Calibre: N° 20          Uso: Instalación material eléctrico          Acabado: Zincado.          Peso: 0,344          Material: acero          Medidas: Ancho:10 fondo: 0,7          Color: Gris</p>	<p>100200 COP          (3 m)</p>
<p>Tablero MDP teka artic rh 15 mm 60x120 cm dimensionado</p>		<p>Característica: Laminado melánico de alta calidad con protección de cobre antimicrobiano que elimina el 99% de virus y bacterias de la superficie del tablero.          Tamaño: 60x120 cm</p>	<p>70.000 COP          (1 und)</p>
<p>Manija 8025-744</p>		<p>Material: Aluminio          Acabado: Pintura electroestática</p>	<p>30.000 COP          (1 und)</p>
<p>Mangas termoretractile Phz2 sphz20024</p>		<p>Perfil: Flexible, redondo y termocontraíble          Material: Poliolefina reticulada          Uso: Identificación de cableado          Relación de contracción 2:1</p>	<p>50 USD          (100 M)</p>
<p>Mimico de tableros de control*</p>		<p>Mimico de tablero de control retirado por renovación de activo s/e la miel.</p>	<p>No aplica</p>

Fuente: Autores

\*Material reusado

## 2.2.2 Construcción del simulador didáctico de control

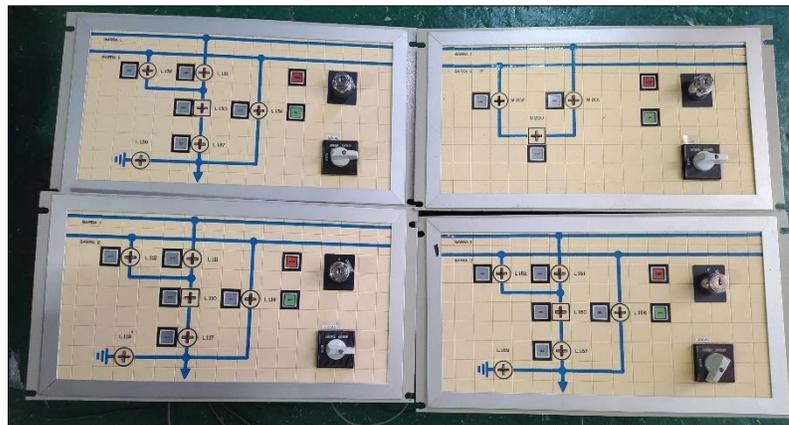
El simulador didáctico de control consta de dos partes principales como se muestra en la Figura 2-5; la superior que es la interfaz operativa, donde se ubican los mímicos o módulos reusados y borneras. La parte inferior que hace referencia al tablero de relés en la cual encontramos borneras, relés, fuente y puente rectificador.

**Figura 2-5:** Estructura del simulador didáctico de control

F: Autores

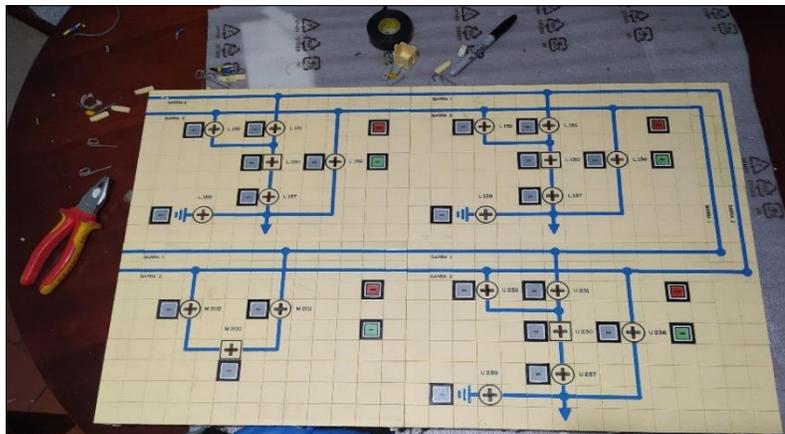
Construcción de la parte superior con el siguiente orden en las actividades:

- Se organiza los mímicos o módulos reusados (Figura 2-6), retirando piezas innecesarias para la construcción de la interfaz operativa del simulador, recreando la subestación seleccionada, como se muestra en la Figura 2-7.

**Figura 2-6:** Módulos de operación reusados

Fuente: Autores

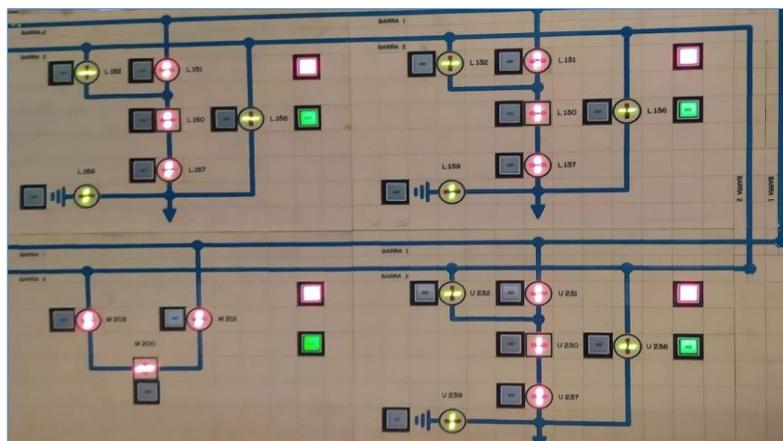
**Figura 2-7:** Módulo final del simulador didáctico



**Fuente:** Autores

- Ya teniendo la interfaz operativa armada se procede a energizar y testear los bombillos led, contactos abiertos y cerrados de los pulsadores, garantizando funcionamiento. Figura 2-8
- Se realizan las tablas de conexionado punto a punto en cada una de las bahías que llevará el simulador, por ejemplo: la tabla de conexionado de la bahía L1-5 (Tabla 2-4) y se procede a la impresión de las marquillas (en la marquilladora PARTEX T1000).

**Figura 2-8:** Testeo de funcionamiento del módulo operacional



**Fuente:** Autores

- Recordemos que la marquilla consta de dos líneas; la superior identifica el punto de origen de conexión y el inferior el destino de conexión. Figura 2-9

**Figura 2-9:** Marquilla impresa



**Fuente:** Autores

- En la parte superior, se inicia el conexionado de los pulsadores y leds que representan los equipos de patio, como se evidencia en la Figura 2-10.
- Para una adecuada organización se identifica el cable con las marquillas o etiquetas y en simultanea se va realizando la conexión. Figura 2-11
- Se sitúan los rieles y borneras a los costados de la interfaz, instalando 30 borneras por cada bahía (Figura 2-12). Donde irán los puntos de envío y recibo de polaridades hacia el tablero de relés (parte inferior del simulador).

**Figura 2-10:** Conexión y marquillado modulo operacional

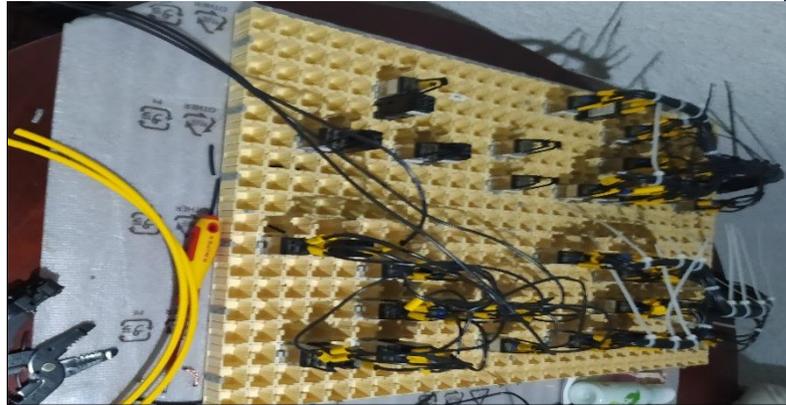


**Fuente:** Autores

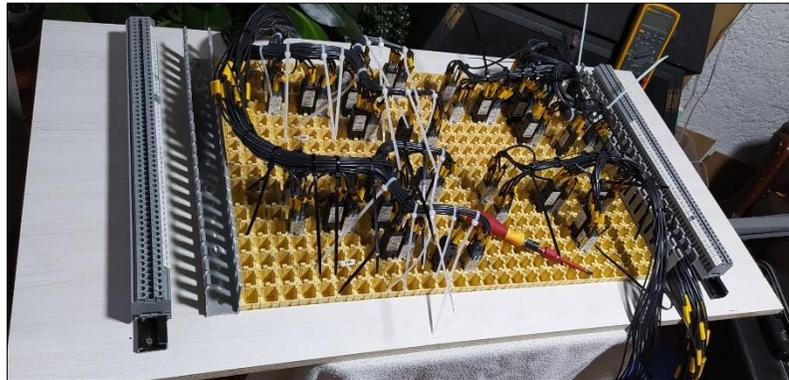
Tabla 2-4: Tabla de conexionado - Bahía L1-5

	Origen		Destino	
	Bornera	Borne	Bornera	Borne
L150	L1-5/X5	16	L150	11
	L150	14	L150	A1
	L1-5/X5	22	L159	11
	L159	12	L157	11
	L157	14	L151	11
	L151	11	L152	11
	L151	14	L152	14
	L152	14	L150	B1
L151	L1-5/X5	17	L150	21
	L150	21	L152	21
	L150	22	L152	24
	L152	24	L151	A1
	L1-5/X5	23	L150	31
	L150	31	L152	31
	L150	32	L152	34
	L152	34	L151	B1
L152	L1-5/X5	18	AL150	11
	AL150	11	AL151	11
	AL150	12	AL151	14
	AL151	14	L152	A1
	L1-5/X5	24	C6	21
	C6	22	L151	21
	L151	24	CM200	31
	CM200	34	L151	22
	L151	22	L152	B1
L157	L1-5/X5	19	AL150	21
	AL150	22	L157	A1
	L1-5/X5	25	L159	21
	L159	22	L151	31
	L151	31	AL152	21
	L151	32	AL152	22
	AL152	22	L157	B1
L159	L1-5/X5	20	L159	A1
	L1-5/X5	26	L156	21
	L156	22	L157	21
	L157	22	L159	B1
L156	L1-5/X5	21	AL150	31
	AL150	34	L156	31
	L156	34	L156	A1
	L1-5/X5	27	L159	31
	L159	32	AL152	31
	AL152	32	AL136	11

Fuente: Autores

**Figura 2-11:** Cableado parte superior del módulo operacional

Fuente: Autores

**Figura 2-12:** Instalación de rieles y borneras al costado de la interfaz

Fuente: Autores

**Figura 2-13:** Timbrado del módulo operativo

Fuente: Autores

- Se realiza el timbrado de cada una de las conexiones, verificando los planos de control y su correcto marquillado. Figura 2-13.
- En esta parte de la construcción se toman las medidas para el diseño del mueble del simulador, se empotra de la interfaz. Figura 2-14.

Construcción de la parte inferior con el siguiente orden en las actividades:

- En un tablero MDP de 15mm 60x120cm, se realizan las perforaciones para asegurar los rieles DIN y las canaletas ranuradas. Figura 2-15
- Se ubican 43 relés monoestables y 12 relés biestables, de acuerdo con la ingeniería de detalle. Figura 2-16
- Se inicia el marquillado y cableado entre los relés monoestables y biestables de cada una de las bahías, Figura 2-17
- Dando cumplimiento a los enclavamientos de control y operación se finaliza el cableado del tablero de relés. Figura 2-18
- Se continua con el timbrado en cada bahía verificando las conexiones de acuerdo con la ingeniería de detalle por medio de los planos de control. Figura 2-19
- Se empotra el tablero de relés para realizar el conexionado entre la interfaz operativa y el tablero de relés en cada bahía. Figura 2-20
- Se ejecuta el amarillado, energizando el simulador para comprobar los estados operativos de los relés que determinan la posición de los equipos de patio en las bahías, de acuerdo con la lógica operacional de la subestación. Figura 2-21

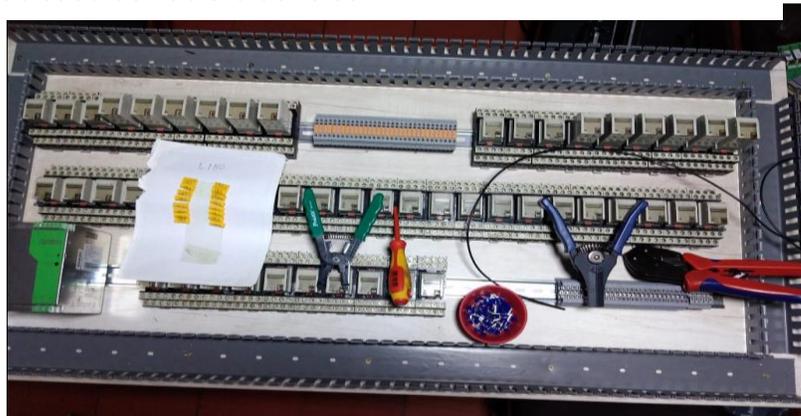
**Figura 2-14:** Mueble simulador - Interfaz operacional

**Fuente:** Autores

**Figura 2-15:** Disposición final de relés

**Fuente:** Autores

**Figura 2-16:** Cableado del tablero de relés



**Fuente:** Autores

**Figura 2-17:** Marquillado en tablero de relés



**Fuente:** Autores

**Figura 2-18:** Timbrado en cada Bahía del simulador didáctico

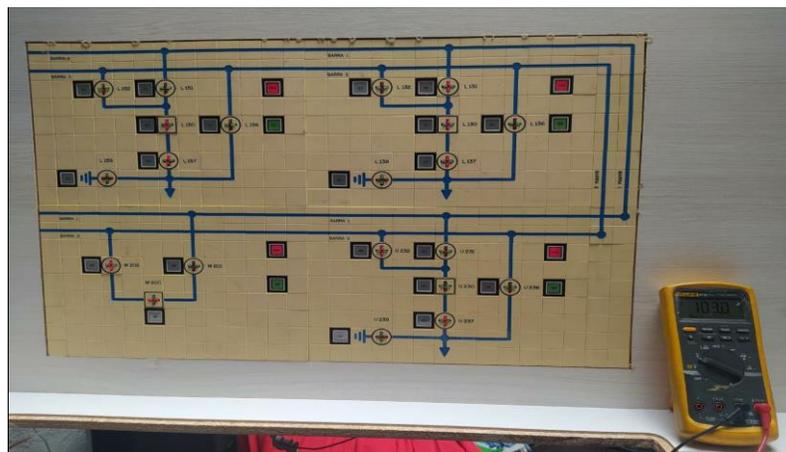


**Fuente:** Autores

**Figura 2-19:** Mueble simulador - Tablero de relés

**Fuente:** Autores

- Se ejecuta el amarillado, energizando el simulador para comprobar los estados operativos de los relés que determinan la posición de los equipos de patio en las bahías, de acuerdo con la lógica operacional de la subestación. Figura 2-21

**Figura 2-20:** Amarillado del simulador didáctico

**Fuente:** Autores

### 3.Fase de Implementación

La resolución 1348 de 2009 establece en el Capítulo 1, artículo 2° *“Actividades de operación y mantenimiento. Toda actividad de operación y mantenimiento donde se intervengan equipos e instalaciones eléctricas debe ser planeada, programada, ejecutada y supervisada por personal calificado y habilitado por las instancias técnicas y administrativas de la empresa”*(Resolución 1348 de 2009 Ministerio de la Protección Social - EVA - Función Pública, s. f.) y más aún, cuando el riesgo eléctrico es inminente dado por la complejidad de las tareas, la improvisación no es una opción, ya que la ejecución de estos trabajos debe llevar un paso a paso de cada una de las actividades a realizar.

En una subestación de energía es fundamental la ejecución de una secuencia de acciones de control sobre los equipos de potencia, al realizar una maniobra operacional o de mantenimiento(Castillo, s. f.). Dichas acciones de control se deben ejecutar en un orden establecido, dependiendo de la configuración de la subestación y/o de la operación a realizar.

Las consignas operativas contienen la información y las acciones para la realización de las diferentes operaciones en los equipos, en estas se describe las condiciones iniciales, las secuencias lógicas a realizar y el estado final de la subestación.(Castillo, s. f.)

En esta fase se comprobará el diseño y operatividad del sistema eléctrico por medio de las consignas operativas, permitiendo operar el simulador de forma que mantenga la flexibilidad, las condiciones de confiabilidad y seguridad del sistema.

A continuación, se hará un detalle de cada consigna operativa que se puede llevar a cabo en la bahía de línea L1-3, en su totalidad fueron 10 consignas operativas permitidas para

esta bahía, se mostrará las imágenes del tablero en las condiciones iniciales y en el procedimiento operativo, al igual que las tablas y el diagrama unifilar de cada consigna operativa. Para ver las consignas de todas las bahías ver Anexo G.

### 3.1 Energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1

#### 3.1.1 Condiciones Iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1

Toda consigna operativa consta de unas condiciones iniciales, que se deben cumplir estrictamente para poder continuar con el paso a paso de los procedimientos operacionales.

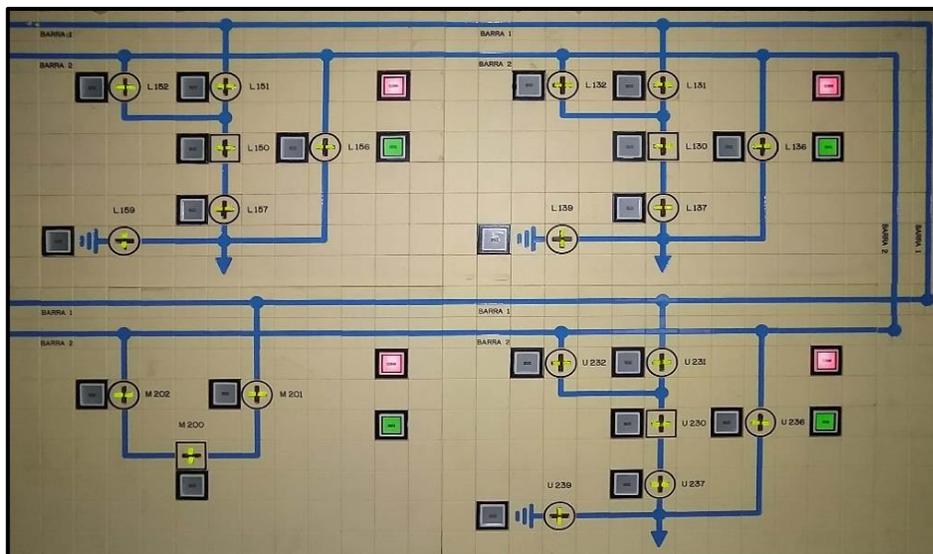
Para energizar la bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1, se requiere que en las condiciones iniciales se encuentren abiertos los seccionadores L131, L132, L137 y L136; de igual forma el interruptor L130 y la cuchilla de puesta a tierra L139. Como se muestra en la figura 3-1 y tabla 3-1.

**Tabla 3-1:** Consigna operativa - Condiciones iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1

CONDICIONES INICIALES				
	EQUIPO	SIMBOLOGÍA	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	○	Abierto.	■
2	Interruptor L130	□	Abierto.	■
3	Seccionador L131	○	Abierto.	■
4	Seccionador L132	○	Abierto.	■
5	Seccionador L137	○	Abierto.	■
6	Seccionador L136	○	Abierto.	■

**Fuente:** Autores

**Figura 3-1:** Modulo interface - Condiciones Iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1



**Fuente:** Autores

### 3.1.2 Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1

Después de comprobar las condiciones iniciales, se continua con el procedimiento operativo para energizar la bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1.

Iniciando con el cierre del seccionador L131 y L137, continuando con el cierre del interruptor L130, como se describe en la tabla 3-2, y se ve reflejado en el módulo de interface, según lo muestra la figura 3-2.

