



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**INGENIERO ELÉCTRICO
MENCION SISTEMAS DE POTENCIA**

**TEMA:
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE SIMULACIONES, PARA
OPERACIÓN Y MANIOBRAS DE LAS ETAPAS QUE COMPRENDEN UN
SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA”**

**AUTORES:
CHRISTIAN HUMBERTO MATAMOROS RUGEL
PABLO JULIO MORÁN SALCÁN**

**DIRECTOR DE TESIS:
ING.DAVID CÁRDENAS**

FEBRERO 2015

GUAYAQUIL – ECUADOR

CERTIFICACIÓN

Por medio del presente proyecto certifico que el presente trabajo fue desarrollado y elaborado por CHRISTIAN MATAMOROS RUGEL y PABLO JULIO MORÁN SALCÁN bajo mi supervisión.

Ing. David Cárdenas

RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS

“La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis corresponden exclusivamente a los Autores”.

CHRISTIAN HUMBERTO MATAMOROS RUGEL

C.I. 0924718398

PABLO JULIO MORÁN SALCÁN

C.I. 0921970240

AGRADECIMIENTO

Luego de concluir la presente tesis queda expresado en estas palabras nuestros agradecimientos a:

- Ante todo agradecemos a Dios por haber estado en nuestro camino y habernos guiado en esta primera parte de nuestra vida.
- En primer lugar al sacerdote Bolívar Jaramillo A. por cumplir un sueño para los estudiantes salesianos de la ciudad de Guayaquil al poder continuar con el aprendizaje de tercer nivel para quienes crecimos bajo las enseñanzas de ética y moral inspiradas en Don Bosco.
- A todos y cada uno de los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana de la sede Guayaquil por habernos transmitido sus conocimientos durante el tiempo que duró nuestra carrera.
- Al Ing. Carlos Chávez y el Ing. Ervin Solano por su colaboración y aporte para las mejoras del proyecto.
- Al Ing. David Cárdenas, quien con su tutoría nos brindó las sugerencias y exigencias necesarias para encaminar de forma eficiente el tema de graduación.
- Al Ing. Otto Astudillo, quien como docente del colegio Domingo Comín y la Universidad Politécnica Salesiana, además de director de la carrera de Ingeniería Eléctrica; siempre acogió con gentileza y paciencia nuestras dudas e inquietudes para ayudarnos a continuar con la conquista de nuestras metas desde la culminación de la etapa de colegio hasta el fin de nuestra carrera universitaria.

CHRISTIAN HUMBERTO MATAMOROS RUGEL

PABLO JULIO MORÁN SALCÁN

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a familiares y amigos de quienes siempre he recibido mucha estimación, pero principalmente dedico este trabajo a mi padre Humberto Matamoros V. y a mi madre Danni Rugel B., porque nunca han dejado de ser mis dos pilares más importantes en los cuales me he apoyado siempre y de los que he recibido de forma inmensurable el amor e incentivos necesarios para conquistar cada uno de mis objetivos. Siempre les estaré eternamente agradecido saldando en parte la deuda eterna que tendré con ustedes con mis pequeños logros que son la evidencia más clara del buen ser humano que han educado y formado.

Christian Matamoros Rugel

Dedico esta tesis ante todo a Dios, a María Auxiliadora y a Don Bosco que ante todo sin su guía no hubiera podido encontrar el sendero y cumplir mis metas. Además a cada una de las personas que han hecho posible la terminación de mi carrera (familiares, amigos, profesores), ya que sin su ayuda incondicional no estaría en este momento en el lugar que estoy. Mi agradecimiento especial a mis padres Sra. Dolores Salcán Piedra y Sr. Julio Morán León y a mi hermana la Ec. María Emilia Morán Salcán, ya que han estado siempre ahí durante mi crecimiento como persona, católico y profesional.

Pablo Morán Salcán

TRIBUNAL DEL CONSEJO DE CARRERA

Presidente del tribunal

Director de tesis

Vocal del tribunal

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Método Experimental de Investigación.....	3
1.4.1. Grupo Experimental y de Control	4
2.1. Definición de Sistema de Potencia y su clasificación.	5
2.1.1 Generación	6
2.1.2 Transmisión.....	9
2.1.3 Sub-transmisión	10
2.1.4 Distribución.....	12
2.2. Subestación Eléctrica.....	12
2.3. Partes y Equipos de Las Subestaciones Eléctricas	13
2.3.1 Elementos de mando y protección	13
2.4. Función de las barras en la subestación.....	15
2.5. Operación y Maniobra.....	19
2.6. Cinco reglas de oro.....	20
2.6.1 Desconexión.....	20
2.6.2 Enclavamiento, bloqueo y señalización	20
2.6.3 Comprobación de ausencia de tensión	21
2.6.4 Puesta a tierra y cortocircuito.....	21

2.6.5	Señalización de la zona de trabajo	22
2.7.	Criterios de diseño	22
2.7.1	Seguridad	22
2.7.2	Confiabilidad.....	23
2.7.3	Simplicidad de operación.....	23
2.7.4	Mantenimiento	23
2.7.5	Flexibilidad	23
2.7.6	Costo	24
2.7.7	PLC Y HMI.....	24
3.	CAPÍTULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO.....	25
3.1.	Secuencia de construcción de la base para el banco.....	25
3.2.	Secuencia en la elaboración y montaje de la lamina de conexiones.	28
3.3.	Secuencia en la instalación de elementos en el banco.....	33
3.4.	Conexión interna de los dispositivos eléctricos.....	37
3.5.	Diseño de pantallas en equipo hmi (interfaz hombre – máquina).....	43
3.6.	Inventarios de equipos que conforman el banco eléctrico.....	46
3.7.	Filosofía de control para banco de simulaciones, programascada.....	47
3.7.1.	Programación en el plc, scada y hmi	47
3.7.2.	Pantalla de inicio.	47
3.7.3.	Práctica #3.	50
3.7.4.	Práctica #4.	55
3.7.5.	Práctica #5.	58
3.7.6.	Práctica #6.	61
3.7.7.	Práctica #7.	63
3.7.8.	Práctica #8.	66
3.7.9.	Práctica #9.	68
3.7.10.	Práctica #10.	72
3.7.11.	Práctica #12.	73
3.7.12.	Práctica #11.	75
3.8.	Presupuesto de la construcción del banco de simulaciones.....	76

4. CAPÍTULO IV MANUAL DE PRÁCTICAS.....	77
4.1. Guía de prácticas para pruebas del banco.....	77
4.2. Práctica #. 1: mantenimiento y seguridad del banco.	79
4.2.1. Datos informativos.....	79
4.2.2. Datos de la práctica.....	79
4.2.3. Normas de seguridad de los elementos.....	81
4.2.4. Normas de seguridad de los elementos.....	87
4.2.5. Normas de seguridad con los elementos eléctricos.....	88
4.2.6. Normas de seguridad dentro del laboratorio.....	88
4.3. Práctica #. 2: verificación del funcionamiento de los elementos.	90
4.3.1. Datos informativos.....	90
4.3.2. Datos de la práctica.....	90
4.3.3. Diagrama de conexonado.....	113
4.4. Practica # 03: maniobra de operación de una bahía de generación.	114
4.4.1. Datos informativos.....	114
4.4.2. Datos de la práctica.....	114
4.4.3. Diagrama de conexonado.....	120
4.5. Práctica # 04: maniobra de mantenimiento de una planta de generación..	121
4.5.1. Datos informativos.....	121
4.5.2. Datos de la práctica.....	121
4.5.3. Diagrama de conexonado.....	127
4.6. Práctica # 05: operación de una estación de transmisión 138kv.	128
4.6.1. Datos informativos.....	128
4.6.2. Datos de la práctica.....	128
4.6.3. Diagrama de conexonado.....	134
4.7. Práctica # 06: maniobra de mantenimiento de una estación 138kv.....	135
4.7.1. Datos informativos.....	135
4.7.2. Datos de la práctica.....	135
4.7.3. Diagrama de conexonado.....	141
4.8 Práctica # 07: operación de una sub estación de subtransmisión 69kv.	142
4.8.1 Datos informativos.....	142
4.8.2 Datos de la práctica.....	142
4.8.3. Diagrama de conexonado.....	147
4.9 Práctica # 08: maniobra de mantenimiento de una estación 69kv.....	148

4.9.1	Datos informativos.....	148
4.9.2	Datos de la práctica.....	148
4.9.3.	Diagrama de conexionado.....	153
4.10	Práctica # 09: operación de una estación de subestación de 13.8kv.....	154
4.10.1	Datos informativos.....	154
4.10.2	Datos de la práctica.....	154
4.10.3	Diagrama de conexión	161
4.11	Práctica # 10: maniobra de mantenimiento de una estación de subestación de distribución 13,8kv.....	162
4.11.1	Datos informativos.....	162
4.11.2	Datos de la práctica.....	162
4.11.3	Diagrama de conexión	168
4.12	Práctica # 11: falla sobre corriente, sobre el sistema de potencia.	169
4.12.1	Datos informativos.....	169
4.12.2	Datos de la práctica.....	169
4.12.3	Diagrama de conexión	176
4.13	Práctica # 12: transferencia entre líneas de 13.8kv.	177
4.13.1	Datos informativos.....	177
4.13.2	Datos de la práctica.....	177
4.13.3	Diagrama de conexión	183
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		184
5.1	Conclusiones.	184
5.2	Recomendaciones.....	184
BIBLIOGRAFÍA.....		187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de principio de un sistema eléctrico.....	5
Figura 2 Central Hidroeléctrica Manuel Piar en Tocomá	7
Figura 3 Central Térmica Esmeraldas II.....	8
Figura 4 Operador Nuclear estatal Corea del Sur	8
Figura 5 Energías renovables	9
Figura 6 Esquema Radial	11
Figura 7 Esquema en Anillo.....	11
Figura 8 Esquema mallado.....	11
Figura 9 Esquema de subestación de distribución	12
Figura 10 Interruptor automático	14
Figura 11 Seccionador de Cuchillas.....	14
Figura 12 Barra sencilla	16
Figura 13 Barra principal y de transferencia.....	16
Figura 14 Barra doble	17
Figura 15 Doble barra más seccionador de BYPASS.....	17
Figura 16 Doble barra más seccionador de transferencia	17
Figura 17 Doble barra más barra de transferencia	18
Figura 18 Doble barra más barra de transferencia 2	18
Figura 19 Interruptor y medio	19
Figura 20 Doble barra con interruptor	19
Figura 21 Construcción de la mesa en CAD.....	25
Figura 22 Construcción de la mesa	25
Figura 23 Construcción de la mesa	26
Figura 24 Construcción de la estructura.....	27
Figura 25 Vista frontal de la estructura.....	27
Figura 26 Impresión de lámina	29
Figura 27 Toma de medidas para pegado de vinil	29
Figura 28 Colocación de vinil.....	30
Figura 29 Perforaciones en la plancha	30
Figura 30 Verificación de perforaciones.....	31

Figura 31 Calados de la plancha	31
Figura 32 Acabado de la plancha.....	32
Figura 33 Revisión de acabado	32
Figura 34 Depuración de defectos.....	32
Figura 35 Tablero con calados y perforaciones	33
Figura 36 Cotización de equipos.....	33
Figura 37 Adquisición de equipos	34
Figura 38 Equipo Hmi touch.....	34
Figura 39 PLC Modelo S71200	35
Figura 40 Fuente variable de corriente.....	35
Figura 41 Fuente variable de voltaje.....	35
Figura 42 Conmutador de 8 puertos.....	36
Figura 43 Borneras call test	36
Figura 44 Instalación de elementos eléctricos	37
Figura 45 Instalación de equipos	38
Figura 46 Ajuste de elementos eléctricos	38
Figura 47 Instalación de equipos de control	38
Figura 48 Cableado de elementos eléctricos.....	39
Figura 49 Cableado de Hmi	39
Figura 50 Cableado de PLC S71200.....	40
Figura 51 Conexión del PLC a borneras.....	40
Figura 52 Instalación de fuentes variables de voltaje y corriente	41
Figura 53 Cableado de PLC vista frontal.....	41
Figura 54 Conexión en de módulos del PLC	41
Figura 55 Cableado de alimentación 24Vdc fija.....	42
Figura 56 Instalación de pantalla	42
Figura 57 Cableado de fuentes variables de voltaje y corriente.....	42
Figura 58 Instalación de Cpu	43
Figura 59 Prueba de fuente de voltaje y corriente.....	43
Figura 60 Pantalla principal HMI	44
Figura 61 Pantalla desplegable de opción de práctica	44
Figura 62 Pantalla HMI- Generador 2	45

Figura 63 Pantalla HMI- Generador 3	45
Figura 64 Pantalla HMI- Generador 4	45
Figura 65 Pantalla HMI- Transmisión	46
Figura 64 Primera pantalla de programa SCADA	48
Figura 65 Primera pantalla de programa HMI	48
Figura 66 Segunda pantalla de Historial SCADA.	49
Figura 67 Práctica 3 y 4 SCADA.....	50
Figura 68 Práctica 3 y 4 HMI.....	50
Figura 71 Práctica 3 y 4 HMI.....	51
Figura 70 Práctica 3 y 4 HMI.....	51
Figura 71 Práctica 3 y 4 HMI.....	52
Figura 72 Práctica 5 y 6 SCADA.....	58
Figura 73 Práctica 5 y 6 HMI.....	58
Figura 74 Práctica 5 y 6 HMI.....	59
Figura 75 Práctica 7 y 8 SCADA.....	63
Figura 76 Práctica 7 y 8 HMI.....	63
Figura 77 Práctica 7 y 8 HMI.....	64
Figura 78 Práctica 7 y 8 HMI.....	64
Figura 79 Práctica 9, 10, 12. SCADA.....	68
Figura 80 Práctica 9, 10, 12. HMI.....	68
Figura 81 Práctica 9, 10, 12. HMI.....	69
Figura 82 Práctica 9, 10, 12. HMI.....	69
Figura 83 Práctica 9, 10, 12. HMI.....	70
Figura 84 Práctica 9, 10, 12. HMI.....	70
Figura 85 Práctica 9, 10, 12. HMI.....	71
Figura 86 Practica 11	75
Figura 89 Banco de Simulaciones de un Sistema Eléctrico de Potencia	81
Figura 90 Cableado del tablero	82
Figura 91 Parte posterior del tablero.....	82
Figura 92 Alimentación 120VAC	83
Figura 93 Fuentes de 10V y 20ma	83
Figura 94 Señales de voltaje y corriente	84

Figura 95 PLC S7-1200 120/240V	84
Figura 96 Módulo de expansión.....	85
Figura 97 Pantalla táctil	85
Figura 98 Switch de comunicación y patch panel.....	86
Figura 99 Monitor 21 pulgadas tipo led.....	86
Figura 100 Conexionado en pulsantes, luces piloto y actuadores.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Costo del proyecto	76
Tabla 2 Toma de Valores	93
Tabla 3 Toma de Valores	94
Tabla 4 Toma de Valores	95
Tabla 5 Toma de Valores	97
Tabla 6 Toma de Valores	102
Tabla 7 Toma de Valores	105
Tabla 8 Toma de Valores	108
Tabla 9 Toma de Valores	109
Tabla 10 Toma de Valores	111
Tabla 11 Toma de Valores	112
Tabla 26 Conexionado 1 práctica 3.....	114
Tabla 27 Conexionado 2 práctica 3.....	116
Tabla 28 Conexionado 1 práctica 4.....	121
Tabla 29 Conexionado 2 práctica 4.....	123
Tabla 30 Conexionado 1 práctica 5.....	128
Tabla 31 Conexionado 2 práctica 5.....	130
Tabla 32 Conexionado 1 práctica 6.....	135
Tabla 33 Conexionado 2 práctica 6.....	137
Tabla 34 Conexionado 1 práctica 7.....	142
Tabla 35 Conexionado 2 práctica 7.....	144
Tabla 36 Conexionado 1 práctica 8.....	148
Tabla 37 Conexionado 2 práctica 8.....	150
Tabla 38 Conexionado 1 práctica 9.....	154
Tabla 39 Conexionado 2 práctica 9.....	156
Tabla 40 Conexionado 1 práctica 10.....	162
Tabla 41 Conexionado 2 práctica 10.....	164
Tabla 42 Conexionado 1 práctica 11.....	169
Tabla 43 Conexionado 2 práctica 11.....	171
Tabla 44 Conexionado 1 práctica 12.....	177
Tabla 45 Conexionado 2 práctica 12.....	179

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Efecto Jolue	10
-------------------------------	----

RESUMEN

Tema: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE SIMULACIONES, PARA OPERACIÓN Y MANIOBRAS DE LAS ETAPAS QUE COMPRENDEN UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA A

Autores: Christian Matamoros Rugel, Pablo Morán Salcán

Director de Tesis: Ing. David Cárdenas.

Palabras Claves: Banco, Simulación, Generación, Transmisión, Sub-transmisión, Distribución.

El presente proyecto evidencia el diseño y construcción de un banco de simulaciones de un sistema eléctrico de potencia. Para el cual se desarrolló el control automatizado de las cuatro etapas que comprende el mismo (generación, transmisión, sub-transmisión y distribución) por medio de la utilización de un controlador lógico programable (PLC).

Se simuló un cuarto de control por medio de un computador en donde se instaló el software que represente el “SCADA”, mientras que una pantalla táctil refleja la interfaz hombre-máquina más conocido como HMI. Además de pulsantes normalmente cerrados y abiertos que permitirán las respectivas maniobras y luces pilotos que manifestarán los estados según las pruebas realizadas.

El banco de simulaciones permitirá el desarrollo de 10 prácticas con escenarios distintos de operación, maniobras, protecciones y fallas que competen al sistema eléctrico de potencia.

ABSTRACT

Subject: DESIGN AND CONSTRUCTION SIMULATION OF A BENCH FOR OPERATION AND MANEUVERS OF STEPS COMPRISING AN ELECTRIC POWER SYSTEM.

Authors: Christian Matamoros Rugel, Pablo Morán Salcán

Tesis Director: Ing. David Cárdenas Salcán

Keywords: Bench, simulation, generation,
Transmission, Sub Transmission, Distribution

This project demonstrates the design and construction of a bank of simulations of an electric power system. For which the automatic control of the four stages comprising the same (generation, transmission, sub-transmission and distribution) by using a programmable logic controller (PLC) was developed.

A control room was simulated by a computer where the software represents the "SCADA" was installed, while a touch screen human-machine reflects better known as HMI interface. Besides pulsating normally closed and open to allow the respective maneuvers and pilot lights that manifest states as tested.

The bank will allow the development of simulation practices 10 different operating scenarios, maneuvers, protections and faults that fall to the power system.

INTRODUCCIÓN

En este presente documento se expone todo lo que respecta al desarrollo del diseño y construcción del banco de simulaciones, desde el inicio hasta su culminación.

Para un mejor entendimiento del proceso en la realización del trabajo de tesis, se hace una división por capítulos. Los primeros capítulos hacen referencia a conceptos y fundamentos sacados de textos guías para reforzar conocimientos en definiciones de términos eléctricos, así como como principios de generación y distribución de energía eléctrica en media tensión.

Luego un capítulo exclusivo donde se detalla el desarrollo del diseño y también se da a conocer un diagrama unifilar para establecer los equipos y materiales necesarios para su simulación. En conjunto se realizaron los planos respectivos del banco, los diagramas de conexiones que facilitaron el montaje de los equipos.

Una vez concluido la elaboración del banco, se dio paso a realizar las 12 prácticas relacionadas a operaciones, maniobras y acciones en el momento de fallas de sobre corriente, sobre tensión o sub tensión. Existen al menos dos prácticas de cada uno de los sistemas eléctricos de potencia que es dirigido a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PROBLEMA

Como en la mayoría de los temas de tesis actuales que se han presentados, estos; dan a la tendencia de encontrar mecanismos pedagógicos que faciliten y optimicen el tiempo de aprendizaje en las carreras técnicas, y el problema detectado es que en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil no dispone de un módulo experimental para desarrollar temas específicos dentro del pensum académico en la carrera de ingeniería eléctrica en la parte de sistemas eléctricos de potencia.

Cuando los estudiantes comienzan a laborar en el sector eléctrico, han podido experimentar que existen muchos equipos o actividades que son desconocidas en el ambiente de sistemas de potencia dando en conclusión que la electricidad es un mundo muy extenso.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El tema de la tesis en mención se basa en una parte muy importante de la rama que son los sistemas eléctricos de potencia.

Por medio del módulo se pretende recrear un ambiente similar a lo que se observa en un cuarto de control de una estación eléctrica, mediante un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), que consiste en controlar y supervisar datos a distancia; y elementos de maniobra.

Se simularán desde los encendidos de los generadores, y los pasos a seguir para sincronizarlo hasta la distribución e media tensión.

El banco de simulación está diseñado para que el estudiante esté familiarizado con algunos de los posibles escenarios que va a encontrar en un sistema eléctrico de potencia. De esta manera se le da una ventaja al estudiante de la Universidad para que se le haga más rápido la interacción con el sistema.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Poder visualizar el sistema eléctrico de Potencia completo desde una pantalla de control y realizar prácticas de operaciones normales y maniobras de mantenimiento preventivo y/o correctivo.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diseñar un diagrama unifilar desde la etapa de generación hasta la de distribución en media tensión.
- Establecer los equipos y materiales necesarios para simular el diagrama unifilar.
- Diseño y construcción del tablero con los elementos escogidos.
- Elaboración de las 12 practicas relacionadas a operaciones, maniobras y acciones en el momento de fallas de sobre corriente, sobre tensión o sub tensión. Por lo menos dos prácticas de cada uno de los sistemas eléctricos de potencia.

1.4. MÉTODO EXPERIMENTAL DE INVESTIGACIÓN

Como metodología se toma como base el concepto tomado de (Gutierrez, 1992, pág. 122) donde se explica que la experimentación es el método del laboratorio científico, en donde los elementos o equipos son manipulados y los efectos observados pueden controlarse. Con esto se explica que el proceso de experimentación es el provoca los fenómenos o también se puede decir que modifica los hechos para estudiarlos en situaciones que no se presentan en parámetros normales.

En el desarrollo se aplica la experimentación en el funcionamiento de los equipos en base de la modalidad de grupo experimental y de control.

1.4.1. GRUPO EXPERIMENTAL Y DE CONTROL

Siguiendo con la parte metodológica, se enuncia un párrafo extraído de (Gutierrez, 1992, pág. 122) y se explica que el grupo experimental es aquel que está expuesto a la influencia del factor experimental. El grupo de control es aquel que no está sometido al tratamiento experimental.

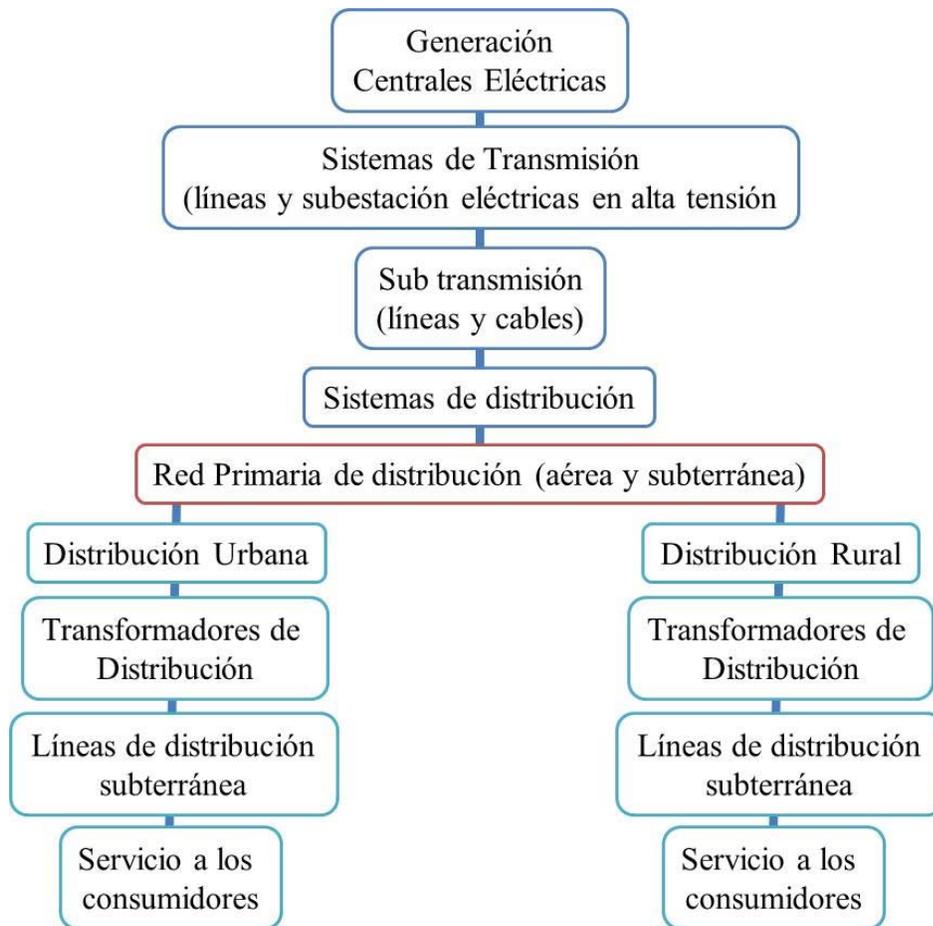
En el banco de prueba se ha identificado el grupo de generación, la estación de transmisión a 230 KV, la estación de sub-transmisión a 69 KV y la estación de distribución a 13.8 KV. En estos grupos se realizaron las observaciones para determinar cambios ocurridos, y todo se visualizó en las prácticas generadas en donde se evidencian dichos cambios.

CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. DEFINICIÓN DE SISTEMA DE POTENCIA Y SU CLASIFICACIÓN.

El sistema eléctrico de potencia está constituido por equipos y materiales los cuales hacen posible transmitir energía eléctrica desde las fuentes hasta el consumidor final. Para lograr su cometido debe de cruzar por largas distancias, y todos los fenómenos normales o anormales que se puedan suscitar. A continuación se presenta el esquema de un sistema eléctrico de potencia.

Figura 1 Esquema de principio de un sistema eléctrico



Fuente: Los autores

El sistema eléctrico de potencia tiene cuatro partes fundamentales y principales como lo son:

- Generación
- Transmisión
- Sub-transmisión
- Distribución

2.1.1 GENERACIÓN

(Harper G. E., 2011, pág. 13) La generación es la etapa desarrollada en las centrales eléctricas que producen energía por transformación a partir de las fuentes primarias.

Las centrales eléctricas convencionales se pueden clasificar como:

- Hidroeléctricas
- Termoeléctricas
- Nucleares

Su equipo principal es un generador eléctrico capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos llamados también polos, terminales o bornes; transformando la energía mecánica en eléctrica.

En la actualidad existen más tipos de sistemas para generar energía eléctrica, sin importar cuál sea, estos deben cumplir su misión la cual es ser una fuente de energía eléctrica capaz de soportar una carga determinada.

A continuación se realizará una revisión breve de los tipos de plantas de generación para tener claro conceptos sobre la energía eléctrica:

Planta Hidroeléctrica

La potencia hidroeléctrica es la potencia obtenida de la energía del agua que cae, en tanto que las plantas hidroeléctricas son aquellas que utilizan la energía potencial del agua a alto nivel para la generación de la energía

eléctrica. Esta energía del agua puede ser energía cinética o energía potencial.

Los proyectos hidroeléctricos usan la potencia del agua para la generación de energía eléctrica: Cuando el agua cae a través de una altura, su energía es capaz de girar turbinas, las cuales están acopladas a generadores.(Harper E. , 2010, pág. 177)

Figura2 Central Hidroeléctrica Manuel Piar en Tocomá



Fuente: Diario digital Colarebo, www.colarebo.com, 2011.

Plantas Termoeléctricas

Para tener una mejor comprensión del concepto de una planta termoeléctrica se puede indicar que:

Los elementos básicos de una planta termoeléctrica son la caldera y el grupo turbogenerador. En la caldera se efectúa la transferencia de energía del combustible al vapor del agua. En la turbina de vapor se efectúa la transformación de la energía del vapor en energía mecánica que a su vez será transformada por el generador en energía eléctrica. (Viejo Zubicaray & Álvarez Fernández, 2004, pág. 161)

Debido a que los recursos hidroeléctricos son cada día más escasos en el mundo, fue necesario construir plantas de almacenamiento con turbo-bombas, que trabajan como turbinas en los momentos en que la carga del sistema es más alta, y tan solo como bombas cuando la carga del sistema es baja. (Viejo Zubicaray & Álvarez Fernández, 2004, pág. 162)

Figura3 Central Térmica Esmeraldas II



Fuente: Celec EP Termo Esmeraldas, www.celec.gob.ec/termoesmeraldas,2013

Planta Nucleares

Las plantas nucleares producen electricidad a partir del calor liberado por una reacción nuclear cuando el núcleo de un átomo se divide en dos (un proceso llamado fisión atómica), liberando una considerable cantidad de energía. Hay que aclarar que una reacción química como la combustión del carbón produce solo un reacomodo de los átomos, sin afectar de ninguna manera sus núcleos. Una planta nuclear es idéntica a una térmica, excepto que la caldera es reemplazada por un reactor nuclear.(Wildi, 2007, pág. 684)

Figura4 Operador Nuclear estatal Corea del Sur



Fuente: Diario Contraste, www.diariocontraste.com, 2015

Fuentes alternas de energía

Como se indica en (Harper G. E., 2011, pág. 32) dentro de este concepto se tienen las llamadas energías renovables que en los últimos años se han vuelto populares debido

a que son consideradas como tecnologías que no contaminan al medio ambiente. Básicamente existen tres tipos de generación renovable, estas son: Generación solar, generación eólica y las pequeñas hidroeléctricas.

Figura5 Energías renovables



Fuente: Energías Renovables, www.uskar.es, 2014

2.1.2 TRANSMISIÓN

Es la primera etapa después de la generación, las estaciones de transmisión están cerca de las plantas de generación pero a una distancia muy lejana de los centros de cargas. Por este motivo su función principal es utilizar transformadores elevadores de niveles de tensión eléctrica de 13,8KV a 138KV, 230KV o 500KV, para evitar al máximo las pérdidas de energía eléctrica en las líneas de transmisión.

Hay que mencionar como indica (Benito, 1998, pág. 35) que en las líneas de transmisión en donde pasan corrientes, estas van a generar pérdidas por efecto Joule; con lo que se va a originar un calentamiento en el conductor y una transmisión de calor al medio que envuelve a dicho conductor, hasta que se alcance una temperatura de estabilización.

Efecto Joule

Los conductores y las resistencias se calientan cuando son atravesador por una corriente eléctrica. Este fenómeno es conocido como efecto Joule.

El físico P. James Joule estudió la relación que existe entre la energía y su transformación plena en calor. A base de experimentar con un calorímetro, llegó a la conclusión de la que la energía de 1 joule es equivalente a 0024 calorías.(Miguel, 2011, pág. 101)

Ecuación 1 Efecto Joule

$$Q = 0.24 * E$$

Fuente: Miguel, 2011

Q= Calor en calorías

E= Energía en joule

2.1.3 SUB-TRANSMISIÓN

Una vez que nos aproximamos a los centros poblados, es necesario reducir el voltaje a valores menores por medio de transformadores reductores. Para facilitar así el transporte de energía a los grandes centros industriales y residenciales de las ciudades.

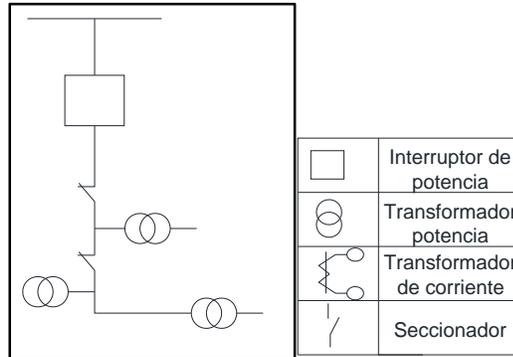
Las líneas de subtransmisión están generalmente alimentadas desde una subestación de transmisión y distribuyen energía a varias subestaciones. Algunos voltajes típicos usados en este nivel son:

- 34.5 KV
- 69 KV
- 115 KV
- 138 KV

Estos voltajes son el resultado de un análisis económico y responden a la magnitud de las demandas que se maneja. Una de las tareas más complejas en la ingeniería de sistemas de potencia es la de insertar nuevas tensiones dentro de las existentes. Por ello, es frecuente que haya más bien un desplazamiento hacia abajo en el uso de las tensiones existentes. Por ejemplo, una tensión que antes fue de subtransmisión puede pasar a ser distribución primaria, etc.

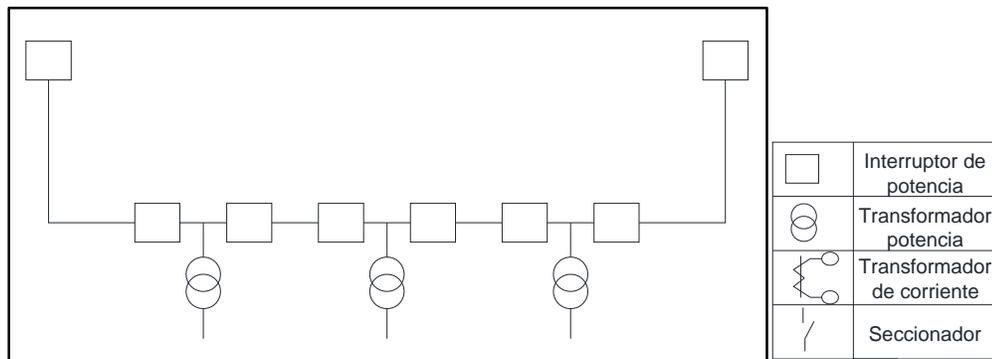
Los esquemas frecuentemente en el nivel de subtransmisión son como se aprecia en la Figura siguiente; radiales, anillo o mallado.(Naranjo, 2006, pág. 20)

Figura6 Esquema Radial



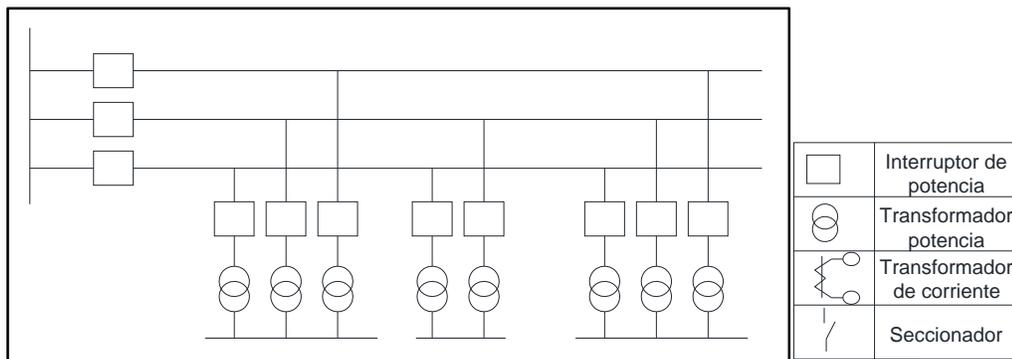
Fuente: Los autores

Figura7 Esquema en Anillo



Fuente: Los autores

Figura8 Esquema mallado



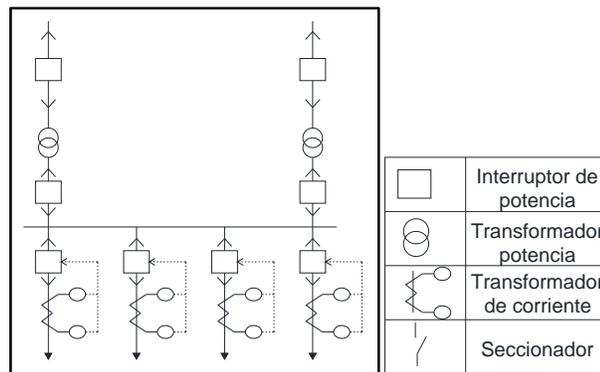
Fuente: Los autores

2.1.4 DISTRIBUCIÓN

(Harper G. E., 2011, pág. 56) La distribución es una etapa desarrollada para alimentar a la mayoría de los consumidores, las líneas de trasmisión alimentan a las subestaciones reductoras que generalmente están ubicadas en los centros urbanos. Estas subestaciones vuelven a reducir el voltaje a nivel de 13,8KV. De estas subestaciones parten las líneas de distribución primaria, de esta forma es mucho más sencillo, económico y seguro, transportar la energía eléctrica a cada rincón del pueblo, urbanización o ciudad.

En (Naranjo, 2006, pág. 21) se indica que la subestación de distribución (S/E) designa la transformación del nivel de subtransmisión al nivel primario de distribución. Este componente es objeto de una atención y diseño especial con la importancia de la demanda de la misma.

Figura9 Esquema de subestación de distribución



Fuente: Los autores

2.2. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

(Harper G. E., 2011, pág. 61) La subestación eléctrica es una parte integral de un sistema de potencia que forma eslabones importantes entre las centrales de generación, los sistemas de transmisión, los sistemas de distribución y las cargas. Es un conjunto de equipos eléctricos que incluyen barras, interruptores, transformadores de potencia, cuchillas etc.