Por último, en el diagrama unifilar observamos el resultado de la consigna operativa (Figura 3-3), verificando la posición final de los equipos, como lo son:

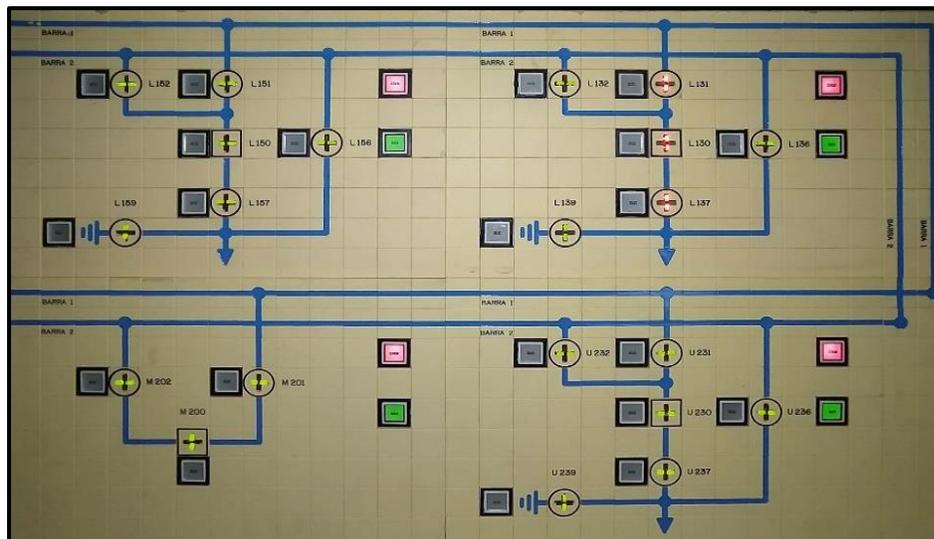
- Cerrado: seccionadores L131 y L137 e interruptor L130
- Abierto: seccionadores L132 y L136 y la cuchilla de puesta a tierra L139.

**Tabla 3-2:** Consigna operativa - Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1

		PROCEDIMIENTO		
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L131 y Rojo de cierre, Seccionador L131.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L137 y Rojo de cierre, Seccionador L137.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L130 y Rojo de cierre, Interruptor L130.	■	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

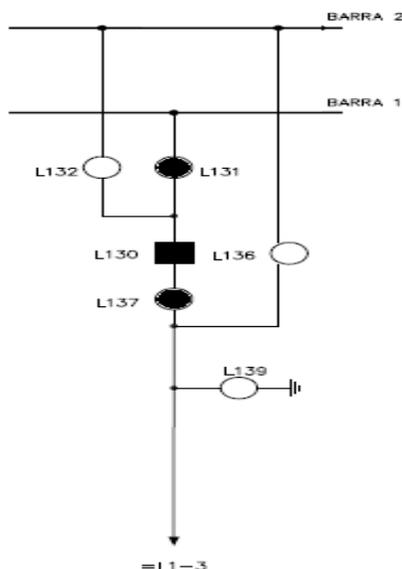
Fuente: Autores

**Figura 3-2:** Modulo interface - Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1



Fuente: Autores

**Figura 3-3:** Diagrama unifilar en condiciones finales - Energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1.



**Fuente:** Autores

## 3.2 Desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1

### 3.2.1 Condiciones iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1

Para desenergizar y aterrizar la bahía de Línea 1- 3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1, se parte de las condiciones iniciales en el orden que se establece en la tabla 3-3, iniciando con la verificación que la cuchilla puesta a tierra L139 esté abierta.

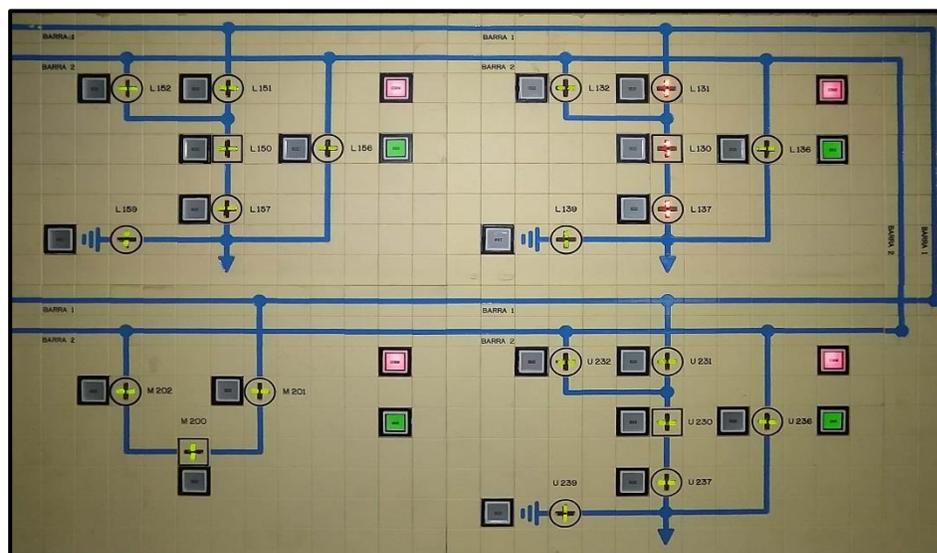
De tal forma que para iniciar la operatividad del equipo en esta consigna se requiere que se encuentren abiertos los seccionadores L132 y L136, y que se encuentre cerrado el interruptor L130 y los seccionadores L131 y L137, quedando el módulo interface como se ilustra en la figura 3-4.

**Tabla 3-3:** Consigna operativa - Condiciones iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1

CONDICIONES INICIALES				
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra <b>L139</b> .	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor <b>L130</b>	■	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador <b>L131</b>	●	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador <b>L132</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador <b>L137</b>	●	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador <b>L136</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>

Fuente: Autores

**Figura 3-4:** Modulo interface - Condiciones iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1



Fuente: Autores

### 3.2.2 Procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1

Para continuar con el procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1 se debe comprobar que se cumplan todas las condiciones iniciales.

Se inicia el procedimiento operativo con la apertura del interruptor L130, y se da continuidad al paso a paso descrito en la tabla 3-4, y se ve reflejado en el módulo de interface, según lo muestra la figura 3-5.

Al finalizar las maniobras operativas, en el diagrama unifilar (Figura 3-6) se evidencia las posiciones finales de los equipos, que son:

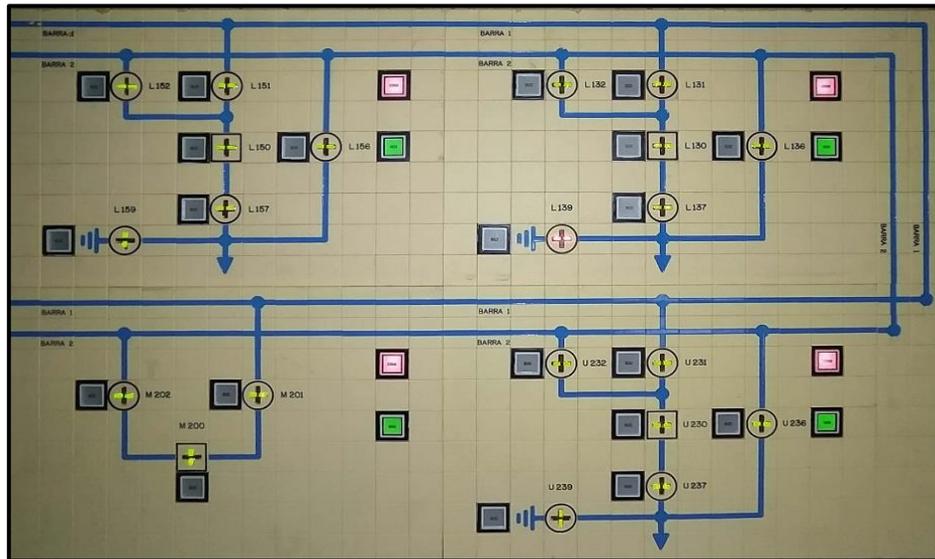
- Cerrado: la cuchilla de puesta a tierra L139
- Abierto: seccionadores L131, L132, L136 y L137 y el interruptor L130

**Tabla 3-4:** Consigna operativa - Procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra

PROCEDIMIENTO				
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L130 y Verde de apertura, Interruptor L130.		Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	
2	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L137 y Verde de apertura, Seccionador L137.		Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	
3	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L131 y Verde de apertura, Seccionador L131.		Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	
4	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L139 y Rojo de cierre, Cuchilla de Puesta a Tierra L139.		Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	

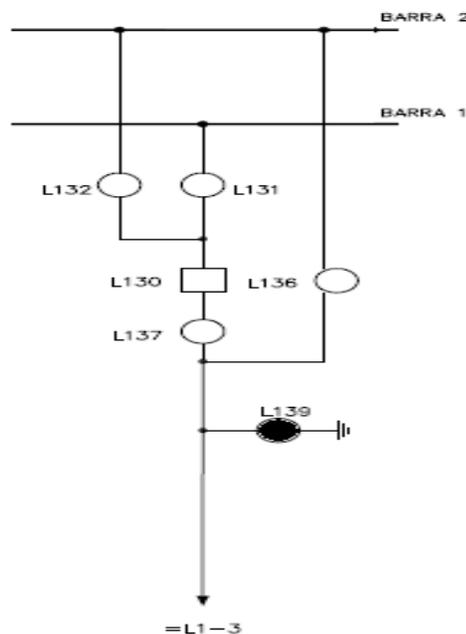
**Fuente:** Autores

**Figura: 3-5:** Modulo interface - Procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1



Fuente: Autores

**Figura 3-6:** Diagrama unifilar en condiciones finales - Desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 1



Fuente: Autores

### 3.3 Energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2

#### 3.3.1 Condiciones iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2

Las condiciones iniciales para energizar la bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2, se inician verificando cierre de la cuchilla puesta a tierra L139, y abiertos los seccionadores L131, L132, L137 y L136 y el interruptor L130, según el orden que se establece en la tabla 3-5.

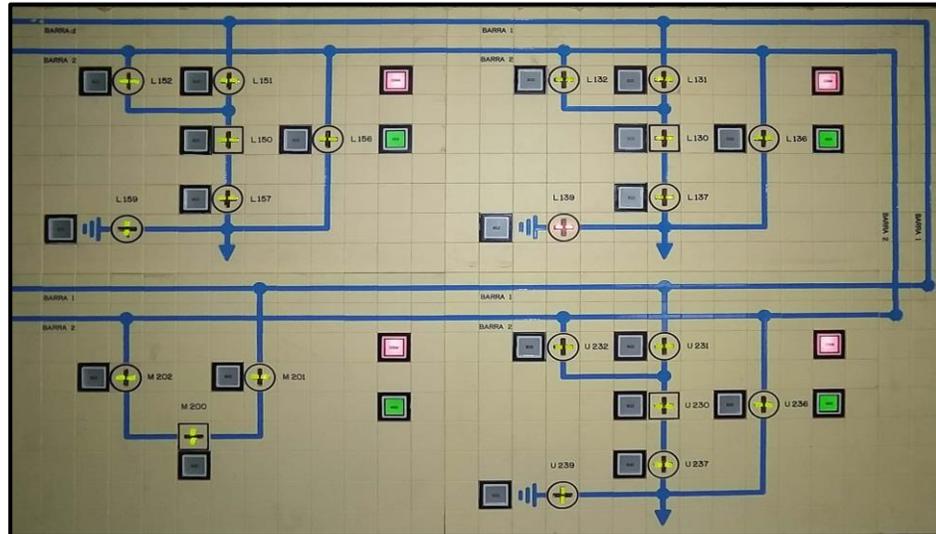
En la figura 3-7 se evidencian las condiciones iniciales en el módulo interface, se debe tener en cuenta que se cumplan todas las condiciones iniciales para continuar con la operatividad del equipo.

**Tabla 3-5:** Consigna operativa - Condiciones iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2

CONDICIONES INICIALES				
EQUIPO	SIMBOLOGÍA	ESTADO		
1	Cuchilla de Puesta a Tierra <b>L139.</b>		Cerrado.	
2	Interruptor <b>L130</b>		Abierto.	
3	Seccionador <b>L131</b>		Abierto.	
4	Seccionador <b>L132</b>		Abierto.	
5	Seccionador <b>L137</b>		Abierto.	
6	Seccionador <b>L136</b>		Abierto.	

**Fuente:** Autores

**Figura 3-7:** Modulo interface - Condiciones Iniciales para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2



Fuente: Autores

### 3.3.2 Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2

Después de establecer las condiciones iniciales, se continúa con la consigna operativa para energizar la bahía L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2, siguiendo el orden según lo muestra la tabla 3-6.

Iniciando con la apertura de la cuchilla puesta a tierra L139, continuando con el cierre de los seccionadores L130, L132 y el interruptor L130, como se ve reflejado en el módulo de interface, según lo muestra la figura 3-8.

El diagrama unifilar muestra el resultado de la consigna operativa (Figura 3-9), verificando la posición final de los equipos, como lo son:

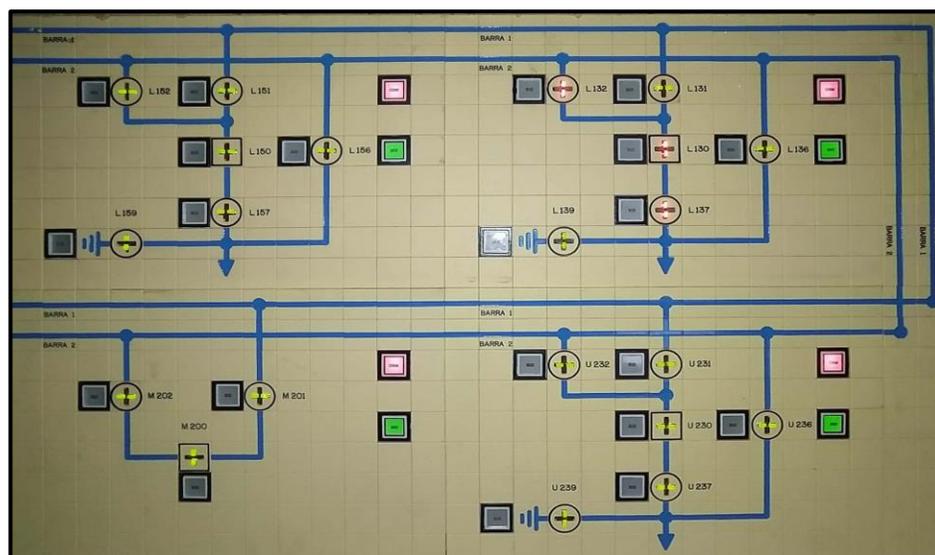
- Cerrado: seccionadores L132 y L137 y el interruptor L130.
- Abierto: la cuchilla de puesta a tierra L139 y seccionadores L131 y L136.

**Tabla 3-6:** Consigna operativa - Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2

EQUIPO		PROCEDIMIENTO		
		SIMBOLOGÍA	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L139 y Verde de Abrir, Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente).	■
2	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L132 y Rojo de cierre, Seccionador L132.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	■
3	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L137 y Rojo de cierre, Seccionador L137.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	■
4	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L130 y Rojo de cierre, Interruptor L130.	■	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	■

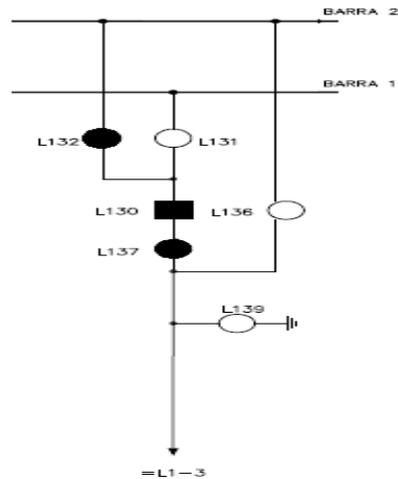
Fuente: Autores

**Figura 3-8:** Modulo interface - Procedimiento operativo para energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2



Fuente: Autores

**Figura 3-9:** Diagrama unifilar en condiciones finales - Energizar bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 2



Fuente: Autores

### 3.4 Desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2

#### 3.4.1 Condiciones Iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2

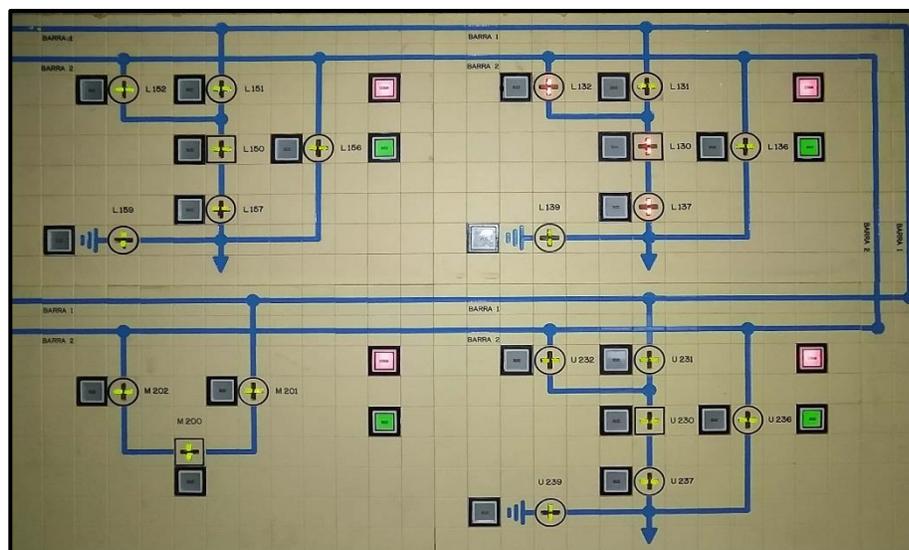
Para desenergizar y aterrizar la bahía de Línea 1- 3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2, se parte de las condiciones iniciales en el orden que se establece en la tabla 3-7, quedando abiertos los seccionadores L131, L136 la cuchilla de puesta a tierra L139 y cerrado el interruptor L130 y los seccionadores L132 y L137, como se ilustra en la figura 3-10.

**Tabla 3-7:** Consigna operativa - Condiciones Iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2

CONDICIONES INICIALES				
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra <b>L139.</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor <b>L130</b>	■	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador <b>L131</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador <b>L132</b>	●	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador <b>L137</b>	●	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador <b>L136</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>

Fuente: Autores

**Figura 3-10:** Modulo interface - Condiciones Iniciales para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2



Fuente: Autores

### 3.4.2 Procedimiento Operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2

Luego de verificar las condiciones iniciales, se continua con el procedimiento para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2, ejecutando la consigna operativa, como lo indica la Tabla 3-8 y evidenciándose en el módulo como se observa en la Figura 3-11.