Las subestaciones eléctricas se pueden clasificar por su nivel de tensión, por su ubicación en exterior o interior, basada en su configuración, y de acuerdo a su clasificación.

2.3. PARTES Y EQUIPOS DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Entre los equipos y partes de una subestación principales se pueden mencionar los siguientes:

- Líneas entrantes
- Barras
- El transformador de Potencia
- Aisladores
- Sistema de conexión a tierra
- Estructuras
- Cables de potencia
- Interruptores
- Seccionadores
- Transformador de potencial y de corriente (TP y TC)
- Sistema de control y medición
- Alumbrado
- Entre otros

Del libro (Montecelos, 2015, pág. 178) se han tomado datos para hacer una breve revisión de los aparatos de conexión principales.

2.3.1 ELEMENTOS DE MANDO Y PROTECCIÓN

Los principales equipos de mando y de protección son:

Interruptor automático

Este aparato mecánico es el que debe soportar de interrumpir corrientes normales del circuito y eventualmente otras condiciones anormales como las de cortocircuito.

Figura10 Interruptor automático



Fuente: Trashorras Jesús, Subestaciones eléctricas, 2015

Actualmente, existe una generación de interruptores de potencia como por ejemplo:

- Interruptores extraíbles
- Interruptores de aceite
- Interruptor de aire comprimido
- Interruptor de vacío
- Interruptor de hexafluoruro de azufre (SF6)

Seccionador

Compuesto de cuchillas y aisladores con su función de abrir o cerrar con tensiones comprendidas entre 36 KV y 245 KV. El mecanismo de operación suele ser manual o por motor eléctrico. Existen algunos modelos como:

- Seccionador de cuchillas deslizantes
- Seccionador de tres columnas giratorias de apertura central
- Seccionador de columnas giratorias en V
- Seccionador semipantógrafo

Figura11 Seccionador de Cuchillas



Fuente: Trashorras Jesús, Subestaciones eléctricas, 2015

Transformador de potencia

En (Harper G. E., 2011, pág. 90) se habla de los transformadores de potencia indicando que son necesarios entre niveles de voltajes consecutivos para elevar o reducir niveles de voltaje de corriente alterna.

Se construyen y se diseñan en varios tamaños de acuerdo a la necesidad requerida.

Para especificar un transformador se deben requerir datos tales como:

- Frecuencia
- Número de fases
- Número de devanados
- Conexiones
- Métodos de enfriamiento
- Potencia en KVA
- Relación de voltaje
- Nivel de aislamiento
- Normas de referencias

2.4. FUNCIÓN DE LAS BARRAS EN LA SUBESTACIÓN

La función principal de las barras es de conectar los circuitos entrantes y de salida en la subestaciones. (Harper G. E., 2011, pág. 120) El sistema de barras denota la configuración de las barras con respecto a los circuitos asociados y a los componentes. Hay una variedad de sistemas de barras, tales como el arreglo de barra sencilla, el arreglo con doble barra, el arreglo con barra principal, etc. Para su representación se lo hace en un diagrama unifilar usando una simbología convencional para representa cada elemento o componente. Cada configuración tiene sus ventajas y desventajas.

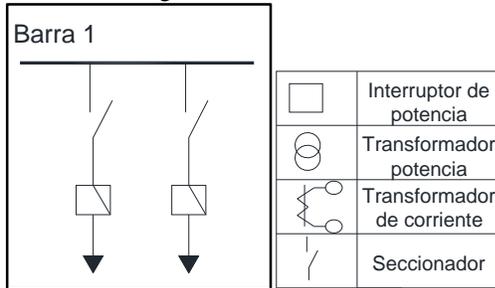
Se han utilizado una gran variedad de diagramas de conexión basado en los requerimientos que contengan las expectativas y condiciones de operación para las

subestaciones eléctricas. Los tipos de configuraciones típicas utilizadas en subestaciones son las siguientes:

Barra sencilla

El arreglo de barra sencilla se da al término a las subestaciones que constan de una barra para cada tensión, por lo que no ofrecen mayor grado de flexibilidad, ya que una falla en barras produce la salida total por que procura que tengan la capacidad de poder.(Harper E. , 2005, pág. 136)

Figura12 Barra sencilla

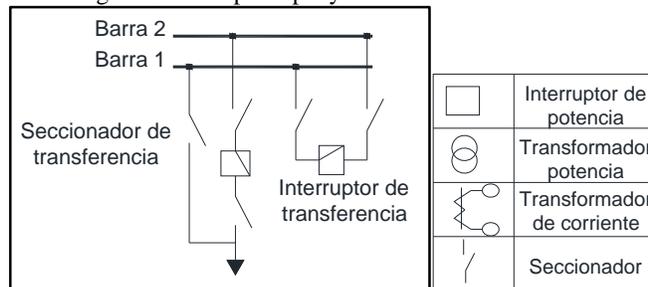


Fuente: Los autores

Barra principal y de transferencia.

Estas subestaciones poseen un arreglo más flexible, ya que cuentan con interruptor de transferencia, por lo que para darles mantenimientos no se requiere interrumpir el servicio, aquí la barra principal es la única permanentemente energizada y solo al librar algún interruptor se energiza la barra de transferencia.(Harper E. , 2005, pág. 137)

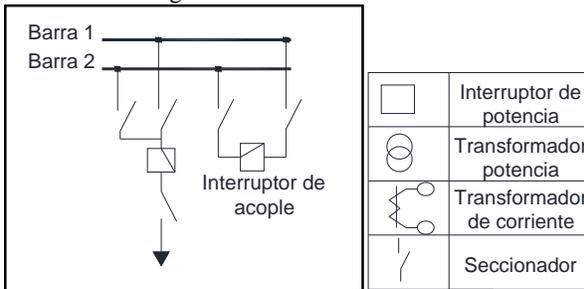
Figura13 Barra principal y de transferencia



Fuente: Los autores

- Barra doble.

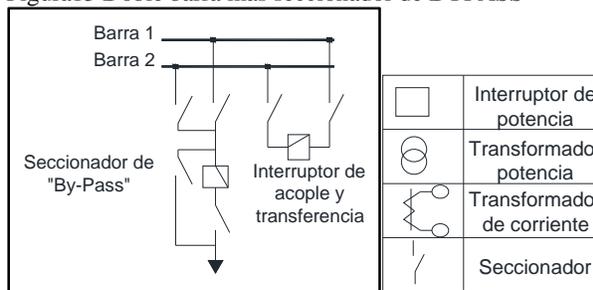
Figura14 Barra doble



Fuente: Los autores

- Doble barra más seccionador de BYPASS.

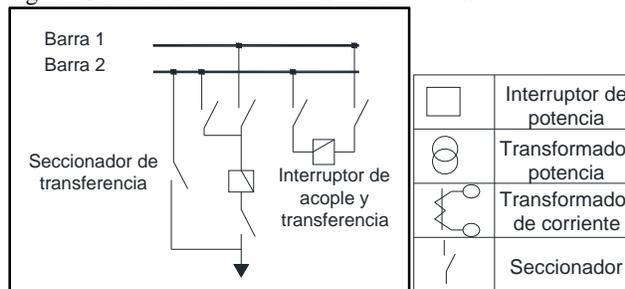
Figura15 Doble barra más seccionador de BYPASS



Fuente: Los autores

- Doble barra más seccionador de transferencia.

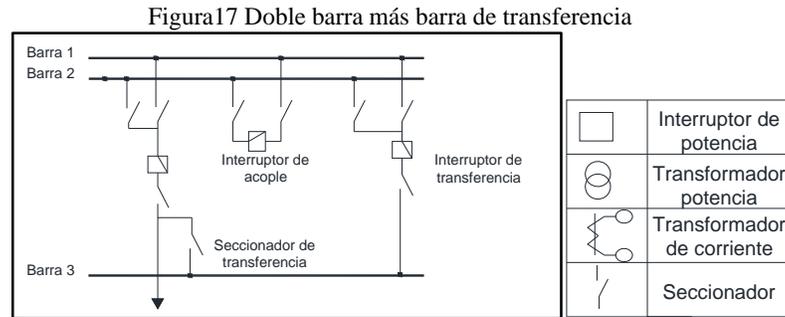
Figura16 Doble barra más seccionador de transferencia



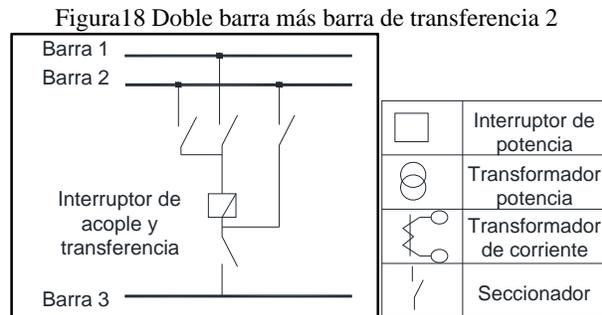
Fuente: Los autores

Doble barra más barra de transferencia.

Como se observa en la Figura siguiente, este arreglo utiliza la flexibilidad de conexión a través de cuchillas a la barra de preferencia, además de contar generalmente con un interruptor de amarre de barras, y además cuenta con otra barra para transferir el circuito que requiera de mantenimiento. Este arreglo es muy confiable pero también muy costoso. (Harper E. , 2005, pág. 141)



Fuente: Los autores

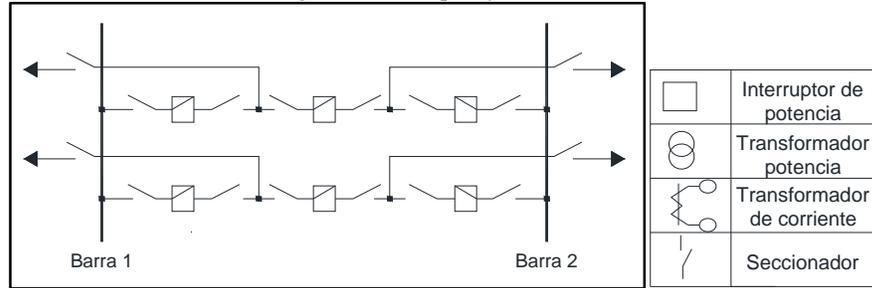


Fuente: Los autores

Interruptor y medio.

Este arreglo ofrece facilidad de mantenimiento, flexibilidad y confiabilidad, pues al perderse una barra no se deja de alimentar la totalidad de la carga ni se pierden las fuentes de energía. Toma su nombre del hecho de compartir un mismo interruptor dos circuitos diferentes, contando además cada circuito de otro interruptor exclusivo. (Harper E. , 2005, pág. 139)

Figura19 Interruptor y medio

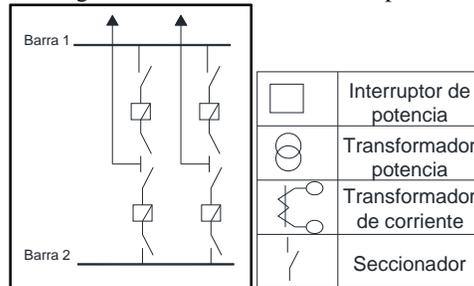


Fuente: Los autores

Doble barra con interruptor.

Como indica (Harper E. , Fundamentos de Instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión, 2005, pág. 141). Este arreglo en una subestación que brinda una flexibilidad de conexión a través de cuchillas a la barra de preferencia, además de contar generalmente con un interruptor de amarre de barras.

Figura20 Doble barra con interruptor



Fuente: Los autores

2.5. OPERACIÓN Y MANIOBRA

Dentro de cualquiera de los sistemas eléctricos de potencia existen procedimientos para el buen funcionamiento llamados Operación y Maniobra. Cuando se hable de operación se refiere a las acciones de apertura cierre de equipos que tengan que ver con el suministro de energía. Y maniobra se indica a las acciones correctivas o de manteniendo dentro de la sub estación.

2.6. CINCO REGLAS DE ORO

Las cinco reglas de oro para realizar trabajos eléctricos son las siguientes:

- 1) Desconexión.
- 2) Enclavamiento, bloque y señalización.
- 3) Comprobación de ausencia de tensión.
- 4) Puesta a tierra y cortocircuito.
- 5) Delimitar zona de trabajo (señalización).

2.6.1 DESCONEXIÓN

Antes de iniciar cualquier trabajo eléctrico sin tensión debemos desconectar todas las posibles alimentaciones a la línea, máquina o cuadro eléctrico. Prestaremos especial atención a la alimentación a través de grupos electrógenos y otros generadores, sistemas de alimentación interrumpida, baterías de condensadores, etc.

Se considera que el corte ha sido bueno cuando se puedan ver los contactos abiertos y con espacio suficiente como para asegurar el aislamiento. Esto es el corte visible.

2.6.2 ENCLAVAMIENTO, BLOQUEO Y SEÑALIZACIÓN

Se debe prevenir cualquier posible re-conexión, utilizando para ello medios mecánicos (por ejemplo candados). Para enclavar los dispositivos de mando no se deben emplear medios fácilmente anulables, tales como cinta aislante, bridas y similares. Cuando los dispositivos sean telemando, se debe anular el telemando eliminando la alimentación eléctrica del circuito de maniobra. En los dispositivos de mando enclavados se señalará claramente que se están realizando trabajos.

Además, es conveniente advertir a otros compañeros que se ha realizado el corte y el dispositivo está enclavado.

2.6.3 COMPROBACIÓN DE AUSENCIA DE TENSIÓN

En los trabajos eléctricos debe existir la premisa de que, hasta que no se demuestre lo contrario; los elementos que puedan estar en tensión lo estarán de forma efectiva. Siempre se debe comprobar la ausencia de tensión antes de iniciar cualquier trabajo, empleando los procedimientos y equipos de medida apropiados al nivel de tensión más elevado de la instalación. Haber realizado los pasos anteriores no garantiza la ausencia de tensión en la instalación. La verificación de ausencia de tensión debe hacerse en cada una de las fases y en el conductor neutro, en caso de existir. También se recomienda verificar la ausencia de tensión en todas las masas accesibles susceptibles de quedar eventualmente sin tensión.

2.6.4 PUESTA A TIERRA Y CORTOCIRCUITO

Este paso es especialmente importante, ya que creará una zona de seguridad virtual alrededor de la zona de trabajo. En el caso de que la línea o el equipo volviesen a ponerse en tensión, bien por una realimentación, un accidente en otra línea o descarga atmosférica, se produciría un cortocircuito y se derivaría la corriente de falla a Tierra quedando sin peligro la parte afectada por los trabajos. Los equipos o dispositivos de puesta a tierra deben soportar la intensidad máxima de defecto trifásico de ese punto de la instalación sin estropearse. Además, las conexiones deben ser mecánicamente resistentes y no soltarse en ningún momento. Hay que tener presente que un cortocircuito genera importantes esfuerzos electrodinámicos. Los equipos de puesta a tierra deben conectarse primero a tierra y después a los conductores que van a ser puestos a tierra. Los equipos deben ser visibles desde la zona de trabajo.

Es recomendable poner cuatro juegos de puentes de cortocircuito y puesta a tierra, uno al comienzo y al final del tramo que se deja sin servicio, y otros dos lo más cerca posible de la zona de trabajo. Aunque este sistema protege frente al riesgo eléctrico, puede provocar otros riesgos, como caídas o golpes, debido a que en el momento del cortocircuito se produce un gran estruendo que puede asustar al técnico.

2.6.5 SEÑALIZACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

La zona dónde se están realizando los trabajos se señalizará por medio de vallas, conos o dispositivos análogos. Si procede, también se señalizarán las zonas seguras para el personal que no está trabajando en la instalación.

2.7. CRITERIOS DE DISEÑO

Se puede recalcar lo que se enuncia en el libro (Harper E. , Elementos de diseño de Subestaciones Eléctricas, 2002, pág. 20) es importante obtener un criterio uniforme para los propósitos de selección del sistema o equipos, la comparación entre distintos sistemas de distribución se debe hacer sobre bases comunes considerando lo siguiente:

- Seguridad.
- Confiabilidad.
- Simplicidad de operación.
- Mantenimiento.
- Flexibilidad.
- Costo.

2.7.1 SEGURIDAD

Algunas consideraciones básicas que permiten la seguridad son:

- Verificar la adecuada capacidad de interruptores y dispositivo de conexión.
- Los conductores energizados dentro de la canalización.
- Se deben bloquear los dispositivos de desconexión.
- Minimizar el acceso a los cuartos eléctricos.
- Considerar áreas peligrosas.
- Colocar señales.
- Entrenar y capacitar al personal.

2.7.2 CONFIABILIDAD

Algunos aspectos a considerar son:

- Selección de los niveles apropiados de los voltajes de suministro.
- Redundancia.
- Sistemas de protección adecuada para el sistema y el equipo.
- Control y monitoreo.
- Selección apropiada de equipo confiable.

2.7.3 SIMPLICIDAD DE OPERACIÓN

Se debe seleccionar un sistema que sea sencillo de operar, los sistemas diseñados en forma simple pueden proporcionar el servicio que la carga requiere.

2.7.4 MANTENIMIENTO

El mantenimiento apropiado es un elemento en donde se debe considerar:

- Limpieza.
- Control de humedad y polvo.
- Ventilación adecuada.
- Reducción del efecto de corrosión.
- Inspecciones térmicas.
- Inspecciones visuales.
- Pruebas regulables.
- Conservación de registros.
- Aplicación de normas.

2.7.5 FLEXIBILIDAD

El sistema se debe diseñar el sistema con la flexibilidad de aumentar o cambiar sin problemas futuros.

2.7.6 COSTO

Debe existir una concordancia de los costos del sistema con la confiabilidad deseada.

2.7.7 PLC Y HMI.

En nuestra actualidad para controlar cualquier tipo de proceso industrializado utilizamos un equipo capaz de reducir cuartos inmensos de controles electromecánicos en un solo equipo conocido en el medio como **PLC** que en sus siglas en ingles significa **PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER** que en español significa **CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE**.

Además este equipo viene acompañado diferentes tipos de módulos de expansión que tienen diferentes funciones para realizar un proceso más completo y por consiguiente más confiable.

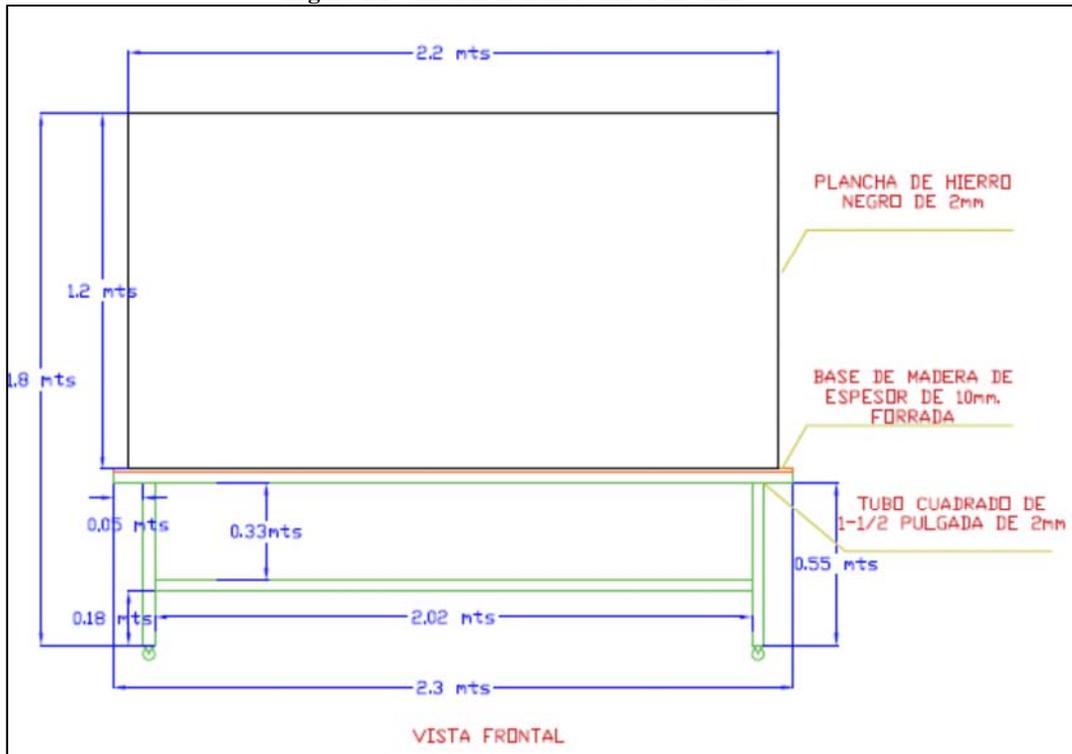
Existe también pantalla táctil en la cual podemos ver una parte específica del proceso o en pantallas normales por ejemplo en una de 32" que por su tamaño podemos observar todo el proceso o una gran parte del mismo. Esta interacción entre un medio digital visual y una maquina se le llama HMI que en sus siglas en ingles significa **HUMAN (Y) MACHINE INTERFACE** o en sus siglas en español interacción entre humanos y maquinas.

3. CAPÍTULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO

3.1. SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA EL BANCO.

A continuación se hace una evidencia fotográfica del proceso de construcción de la base metálica del banco. La estructura consta de dos partes que son la mesa y el soporte donde estarán alojados los elementos de simulación.

Figura 21 Construcción de la mesa en CAD



Fuente: Los autores

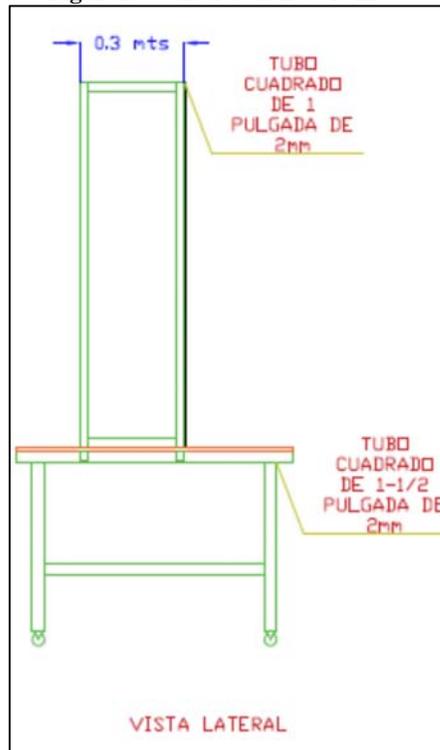
Figura 22 Construcción de la mesa



Fuente: Los autores

El plano anexo se muestran las dimensiones del banco, en la Figura 21 se observa la construcción de la mesa.

Figura23 Construcción de la mesa



Fuente: Los autores

La parte metalmecánica se realizó dentro de un taller especializado en donde se encuentran los equipos y herramientas apropiados para la elaboración de la estructura.

Figura24 Construcción de la estructura



Fuente: Los autores

Figura25 Vista frontal de la estructura



Fuente: Los autores

(Viloria, 2009, pág. 298) Para la realización del trabajo mecánico, fue necesario aplicar un método coherente que facilite la tarea a desarrollar la estructura. Este método es de enlistar los procesos como:

- Conocer y estudiar el plano a realizar, ver los planos en anexos.
- Lista de materiales necesarios, ver tabla 1.
- Hacer acopio de materiales.
- Marcar y cortar.
- Ensamblar materiales.
- Soldar, taladrar.
- Revisar y verificar.
- Pintar.

Entre las herramientas y equipos utilizados se pueden mencionar los siguientes:

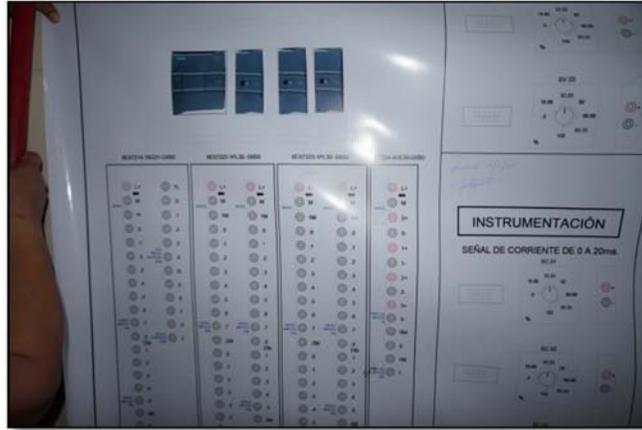
- Reglas.
- Escuadras.
- Calibre o pie de rey.
- Arco de sierra.
- Grupo eléctrico de soldadura.
- Martillo.
- Taladro.
- Amoladora.
- Cizalla.
- Destornilladores.
- Roscado, brocas.
- Tornillos.

3.2. SECUENCIA EN LA ELABORACIÓN Y MONTAJE DE LA LAMINA DE CONEXIONES.

Se elaboró un diseño del dibujo en computadora en formato CAD (dibujo asistido por computadora) de la lámina frontal en donde se realizaran las conexiones y se muestren los equipos de simulación.

En el plano anexo se muestran las dimensiones totales y la ubicación de perforaciones y calados necesarios. Como se muestra en la figura 24.

Figura26 Impresión de lámina



Fuente: Los autores

Figura27 Toma de medidas para pegado de vinil



Fuente: Los autores

Figura28 Colocación de vinil



Fuente: Los autores

Figura29 Perforaciones en la plancha



Fuente: Los autores

Desde la figura25 hasta la 29 se evidencia la parte de colocación de lámina de vinil sobre la lámina de acero para las perforaciones. Utilizando como herramienta el taladro que tiene por objeto hacer agujeros por corte de virutas, se necesitó brocas de diferentes diámetros dependiendo del agujero a realizar.

Figura30 Verificación de perforaciones



Fuente: Los autores

Figura31 Calados de la plancha



Fuente: Los autores

En las ilustraciones 30 hasta la 33 se presenta la ejecución de la primera fase de construcción de la base. Luego de haber verificado las distancias y corregido los márgenes de errores por defecto se obtiene ya un banco listo en la parte mecánica.

Para la parte de acabado final que concierne a pintura y escoger colores de vinil entre otros detalles estéticos, se coordinó la aprobación del tutor en representación de la Universidad Politécnica Salesiana sede de Guayaquil.

Figura32 Acabado de la plancha



Fuente: Los autores

Figura33 Revisión de acabado



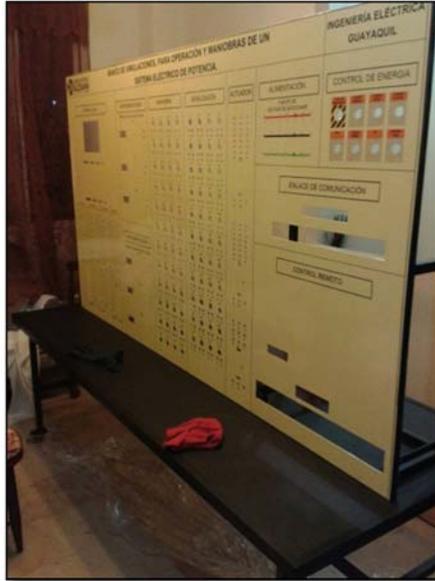
Fuente: Los autores

Figura34 Depuración de defectos



Fuente: Los autores

Figura35 Tablero con calados y perforaciones



Fuente: Los autores

3.3. SECUENCIA EN LA INSTALACIÓN DE ELEMENTOS EN EL BANCO.

Antes de la instalación de los elementos en el banco se tuvieron que hacer cotizaciones en varias casas comerciales para obtener mejores beneficios en el momento de la compra.

Figura36 Cotización de equipos



Fuente: Los autores

Figura37 Adquisición de equipos



Fuente: Los autores

Una vez adquiridos los elementos y dispositivos de acuerdo con las características técnicas necesarias se elaboró un listado mostrado en la tabla 1. En el anexo se mostraran parte de los catálogos de los dispositivos eléctricos y electrónicos principales para dejar un registro de datos para futuras adaptaciones o para encontrar soluciones a futuros inconvenientes que tengan estos equipos, como por ejemplo el caso del PLC (controlador lógico programable) o del HMI (interfaz humano maquina) entre otros dispositivos.

En la tabla de costos 1 se pueden observar los precios respectivos de cada uno para tener una idea global de costo del banco.

Figura38 Equipo HMI-touch



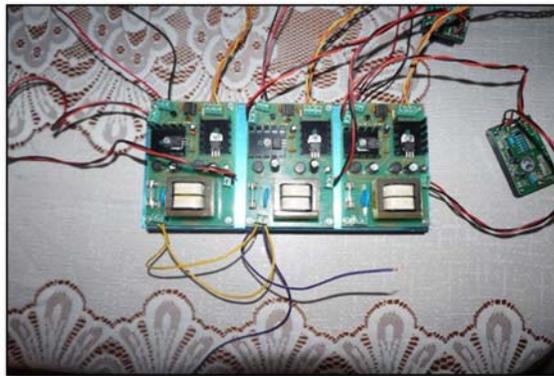
Fuente: Los autores

Figura39 PLCModelo S71200



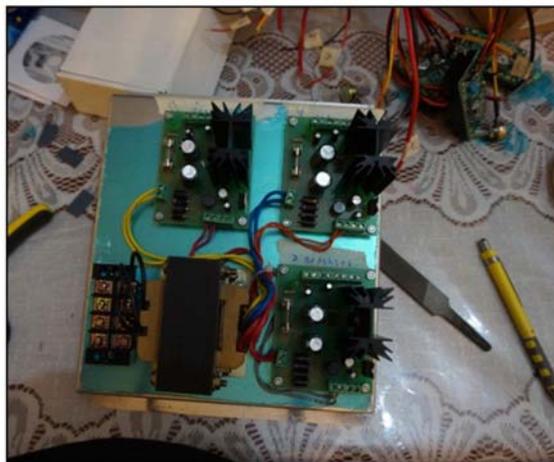
Fuente: Los autores

Figura40 Fuente variable de corriente



Fuente: Los autores

Figura41 Fuente variable de voltaje



Fuente: Los autores

Figura42Conmutador de 8 puertos



Fuente: Los autores

Figura43 Borneras call test



Fuente: Los autores

Desde las ilustraciones 34 a la 41 se evidencia algunos componentes a ser instalado, la finalidad es tener constancia de lo instalado. Si a futuro algún equipo debe ser reemplazo por algún defecto inesperado, el repuesto deberá ser de las mismas características técnicas. Con esto se logrará una garantía del banco y óptimo funcionamiento general de las simulaciones.

3.4. CONEXIÓN INTERNA DE LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS.

Se prosigue con el cableado de los dispositivos, estas conexiones se deben realizar de acuerdo al diagrama de conexión expuesto en la parte de planos correspondiente.

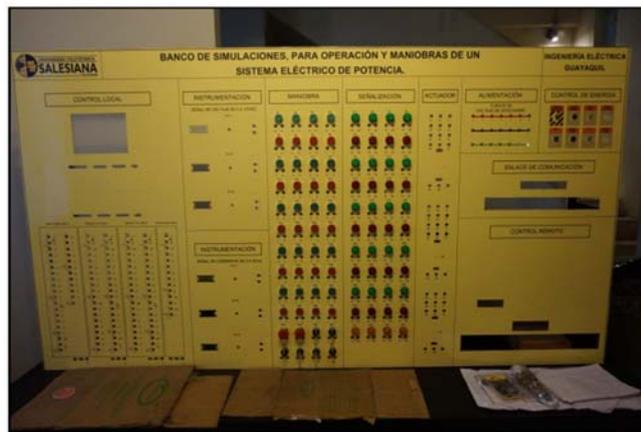
Para una mejor comprensión a la introducción del cableado se mencionan datos extraídos de (Viloria, 2009, pág. 353) donde se enlista de manera organizada los pasos siguientes:

- Preparar herramientas, conductores y terminales
- Realizar cableados según planos
- Fijar terminales
- Fijar dispositivos

Todos los componentes que intervienen dentro del banco deben ser protegidos durante la manipulación, fijación y fase de cableado. El cableado será de buena calidad con las protecciones adecuadas, se recomienda para los trabajos tener herramientas en buen estado.

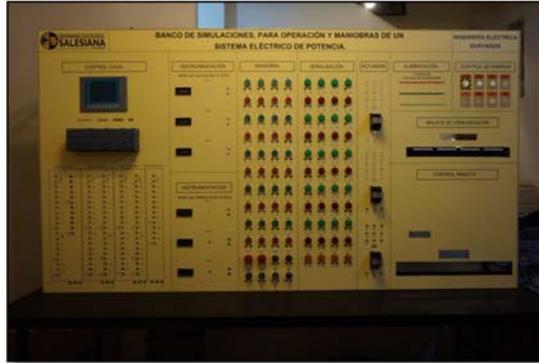
En las siguientes ilustraciones desde la 42 hasta la 57 se muestran etapas del cableado realizado, manteniendo estándares técnicos apropiados.

Figura44 Instalación de elementos eléctricos



Fuente: Los autores

Figura45 Instalación de equipos



Fuente: Los autores

Figura46 Ajuste de elementos eléctricos



Fuente: Los autores

Figura47 Instalación de equipos de control



Fuente: Los autores

Figura48 Cableado de elementos eléctricos



Fuente: Los autores

Figura49 Cableado de HMI



Fuente: Los autores

Es necesario indicar que durante el proceso de cableado e instalación de los equipos fue necesario tener el debido cuidado para evitar errores. Para sujetar los cables se utilizó amarras plásticas.

Figura50 Cableado de PLC S71200



Fuente: Los autores

Figura51 Conexión del PLC a borneras



Fuente: Los autores

Figura52 Instalación de fuentes variables de voltaje y corriente



Fuente: Los autores

Figura53 Cableado de PLC vista frontal



Fuente: Los autores

Figura54 Conexión en de módulos del PLC



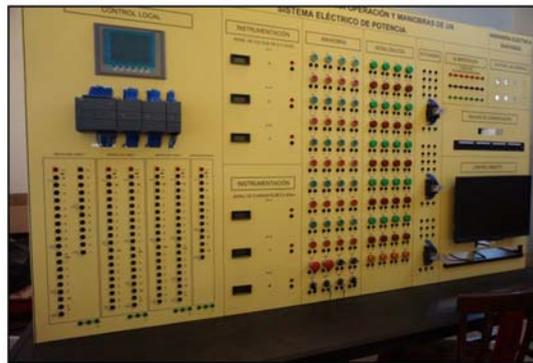
Fuente: Los autores

Figura55 Cableado de alimentación 24Vdc fija



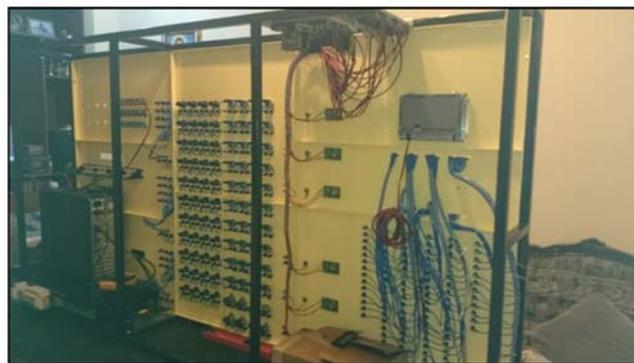
Fuente: Los autores

Figura56 Instalación de pantalla



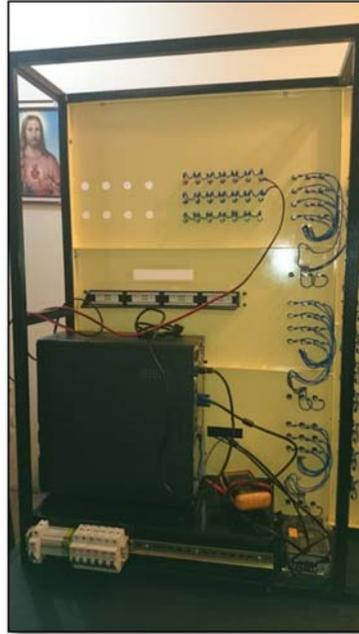
Fuente: Los autores

Figura57 Cableado de fuentes variables de voltaje y corriente



Fuente: Los autores

Figura58 Instalación de CPU



Fuente: Los autores

Figura59 Prueba de fuente de voltaje y corriente



Fuente: Los autores

3.5. DISEÑO DE PANTALLAS EN EQUIPO HMI (INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA).

En las ilustraciones 58 a la 63 se exponen las pantallas elaboradas e ingresadas al dispositivo HMI el cual posee como característica principal ser una pantalla táctil. Estas pantallas fueron diseñadas para ser las simulaciones más didácticas con las opciones explicadas en los siguientes ítems.

Se realizaron pruebas de funcionamiento y se acondicionaron gráficos para óptimo rendimiento. Las características del equipo se muestran en el anexo.