Al finalizar las maniobras operativas los equipos deben terminar en las siguientes posiciones (Figura 3-12), como lo son:

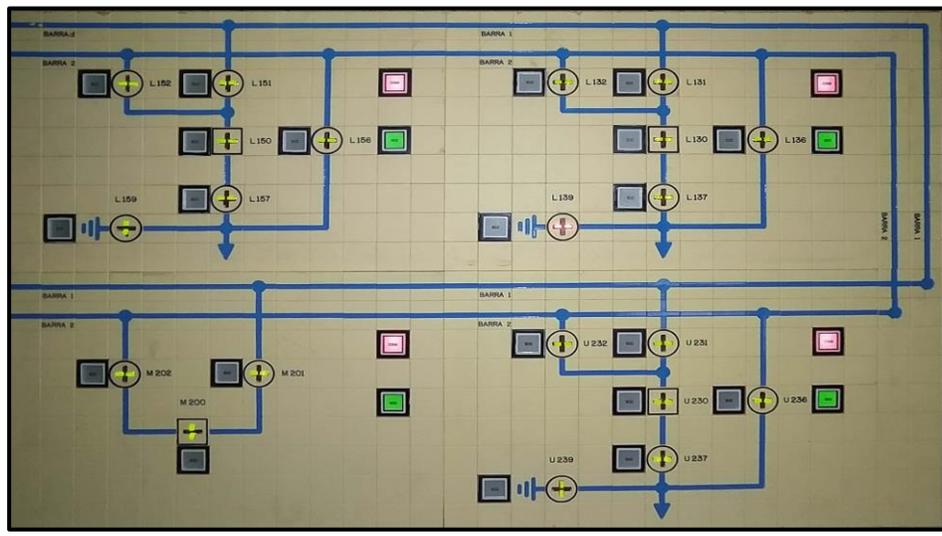
- Cerrado: la cuchilla de puesta a tierra L139.
- Abierto: seccionadores L131, L132, L136, L137 y el interruptor L130

**Tabla 3-8:** Consigna operativa - Procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2

PROCEDIMIENTO				
	EQUIPO	SIMBOLOGÍA	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L130 y Verde de apertura, Interruptor L130.		Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	
2	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L137 y Verde de apertura, Seccionador L137.		Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	
3	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L132 y Verde de apertura, Seccionador L132.		Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	
4	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L139 y Rojo de cierre, Cuchilla de Puesta a Tierra L139.		Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	

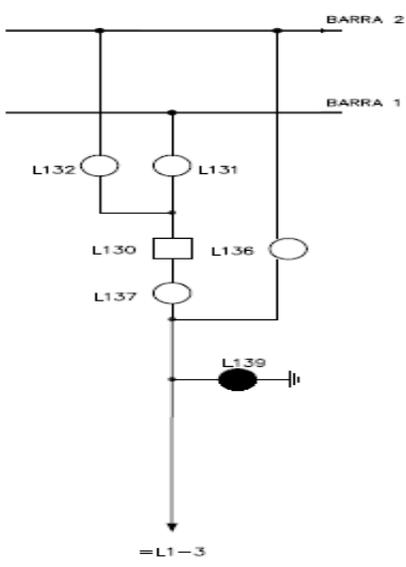
**Fuente:** Autores

**Figura 3-11:** Modulo interface - Procedimiento operativo para desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2



Fuente: Autores

**Figura 3-12:** Diagrama unifilar en condiciones finales - Desenergizar y aterrizar bahía de Línea L1-3 cuando se encuentra energizado por su propio interruptor L130 desde la barra 2



Fuente: Autores

### 3.5 Transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130

#### 3.5.1 Condiciones Iniciales transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130

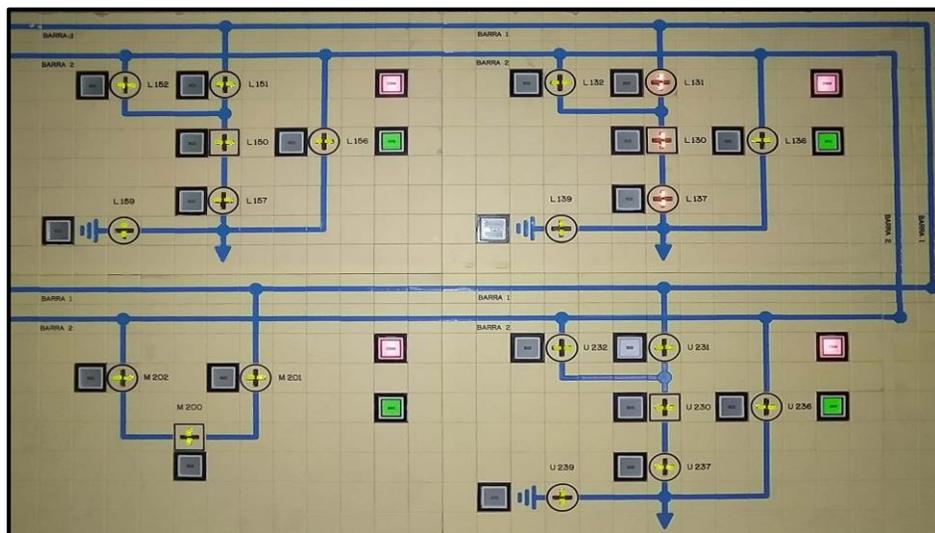
Se debe tener en cuenta que para iniciar la operatividad del equipo para esta consigna se requiere ejecutar la consigna operativa de las condiciones iniciales según indica la Tabla 3-9, donde se encuentren abiertos los seccionadores L132, L136, M201, M202; el interruptor M200 y cuchilla de puesta a tierra L139. Cerrado el interruptor L130 y los seccionadores L131 y L137. Quedando las condiciones iniciales en el módulo interface como se muestra la Figura 3-13.

**Tabla 3-9:** Consigna operativa - Condiciones iniciales para transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130

CONDICIONES INICIALES				
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra <b>L139.</b>		Abierto.	
2	Interruptor <b>L130</b>		Cerrado.	
3	Seccionador <b>L131</b>		Cerrado.	
4	Seccionador <b>L132</b>		Abierto.	
5	Seccionador <b>L137</b>		Cerrado.	
6	Seccionador <b>L136</b>		Abierto.	
7	Interruptor <b>M200</b>		Abierto.	
8	Seccionador <b>M201</b>		Abierto.	
9	Seccionador <b>M202</b>		Abierto.	

**Fuente:** Autores

**Figura 3-13:** Modulo interface - Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130



Fuente: Autores

### 3.5.2 Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130

Previa comprobación de las condiciones iniciales, se continúa con el procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130.

Iniciando con el cierre del seccionador M201 y se continúa el paso a paso según la tabla 3-10, la consigna operativa se ve reflejado en el módulo de interface, según lo muestra la figura 3-14.

Por último, en el diagrama unifilar observamos el resultado de la consigna operativa (Figura 3-15), verificando la posición final de los equipos, como lo son:

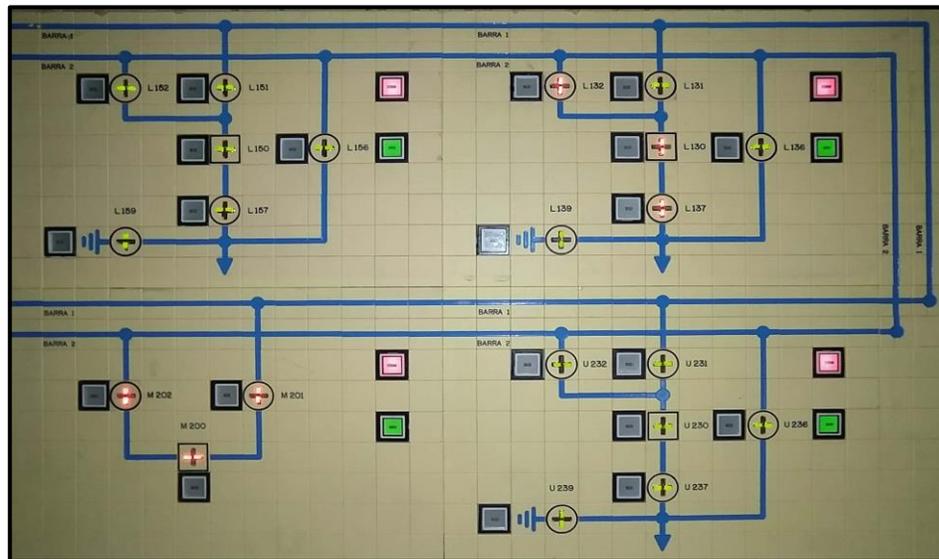
- Cerrado: seccionadores L132, L137, M201 y M202 y los interruptores L130 y M200.
- Abierto: seccionadores L131 y L136; la cuchilla de puesta a tierra L139.

**Tabla 3-10:** Consigna operativa - Transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130

EQUIPO		PROCEDIMIENTO		
		SIMBOLOGÍA	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201,	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200.	■	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L132 y Rojo de cierre, Seccionador L132.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L131 y Verde de Apertura, Seccionador L131.	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

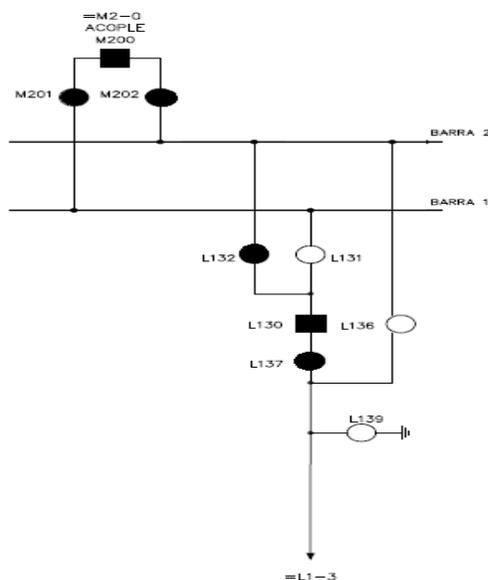
Fuente: Autores

**Figura 3-14:** Modulo interface - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea =L1-3 de Barra 1 a Barra 2 por su Propio Interruptor L130



Fuente: Autores

**Figura 3-15:** Diagrama unifilar en condiciones finales - Transferir bahía de línea L1-3 de barra 1 a barra 2 por su propio interruptor L130



Fuente: Autores

### 3.6 Transferir bahía de línea L1-3 de barra 2 a barra 1 por su propio interruptor L130

#### 3.6.1 Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 de barra 2 a barra 1 por su propio interruptor L130

Para transferir bahía de línea L1-3 de barra 2 a barra 1 por su propio interruptor L130, Se debe tener en cuenta las condiciones iniciales según la tabla 3-11.

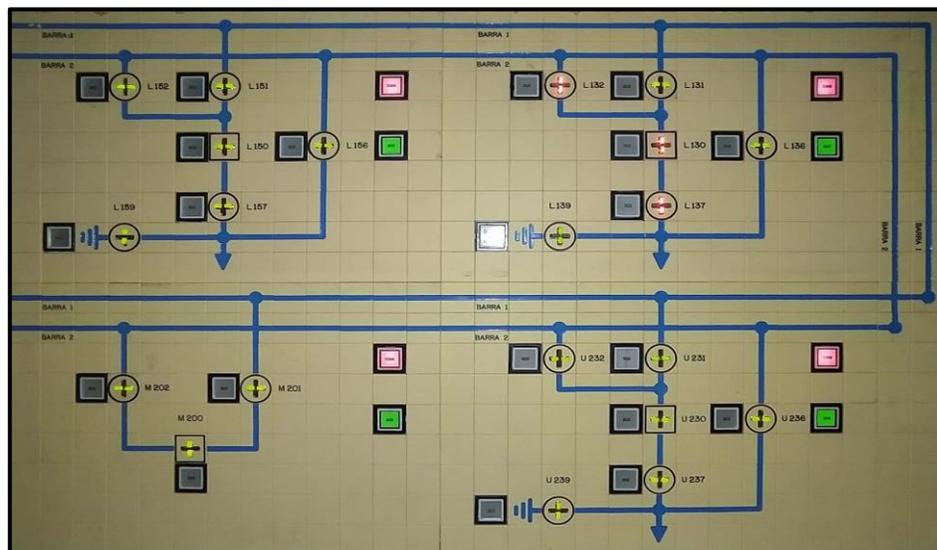
Los equipos que quedan abiertos son; los seccionadores L131, L136, M201 Y M202; el interruptor M200 y cuchilla de puesta a tierra L139. Los equipos que quedan cerrados son, el interruptor L130 y los seccionadores L132 y L137, como se muestra en el módulo de interface en la figura 3-16.

**Tabla 3-11:** Consigna operativa – Condiciones iniciales para transferir bahía de línea L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L130

CONDICIONES INICIALES				
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra <b>L139.</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor <b>L130</b>	■	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador <b>L131</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador <b>L132</b>	●	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador <b>L137</b>	●	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador <b>L136</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Interruptor <b>M200</b>	□	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador <b>M201</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Seccionador <b>M202</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>

Fuente: Autores

**Figura 3-16:** Modulo interface - Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L130



Fuente: Autores

### 3.6.2 Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 de barra 2 a barra 1 por su propio interruptor L130

Luego de la comprobación de las condiciones iniciales, se continua con el procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 de barra 2 a barra 1 por su propio interruptor L130 siguiendo el paso a paso de la consigna operativa, según la tabla 3-12.

Iniciando con el cierre del seccionador M201, seguido del cierre del seccionador M202, al igual que el cierre del interruptor 200, seccionador L131 y por último el seccionador L132, como se ve reflejado en el módulo de interface en la figura 3-17.

Por último, en el diagrama unifilar observamos el resultado de la consigna operativa (Figura 3-18), verificando la posición final de los equipos, como lo son:

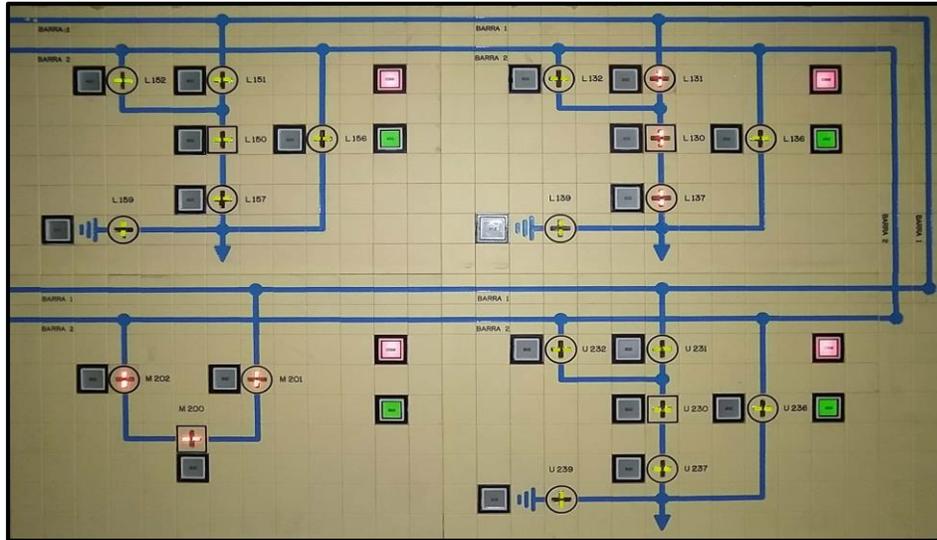
- Cerrado: seccionadores L131, L137, M201 y M202 y los interruptores L130 y M200.
- Abierto: seccionadores L132 y L136; la cuchilla de puesta a tierra L139

**Tabla 3-12:** Consigna operativa - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L130

EQUIPO		PROCEDIMIENTO		
		SIMBOLOGÍA	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200.	■	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L131 y Rojo de cierre, Seccionador L131.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L132 y Verde de Apertura, Seccionador L132.	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

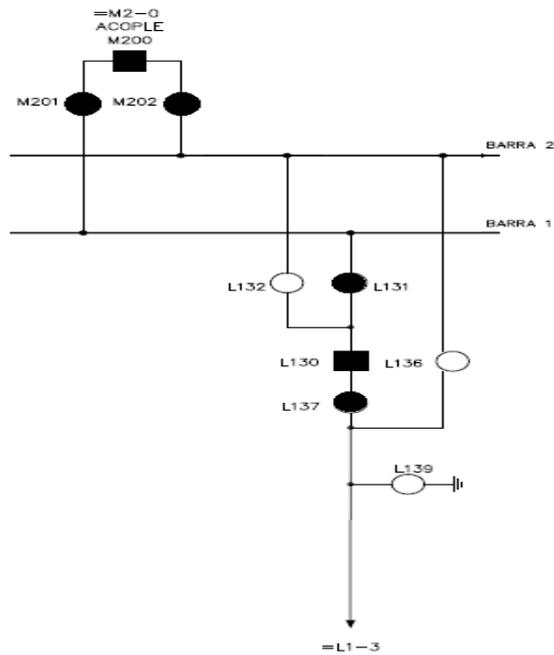
**Fuente:** Autores

**Figura 3-17:** Modulo interface - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L130



Fuente: Autores

**Figura 3-18:** Diagrama unifilar en condiciones finales - Transferir bahía de línea L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L130



Fuente: Autores

### 3.7 Transferir bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200

#### 3.7.1 Condiciones iniciales para transferir bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200

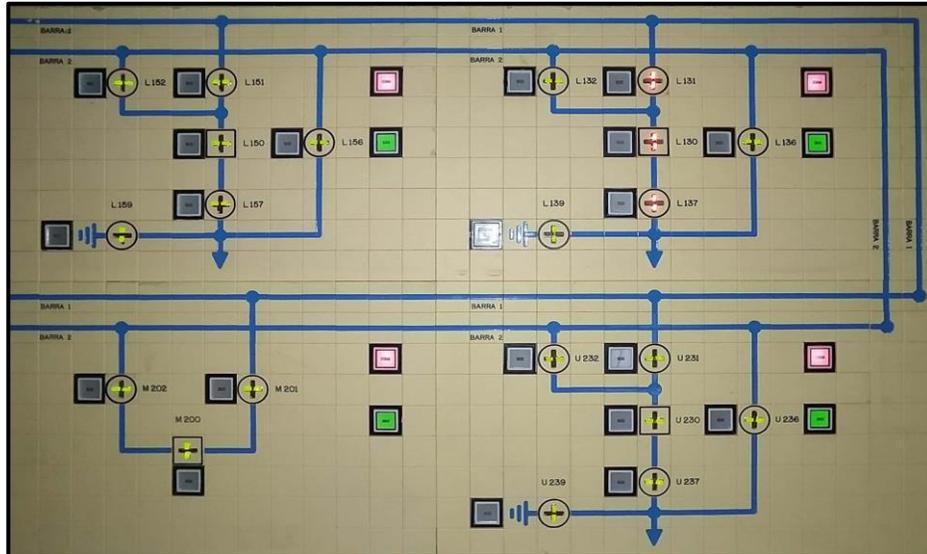
Para transferir bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200, se requiere que en las condiciones iniciales se encuentren abiertos la cuchilla puesta a tierra L139, los seccionadores L132, L136, M201, M202 y el interruptor M200 y cerrado el interruptor L130 y seccionadores L131 y L137, siguiendo el paso a paso según la consigna operativa, como se referencia en la tabla 3-13 y se evidencia el resultado en el módulo interface según figura 3-19.

**Tabla 3-13:** Consigna operativa - Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200

CONDICIONES INICIALES				
	EQUIPO	SIMBOLOGÍA	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra <b>L139.</b>		Abierto.	
2	Interruptor <b>L130.</b>		Cerrado.	
3	Seccionador <b>L131.</b>		Cerrado.	
4	Seccionador <b>L132.</b>		Abierto.	
5	Seccionador <b>L137.</b>		Cerrado.	
6	Seccionador <b>L136.</b>		Abierto.	
7	Seccionador <b>M201.</b>		Abierto.	
8	Seccionador <b>M202.</b>		Abierto.	
9	Interruptor <b>M200.</b>		Abierto.	

Fuente: Autores

**Figura 3-19:** Modulo interface - Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200



Fuente: Autores

### 3.7.2 Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200

Previa verificación de las condiciones iniciales, se continúa con el procedimiento operativo para energizar la bahía de línea L1-3 por su propio interruptor L130 a través de la barra 1.

Iniciando con el cierre del seccionador M201, continuando con el cierre de seccionador M202 hasta abrir el seccionador L137, siguiendo el paso a paso que se describe en la tabla 3-15, y se ve reflejado en el módulo de interface, según lo muestra la figura 3-20.

Por último, en el diagrama unifilar observamos el resultado de la consigna operativa (Figura 3-21), verificando la posición final de los equipos, como lo son:

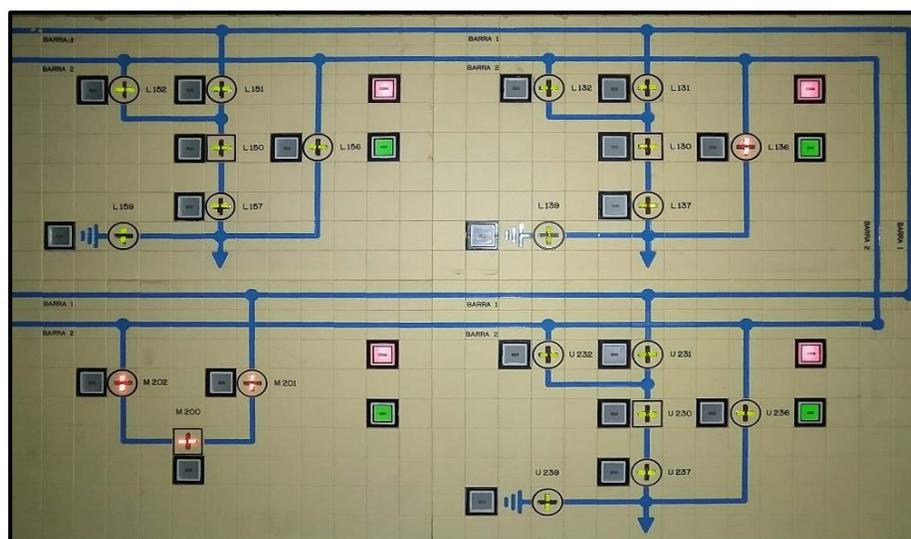
- Cerrado: seccionadores L136, M201 y M202 y los interruptores M200.
- Abierto: seccionadores L130, L131, L132 Y L137; la cuchilla de puesta a tierra L139.