Figura60 Pantalla principal HMI



Fuente: Los autores

Figura61 Pantalla desplegable de opción de práctica



Fuente: Los autores

Figura62 Pantalla HMI- Generador 2



Fuente: Los autores

Figura63 Pantalla HMI- Generador 3



Fuente: Los autores

Figura64 Pantalla HMI- Generador 4



Fuente: Los autores

Figura65 Pantalla HMI- Transmisión



Fuente: Los autores

3.6. INVENTARIOS DE EQUIPOS QUE CONFORMAN EL BANCO ELÉCTRICO.

- 1U. Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia.
- 3U. Fuentes de tensión de 0 a 10v.
- 3U. Fuentes de corriente de 0 a 20v.
- 1U. Controlador lógico programable S7-1200 (PLC).
- 2U. Módulo de expansión, entradas y salidas digitales SM1223 DC/RLY.
- 1U. Módulo de expansión, entradas y salidas analogicasSM12234 AI/AQ
- 1U. Pantalla táctil SIEMENS (touch panel).
- 1U. Switch de comunicación
- 1U. Patch panel.
- 1U. CPU
- 1U. Monitor led 21 pulgadas.
- 3 U. Relés
- 20U. Borneras de 32amp color rojo.
- 358U. Borneras de 32amp color negras.
- 19U. Borneras de 32amp color verde.
- 20U. Botoneras normalmente abierta.
- 20U. Botoneras normalmente cerrada.
- 3U. Selector con llave.
- 11U. Selectores normalmente abiertos.
- 20U. Luces piloto color rojo.

- 20U. Luces piloto color verde.
- 4U. Luces piloto color amarillo.
- 1U. Breaker de 20-1P
- 4U. Breaker de 1-1P
- 2U. Breaker de 6-1P
- 18U. Borneras para riel din de 32amp.
- 130U. Cables de laboratorio.
- Forro.

3.7. FILOSOFÍA DE CONTROL PARA BANCO DE SIMULACIONES, ESQUEMA DEL PROGRAMA SCADA.

3.7.1. Programación en el PLC, SCADA y HMI

El sistema va estar compuesto de 18 pantallas en el HMI y 7 pantallas en el SCADA.

3.7.2. Pantalla de inicio.

En los dos sistemas, constaran del logo de la universidad, el nombre del tema, y en el centro de las 4 imágenes, representando cada una de ellas a los sistemas eléctricos de potencia. Estas imágenes serán hipervínculos con las demás pantallas. Para el sistema del HMI cada uno de los hipervínculo podrá tener la posibilidad de dirigirse a otras dos o tres pantallas dependiendo de la práctica. En cambio en el SCADA el hipervínculo se dirigirá a una solo pantalla y en ella se podrán observar las diferentes prácticas del sistema.

Figura66 Primera pantalla de programa SCADA



Fuente: Los autores

Figura67 Primera pantalla de programa HMI



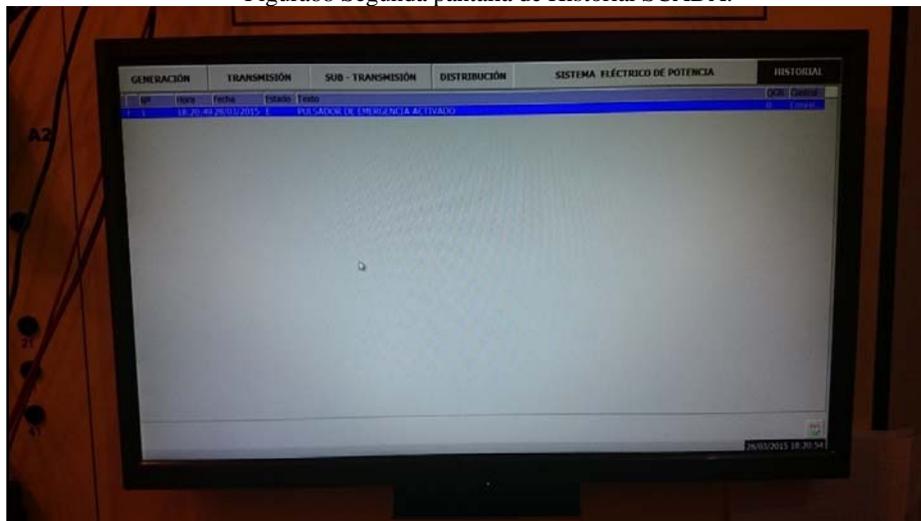
Fuente: Los autores

Pantalla de historial de falla.

Para los dos sistemas se mostrará un historial donde se almacenen las fallas cometidas en el simulador. En esta pantalla se debe de mostrar en qué sistema se produjo la falla, el tipo de falla, la hora que se produjo, en qué posición fue reconocida y en qué momento fue despejada.

En el momento que se produzca la falla la pestaña del historial comenzará a titilar, cuando ingresemos a reconocer los parámetros y presionando el botón que indique la misma; inmediatamente se quedará sombreada de color amarillo hasta que el operador normalice los estatus y presione el pulsador de despeje de falla. El número de fallas almacenadas será de 30, en la falla 31 se eliminara la falla número 1 y todas desenredan una posición y ahora la falla 31 será la falla 30 quedando así el sistema actualizado.

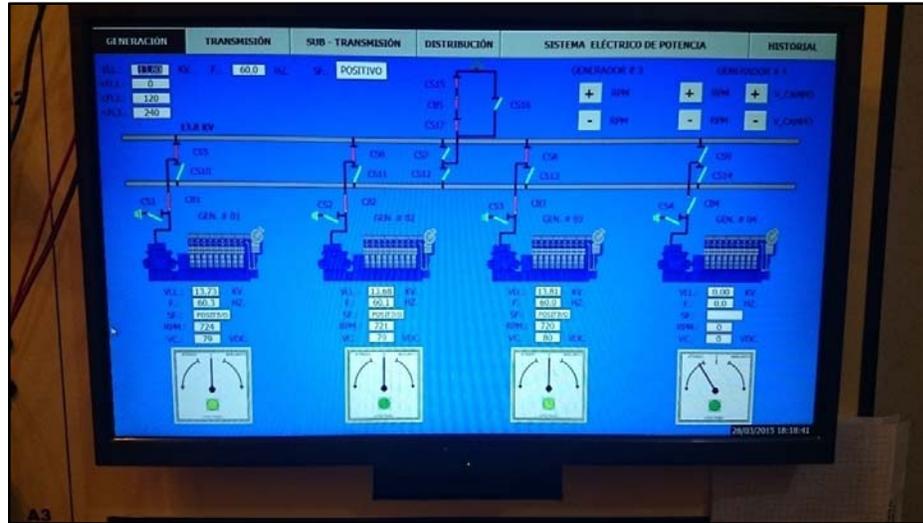
Figura68 Segunda pantalla de Historial SCADA.



Fuente: Los autores

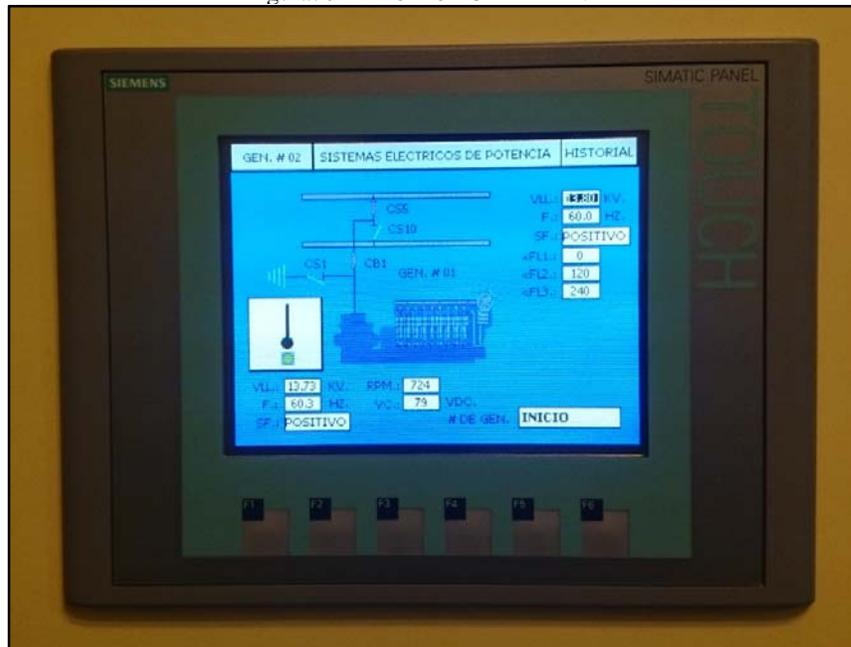
3.7.3. Practica #3.

Figura69 PRÁCTICA 3 Y 4 SCADA.



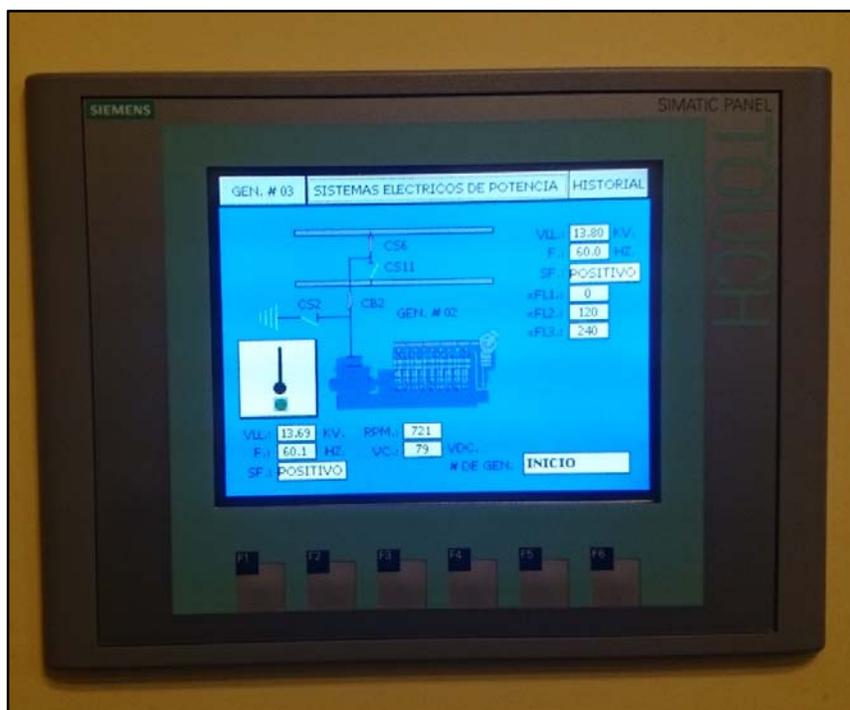
Fuente: Los autores

Figura70 PRÁCTICA 3 Y 4 HMI.



Fuente: Los autores

Figura 71 PRÁCTICA 3 Y 4 HMI.



Fuente: Los autores

Figura 72 PRÁCTICA 3 Y 4 HMI.



Fuente: Los autores

Figura73 PRÁCTICA 3 Y 4 HMI.



Fuente: Los autores

Esta pantalla corresponde a la tercera práctica que es referente a la primera etapa en un sistema de potencia como lo es la de generación. En la pantalla se visualizará cuatro generadores, en cada uno de los generadores estarán los siguientes datos: Voltaje de armadura, frecuencia, velocidad del rotor y un sincronoscopio (el sincronoscopio es un equipo que muestra las diferencia de valores entre voltaje y frecuencia si la diferencias imperceptible se puede colocar en paralelo a la red).

Para realizar la práctica se ingresará los datos de la barra principal a la cual se va sincronizar. Los datos son los siguientes: Voltaje de línea, frecuencia y secuencia de fase.

Después de haber escogido los datos de la barra principal, el siguiente paso es comenzar a sincronizar a la barra tres de los cuatro generadores. Para realizar este procedimiento utilizaremos una fuente regulable de corriente que representará a la velocidad de giro del rotor y una fuente de voltaje que representará al voltaje de campo, cabe mencionar que lo anteriormente expuesto se reflejará para cada generador. El resultado sería tener los mismos datos que se tienen en la barra principal y que en el sincronoscopio (el sincronoscopio es un equipo que muestra las

diferencia de valores entre voltaje y frecuencia si la diferencias imperceptible se puede colocar en paralelo a la red).Se observe que tanto el sentido de giro, la secuencia de fase y la velocidad de campo sea la correcta y cuando esté listo y en el punto adecuado para posteriormente cerrar el interruptor y conectar en paralelo a la barra.

En el caso del SCADA se presentará una sola pantalla donde se observarán los cuatro generadores, y para el caso del HMI se generarán cuatro pantallas.

Los posibles errores que se pueden presentar en el momento del sincronismo son los siguientes:

Voltaje elevado

Si se cierra el breaker principal en el momento que se tiene el voltaje elevado del generador con respecto a la barra principal, se debe de encender una luz amarilla en el tablero titilando, el generador del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y reconocer la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente: “Falla sobre voltaje, posible daño en armadura del generador”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Voltaje inferior a la de la barra

Si se cierra el breaker principal del generador en el momento que el voltaje del equipo sea inferior que el de la barra principal, se debe de encender una luz amarilla en el tablero titilando, el generador del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en tono amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente: “Falla bajo voltaje, posible motorización del generador y daños en el sistema mecánico”. Para

liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Frecuencia alta

Al cerrar el breaker principal del generador en el momento que la frecuencia del equipo sea mayor que el de la barra principal, se debe de encender una luz amarilla en el tablero titilando, el generador del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente: “Falla por alta frecuencia, desfase en las líneas, inversión de fases y daños en el sistema mecánico del generador”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Desfasamiento entre las líneas de la barra principal y el generador

Si se cierra el breaker principal del generador en el momento que no se encuentran en fase las líneas del generador con las de la barra principal, se debe de encender una luz amarilla en el tablero titilando, el generador del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En la historia debe de resaltar lo siguiente: “Falla por desfasamientos entre las líneas, cambio brusco de velocidad, torque y daños en el sistema mecánico del generador”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

3.7.4. Practica #4.

Esta misma pantalla nos servirá para la cuarta práctica que es el desacoplamiento de un generador por avería y la maniobra de una barra doble. Cualquiera de los generadores se desacopla liberándolo de carga, este proceso se lo realiza ingresando un generador más al grupo que esté trabajando, se procede a bajar la corriente de la bobina de excitación hasta que la potencia sea casi cero sin cambiar el sentido de las corrientes. Cuando ya esté la potencia casi en cero se desconecta el interruptor, se encera la corriente de campo, se estabiliza la velocidad del generador y se manda a apagar. Cuando esté realizada la maniobra se pone a tierra el generador en mantenimiento dejando por finalizada la operación.

Los posibles errores que se pueden presentar en el momento del desacoplamiento del generador son los siguientes:

Desacoplar a plena carga

Si se abre el breaker antes de bajar la carga casi a cero, se debe de encender una luz amarilla en el tablero titilando, el generador del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente: “Procedimiento erróneo para desacoplar generador posible blackout en el sistema”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Invertir corriente

Si en el momento de bajar la carga invertimos las corrientes, se debe de desconectar el generador y encender una luz amarilla en el tablero titilando, el generador del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente “Procedimiento erróneo para desacoplar generador posible blackout en el sistema y daños a la armadura del generador”. Para liberar la falla hay

que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Colocar el generador a tierra

Si se pone a tierra el generador antes de que el interruptor se abra, se encenderá una luz amarilla en el tablero titilando, el interruptor del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente: “Procedimiento erróneo para desacoplar generador cortocircuito en Breaker principal del generador”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Cerrar cuchillas a plena carga

Antes de cerrar el Breaker principal de cada generador se debe de cerrar las dos cuchillas, si esto no se da; una luz amarilla en el tablero estará titilando, la cuchilla del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente “Procedimiento erróneo en el interruptor tipo cuchilla, se debe de cerrar sin carga”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Cerrar una sola cuchilla

En la barra principal de generación (que es del tipo doble), se deben cerrar las cuchillas antes de cerrar el interruptor principal, si esto no se da, una luz amarilla en el tablero estará titilando, las cuchilla del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de

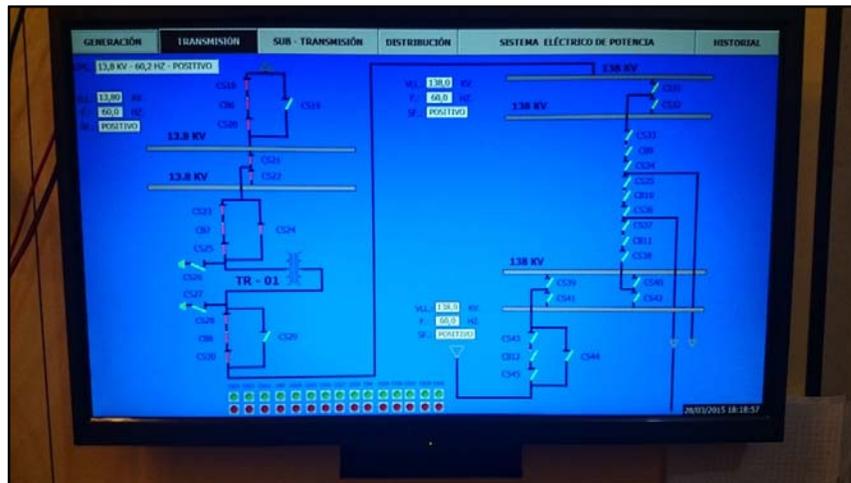
titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente: “Procedimiento erróneo para utilizar el sistema de barras dobles, deben de estar cerrados los interruptores tipo cuchilla antes del interruptor principal”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Los elementos a utilizarse son los siguientes:

- 1 PLC
- 1 HMI
- 1 Computadora
- 1 Fuente de voltaje DC
- 3 señales variables de voltaje
- 3 señales variables de corriente.
- 20 pulsadores NO y NC.
- 1 selector NO.
- 20 Luces piloto rojas y verdes.
- 1 luz piloto amarilla.

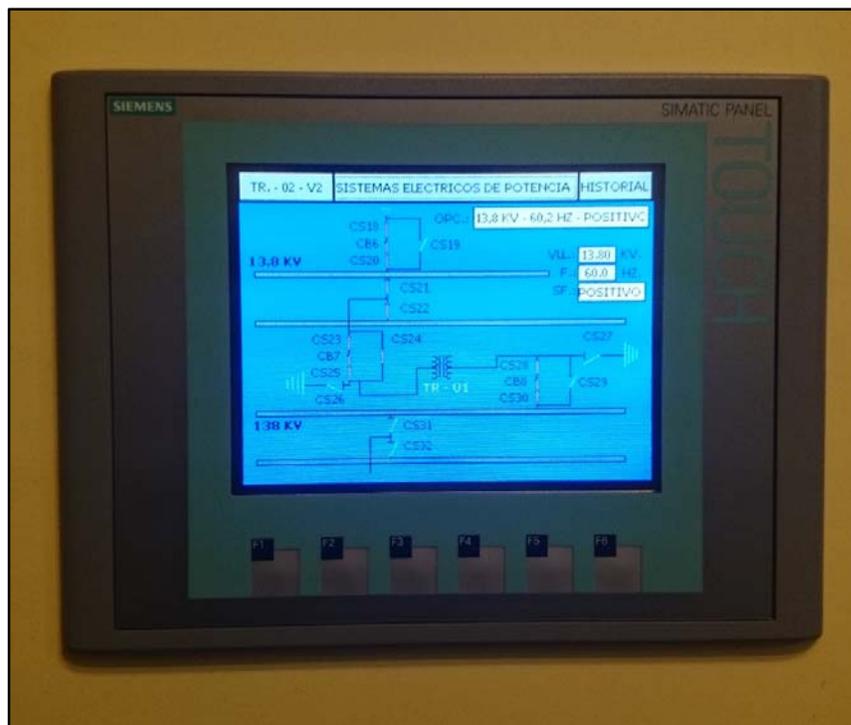
3.7.5. Practica #5.

Figura74 PRÁCTICA 5 Y 6 SCADA.



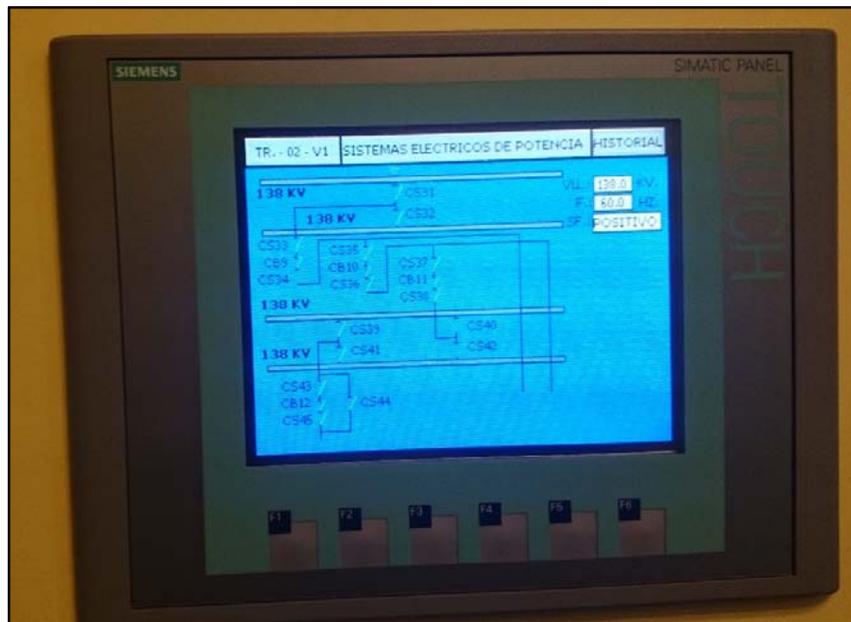
Fuente: Los autores

Figura75 PRÁCTICA 5 Y 6 HMI.



Fuente: Los autores

Figura76 PRÁCTICA 5 Y 6 HMI.



Fuente: Los autores

Esta sería la quinta práctica. Los datos de barra de la práctica anterior se mantendrán para esta prueba, si se diera el caso de no empezar con la práctica de generadores; existirá la posibilidad de escoger los datos de barra en una ventana desplegable. Ahora, constataremos que las puestas a tierra del transformador estén abiertas. El procedimiento de energización es el siguiente: Primero verificamos los datos de voltaje y frecuencia que suministra la planta generadora, luego realizamos la maniobra de cierre del conjunto de Breaker y cuchillas de la salida de la planta de generación y después la protección principal de la subestación (antes de cerrar el Breaker principal de la subestación cerramos las cuchillas de la barra principal).

Con el cierre del Breaker principal cerramos el Breaker principal del transformador que debemos de observar en lado de alta del transformador, el dato de voltaje y frecuencia elevada (de 13.8 a 230 KV). Cerramos a continuación las cuchillas de la barra principal de salida y luego el Breaker de salida del transformador, y confirmamos el voltaje y frecuencia en la barra de salida.

La siguiente maniobra es utilizar la configuración de barra Breaker y medio, para lo cual primero cerramos todas las cuchillas (las que comprenden los tres Breaker y la barra de llegada de otro alimentador distinto). Lo siguiente es comprobar si el voltaje, frecuencia y secuencia de fase sean las mismas (estos valores se escogerán de una pestaña desplegable). Cuando esto se cumpla se cierra los Breakers, primero el Breaker principal del alimentador que viene desde otro punto desde el sistema interconectado, y luego los Breakers que corresponden a la configuración de barra de Breaker y medio.

3.7.6. Practica #6.

La sexta práctica es realizar las maniobras de mantenimiento a este sistema que está en marcha. La primera es liberar el Breaker del transformador principal sin desenergizar el sistema utilizando las cuchillas que lo están rodeando. El primer paso es cerrar la cuchilla que está en paralelo al Breaker y luego abrir las dos cuchillas que están pegadas en serie al Breaker.

Luego sacar el transformador principal, para esta práctica debemos de observar que la barra de Breaker y medio este activa al desactivar el Breaker de protección en el lado de alta y luego el de baja, cuando ya esto esté listo; abrir las cuchillas que están pegados al transformador y poner a tierra los terminales de entrada y de salida mediante el interruptor de puesta a tierra.

A continuación mostraremos las posibles fallas que se puedan presentar en el momento de realizar las maniobras:

Puestas a tierra del transformador activas

Al cerrar las dos cuchillas que están puestas en serie con el breaker tanto como de aguas arriba y abajo del transformador, estando activada las cuchillas de puesta a tierra, una luz amarilla en el tablero estará titilando, la cuchilla del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente “Procedimiento erróneo posible cortocircuito directo a tierra, si es que se cierra los Breaker principal y hay una alimentación posibles daños a personas y equipos”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Cierre de cuchillas

Todas las cuchillas se deben de cerrar cuando no estén energizados, si esto no se da, una luz amarilla en el tablero estará titilando, la cuchilla del problema debe de

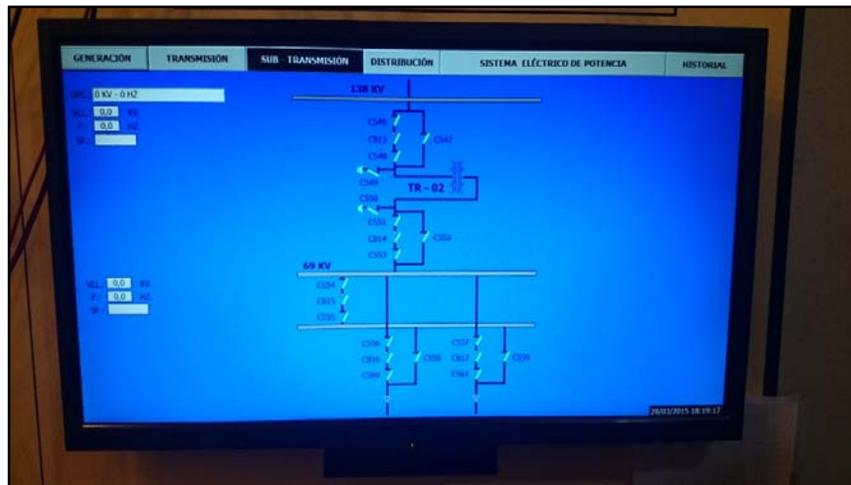
hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente “Procedimiento erróneo las cuchillas deben ser cerradas des energizadas posible destrucción de la cuchilla”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original. Para este procedimiento existen excepciones las cuales son: La cuchilla que está en paralelo con el Breaker, se puede abrir o cerrar cuando el Breaker está activo y las cuchillas que están en serie al Breaker también se pueden abrir o cerrar siempre y cuando esté cerrado la cuchilla que está en paralelo al breaker.

Los elementos a utilizarse son los siguientes:

- 1 PLC
- 1 HMI
- 1 Computadora
- 1 Fuente de voltaje DC
- 20 pulsadores NO y NC.
- 2 selector NO de llave.
- 20 Luces piloto rojas y verdes.
- 1 luz piloto amarilla.

3.7.7. Practica #7.

Figura77 PRÁCTICA 7 Y 8 SCADA.



Fuente: Los autores.

Figura78 PRÁCTICA 7 Y 8 HMI.



Fuente: Los autores.

Figura79 PRÁCTICA 7 Y 8 HMI.



Fuente: Los autores.

Figura80 PRÁCTICA 7 Y 8 HMI.



Fuente: Los autores.

En esta pantalla realizaremos la práctica 7 y 8. Los datos de la barra principal serán los obtenidos en la barra anterior, si en el caso que no haya datos se escogerá los datos de una pestaña desplegable.

El segundo paso es observar que todos los interruptores de puestas a tierra estén abiertos. Luego cerrar las cuchillas que están en serie con los Breaker. Comenzamos cerrando los Breaker desde el principal de la subestación que también vendría a ser la protección del transformador en el lado de alta, posteriormente cerraremos el Breaker del lado de baja tensión del transformador. Ahora que tenemos energizado el transformador procedemos a cerrar los Breaker de salida de las cargas.

3.7.8. Practica #8.

La siguiente práctica sería realizar las posibles maniobras que comprenden una barra de transferencia. Lo primero sería dividir la carga, se debe de cerrar el Breaker de acoplamiento y distribuir mediante las cuchillas una carga a la barra principal y la otra a la de transferencia. Luego realizamos la segunda opción que nos da este tipo de barra que es sacar un Breaker con avería sin desconectar la carga. Para esto cierro la cuchilla que está en paralelo con el Breaker averiado y luego abro las dos cuchillas que están en serie con el Breaker.

A continuación mostraremos las posibles fallas que se puedan presentar en el momento de realizar las maniobras:

Puestas a tierra del transformador activas

Si se cierran las dos cuchillas que están puestas en serie con el Breaker tanto como de aguas arriba y abajo del transformador, estando activada las cuchillas de puesta a tierra, una luz amarilla en el tablero estará titilando, la cuchilla del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente “Procedimiento erróneo posible cortocircuito directo a tierra, si es que se cierra los Breaker principal y hay una alimentación posibles daños a personas y equipos”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Cierre de cuchillas

Todas las cuchillas se deben de cerrar cuando no estén energizados, si esto no se da, una luz amarilla en el tablero estará titilando, la cuchilla del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente “Procedimiento erróneo, las cuchillas deben ser cerradas des energizadas

posible destrucción de la cuchilla”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original. Para este procedimiento existen excepciones las cuales son: La cuchilla que está en paralelo con el Breaker, se puede abrir o cerrar cuando el Breaker está activo.

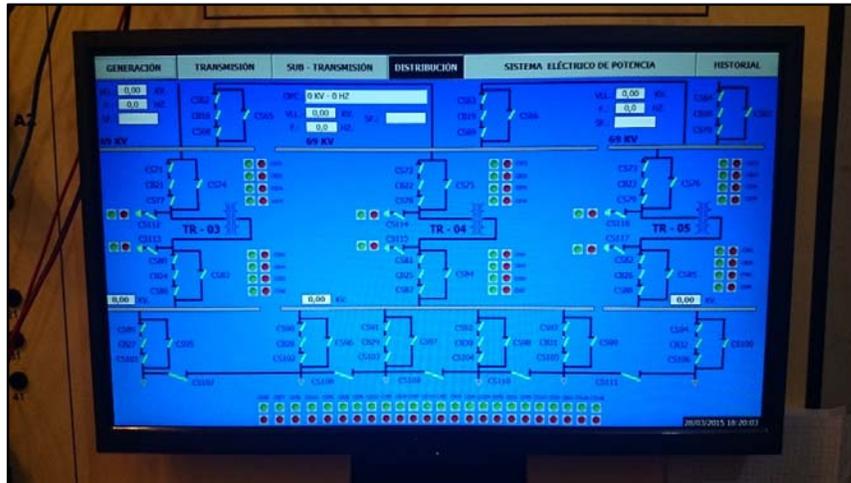
Las cuchillas que están en serie al Breaker también se pueden abrir o cerrar siempre y cuando esté cerrada la cuchilla que está en paralelo al Breaker. Y las cuchillas que están colocadas en serie al Breaker de acople.

Los elementos a utilizarse son los siguientes:

- 1 PLC
- 1 HMI
- 1 Computadora
- 1 Fuente de voltaje DC
- 19 pulsadores NO y NC.
- 2 selector NO de llave.
- 19 Luces piloto rojas y verdes.
- 1 luz piloto amarilla.

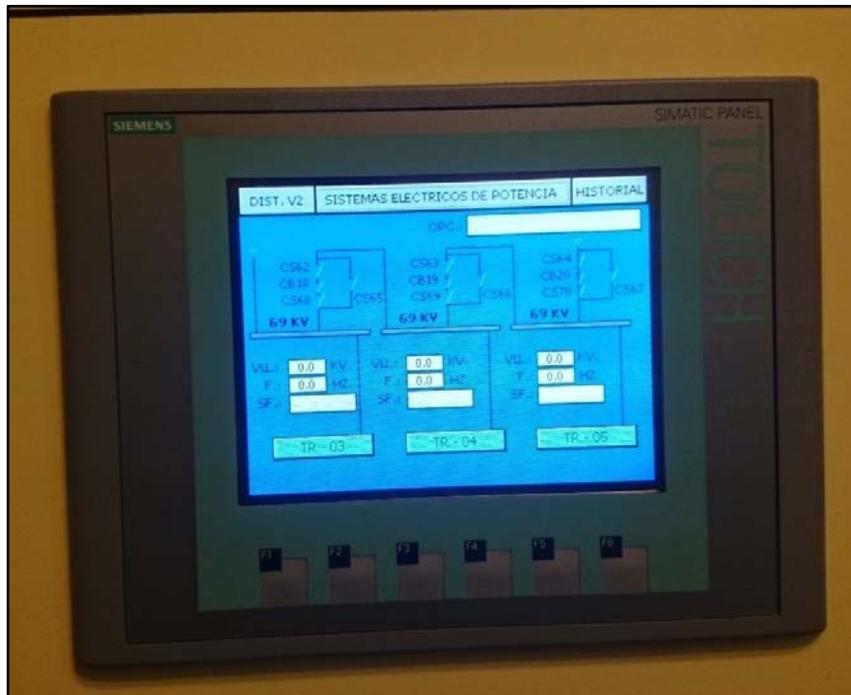
3.7.9. Practica #9.

Figura81 PRÁCTICA 9, 10, 12. SCADA.



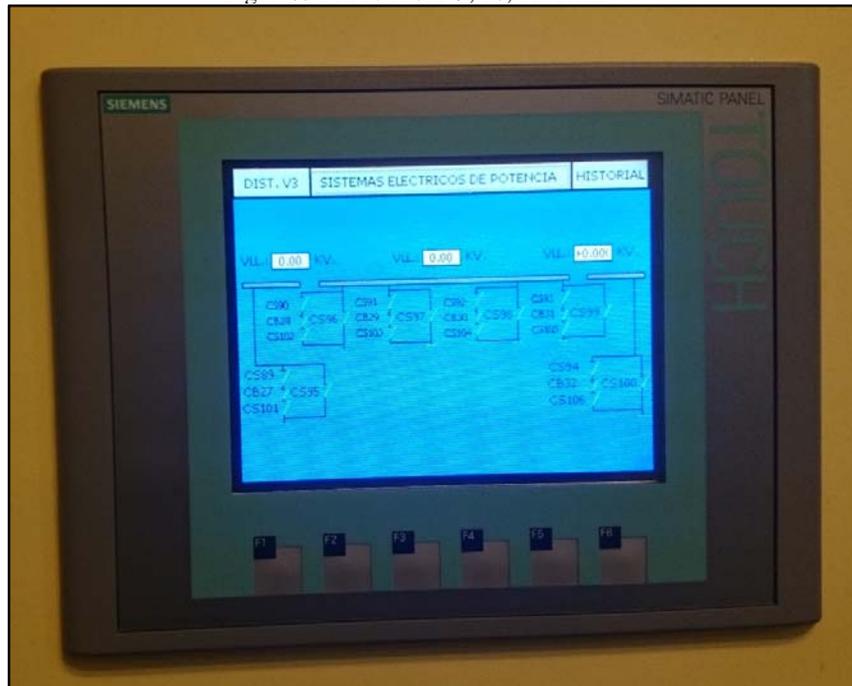
Fuente: Los autores.

Figura82 PRÁCTICA 9, 10, 12. HMI.



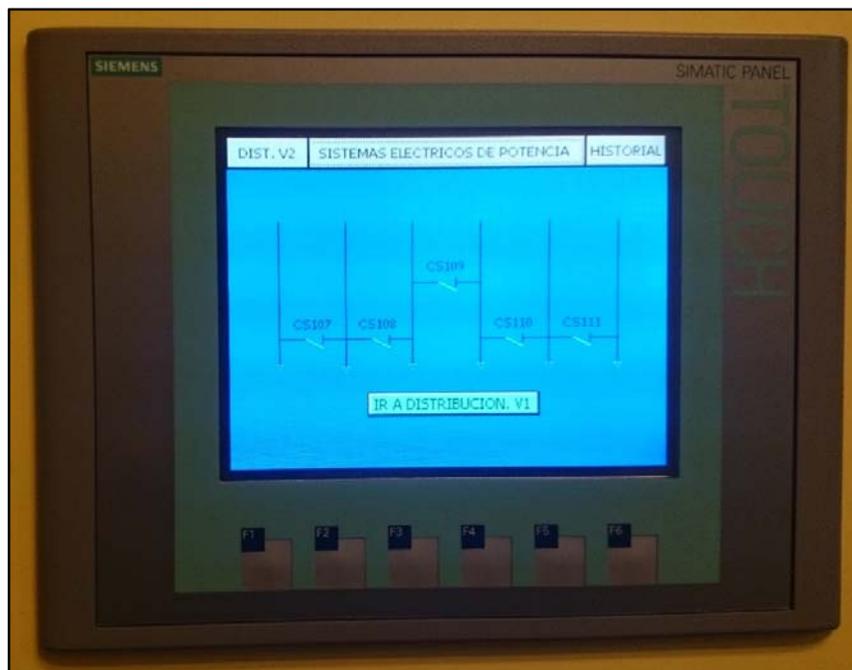
Fuente: Los autores.

Figura83 PRÁCTICA 9, 10, 12. HMI.