**Tabla 3-14:** Consigna operativa - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200

		PROCEDIMIENTO		
	EQUIPO	SIMBOLOGÍA	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>M201</b> y Rojo de cierre, Seccionador <b>M201</b>	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>M202</b> y Rojo de cierre, Seccionador <b>M202</b>	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>M200</b> y Rojo de cierre, Interruptor <b>M200</b>	■	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>L136</b> y Rojo de cierre, Seccionador <b>L136</b>	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>L130</b> y Verde de Apertura, Interruptor <b>L130</b>	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>L131</b> y Verde de Apertura, Seccionador <b>L131</b>	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
7	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>L137</b> y Verde de Apertura, Seccionador <b>L137</b>	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

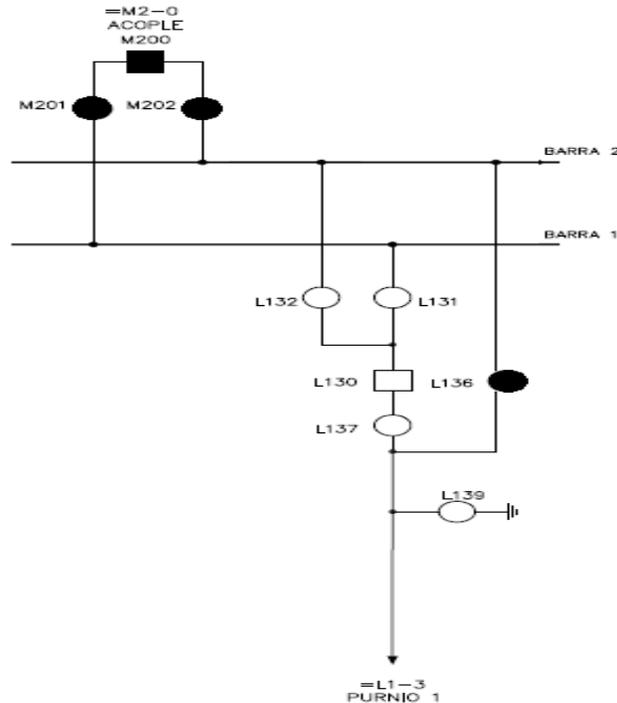
**Fuente:** Autores

**Figura 3-20:** Modulo interface - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200



**Fuente:** Autores

**Figura 3-21:** Diagrama unifilar en condiciones finales - Transferir bahía de línea L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 1 al interruptor de transferencia M200



Fuente: Autores

### 3.8 Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1

#### 3.8.1 Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1

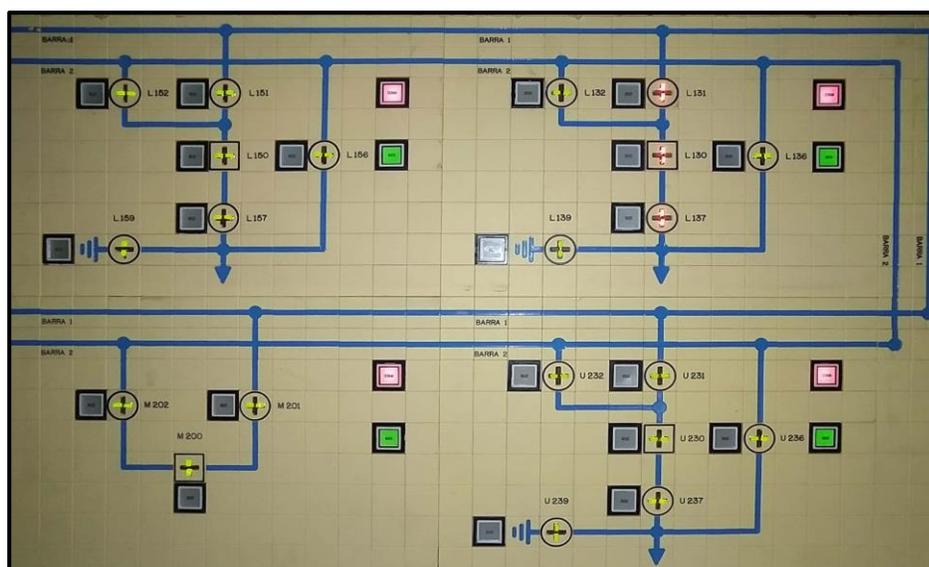
Para transferir bahía de línea L1-3 desde su interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1, se requiere que en las condiciones iniciales se encuentren abiertos los seccionadores L131, L132 y L137 y cerrado el interruptor M200, siguiendo el paso a paso según la consigna operativa, como se referencia en la tabla 3-15 y se evidencia el resultado en el módulo interface según figura 3-22.

**Tabla 3-15:**Consigna operativa - Condiciones Iniciales para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1

CONDICIONES INICIALES				
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra <b>L139.</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor <b>L130.</b>	□	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador <b>L131.</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador <b>L132.</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador <b>L137.</b>	○	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador <b>L136.</b>	●	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador <b>M201.</b>	●	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador <b>M202.</b>	●	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor <b>M200.</b>	■	Cerrado.	<input type="checkbox"/>

Fuente: Autores

**Figura 3-22:** Modulo interface - Condiciones Iniciales para para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1



Fuente: Autores

### 3.8.2 Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1

Teniendo en cuenta que se cumplen las condiciones iniciales, se continua con la consigna operativa, iniciando con el cierre del seccionador L137, luego el cierre del interruptor L131 y L130, dejando abierto el seccionador L136, M201, M202 y el interruptor M200, según el orden de la tabla 3-16, el cual se ve reflejado en el módulo de interface, según lo muestra la figura 3-23.

Por último, en el diagrama unifilar observamos el resultado de la consigna operativa (Figura 3-24), verificando la posición final de los equipos, como lo son:

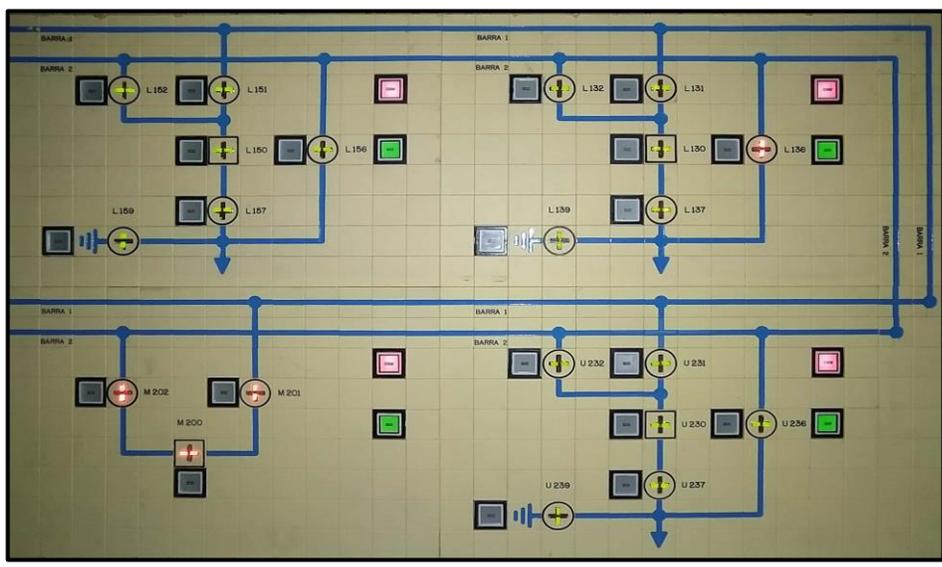
- Cerrado: seccionadores L131 y L137 y el interruptor L130.
- Abierto: seccionadores L132, L136, M201 Y M202; la cuchilla de puesta a tierra L139; y el interruptor M200

**Tabla 3-16:** Consigna operativa – Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1

PROCEDIMIENTO				
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L137 y Rojo de cierre, Seccionador L137.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L131 y Rojo de cierre, Interruptor L131.	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L130 y Rojo de cierre, Interruptor L130.	■	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L136 y Rojo de cierre, Seccionador L136.	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Verde de Apertura, Interruptor M200.	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Verde de Apertura, Seccionador M201.	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
7	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Verde de Apertura, Seccionador M202.	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

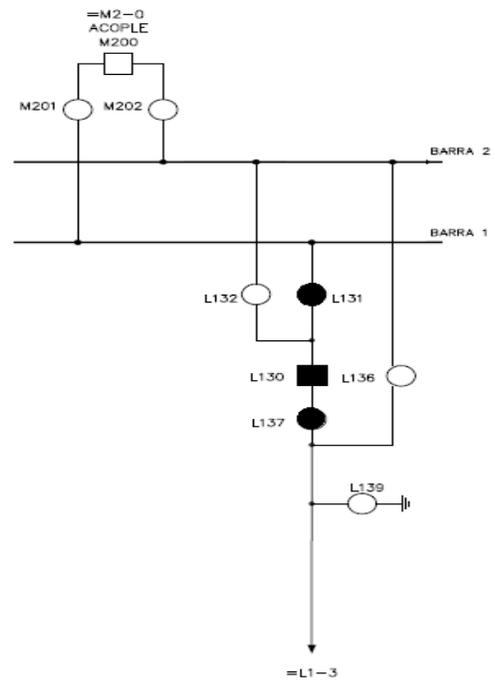
**Fuente:** Autores

**Figura 3-23:** Modulo interface – Procedimiento operativo para para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1



Fuente: Autores

**Figura 3-24:** Diagrama unifilar en condiciones finales - Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través de la barra 1



Fuente: Autores

### 3.9 Transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200

#### 3.9.1 Condiciones iniciales para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200

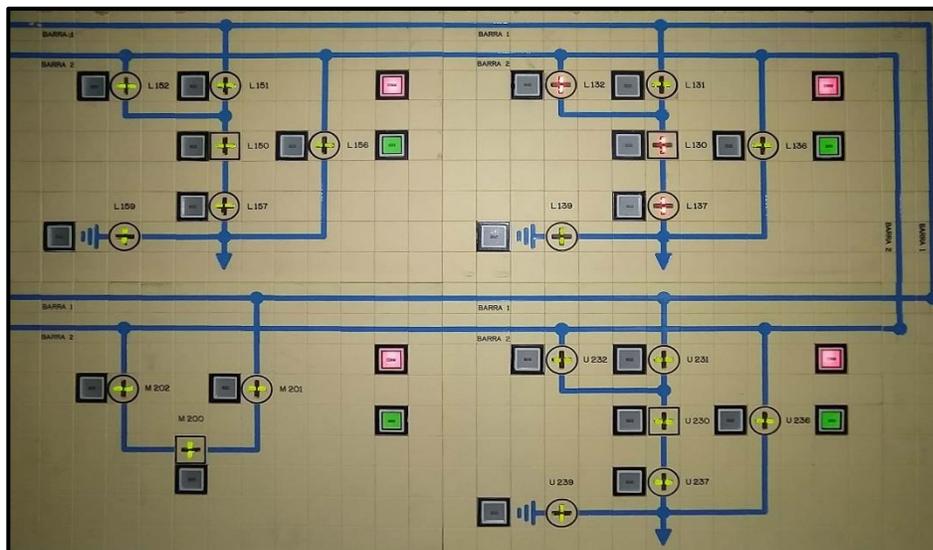
Se debe tener en cuenta que para iniciar la operatividad del equipo para esta consigna se requiere que se encuentren abiertos los seccionadores L131, L136 M202 y M201; el interruptor M200 y cuchilla de puesta a tierra L139; y cerrado el interruptor L130, los seccionadores L132 y L137, siguiendo el paso a paso de la tabla 3-17.

**Tabla 3-17:** Consigna operativa - Condiciones iniciales para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200

CONDICIONES INICIALES				
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra <b>L139.</b>		Abierto.	
2	Interruptor <b>L130.</b>		Cerrado.	
3	Seccionador <b>L131.</b>		Abierto.	
4	Seccionador <b>L132.</b>		Cerrado.	
5	Seccionador <b>L137.</b>		Cerrado.	
6	Seccionador <b>L136.</b>		Abierto.	
7	Seccionador <b>M201.</b>		Abierto.	
8	Seccionador <b>M202.</b>		Abierto.	
9	Interruptor <b>M200.</b>		Abierto.	

Fuente: Autores

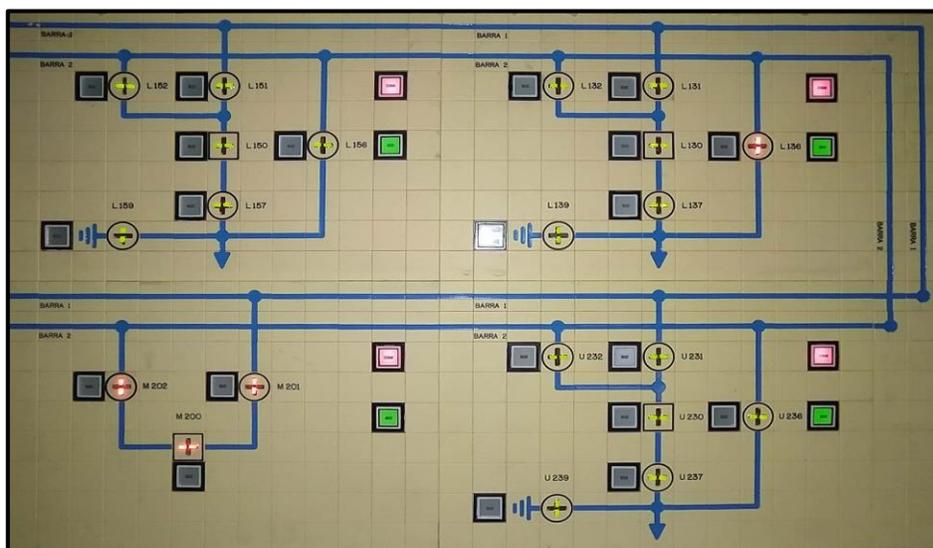
**Figura 3-25:** Modulo interface - Condiciones iniciales para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200



Fuente: Autores

### 3.9.2 Procedimiento operacional para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200

**Figura 3-26:** Modulo interface - Procedimiento operacional para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200



Fuente: Autores

Luego de hacer la verificación de las condiciones iniciales se continua con la consigna operativa, iniciando con el cierre del seccionador L131, luego la apertura del seccionador L132, el cierre del seccionador M201, M202, interruptor M200, seccionador L136, se continua con la apertura del interruptor L130, y los seccionadores L131 y L137, según la tabla 3-18 y la figura 3-26.

Por último, en el diagrama unifilar observamos el resultado de la consigna operativa (Figura 3-27), verificando la posición final de los equipos, como lo son:

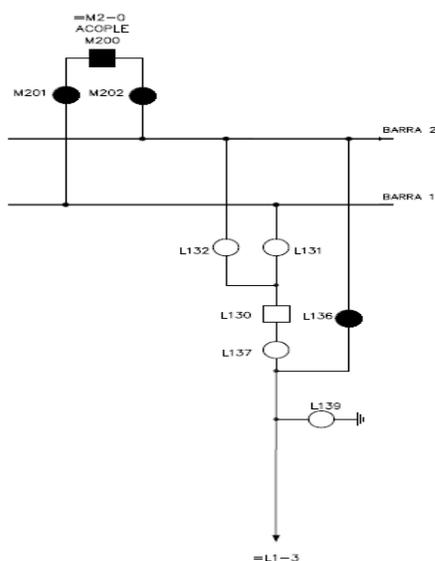
- Cerrado: seccionadores L136, M201 y M202 y el interruptor M200.
- Abierto: seccionadores L131, L132 y L137; la cuchilla de puesta a tierra L139; y el interruptor L130.

**Tabla 3-18:** Consigna operativa - Procedimiento operacional para transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200

EQUIPO		PROCEDIMIENTO		
		SIMBOLOGÍA	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>L131</b> y Rojo de cierre, Seccionador <b>L131</b> ,	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>L132</b> y Verde de Apertura, Seccionador <b>L132</b>	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco y Rojo de cierre, Seccionador <b>M201</b> , Celda "+U.2-0"	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>M202</b> y Rojo de cierre, Seccionador <b>M202</b>	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>M200</b> y Rojo de cierre, Interruptor <b>M200</b>	■	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>L136</b> y Rojo de cierre, Seccionador <b>L136</b>	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
7	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>L130</b> y Verde de Apertura, Interruptor <b>L130</b>	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
8	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>L131</b> y Verde de Apertura, Seccionador <b>L131</b>	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
9	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) <b>L137</b> y Verde de Apertura, Seccionador <b>L137</b>	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Autores

**Figura 3-27:** Diagrama unifilar en condiciones finales - Transferir la bahía de línea L1-3 desde su interruptor L130 a través de la barra 2 al interruptor de transferencia M200



Fuente: Autores

### 3.10 Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2

#### 3.10.1 Condiciones Iniciales Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2

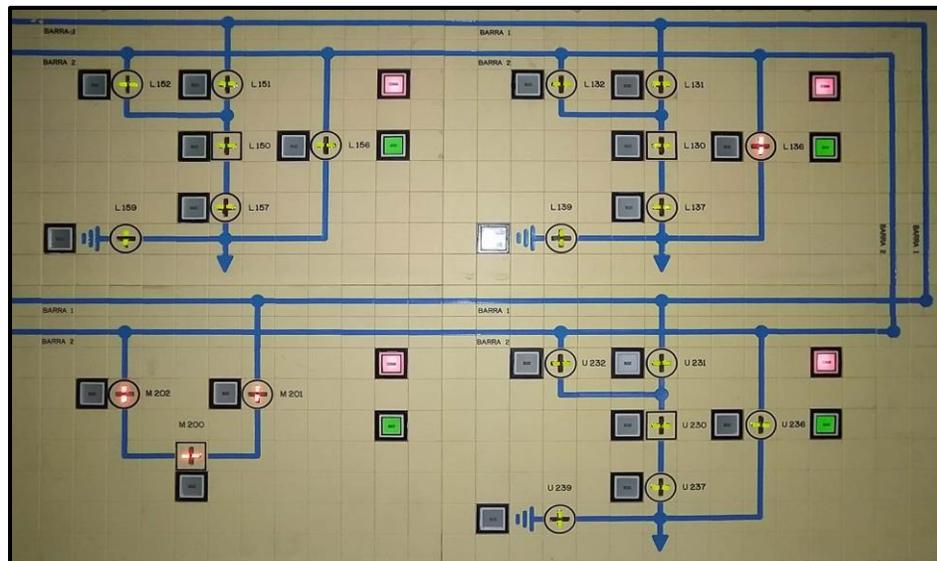
Para transferir la bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2, se requiere que en las condiciones iniciales se encuentren abiertos los seccionadores los seccionadores L131, L136 y L137; el interruptor L130 y cuchilla de puesta a tierra L139 y cerrado el interruptor M200, los seccionadores L136, M201 y M202, como indica el paso a paso en la consigna operativa en la tabla 3-19 y se evidencia el resultado en el módulo interface según figura 3-28.

**Tabla 3-19:** Consigna operativa - Condiciones Iniciales Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2

CONDICIONES INICIALES				
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra <b>L139.</b>	○	Abierto.	■
2	Interruptor <b>L130.</b>	□	Abierto.	■
3	Seccionador <b>L131.</b>	○	Abierto.	■
4	Seccionador <b>L132.</b>	○	Abierto.	■
5	Seccionador <b>L137.</b>	○	Abierto.	■
6	Seccionador <b>L136.</b>	●	Cerrado.	■
7	Seccionador <b>M201.</b>	●	Cerrado.	■
8	Seccionador <b>M202.</b>	●	Cerrado.	■
9	Interruptor <b>M200.</b>	■	Cerrado.	■

Fuente: Autores

**Figura 3-28:** Modulo interface - Condiciones Iniciales Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2



Fuente: Autores

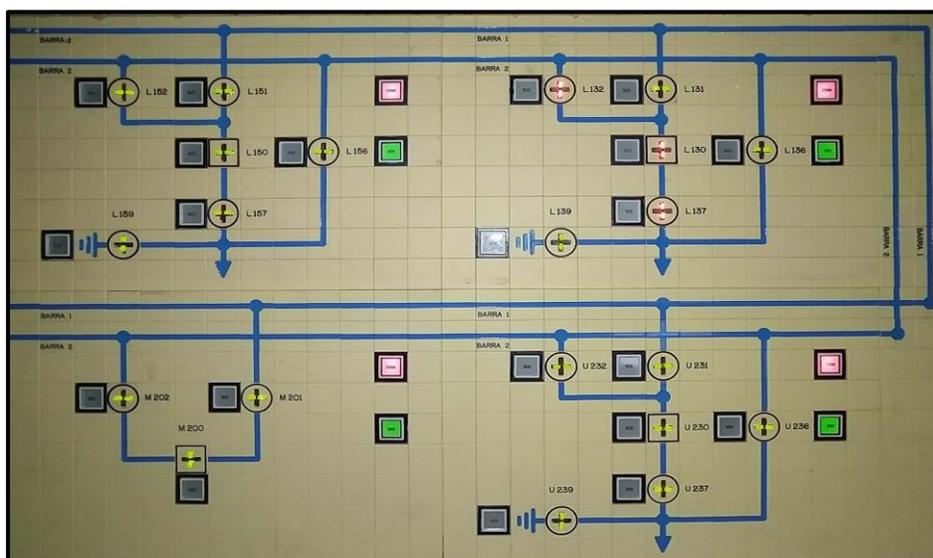
### 3.10.2 Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2

Teniendo en cuenta que se cumplen las condiciones iniciales, se continua con la consigna operativa, iniciando con el cierre del seccionador L137, L131 y el interruptor L130, luego se abre el seccionador L136, se sigue con el cierre del seccionador L132, y se continua con la apertura del interruptor M200, seccionador M201 y M202, siguiendo el procedimiento paso a paso según la consigna operativa en la tabla 3-20, que se ve reflejado en el módulo interface según figura 3-29.

Por último, en el diagrama unifilar observamos el resultado de la consigna operativa (Figura 3-30), verificando la posición final de los equipos, como lo son:

- Cerrado: seccionadores L132, L137 y el interruptor L130.
- Abierto: seccionadores L131, M201 y M202, la cuchilla de puesta a tierra L139 y los interruptores L130 y M200.

**Figura 3-29:** Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2



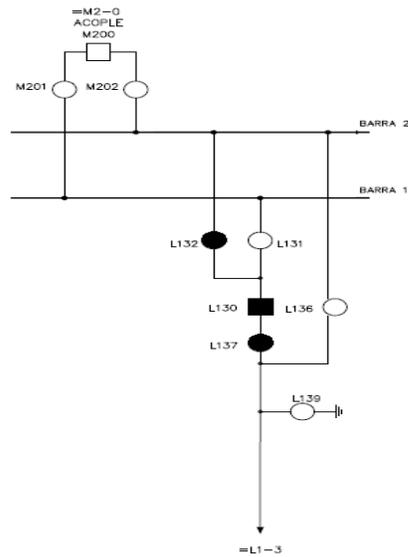
Fuente: Autores

**Tabla 3-20:** Consigna operativa - Procedimiento operativo para transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al interruptor L130 a través la barra 2

		PROCEDIMIENTO		
EQUIPO		SIMBOLOGÍA	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L137 y Rojo de cierre, Seccionador L137	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	■
2	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L131 y Rojo de cierre, Seccionador L131	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	■
3	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L130 y Rojo de cierre, Interruptor L130	■	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	■
4	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L136 y Verde de Apertura, Seccionador L136	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	■
5	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L132 y Rojo de cierre, Seccionador L132	●	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	■
6	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) L131 y Verde de Apertura, Seccionador L131	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	■
7	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) M200 y Verde de Apertura, Interruptor M200	□	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	■
8	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) M201 y Verde de Apertura, Seccionador M201	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	■
9	Pulsador Blanco ( <b>SELEC</b> ) M202 y Verde de Apertura, Seccionador M202	○	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	■

Fuente: Autores

**Figura 3-30:** Diagrama unifilar condiciones finales - Transferir bahía de línea L1-3 desde el interruptor M200 al interruptor L130a través de la barra 2



Fuente: Autores

## **4. Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

- Se diseñó el plano unifilar del simulador didactico de control, siendo este una base importante y fundamental para el desarrollo del proyecto.
- Por medio del pograma CADE Simu V 3 se diseño y comprobó el funcionamiento correcto de la ingenieria de detalle, esto hizo que el desarrollo del proyecto fuera organizado y estructurado para su contruccion.
- Se contruyó con exito el simulador didactico de control para una subestación eléctrica de doble barra con seccionador de transferencia y acople, logrando tener una herramienta para el proceso educativo de los estudiantes de pregrado de la ingenieria electromecanica.
- El uso del simulador ofrece una opción eficiente en el aprendizaje, siendo la representación real de una subestación que permite realizar ejercicios y maniobras, en forma similar a como se hacen en la realidad.
- Se logró realizar todas las maniobras operativas programadas según la configuración del simulador didáctico.

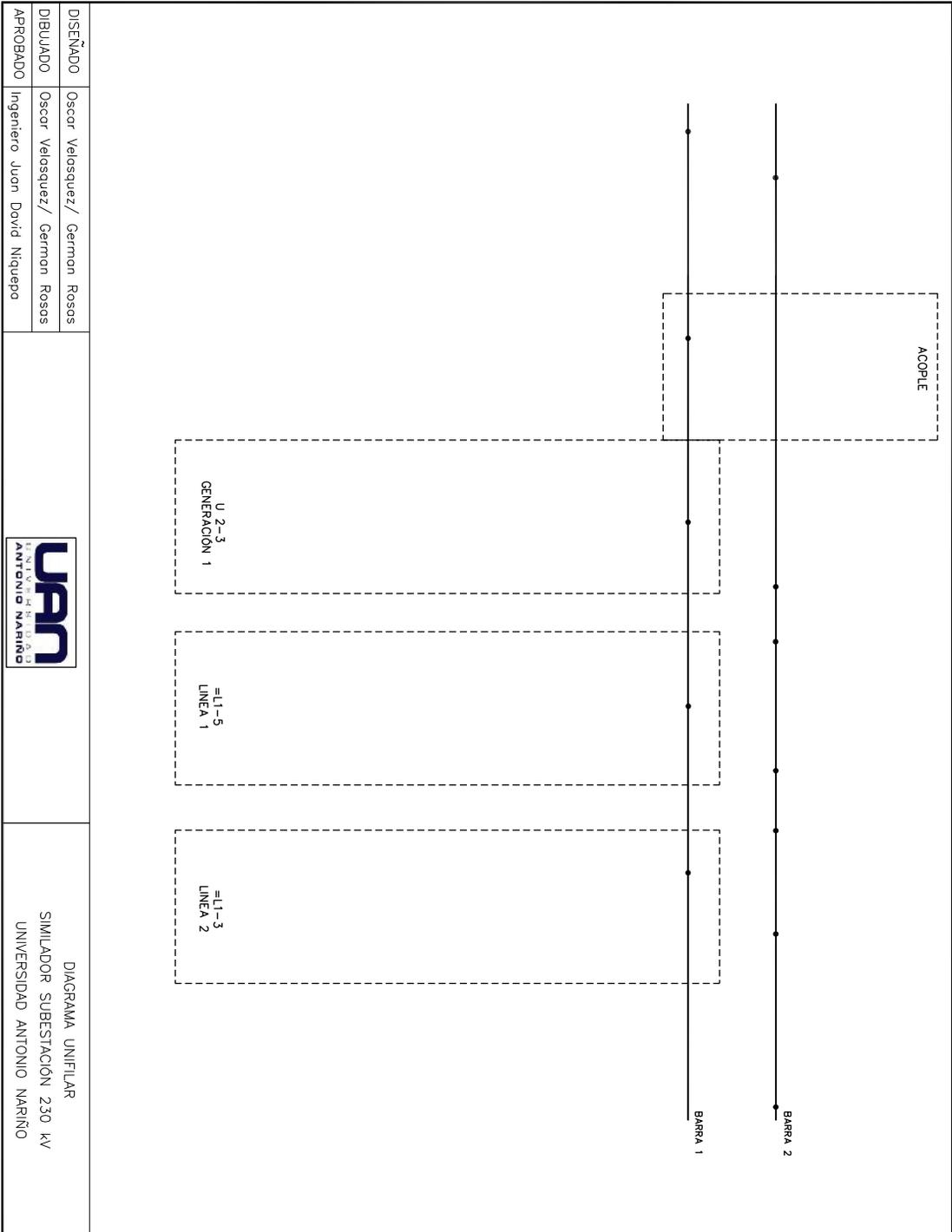
## 4.2 Recomendaciones

Las consignas operativas descritas en esta tesis se realizaron por cada bahía sin embargo en un futuro se pueden realizar consignas operativas y de mantenimiento con la capacidad de integrar todas las bahías como un sistema armónico siempre y cuando se respeten los fundamentos operativos de una subestación de doble barra.

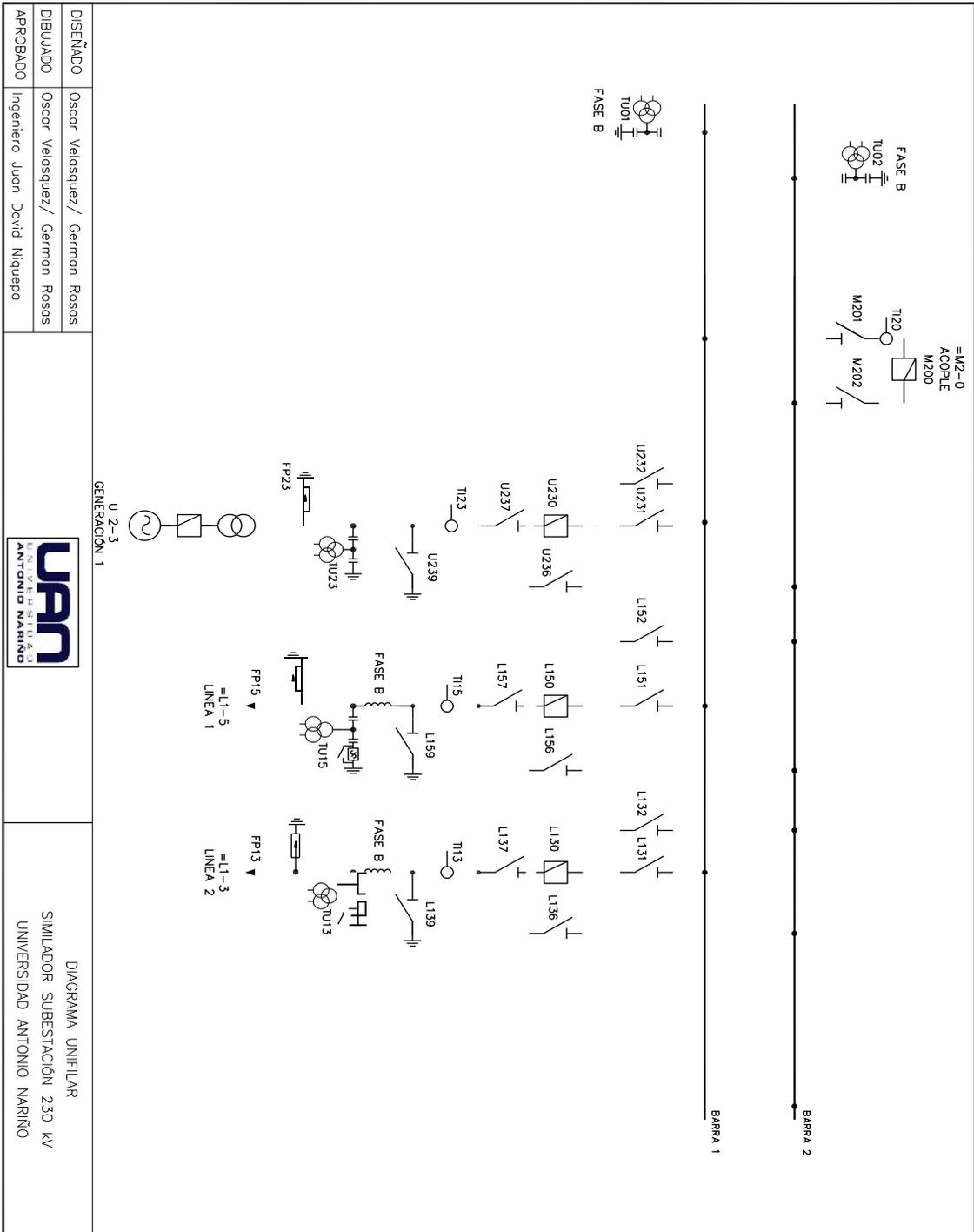
Gracias a que el simulador cuenta con una lógica cableada para sus enclavamientos permitiría una implementación en el estudio o el desarrollo de control eléctrico lógico en subestaciones.

Por último, recomendamos continuar con la simulación en otros aspectos para fortalecer los conocimientos teóricos prácticos en las materias de subestaciones y automatización, ya que este simulador aporta un refuerzo práctico real en la didáctica educativa.

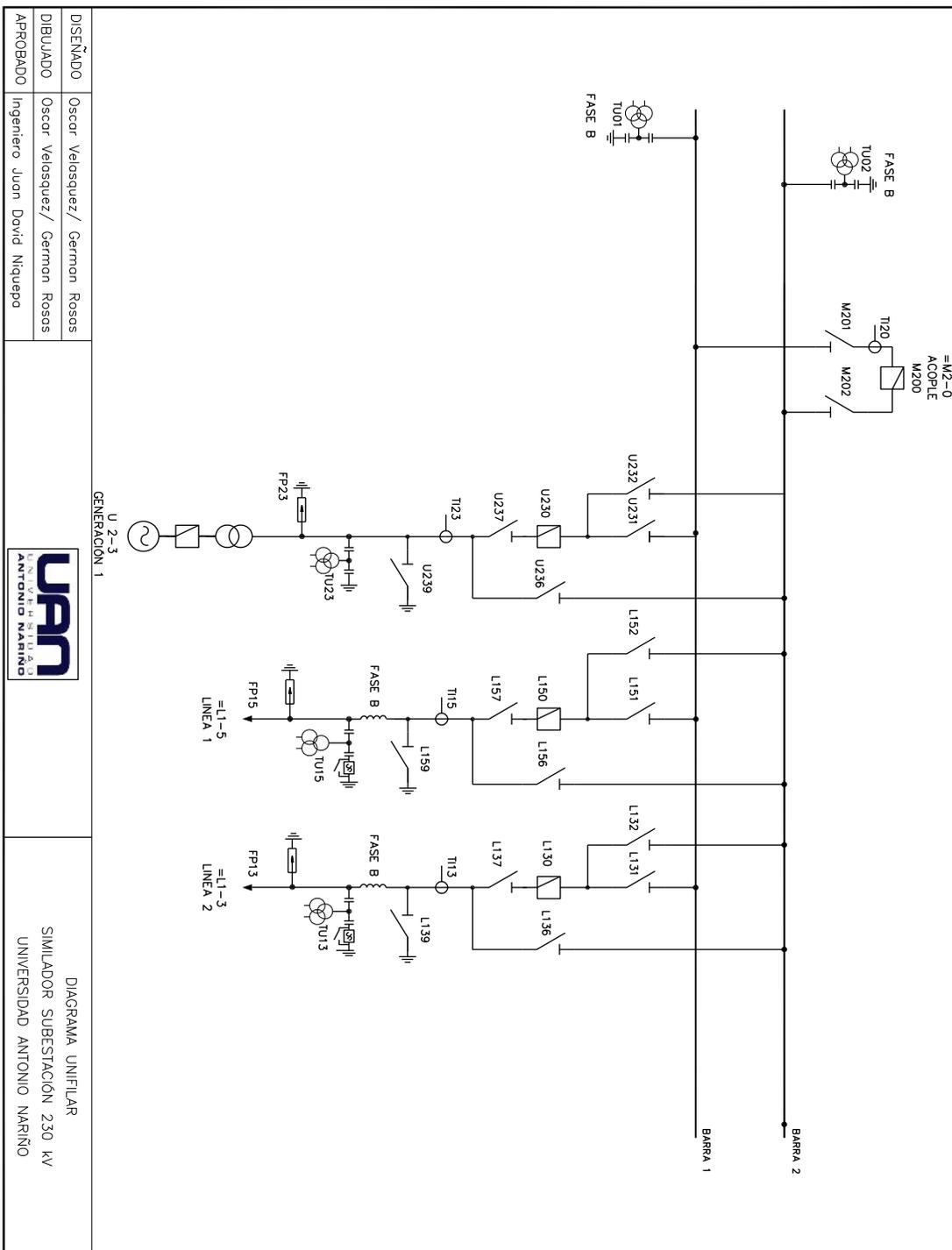
# A. Anexo: Diagrama unifilar de la disposición de los espacios de las bahías.



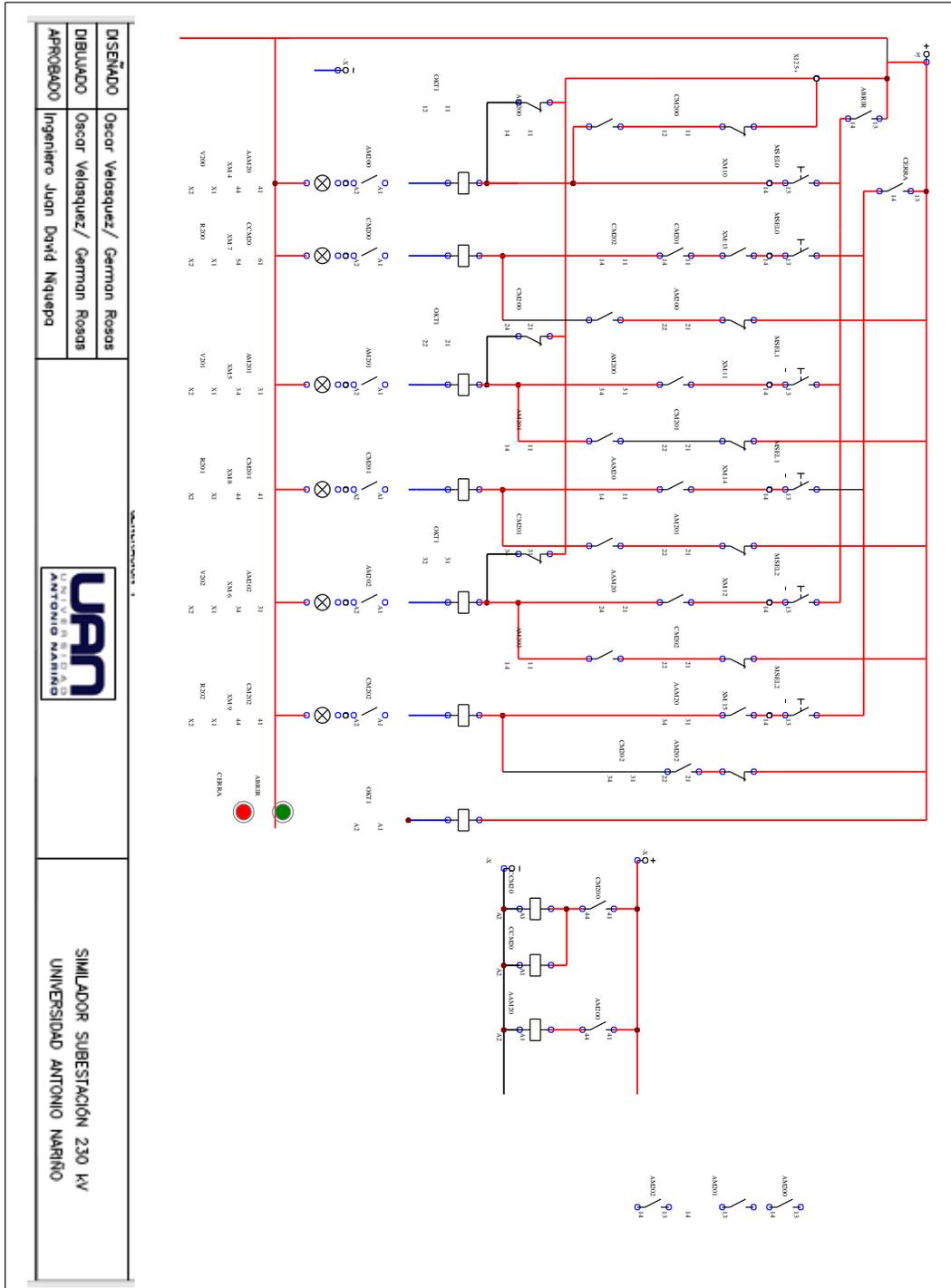
## B. Anexo: Diagrama unifilar de la disposición de los equipos en patio.