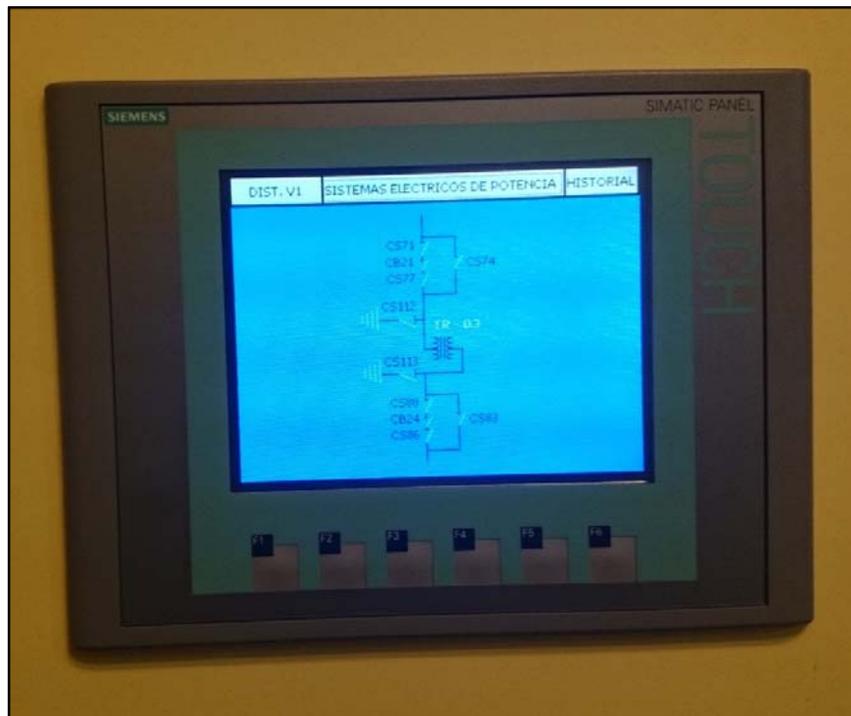
Fuente: Los autores.

Figura84 PRÁCTICA 9, 10, 12. HMI.



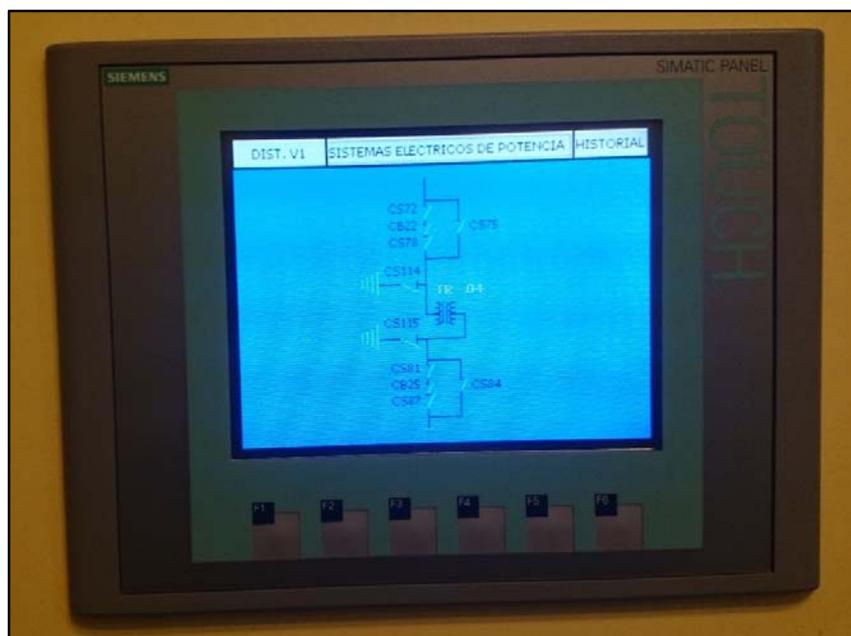
Fuente: Los autores.

Figura85 PRÁCTICA 9, 10, 12. HMI.



Fuente: Los autores.

Figura86 PRÁCTICA 9, 10, 12. HMI.



Fuente: Los autores.

Figura87 PRÁCTICA 9, 10, 12. HMI.



Fuente: Los autores.

En la siguiente pantalla se realizaran las prácticas 9, 10 y 12. Para estas prácticas #9 deben de estar cerrados los Breaker de las dos troncales que forman el pequeño anillo en 69KV, que son parte de la etapa de subtransmisión. Si al cerrarlo no se observa voltaje en las barras, se puede escoger en una pestaña desplegable los datos necesarios.

Lo primero que se debe de hacer es cerrar las cuchillas que están en serie a los Breaker que forman parte del anillo en 69KV. De los tres Breaker cerramos dos de ellos y procedemos a revisar que las cuchillas a tierra de los transformadores estén abiertas y procedemos primero a cerrar las cuchillas que están en serie con los Breaker que protegen a los transformadores. Luego que esté energizada la barra de 13.8KV procedemos a cerrar los Breaker de salida.

Después de haber energizado los transformadores, nos daremos cuenta que habrá una bahía que no estará alimentada y tendrá la posibilidad de alimentarse de dos ramales distintos.

3.7.10. Practica #10.

La practica 10 será energizar la bahía que no está alimentada en uno de los dos ramales y luego sin interrumpir la energía cambiar al otro ramal de alimentación.

Para realizar lo antes mencionado realizamos los siguientes pasos: Cerramos las cuchillas que están en serie con el Breaker principal del ramal a utilizar, luego procedemos a cerrar el Breaker y a energizar el transformador de esta bahía. Posteriormente revisamos que las cuchillas a tierra de los transformadores estén abiertas y cerraremos aquellas que están en serie con los Breaker que protegen a los transformadores. Luego que esté energizada la barra de 13.8KV procedemos a cerrar los Breaker de salida.

El siguiente paso es cambiar de ramal de alimentación sin cortar la energía, el procedimiento primero es verificar que el voltaje, la frecuencia y la secuencia de fase sean las mismas. Cuando estemos seguros que esto sea así cerramos las cuchillas que están en serie con el Breaker principal y luego cerramos el Breaker principal. En el momento que esto se encuentre listo procedemos a desconectar el otro Breaker principal y abrir las cuchillas.

3.7.11. Practica #12.

La practica 12 consistirá en cerrar las cuchillas de bypass que están antes de llegar a las cargas. Esta práctica es referente a la confiabilidad del servicio y lo que va a realizar es abrir tres de los 6 Breaker de salida de las tres bahías y cerrando las cuchillas necesarias restablecer el servicio

A continuación mostraremos las posibles fallas que se puedan presentar en el momento de realizar las maniobras:

Puestas a tierra del transformador activas

Al cerrar las dos cuchillas que están puestas en serie con el breaker tanto como de aguas arriba y abajo del transformador, estando activada las cuchillas de puesta a tierra, una luz amarilla en el tablero estará titilando, la cuchilla del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente: “Procedimiento erróneo posible cortocircuito directo a tierra, si es que se cierra los Breaker principal y hay una alimentación posibles daños a personas y equipos”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original.

Cierre de cuchillas

Todas las cuchillas se deben de cerrar cuando no estén energizados, si esto no se da, una luz amarilla en el tablero estará titilando, la cuchilla del problema debe de hacerse transparente y titilar, mientras que a su vez la pestaña del historial debe de titilar también en color amarillo. Se debe de ingresar al historial y hacer clic en la falla para que dejen de titilar todos los elementos. En el historial debe de resaltar lo siguiente: “Procedimiento erróneo las cuchillas deben ser cerradas des energizadas posible destrucción de la cuchilla”. Para liberar la falla hay que dejar todos los elementos en la posición inicial y pulsar un botón de liberación de falla y todos los elementos vuelven a su estado original. Para este procedimiento existen excepciones

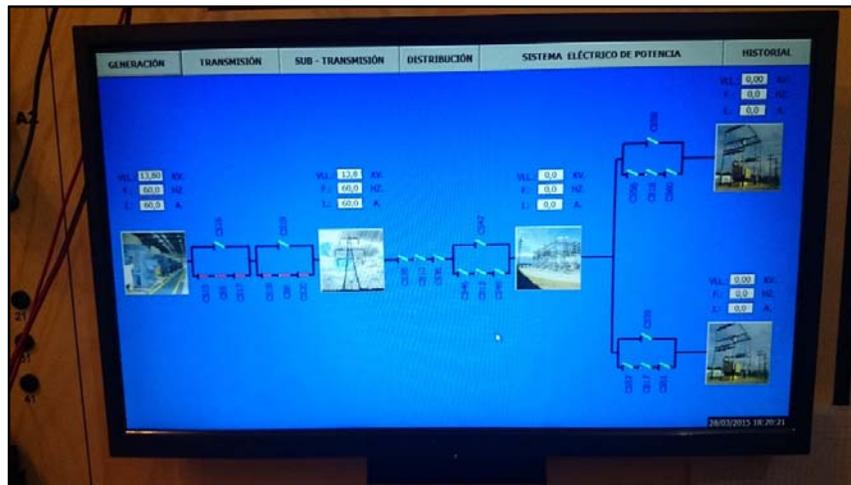
las cuales son: La cuchilla que está en paralelo con el Breaker, se puede abrir o cerrar cuando el Breaker está activo. Las cuchillas que están en serie al Breaker también se pueden abrir o cerrar siempre y cuando esté cerrada la cuchilla que está en paralelo al Breaker. Y las cuchillas del bypass.

Los elementos a utilizarse son los siguientes:

- 1 PLC
- 1 HMI
- 1 Computadora
- 1 Fuente de voltaje DC
- 19 pulsadores NO y NC.
- 2 selector NO de llave.
- 19 Luces piloto rojas y verdes.
- 1 luz piloto amarilla.

3.7.12. Practica #11.

Figura88 PRÁCTICA 11



Fuente: Los autores

La práctica once es cuando se halla término todas prácticas. Cada sub estación tiene breaker de entrada como de salida. Estos breaker se los vera en un bloque elaborado como una vista macro de un sistema eléctrico de potencia. El procedimiento para esta práctica es a cada uno de los breaker colocarle un tiempo de operación y luego se ingresa una corriente de falla. Los tiempos deben de estar definidos para que la apertura de la falla siempre esté lo más cercano a la falla.

3.8. PRESUPUESTO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE SIMULACIONES.

Tabla 1 Costo del proyecto

	Descripción	Numero de factura	Fecha	Costo
1	Cable vga	001-001-000016688	28/09/2014	\$ 4,50
2	PLC, Touch, módulos de expa.	001-001-000002402	03/10/2014	\$ 1.522,98
3	Pantalla	nota de venta	04/10/2014	\$ 200,00
4	Banco de prueba	proforma	20/10/2014	\$ 1.033,00
5	Teclado	128-010-000034332	02/11/2014	\$ 13,41
6	Piezas para mesa	081-003-000070152	25/10/2014	\$ 7,58
7	Gigantografía lona	18189	05/11/2014	\$ 21,12
8	Fuentes abono	997	05/11/2014	\$ 200,00
9	Impresiones en vinil		08/11/2014	\$ 173,00
10	Cpu	001-001-000018832	13/11/2014	\$ 400,72
11	Fuentes abono	997	15/11/2014	\$ 220,00
12	Jomосу s.a. abono	oferta	18/11/2014	\$ 600,00
13	Selectores	002-002-000015151	18/11/2014	\$ 8,47
14	Botoneras	001-001-000131093	18/11/2014	\$ 254,54
15	Switch 8ptos	001-001-000017690	04/12/2014	\$ 90,16
16	Patch panel	002-001000014449	04/12/2014	\$ 34,50
17	Cable y terminales	001-001-000231173	29/11/2014	\$ 54,04
18	Fuentes total			\$ 260,00
19	Borneras		16/12/2014	\$ 680,00
20	Cables UTP			\$ 30,00
21	Accesorios			\$ 200,00
Total incluido iva:				\$ 6.008,02

Fuente: Los autores

4. CAPÍTULO IV MANUAL DE PRÁCTICAS

4.1. GUÍA DE PRÁCTICAS PARA PRUEBAS DEL BANCO.

Las prácticas comprenderán las cuatro partes que conforman un sistema eléctrico de potencia y son las siguientes:

PRACTICA 1

Título: Reconocimiento y Mantenimiento del Banco.

Resumen: Conocer las normas de seguridad que se deben tomar en cuenta para la manipulación de cada uno de los elementos que se encuentran instalados en el Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia.

PRACTICA 2

Título: Mantenimiento y Seguridad del Banco.

Resumen: Conocer el funcionamiento del banco de simulaciones utilizado para realizar las correspondientes prácticas de operación y maniobras de un sistema eléctrico de potencia.

PRACTICA 3

Título: Operación de una planta de generación.

Resumen: En este punto se detallará paso a paso todo lo necesario para arrancar un generador para posteriormente realizar el respectivo sincronismo con el anillo interconectado para poder comenzar a dar energía al sistema.

PRACTICA 4

Título: Maniobra de mantenimiento de una planta de generación.

Resumen: En este punto se realizarán los pasos a seguir para colocar un generador en mantenimiento, además de los pasos a seguir para operar una barra doble.

5PRACTICA 3

Título: Operación de una estación de transmisión 138KV.

Resumen: Los pasos a seguir desde la energización de la barra en 13,8KV hasta la energización de la barra de salida de 138KV.

PRACTICA 6

Título: Maniobra de mantenimiento de una estación de transmisión 230KV y 138KV.

Resumen: En esta estación se realizarán los pasos a seguir desde el cambio de un breaker sin cortar la energía hasta la maniobra para utilizar la configuración de barra de 1 ½ breaker.

PRACTICA 7

Título: Operación de una estación de subtransmisión 69KV.

Resumen: Los pasos a seguir desde la energización de la barra en 138KV hasta la energización de la barra de salida de 69KV.

PRACTICA 8

Título: Maniobra de mantenimiento de una estación de subtransmisión 69KV.

Resumen: En esta estación se realizarán los pasos a seguir desde el cambio de un breaker sin cortar la energía hasta la maniobra para utilizar la configuración de transferencias de barra.

PRACTICA 9

Título: Operación de una estación de subestación de distribución 13.8KV.

Resumen: Los pasos a seguir desde la energización de la barra en 69KV hasta la energización de la barra de salida de 13,8KV.

PRACTICA 10

Título: Maniobra de mantenimiento de una estación de subestación de distribución 13,8KV.

Resumen: En esta estación se realizarán los pasos a seguir desde el cambio de un breaker sin cortar la energía hasta la maniobra para utilizar la configuración de transferencias de barra en 69KV para aislar fallas.

PRACTICA 11

Título: Falla sobre corriente, sobre y subtensión en un sistema de distribución.

Resumen: Como deben de operar el interruptor al momento de una falla y como deben de estar calibrados para que no actúen los breakers aguas arriba si no son necesarios.

PRACTICA 12

Título: Transferencia entre líneas de 13.8KV.

Resumen: Los pasos a seguir para restablecer una troncal en 13,8KV en el momento que se quede sin energía y esta sea necesario.

4.2. PRÁCTICA NO. 1: Mantenimiento y Seguridad del Banco.

4.2.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 1**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

4.2.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Banco de Simulaciones para Operación y Maniobras de un Sistema Eléctrico de Potencia.

- **OBJETIVO GENERAL:**

Conocer las normas de seguridad que se deben tomar en cuenta para la manipulación de cada uno de los elementos que se encuentran instalados en el Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Implementar normas de seguridad para cada uno de los elementos que se encuentran instalados en el Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia.
2. Comprobar el buen funcionamiento de los elementos instalados en el Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia, por medio del manual de seguridad.

- **MARCO TEÓRICO**

Principio de funcionamiento de los elementos que se encuentran en el Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia, por medio del manual de seguridad.

- **MARCO PROCEDIMENTAL**

Revisar que todos los elementos se encuentren en el Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia.

Verificar el funcionamiento de los elementos del Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia por medio de los parámetros y normas de seguridad descritas en este capítulo.

Tomar las medidas de seguridad en caso que falle algún dispositivo.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Introducción al funcionamiento del banco.

Conocer todas las aplicaciones posibles para el Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia.

Conocer las normas de seguridad para este banco.

Identificar los dispositivos a utilizar.

Reconocer los símbolos eléctricos y aplicar los conocimientos adquiridos en la materia.

- **RECURSOS UTILIZADOS**

- Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia.
- Fuentes de tensión y corriente.
- Controlador lógico programable S7-1200 (PLC).
- Módulo de expansión, entradas y salidas análogas y digitales.
- Pantalla táctil SIEMENS (touch panel).
- Switch de comunicación y patch panel.
- CPU y monitor led 21 pulgadas.
- Relés y breakers.
- Botoneras, selectores y switch con llave.
- Cables de laboratorio

Figura 89 Banco de Simulaciones de un Sistema Eléctrico de Potencia



Fuente: Los Autores.

4.2.3. NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS

- Previo al cableado del tablero basado en el diagrama de conexiones para realizar las prácticas en el Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia; es indispensable que este se encuentre sin energía verificando que tanto el segmento de breakers como los selectores en control de energía se encuentren apagados.
- Si durante alguna de las prácticas se presentara alguna anomalía en las fuentes, dispositivos o equipos del banco; presionar de manera inmediata el botón de paro de emergencia para posteriormente bajar los breakers de alimentación y revisar la falla.
- No operar los interruptores con las manos mojadas, sudadas y sucias ya que se podría accidentalmente ocasionar una descarga eléctrica y afectar la estética del tablero.

Verificar que no exista ningún cable suelto ya que esto podría ocasionar accidentes.

Figura90Cableado del tablero



Fuente: Los Autores.

Verificar en la parte posterior del banco la correcta conexión y ajuste de los elementos y sus terminales.

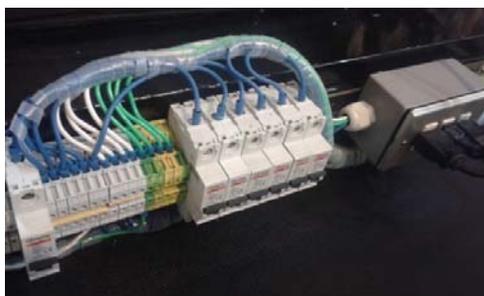
Figura91 Parte posterior del tablero



Fuente: Los Autores.

El grupo de alimentación principal compuesto del bloque de breakers es uno de los principales componentes del Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia ya que suministrará la energía para el accionamiento de los diversos dispositivos que se encuentran en el banco de pruebas.

Figura92 Alimentación 120VAC



Fuente: Los Autores.

Como ya es de conocimiento, para la simulación de la instrumentación en sitio se utilizaron 3 fuentes de voltaje de 0 a 10Vdc de 1 Amp y una fuente de corriente de 0 a 20ma. Se recomienda además por la sensibilidad de las fuentes la no manipulación innecesaria.

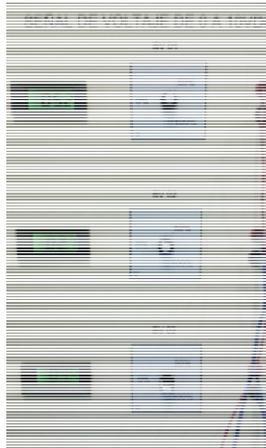
Figura93 Fuentes de 10V y 20ma



Fuente: Los Autores.

Nota: Los niveles en instrumentación no deben de sobrepasar los valores de 10V y 20ma ya que se agotaría el tiempo de vida útil del módulo.

Figura94 Señales de voltaje y corriente



Fuente: Los Autores.