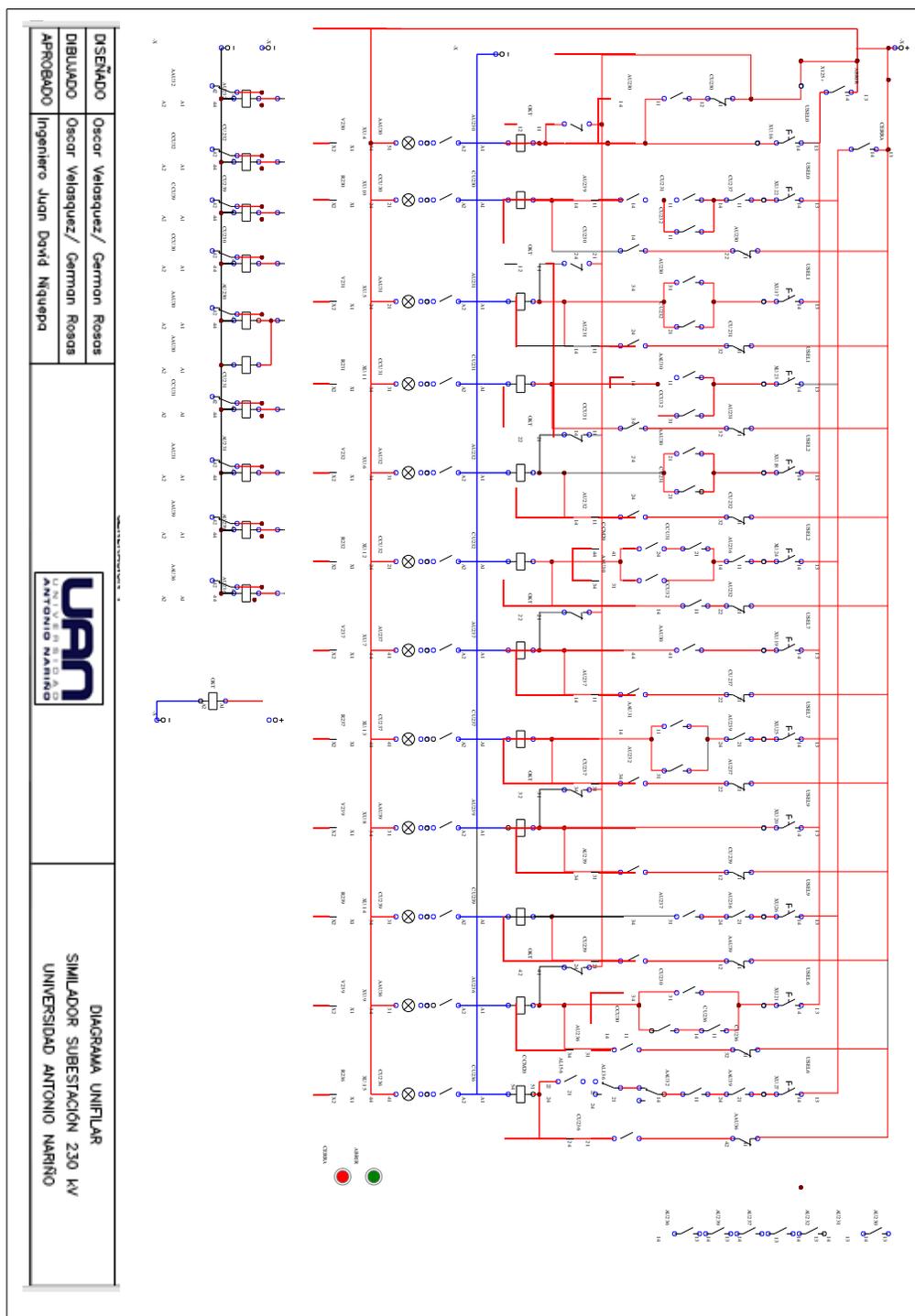
## C. Anexo: Diagrama unifilar simulador didactico.



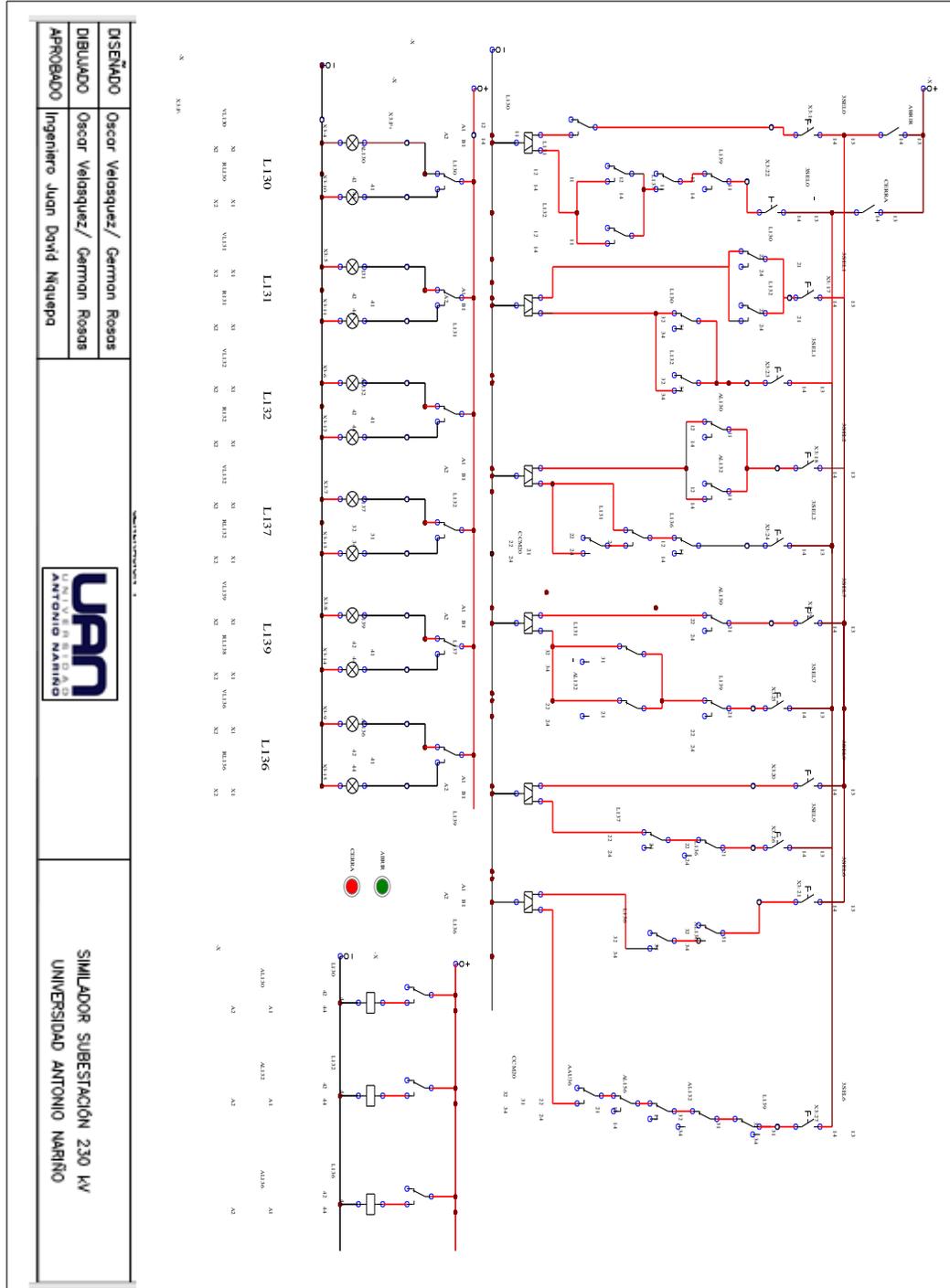
## D. Anexo: Ingeniería de detalle -Bahía de acople de barras.



## E. Anexo: ingeniería de detalle -Bahía de generación.



## F. Anexo: ingeniería de detalle -Bahía de línea 1 y línea 2.



## G. Anexo: Consignas Operativas

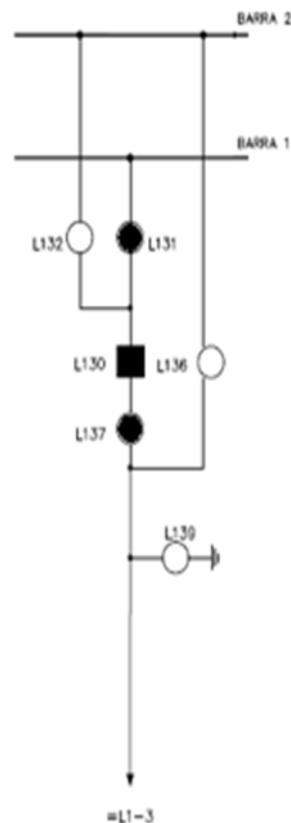
	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Energizar bahía de línea =L1-3 por su Propio Interruptor L130 a través de la Barra 1</b>
---	--

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L130	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L131	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L132	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L137	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L136	Abierto.	<input type="checkbox"/>

1. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L131 y Rojo de cierre, Seccionador L131.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L137 y Rojo de cierre, Seccionador L137.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L130 y Rojo de cierre, Interruptor L130.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES

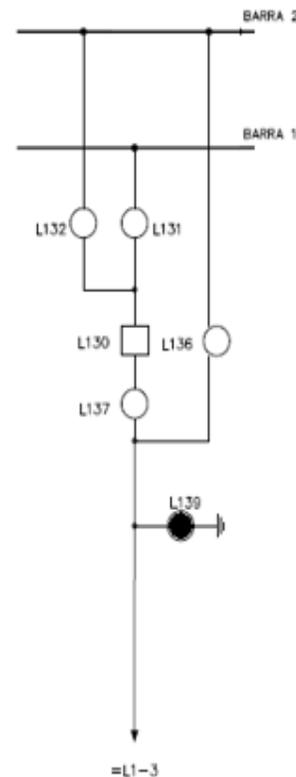


Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Desenergizar y aterrizar bahía de Línea =L1-3 cuando se encuentra energizado por su Propio Interruptor L130 desde la Barra 1.</b>
---	---

|  
**NIVEL 1**

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Interruptor L130.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
2	Seccionador L131	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L132	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L137.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L136.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

**DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES**


2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L130 y Verde de apertura, Interruptor L130.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L137 y Verde de apertura, Seccionador L137.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L131 y Verde de apertura, Seccionador L131.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L139 y Rojo de cierre, Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020



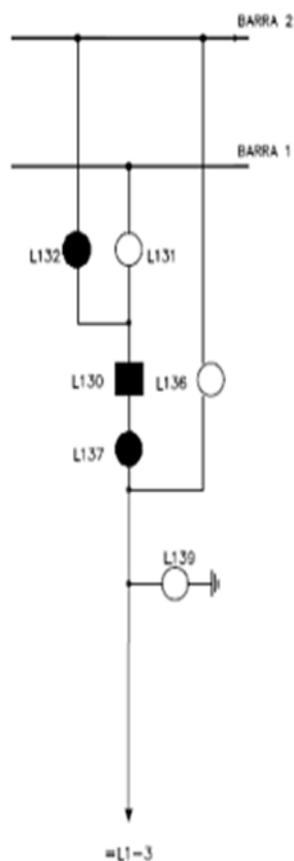
Simulador Subestación 230 kV  
Energizar bahía de línea =L1-3 por su Propio Interruptor L130 a través de la Barra 2

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L130	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L131	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L132	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L137	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L136	Abierto.	<input type="checkbox"/>

1. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L139 y Verde de Abrir, Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente).	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L132 y Rojo de cierre, Seccionador L132.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L137 y Rojo de cierre, Seccionador L137.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L130 y Rojo de cierre, Interruptor L130.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



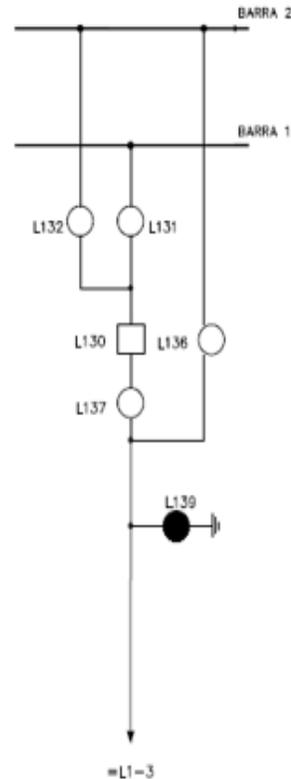
Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Desenergizar y aterrizar bahía de Línea =L1-3 cuando se encuentra energizado por su Propio Interruptor L130 desde la Barra 2.</b>
---	---

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Interruptor L130.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
2	Seccionador L131	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L132	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L137.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L136.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



2. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L130 y Verde de apertura, Interruptor L130.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L137 y Verde de apertura, Seccionador L137.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L132 y Verde de apertura, Seccionador L132.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L139 y Rojo de cierre, Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

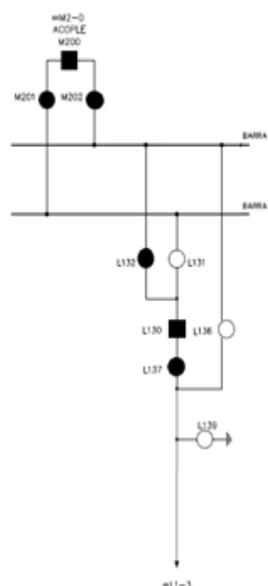
Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Transferir bahía de línea =L1-3 de Barra 1 a Barra 2 por su Propio Interruptor L130</b>
---	---

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L130	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L131	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L132	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L137	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L136	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Interruptor M200	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M201	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Seccionador M202	Abierto.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



1. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201,	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L132 y Rojo de cierre, Seccionador L132.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) L131 y Verde de Apertura, Seccionador L131.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

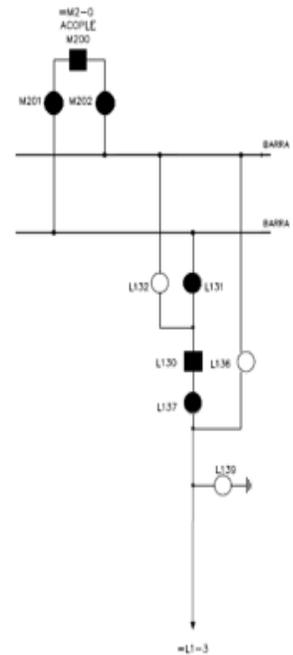
Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Transferir bahía de línea =L1-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio</b> <b>Interruptor L130</b>
---	---

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L130	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L131	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L132	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L137	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L136	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Interruptor M200	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M201	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Seccionador M202	Abierto.	<input type="checkbox"/>
10	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



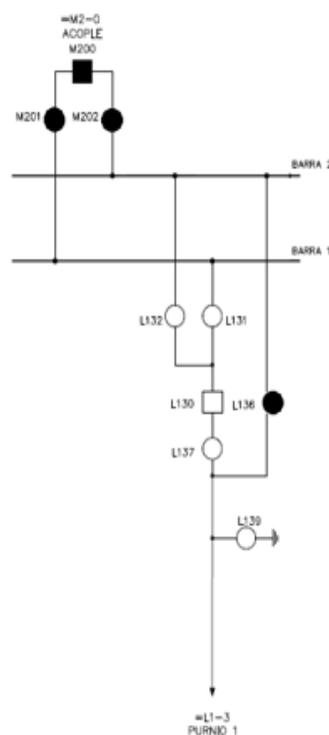
1. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L131 y Rojo de cierre, Seccionador L131.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) L132 y Verde de Apertura, Seccionador L132.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L130.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L131.	Cerrado.	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Seccionador L132.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L137.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L136.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



2. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) L136 y Rojo de cierre, Seccionador L136	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) L130 y Verde de Apertura, Interruptor L130	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
7	Pulsador Blanco (SELEC) L131 y Verde de Apertura, Seccionador L131	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
8	Pulsador Blanco (SELEC) L137 y Verde de Apertura, Seccionador L137	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

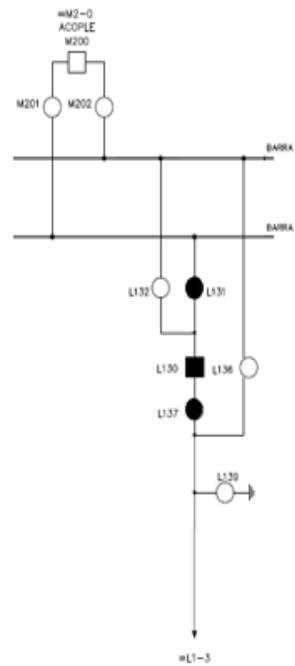
Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Transferir bahía de línea =L1-3 desde el interruptor de transferencia M200 al Interruptor L130 a través de la Barra 1.</b>
---	--

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L130.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L131.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L132.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L137.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L136.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L137 y Rojo de cierre, Seccionador L137.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L131 y Rojo de cierre, Interruptor L131.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L130 y Rojo de cierre, Interruptor L130.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L136 y Rojo de cierre, Seccionador L136.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Verde de Apertura, Interruptor M200.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Verde de Apertura, Seccionador M201.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
7	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Verde de Apertura, Seccionador M202.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Subestación Miel 1 230 kV</b> <b>Transferir la bahía de línea =L1-3 desde su Interruptor L130 a través de la barra 2 al Interruptor de Transferencia M200</b>

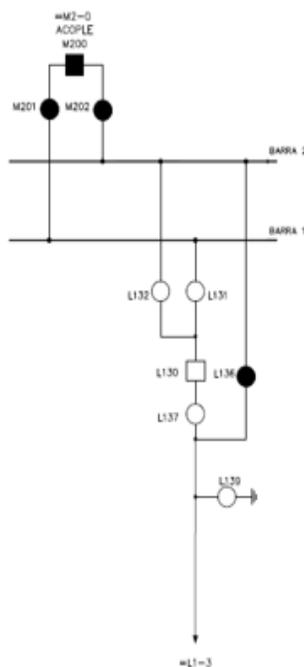
### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L130.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L131.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L132.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L137.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L136.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

7	Pulsador Blanco (SELEC) L130 y Verde de Apertura, Interruptor L130	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
8	Pulsador Blanco (SELEC) L131 y Verde de Apertura, Seccionador L131	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
9	Pulsador Blanco (SELEC) L137 y Verde de Apertura, Seccionador L137	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES

2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L131 y Rojo de cierre, Seccionador L131,	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L132 y Verde de Apertura, Seccionador L132	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco y Rojo de cierre, Seccionador M201, Celda "+U.2-0"	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) L136 y Rojo de cierre, Seccionador L136	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>



Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<p><b>Subestación Miel 1 230 kV</b>  <b>Transferir bahía de línea =L1-3 desde el interruptor de Transferencia M200 al Interruptor L130 a través la Barra 2.</b></p>
---	---

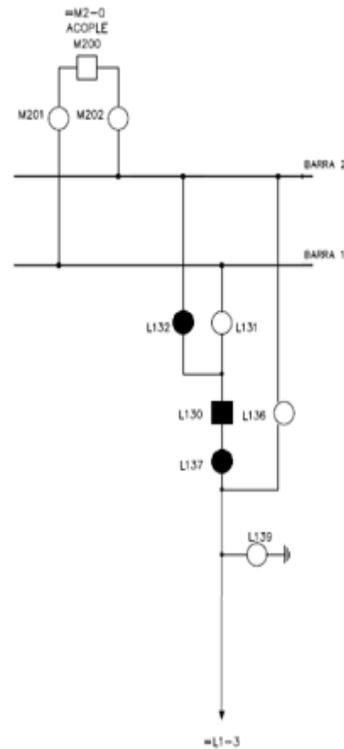
**NIVEL 1**

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO	ESTADO		
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L139.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L130.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L131.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L132.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L137.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L136.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>

7	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Verde de Apertura, Interruptor M200	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
8	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Verde de Apertura, Seccionador M201	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
9	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Verde de Apertura, Seccionador M202	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

**DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES**



Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Energizar bahía de línea =L1-5 por su Propio Interruptor L150 a través de la Barra 1</b>
---	--

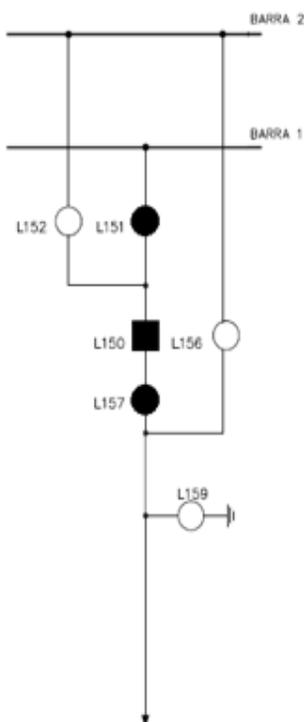
### NIVEL 1



1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L150	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L151	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L152	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L157	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L156	Abierto.	<input type="checkbox"/>

1. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L151 y Rojo de cierre, Seccionador L151.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L157 y Rojo de cierre, Seccionador L157.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L150 y Rojo de cierre, Interruptor L150.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

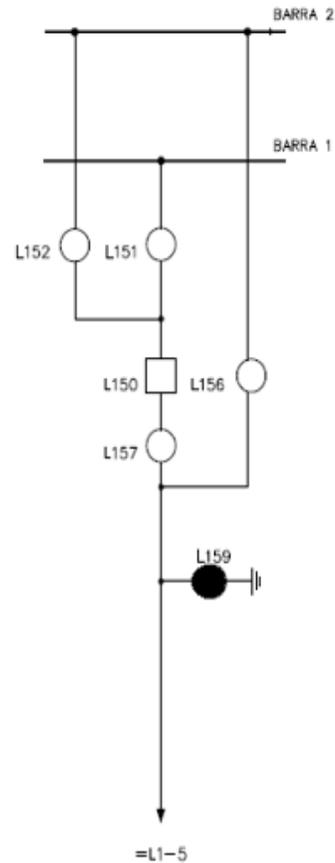


**Simulador Subestación 230 kV**  
**Desenergizar y aterrizar bahía de Línea =L1-5 cuando se encuentra energizado por su Propio Interruptor L150 desde la Barra 1.**

|  
**NIVEL 1**

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Interruptor L150.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
2	Seccionador L151	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L152	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L157.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L156.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

**DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES**



2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L150 y Verde de apertura, Interruptor L150.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L157 y Verde de apertura, Seccionador L157.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L151 y Verde de apertura, Seccionador L151.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L159 y Rojo de cierre, Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

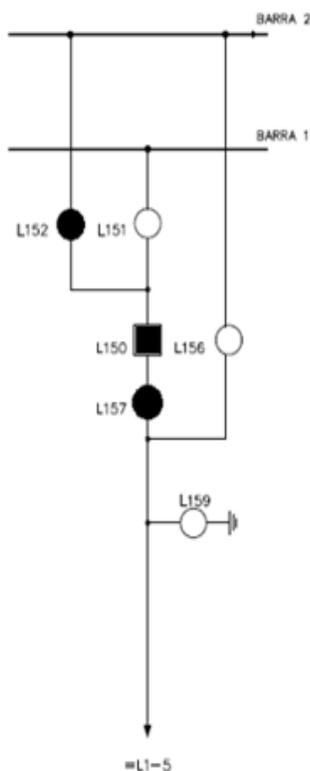


**Simulador Subestación 230 kV**  
**Energizar bahía de línea =L1-5 por su Propio Interruptor L150 a través de la Barra 2**

**NIVEL 1**

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L150	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L151	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L152	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L157	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L156	Abierto.	<input type="checkbox"/>

**DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES**



1. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L159 y Verde de Abrir, Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente).	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L152 y Rojo de cierre, Seccionador L152.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L157 y Rojo de cierre, Seccionador L157.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L150 y Rojo de cierre, Interruptor L150.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas

Fecha: 29 de enero de 2021

Revisó: Juan David Niquepa

Fecha: 15 de marzo de 2021

Aprobó: Juan David Niquepa

Fecha: 20 de marzo de 2020

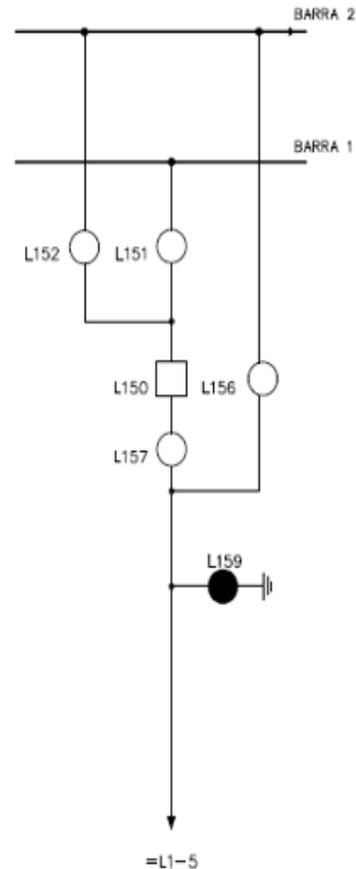


**Simulador Subestación 230 kV**  
**Desenergizar y aterrizar bahía de Línea =L1-5 cuando se encuentra energizado por su Propio Interruptor L150 desde la Barra 2.**

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Interruptor L150.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
2	Seccionador L151	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L152	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L157.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L156.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L150 y Verde de apertura, Interruptor L150.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L157 y Verde de apertura, Seccionador L157.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L152 y Verde de apertura, Seccionador L152.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L159 y Rojo de cierre, Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas

Fecha: 29 de enero de 2021

Revisó: Juan David Niquepa

Fecha: 15 de marzo de 2021

Aprobó: Juan David Niquepa

Fecha: 20 de marzo de 2020

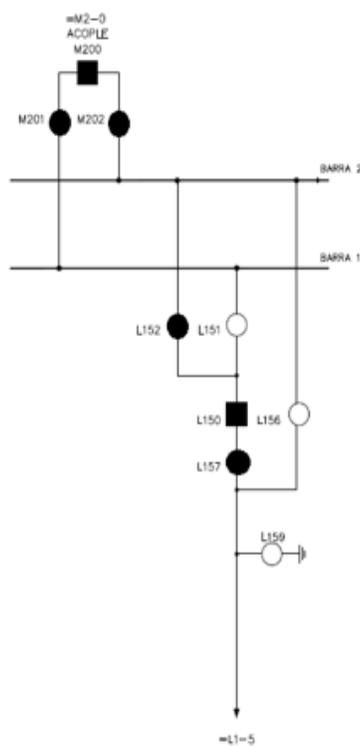


**Simulador Subestación 230 kV**  
**Transferir bahía de línea =L1-5 de Barra 1 a Barra 2 por su Propio**  
**Interruptor L150**

**NIVEL 1**

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L150	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L151	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L152	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L157	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L156	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Interruptor M200	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M201	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Seccionador M202	Abierto.	<input type="checkbox"/>

**DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES**



1. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L152 y Rojo de cierre, Seccionador L152.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) L151 y Verde de Apertura, Seccionador L151.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas

Fecha: 29 de enero de 2021

Revisó: Juan David Niquepa

Fecha: 15 de marzo de 2021

Aprobó: Juan David Niquepa

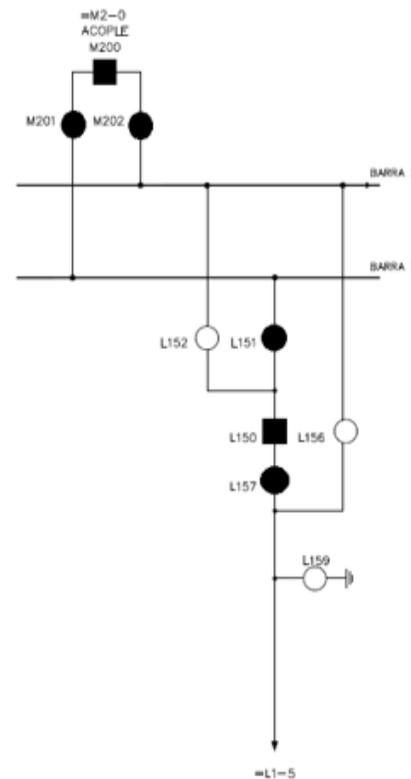
Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Transferir bahía de línea =L1-5 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor L150</b>
---	---

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L150	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L151	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L152	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L157	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L156	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Interruptor M200	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M201	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Seccionador M202	Abierto.	<input type="checkbox"/>
10	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



1. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L151 y Rojo de cierre, Seccionador L151.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) L152 y Verde de Apertura, Seccionador L152.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

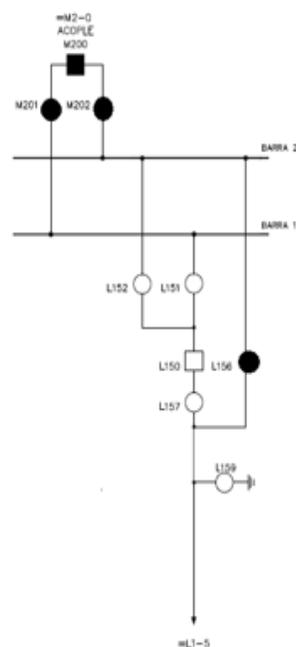
Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Transferir bahía de línea =L1-5 desde su Interruptor L150 a través de la barra 1 al Interruptor de Transferencia M200</b>
---	---

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L150.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L151.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L152.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L157.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L156.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



2. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) L156 y Rojo de cierre, Seccionador L156	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) L150 y Verde de Apertura, Interruptor L150	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
7	Pulsador Blanco (SELEC) L151 y Verde de Apertura, Seccionador L151	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
8	Pulsador Blanco (SELEC) L157 y Verde de Apertura, Seccionador L157	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

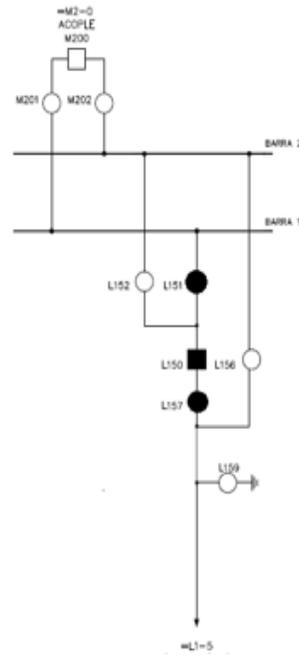
Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Transferir bahía de línea =L1-5 desde el interruptor de transferencia M200 al Interruptor L150 a través de la Barra 1.</b>
---	--

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L150.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L151.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L152.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L157.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L156.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L157 y Rojo de cierre, Seccionador L157.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L151 y Rojo de cierre, Interruptor L151.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L150 y Rojo de cierre, Interruptor L150.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L156 y Rojo de cierre, Seccionador L156.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Verde de Apertura, Interruptor M200.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Verde de Apertura, Seccionador M201.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
7	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Verde de Apertura, Seccionador M202.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Subestación Miel 1 230 kV</b> <b>Transferir la bahía de línea =L1-5 desde su Interruptor L150 a través de la barra 2 al Interruptor de Transferencia M200</b>

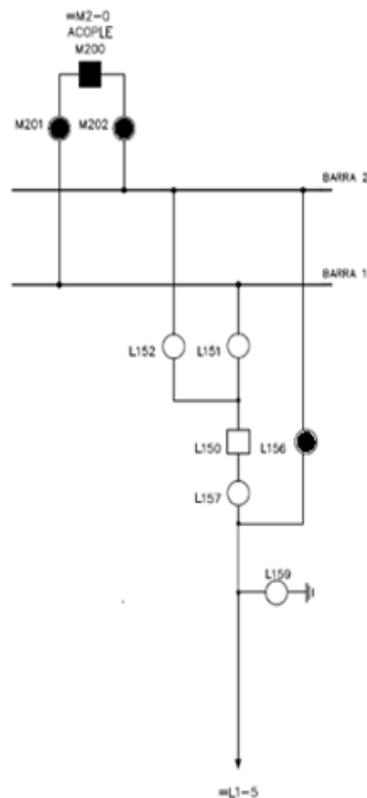
### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L150.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L151.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L152.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L157.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L156.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

7	Pulsador Blanco (SELEC) L150 y Verde de Apertura, Interruptor L150	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
8	Pulsador Blanco (SELEC) L151 y Verde de Apertura, Seccionador L151	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
9	Pulsador Blanco (SELEC) L157 y Verde de Apertura, Seccionador L157	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES

2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L151 y Rojo de cierre, Seccionador L151,	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L152 y Verde de Apertura, Seccionador L152	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco y Rojo de cierre, Seccionador M201, Celda "+U.2-0"	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) L156 y Rojo de cierre, Seccionador L156	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>



Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

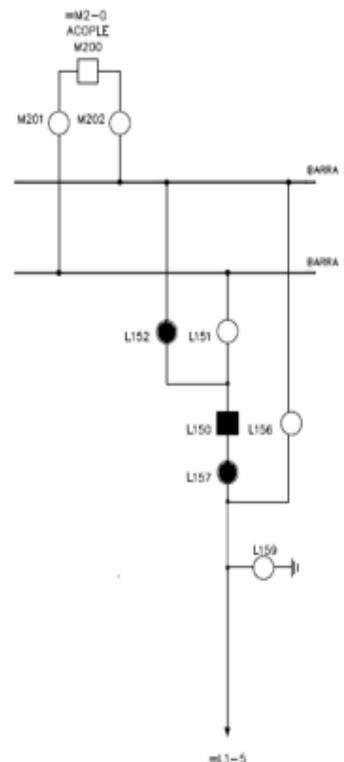
	<b>Subestación Miel 1 230 kV</b> <b>Transferir bahía de línea =L1-5 desde el interruptor de Transferencia M200 al Interruptor L150 a través la Barra 2.</b>
---	--

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra L159.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor L150.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador L151.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador L152.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador L157.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador L156.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>

7	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Verde de Apertura, Interruptor M200	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
8	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Verde de Apertura, Seccionador M201	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
9	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Verde de Apertura, Seccionador M202	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



2. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) L157 y Rojo de cierre, Seccionador L157	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) L151 y Rojo de cierre, Seccionador L151	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) L150 y Rojo de cierre, Interruptor L150	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) L156 y Verde de Apertura, Seccionador L156	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) L152 y Rojo de cierre, Seccionador L152	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) L151 y Verde de Apertura, Seccionador L151	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

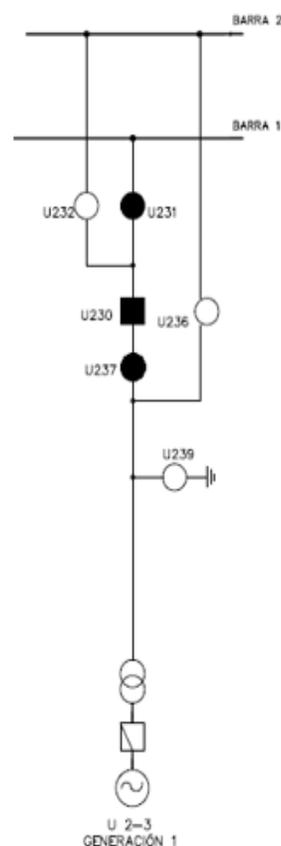
	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Energizar bahía de Unidad de Generación =U2-3 por su Propio Interruptor U230 a través de la Barra 1</b>
---	---

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor U230	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador U231	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador U232	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador U237	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador U236	Abierto.	<input type="checkbox"/>

1. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) U231 y Rojo de cierre, Seccionador U231.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) U237 y Rojo de cierre, Seccionador U237.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) U230 y Rojo de cierre, Interruptor U230.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



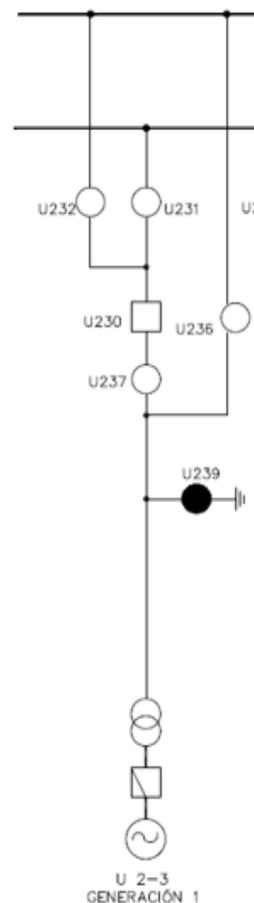
Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Desenergizar y aterrizar bahía de Línea =U2-3 cuando se encuentra energizado por su Propio Interruptor U230 desde la Barra 1.</b>
---	---

|  
NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Interruptor U230.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
2	Seccionador U231	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador U232	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador U237.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador U236.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

**DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES**



2. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) U230 y Verde de apertura, Interruptor U230.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) U237 y Verde de apertura, Seccionador U237.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) U231 y Verde de apertura, Seccionador U231.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) U239 y Rojo de cierre, Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

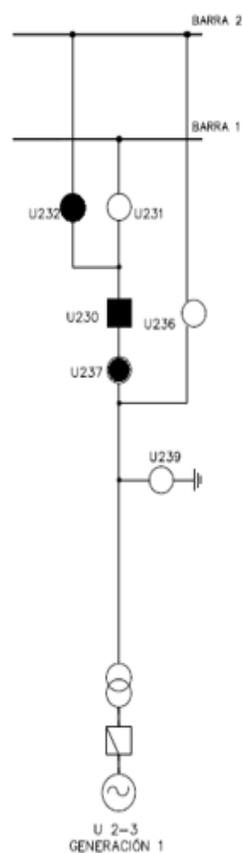
Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor U230	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador U231	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador U232	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador U237	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador U236	Abierto.	<input type="checkbox"/>

1. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) U239 y Verde de Abrir, Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente).	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) U232 y Rojo de cierre, Seccionador U232.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) U237 y Rojo de cierre, Seccionador U237.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) U230 y Rojo de cierre, Interruptor U230.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES

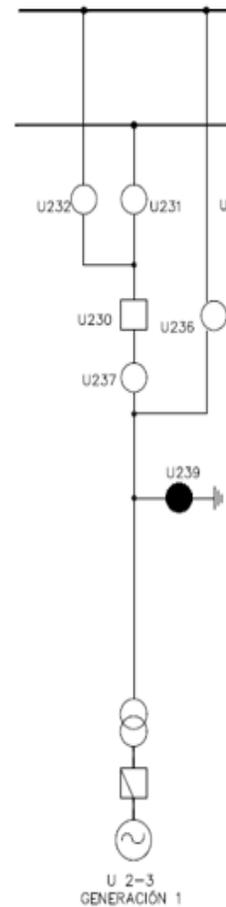


	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Desenergizar y aterrizar bahía de Unidad de Generación =U2-3 cuando se encuentra energizado por su Propio Interruptor U230 desde la Barra 2.</b>
---	--

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Interruptor U230.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
2	Seccionador U231	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador U232	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador U237.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador U236.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) U230 y Verde de apertura, Interruptor U230.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) U237 y Verde de apertura, Seccionador U237.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) U232 y Verde de apertura, Seccionador U232.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) U239 y Rojo de cierre, Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

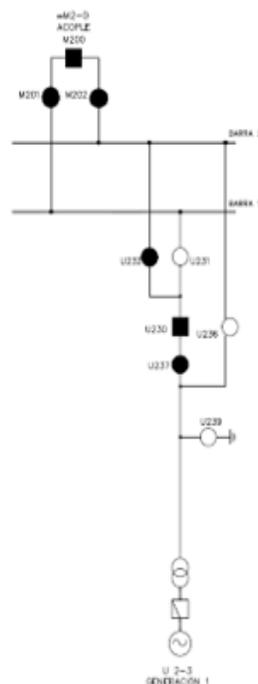


**Simulador Subestación 230 kV**  
**Transferir bahía de Unidad de Generación =U2-3 de Barra 1 a Barra 2**  
**por su Propio Interruptor U230**

**NIVEL 1**

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor U230	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador U231	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador U232	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador U237	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador U236	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Interruptor M200	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M201	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Seccionador M202	Abierto.	<input type="checkbox"/>

**DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES**



1. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201,	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) U232 y Rojo de cierre, Seccionador U232.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) U231 y Verde de Apertura, Seccionador U231.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas

Fecha: 29 de enero de 2021

Revisó: Juan David Niquepa

Fecha: 15 de marzo de 2021

Aprobó: Juan David Niquepa

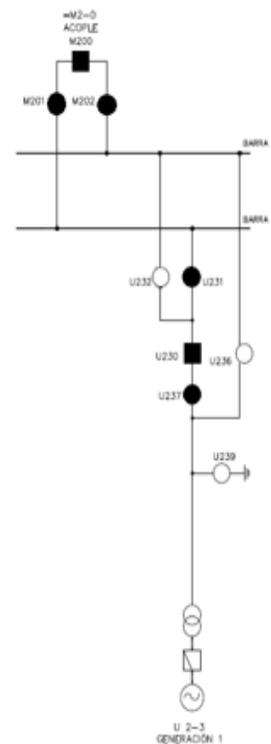
Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Transferir bahía de Unidad de Generación =U2-3 de Barra 2 a Barra 1 por su Propio Interruptor U230</b>
---	--

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor U230	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador U231	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador U232	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador U237	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador U236	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Interruptor M200	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M201	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Seccionador M202	Abierto.	<input type="checkbox"/>
10	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



1. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) U231 y Rojo de cierre, Seccionador U231.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) U232 y Verde de Apertura, Seccionador U232.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

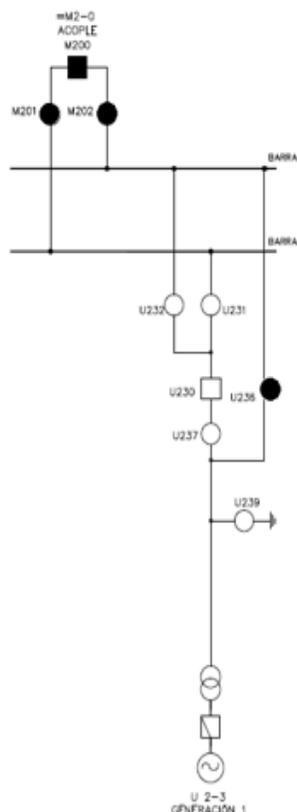
Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Transferir bahía de Unidad de Generación =U2-3 desde su Interruptor U230 a través de la barra 1 al Interruptor de Transferencia M200</b>
---	--

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor U230.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador U231.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador U232.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador U237.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador U236.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



2. PROCEDIMIENTO			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Rojo de cierre, Seccionador M201	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) U236 y Rojo de cierre, Seccionador U236	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) U230 y Verde de Apertura, Interruptor U230	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
7	Pulsador Blanco (SELEC) U231 y Verde de Apertura, Seccionador U231	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
8	Pulsador Blanco (SELEC) U237 y Verde de Apertura, Seccionador U237	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

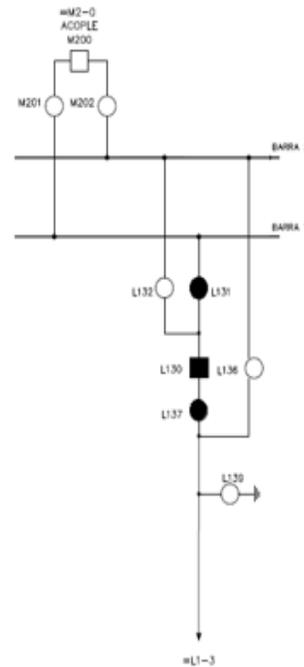
Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Simulador Subestación 230 kV</b> <b>Transferir bahía de línea =U2-3 desde el interruptor de transferencia M200 al Interruptor U230 a través de la Barra 1.</b>
---	--

### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor U230.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador U231.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador U232.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador U237.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador U236.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES



2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) U237 y Rojo de cierre, Seccionador U237.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) U231 y Rojo de cierre, Interruptor U231.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) U230 y Rojo de cierre, Interruptor U230.	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) U236 y Rojo de cierre, Seccionador U236.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Verde de Apertura, Interruptor M200.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Verde de Apertura, Seccionador M201.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
7	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Verde de Apertura, Seccionador M202.	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<b>Subestación Miel 1 230 kV</b> <b>Transferir la bahía de Unidad de Generación =U2-3 desde su Interruptor U230 a través de la barra 2 al Interruptor de Transferencia M200</b>

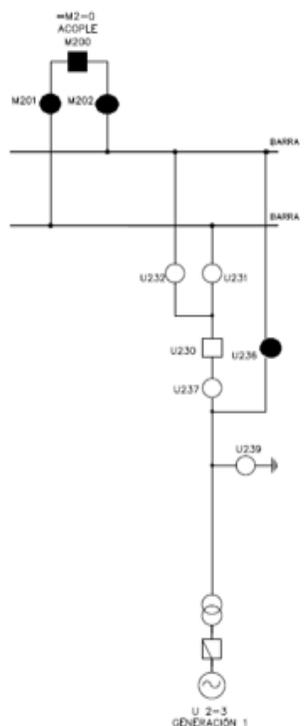
### NIVEL 1

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO		ESTADO	
1	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor U230.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador U231.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador U232.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador U237.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador U236.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Abierto.	<input type="checkbox"/>

7	Pulsador Blanco (SELEC) U230 y Verde de Apertura, Interruptor U230	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
8	Pulsador Blanco (SELEC) U231 y Verde de Apertura, Seccionador U231	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
9	Pulsador Blanco (SELEC) U237 y Verde de Apertura, Seccionador U237	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

### DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES

2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO		MANIOBRA	
1	Pulsador Blanco (SELEC) U231 y Rojo de cierre, Seccionador U231,	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) U232 y Verde de Apertura, Seccionador U232	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco y Rojo de cierre, Seccionador M201, Celda "+U.2-0"	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Rojo de cierre, Seccionador M202	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Rojo de cierre, Interruptor M200	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) U236 y Rojo de cierre, Seccionador U236	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>



Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

	<p><b>Subestación Miel 1 230 kV</b></p> <p><b>Transferir bahía de Unidad de Generación =U2-3 desde el interruptor de Transferencia M200 al Interruptor U230 a través la Barra 2.</b></p>
---	--

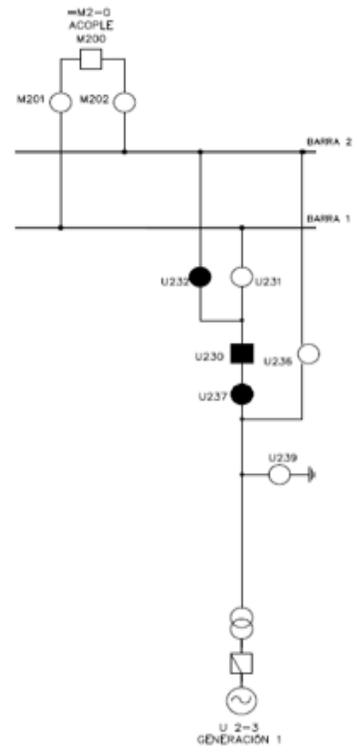
**NIVEL 1**

1. CONDICIONES INICIALES			
EQUIPO	ESTADO		
1	Cuchilla de Puesta a Tierra U239.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
2	Interruptor U230.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador U231.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador U232.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador U237.	Abierto.	<input type="checkbox"/>
6	Seccionador U236.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
7	Seccionador M201.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
8	Seccionador M202.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>
9	Interruptor M200.	Cerrado.	<input type="checkbox"/>

7	Pulsador Blanco (SELEC) M200 y Verde de Apertura, Interruptor M200	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
8	Pulsador Blanco (SELEC) M201 y Verde de Apertura, Seccionador M201	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
9	Pulsador Blanco (SELEC) M202 y Verde de Apertura, Seccionador M202	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

2. PROCEDIMIENTO			
EQUIPO	MANIOBRA		
1	Pulsador Blanco (SELEC) U237 y Rojo de cierre, Seccionador U237	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
2	Pulsador Blanco (SELEC) U231 y Rojo de cierre, Seccionador U231	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
3	Pulsador Blanco (SELEC) U230 y Rojo de cierre, Interruptor U230	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
4	Pulsador Blanco (SELEC) U236 y Verde de Apertura, Seccionador U236	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
5	Pulsador Blanco (SELEC) U232 y Rojo de cierre, Seccionador U232	Cerrar (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>
6	Pulsador Blanco (SELEC) U231 y Verde de Apertura, Seccionador U231	Abrir (Presionar y mantener simultáneamente)	<input type="checkbox"/>

**DIAGRAMA UNIFILAR EN CONDICIONES FINALES**



Elaboró: Oscar Velásquez / German Rosas	Revisó: Juan David Niquepa	Aprobó: Juan David Niquepa
Fecha: 29 de enero de 2021	Fecha: 15 de marzo de 2021	Fecha: 20 de marzo de 2020

## 5 Bibliografía

- 09a5f5d0-58a8-44ef-a591-64386de276d2.pdf. (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de [https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23965915/310118\\_borrador\\_proy\\_RETIE\\_productos.pdf/09a5f5d0-58a8-44ef-a591-64386de276d2](https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23965915/310118_borrador_proy_RETIE_productos.pdf/09a5f5d0-58a8-44ef-a591-64386de276d2)
- Apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/indice01/codigos-1995-res.025-1995.cod..redes.-.cod..operacion?opendocument.* (s. f.). recuperado 5 de mayo de 2021, de <http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/indice01/codigos-1995-res.025-1995.cod..redes.-.cod..operacion?opendocument>
- Apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolución-1995-CRG95024.* (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1995-CRG95024>
- Apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolución-2003-CREG116-2003.* (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-2003-CREG116-2003>
- Aulamoisan—Subestaciones Eléctricas.* (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de <https://www.aulamoisan.com/software-moisan/subestaciones-electricas>
- Avella, S. A. H. (2016). *Diagnóstico de las subestaciones con sistema de automatización y control propiedad de la ebsa.* 73.
- carvajal, d. a. b. (2004). *comparacion tecnico funcional y descripcion de.* 98.
- Castillo, J. O. A. (s. f.). *Simulador de entrenamiento para el personal que atiende la operación de subestaciones eléctricas de transmisión.* 11.

- Conceptos Basicos de Subestaciones Electricas 1 | Subestacion electrica | Transformador.* (s. f.). Scribd. Recuperado 5 de mayo de 2021, de <https://es.scribd.com/document/323096223/Conceptos-Basicos-de-Subestaciones-Electricas-1>
- Diseño de Subestaciones Eléc. Raull Martin 2a Ed\_2000b | Ingeniería | Diseño.* (s. f.). Scribd. Recuperado 6 de mayo de 2021, de <https://es.scribd.com/doc/305022335/Diseno-de-Subestaciones-Elec-Raull-Martin-2a-Ed-2000b>
- Documento-de-trabajo-sobre-el-Sistema-Interconectado-Nacional.pdf.* (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de <https://www.celsia.com/wp-content/uploads/2020/09/Documento-de-trabajo-sobre-el-Sistema-Interconectado-Nacional.pdf>
- Glosario Energetico* (Vol. 1). (1998). Direccion Proyeccion Corporativa de ISA.
- GutiérrezSalazarLuisAntonio2020.pdf.* (s. f.). Recuperado 6 de mayo de 2021, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/23828/Guti%C3%A9rrezSalazarLuisAntonio2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Helman, C. (s. f.). *It's Time To Flip The Switch On Energy Poverty.* Forbes. Recuperado 5 de mayo de 2021, de <https://www.forbes.com/sites/energysource/2014/07/15/its-time-to-flip-the-switch-on-energy-poverty/>
- <https://www.areatecnologia.com>. (s. f.). *Distribucion energia electrica.* Recuperado 15 de mayo de 2021, de <https://www.areatecnologia.com/como-se-distribuye-energia-electrica.htm>
- INFORME DE GESTION IPSE 2020.pdf.* (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de [https://ipse.gov.co/documento\\_acordeon/documento/informes\\_de\\_gestion\\_evaluacion\\_y\\_auditoria/informe\\_de\\_gestion\\_2020/INFORME%20DE%20GESTION%20IPSE%202020.pdf](https://ipse.gov.co/documento_acordeon/documento/informes_de_gestion_evaluacion_y_auditoria/informe_de_gestion_2020/INFORME%20DE%20GESTION%20IPSE%202020.pdf)
- Informe\_gestion\_2015.pdf.* (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de [http://www1.upme.gov.co/InformesGestion/Informe\\_gestion\\_2015.pdf](http://www1.upme.gov.co/InformesGestion/Informe_gestion_2015.pdf)
- JESÚS, T. M. (2015). *Subestaciones eléctricas.* Ediciones Paraninfo, S.A.
- Lección 1.1 | Departamental | UPME.* (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de <https://www.upme.gov.co/CursoCajaHerramientas/departamental-modulo1-1.html>

- Ley 99 de 1993 Nivel Nacional.* (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>
- Leyes desde 1992—Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY\_1715\_2014].* (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)
- Lugares donde no hay electricidad en el mundo y porqué.* (2019, abril 28). Twenergy. <https://twenergy.com/energia/energia-electrica/un-cuarto-de-la-poblacion-mundial-vive-sin-electricidad-193/>
- María, L. (s. f.). *Diseño del Sistema de Control y Protección de una Posición de Línea de 220 kV.* 31.
- Marquez, F. (s. f.). *Carlos Felipe Ramírez Subestaciones de alta y extra alta tensión Mejía Villegas S.A. (2003).* Recuperado 5 de mayo de 2021, de [https://www.academia.edu/39686217/Carlos\\_Felipe\\_Ram%C3%ADrez\\_Subestaciones\\_de\\_alta\\_y\\_extra\\_alta\\_tensi%C3%B3n\\_Mej%C3%ADa\\_Villegas\\_S\\_A\\_2003\\_](https://www.academia.edu/39686217/Carlos_Felipe_Ram%C3%ADrez_Subestaciones_de_alta_y_extra_alta_tensi%C3%B3n_Mej%C3%ADa_Villegas_S_A_2003_)
- Martel, M. C. V. (2006). Recursos didácticos de apoyo a la docencia universitaria Especial referencia a las materias de la disciplina administrativa. *Revista Docencia Universitaria*, 7(1), Article 1. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistadocencia/article/view/756>
- Ochoa, E. A. L. (2017). *Revisión y actualización de las consignas de operación y consignas de falla de las subestaciones del Cte. Centro.* 58.
- Ochoa, R. G. (s. f.). *Pobreza energética en América Latina.* 36.
- Patiño, E. M. L. (s. f.). *Profesional 1 ET Mantenimiento Subestaciones.* 1, 209.
- Plan energetico nacional colombia: Ideario energético 2050.* (s. f.). 184.
- Practica 1V\_2020A-rev.pdf.* (s. f.). Recuperado 9 de mayo de 2021, de [http://ciecfie.epn.edu.ec/wss/virtualdirectories/80/Automatizaci%C3%B3n-Instrumentacion/Laboratorios/ControllIndustrial/hojasguias/2020A/Practica%201V\\_2020A-rev.pdf](http://ciecfie.epn.edu.ec/wss/virtualdirectories/80/Automatizaci%C3%B3n-Instrumentacion/Laboratorios/ControllIndustrial/hojasguias/2020A/Practica%201V_2020A-rev.pdf)
- Pub1222s\_web.pdf.* (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222s\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222s_web.pdf)
- Resolución 1348 de 2009 Ministerio de la Protección Social—EVA - Función Pública.* (s. f.). Recuperado 15 de mayo de 2021, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36213>

- Revista\_08\_06\_2016-F.pdf*. (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de [http://ciencia.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2016/06/Revista\\_08\\_06\\_2016-F.pdf](http://ciencia.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2016/06/Revista_08_06_2016-F.pdf)
- Riveros Hernández, D. A., Nausan García, D. H., García Miranda, D. S., & Palacios Osma, J. I. (2017). Desarrollo de un entorno virtual para la simulación de maniobras eléctricas en subestaciones: Un caso práctico. *Ingeniería Solidaria*, 13(22), 55-84. <https://doi.org/10.16925/in.v13i22.1752>
- Romero, C. (s. f.). *Diseño de Subestaciones Electricas—Jose Raul Martín*. Recuperado 6 de mayo de 2021, de [https://www.academia.edu/27315372/Dise%C3%B1o\\_de\\_Subestaciones\\_Electricas\\_Jose\\_Raul\\_Mart%C3%ADn](https://www.academia.edu/27315372/Dise%C3%B1o_de_Subestaciones_Electricas_Jose_Raul_Mart%C3%ADn)
- SUBESTACIONES. (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de [https://www.javierbotero.com/Javier\\_Botero/SUBESTACIONES.html](https://www.javierbotero.com/Javier_Botero/SUBESTACIONES.html)
- Subestaciones Alta y ExtraAlta Tension* (Segun Edicion, Vol. 2). (s. f.). Mejia Villegas S.A.
- SUBESTACIONES ELÉCTRICAS. (2016a, octubre 14). *RELSAMEX*. <https://www.relsamex.com/subestaciones-electricas/>
- SUBESTACIONES ELÉCTRICAS. (2016b, octubre 14). *RELSAMEX*. <https://www.relsamex.com/subestaciones-electricas/>
- Subestaciones-Eléctricas.pdf*. (s. f.). Recuperado 6 de mayo de 2021, de <https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/Subestaciones-Ele%CC%81ctricas.pdf>
- T-761-15 Corte Constitucional de Colombia*. (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2015/t-761-15.htm>
- Upme\_departamental\_1.3.pdf*. (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de [http://www.upme.gov.co/CursoCajaHerramientas/guias/upme\\_departamental\\_1.3.pdf](http://www.upme.gov.co/CursoCajaHerramientas/guias/upme_departamental_1.3.pdf)
- UPME\_EN\_STN\_STR\_ACTUAL\_2019.pdf*. (s. f.). Recuperado 5 de mayo de 2021, de [http://sig.simec.gov.co/GeoPortal/images/pdf/UPME\\_EN\\_STN\\_STR\\_ACTUAL\\_2019.pdf](http://sig.simec.gov.co/GeoPortal/images/pdf/UPME_EN_STN_STR_ACTUAL_2019.pdf)
- V 010 | Relé | Controlador lógico programable*. (s. f.). Scribd. Recuperado 9 de mayo de 2021, de <https://es.scribd.com/document/410828963/v010-docx>
- Varela, J. C. V., & Echeverry, L. M. (2019a). *SIMULADOR DE UN DIÁMETRO DE UNA SUBESTACIÓN EN CONFIGURACIÓN INTERRUPTOR Y MEDIO*. 130.