El controlador lógico programable es un S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY marca SIEMENS de código 6ES7214-1BG31-OXB0 y alimentación de voltaje alterno de 120-240V. El PLC posee 14 entradas digitales, 10 salidas digitales y 2 entradas analógicas fijas.

Figura95 PLC S7-1200 120/240V



Fuente: Los Autores.

Los módulo de expansión de entradas y salidas digitales SM 1223 DC/RLY código 6ES7223-1PL30-OXB0 de 16 entradas y 16 salidas. Además del módulo de expansión señales analógicas SM 1234 AI/AQ de código 6ES7223-1PL30-OXB0 con 4 entradas y 2 salidas.

Figura96 Módulo de expansión



Fuente: Los Autores.

La pantalla táctil o touch panel marca SIEMENS es un equipo de sumo cuidado por lo que se recomienda en operaciones la manipulación gentil del mismo para alargar su vida útil procurando tener las manos limpias y no golpear de manera exagerada con los dedos al momento de la realización de las practicas

Nota: Revisar datos técnicos de la pantalla táctil adjuntos en el banco de pruebas.

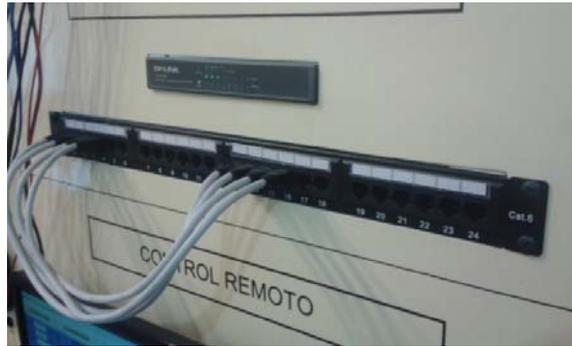
Figura97Pantalla táctil



Fuente: Los Autores.

El switch de comunicación es de marca TP-LINK de 1000mbps de 8 puertos; 4 normales y 4 POE, además de un patch panel de 24 puertos categoría 6.

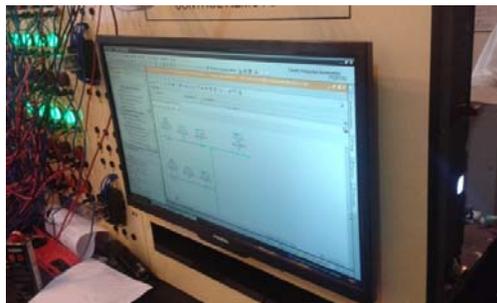
Figura98Switch de comunicación y patch panel



Fuente: Los Autores.

La computadora seleccionada para desarrollar la lógica de programación es una Pentium R de 3.0 Ghz que representa a una core 2 duo con memoria RAM de 12Ghz y sistema operativo de 64 bits. Monitor de 21 pulgadas marca PRIMA tipo led.

Figura99Monitor 21 pulgadas tipo led



Fuente: Los Autores.

Para la realización de las practicas fueron necesarios además ciertos implementos como relés de 24V, pulsadores, selectores, botoneras de paro y luces led piloto marca CAMSCO. Para el cableado de fuerza se utilizó cable #12 AWG, para las señales de control cable #12 AWG y para las señales de instrumentación cable #16 AWG.

Figura100Conexionado en pulsantes, luces piloto y actuadores



Fuente: Los Autores.

4.2.4. NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS

1. Antes de manipular los elementos del banco de simulaciones tome todas las medidas de precaución que el docente indique.
2. No utilice cables de conexión en mal estado.
3. Si algún cable de los dispositivos está suelto indique al docente para la posterior revisión con el diagrama de conexiones.
4. Antes de energizar el banco de pruebas asegúrese que todo este correctamente conectado y ajustado.
5. Nunca manipule ninguno de los elementos del banco de simulaciones con las manos mojadas y sucias.
6. No utilice cables parchados o rotos, ya que podría ocasionar accidentes durante las pruebas y un mal funcionamiento de los equipos.
7. Verifique que las borneras del banco de simulaciones no estén golpeadas ni rotas.
8. No tocar las fuentes de voltaje y corriente de manera innecesaria.
9. Antes de comenzar a realizar las pruebas en el banco de simulaciones, es importante primero revisar la documentación referente a las prácticas para la correcta operación.
10. Si va a realizar el conexionado del tablero, asegúrese previamente haber quitado por completo la alimentación del tablero por medio del control de energía y el bloque de breakers de alimentación principal.

11. Si ve que algún elemento del tablero comienza a fallar, expedir humo o si se ocasiona algún corto circuito; presionar el botón de paro de emergencia inmediatamente e informar al docente.
12. Se debe de mantener limpio el tablero y sus componentes, tener en cuenta que su limpieza debe de ser de manera cuidadosa tan solo con una franela seca para lo que es la estructura y con alguna brocha o pincel para los elementos eléctricos.
13. Ajustar los terminales de conexionado en la cara posterior del banco de simulaciones cada 6 meses.
14. Es importante recalcar la importancia de retirar la energía del tablero antes de realizar alguna actividad de mantenimiento.
15. Si no comprende la conexión de algún elemento o procedimiento de alguna de las prácticas, solicite ayuda al docente.

4.2.5. NORMAS DE SEGURIDAD CON LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS

1. No ingresar alimentos ni bebidas al laboratorio.
2. Restringir el ingreso a los laboratorios a personas ajenas a los cursos y clases
3. No manipular equipos dentro del laboratorio si el docente no lo autoriza.
4. No desconectar ningún cable del banco de pruebas, en caso de encontrar una desconexión ya existente; informar de manera inmediata al docente

4.2.6. NORMAS DE SEGURIDAD DENTRO DEL LABORATORIO

- **ANEXOS**

- Diagrama del Banco de Simulaciones para Operación y Maniobras de un Sistema Eléctrico de Potencia.
- Catálogos del fabricante de los equipos en este banco de pruebas.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Los autores

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

- ¿Indique qué hacer antes de realizar el conexionado para las pruebas en el banco de simulación?
- ¿Qué acción inmediata se debe realizar en caso de falla o corto circuito?
- ¿Según su criterio, indique por qué no es recomendable usar cables en mal estado para las pruebas?
- ¿Qué aspectos negativos a la hora de realizar las prácticas amenazarían con la estética y mal funcionamiento del tablero como además del riesgo de corto circuito?
- Mencione la forma correcta en que se deben de intervenir las diferentes partes del banco de simulaciones a la hora de realizar el mantenimiento y limpieza del mismo

- **OTROS**

Sobre normas de seguridad:

Riesgos eléctricos.

Descargas eléctricas al cuerpo humano.

Sobre protección de dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección de los dispositivos eléctricos.

Sobre diseño de circuitos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Evaluar y cotizar la instalación de los elementos utilizados en el banco de control industrial electromecánico.

4.3. PRÁCTICA NO. 2: Verificación del funcionamiento de los elementos del Banco de Pruebas.

4.3.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 2**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

4.3.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Comprobación y funcionamiento de elementos.

- **OBJETIVO GENERAL:**
 - Conocer el funcionamiento del banco de simulaciones utilizado para realizar las correspondientes prácticas de operación y maniobras de un sistema eléctrico de potencia.
- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - Identificar los bloques de elementos que forman el banco de simulaciones en cada uno de los elementos que forman cada bloque.
 - Probar cada uno de los elementos y verificar su correcto funcionamiento.
- **MARCO TEÓRICO**
 - Funcionamiento de cada dispositivo.
 - Normas de seguridad de un laboratorio.
 - Normas de procedimientos para un laboratorio.
 - Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **MARCO PROCEDIMENTAL**
 - Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de simulaciones.
 - Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de simulaciones.
 - Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.
 - Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**
 - Verificar la operatividad de todos los dispositivos del banco de simulaciones para operación y maniobras de un sistema eléctrico de potencia.
 - Verificar continuidad en todas las borneras, verificar que no existan cables dañados y dispositivos en mal estado.

- **RECURSOS UTILIZADOS**
 - Banco de Simulaciones de un Sistema de Potencia.
 - Fuentes de tensión y corriente.
 - Controlador lógico programable S7-1200 (PLC).
 - Módulo de expansión, entradas y salidas análogas y digitales.
 - Pantalla táctil SIEMENS (touch panel).
 - Switch de comunicación y patch panel.
 - CPU y monitor led 21 pulgadas.
 - Relés y breakers.
 - Botoneras, selectores y switch con llave.
 - Cables de laboratorio

- **ANEXOS**
 - Guía de prácticas.
 - Prácticas para el banco de simulaciones.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Los autores

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

- ¿Cuál es la utilidad de los dispositivos eléctricos en las industrias?
- ¿Para qué sirven los controladores lógicos programables (PLC)?
- ¿Cómo funciona un controlador lógico programable?
- Cite al menos cinco ejemplos de aplicaciones de los PLC en las industrias.
- ¿Para qué sirven los pulsantes y luces pilotos?
- Mencione la importancia de las fuentes de voltaje y corriente.
- Conclusiones del banco de simulaciones para operación y maniobras de un sistema eléctrico de potencia.

- **OTROS**

Sobre normas de seguridad:

Riesgos eléctricos.

Descargas eléctricas al cuerpo humano.

Sobre protección de dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección de los dispositivos eléctricos.

Tabla 2 Toma de Valores

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / FUENTE FIJA					FECHA : 30/03/15	
PRUEBA REALIZADA : VOLTAJE Y CONTINUIDAD RESPECTIVA CON MULTIMETRO FLUKE 374						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-N (V) IN	120	11,11%			
2	Fuente Fija de 24VDC	24	11,11%			
3	Terminales de fuente fija de 24VDC	24	11,11%			
4	Terminales de fuente fija de 24VDC	24	11,11%			
5	Terminales de fuente fija de 24VDC	24	11,11%			
6	Terminales de fuente fija de 24VDC	24	11,11%			
7	Terminales de fuente fija de 24VDC	24	11,11%			
8	Terminales de fuente fija de 24VDC	24	11,11%			
9	Terminales de fuente fija de 24VDC	24	11,11%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 3 Toma de Valores

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / FUENTE VARIABLE					FECHA : 30/03/15	
PRUEBA REALIZADA : VOLTAJE Y CONTINUIDAD RESPECTIVA CON MULTIMETRO FLUKE 374						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Fuente variable de 0 a 10 V SV-01	0-10	16,66%			
2	Fuente variable de 0 a 10 V SV-02	0-10	16,66%			
3	Fuente variable de 0 a 10 V SV-03	0-10	16,66%			
4	Fuente variable de 0 a 20ma. SC-01	0-20	16,66%			
5	Fuente variable de 0 a 20ma. SC-02	0-20	16,66%			
6	Fuente variable de 0 a 20ma. SC-03	0-20	16,66%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 4 Toma de Valores

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PLC					FECHA : 30/03/15	
PRUEBA REALIZADA : VOLTAJE Y CONTINUIDAD RESPECTIVA CON MULTIMETRO FLUKE 374						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	PLC S7-120 ALIMENTACION 120VAC	120	3,03%			
2	DI a.0 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
3	DI a.1 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
4	DI a.2 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
5	DI a.3 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
6	DI a.4 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
7	DI a.5 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
8	DI a.6 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
9	DI a.7 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
10	DI b.0 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
11	DI b.1 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
12	DI b.2 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
13	DI b.3 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
14	DI b.4 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
15	DI b.5 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
16	DI b.0 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			

17	DQ a.0 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
18	DQ a.1 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
19	DQ a.2 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
20	DQ a.3 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
21	DQ a.4 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
22	DQ a.5 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
23	DQ a.6 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
24	DQ a.7 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
25	DQ b0 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
26	DQ b1 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
27	L+ continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
28	GND continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
29	M continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
30	1M continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
31	2M continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
32	IA.0 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
33	IA.1 continuidad entre bornera y PLC	Ok	3,03%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 5 Toma de Valores

					
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS					
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
EQUIPO / MÓDULO DE EXPANSIÓN					FECHA : 30/03/15
PRUEBA REALIZADA : VOLTAJE Y CONTINUIDAD RESPECTIVA CON MULTIMETRO FLUKE 374					
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	SM1223-1 DI(24VDC)/DQ(RELAY)	Ok	1%		
2	DIa.0 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
3	DIa.1 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
4	DIa.2 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
5	DIa.3 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
6	DIa.4 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
7	DIa.5 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
8	DIa.6 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
9	DIa.7 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
10	DIb.0 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
11	DIb.1 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
12	DIb.2 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
13	DIb.3 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
14	DIb.4 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
15	DIb.5 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		
16	DIb.6 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%		

17	DIb.7 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
18	DQa.0 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
19	DQa.1 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
20	DQa.2 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
21	DQa.3 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
22	DQa.4 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
23	DQa.5 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
24	DQa.6 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
25	DQa.7 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
26	DQb.0 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
27	DQb.1 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
28	DQb.2 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
29	DQb.3 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
30	DQb.4 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
31	DQb.5 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
32	DQb.6 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
33	DQb.7 continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
34	1M continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
35	2M continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
36	1L continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
37	2L continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
38	3L continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
39	4L continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
40	SM1223-2 DI(24VDC)/DQ(RELAY)	Ok	1%			
41	DIa.0 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
42	DIa.1 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			

43	DIa.2 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
44	DIa.3 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
45	DIa.4 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
46	DIa.5 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
47	DIa.6 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
48	DIa.7 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
49	DIb.0 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
50	DIb.1 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
51	DIb.2 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
52	DIb.3 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
53	DIb.4 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
54	DIb.5 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
55	DIb.6 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
56	DIb.7 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
57	DQa.0 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
58	DQa.1 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
59	DQa.2 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
60	DQa.3 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
61	DQa.4 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
62	DQa.5 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
63	DQa.6 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
64	DQa.7 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
65	DQb.0 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
66	DQb.1 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
67	DQb.2 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		
68	DQb.3 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%		

69	DQb.4 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
70	DQb.5 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
71	DQb.6 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
72	DQb.7 continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
73	1M continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
74	2M continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
75	1L continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
76	2L continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
77	3L continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
78	4L continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
79	L+ continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
80	M+ continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
81	GND+ continuidad entre bornera y SM1223-1	Ok	1%			
82	L+ continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
83	M+ continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
84	GND+ continuidad entre bornera y SM1223-2	Ok	1%			
85	SM 1234 AI 4/AQ 2	Ok	1%			
86	L+ continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%			
87	M+ continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%			
88	GND+ continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%			
89	AI 0 + continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%			
90	AI 0 - continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%			
91	AI 1 + continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%			
92	AI 1 - continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%			
93	AI 2 + continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%			
94	AI 2 - continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%			

95	AI 3 + continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%				
96	AI 3 - continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%				
97	AQ 0 - continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%				
98	AQ 1 - continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%				
99	0M - continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%				
100	1M - continuidad entre bornera y SM1234	Ok	1%				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 6 Toma de Valores

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / ELEMENTOS DE MANIOBRA					FECHA : 30/03/15	
PRUEBA REALIZADA : VOLTAJE Y CONTINUIDAD RESPECTIVA CON MULTIMETRO FLUKE 374						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	PULSANTE NO M1	Ok	2,04%			
2	PULSANTE NO M2	Ok	2,04%			
3	PULSANTE NO M3	Ok	2,04%			
4	PULSANTE NO M4	Ok	2,04%			
5	PULSANTE NC M5	Ok	2,04%			
6	PULSANTE NC M6	Ok	2,04%			
7	PULSANTE NC M7	Ok	2,04%			
8	PULSANTE NC M8	Ok	2,04%			
9	PULSANTE NO M9	Ok	2,04%			
10	PULSANTE NO M10	Ok	2,04%			
11	PULSANTE NO M11	Ok	2,04%			
12	PULSANTE NO M12	Ok	2,04%			
13	PULSANTE NC M13	Ok	2,04%			
14	PULSANTE NC M14	Ok	2,04%			
15	PULSANTE NC M15	Ok	2,04%			
16	PULSANTE NC M16	Ok	2,04%			

17	PULSANTE NO M17	Ok	2,04%			
18	PULSANTE NO M18	Ok	2,04%			
19	PULSANTE NO M19	Ok	2,04%			
20	PULSANTE NO M20	Ok	2,04%			
21	PULSANTE NC M21	Ok	2,04%			
22	PULSANTE NC M22	Ok	2,04%			
23	PULSANTE NC M23	Ok	2,04%			
24	PULSANTE NC M24	Ok	2,04%			
25	PULSANTE NO M25	Ok	2,04%			
26	PULSANTE NO M26	Ok	2,04%			
27	PULSANTE NO M27	Ok	2,04%			
28	PULSANTE NO M28	Ok	2,04%			
29	PULSANTE NC M29	Ok	2,04%			
30	PULSANTE NC M30	Ok	2,04%			
31	PULSANTE NC M31	Ok	2,04%			
32	PULSANTE NC M32	Ok	2,04%			
33	PULSANTE NO M33	Ok	2,04%			
34	PULSANTE NO M34	Ok	2,04%			
35	PULSANTE NO M35	Ok	2,04%			
36	PULSANTE NO M36	Ok	2,04%			
37	PULSANTE NC M37	Ok	2,04%			
38	PULSANTE NC M38	Ok	2,04%			
39	PULSANTE NC M39	Ok	2,04%			
40	PULSANTE NC M40	Ok	2,04%			
41	HONGO NC M41	Ok	2,04%			
42	HONGO NC M42	Ok	2,04%			

43	SELECTOR NORMAL NO M43	Ok	2,04%			
44	SELECTOR NORMAL NO M44	Ok	2,04%			
45	SELECTOR NORMAL NO M45	Ok	2,04%			
46	SELECTOR CON LLAVE NO M46	Ok	2,04%			
47	SELECTOR CON LLAVE NO M47	Ok	2,04%			
48	SELECTOR NORMAL NO M48	Ok	2,04%			
49	SELECTOR NORMAL NO M45	Ok	2,04%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 7 Toma de Valores

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / ELEMENTOS INDICADORES					FECHA : 30/03/15	
PRUEBA REALIZADA : VOLTAJE Y CONTINUIDAD RESPECTIVA CON MULTIMETRO FLUKE 374						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H1	Ok	2,22%			
2	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H2	Ok	2,22%			
3	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H3	Ok	2,22%			
4	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H4	Ok	2,22%			
5	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H5	Ok	2,22%			
6	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H6	Ok	2,22%			
7	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H7	Ok	2,22%			
8	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H8	Ok	2,22%			
9	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H9	Ok	2,22%			
10	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H10	Ok	2,22%			
11	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H11	Ok	2,22%			
13	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H12	Ok	2,22%			
14	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H13	Ok	2,22%			
15	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H14	Ok	2,22%			
16	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H15	Ok	2,22%			
17	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H16	Ok	2,22%			

18	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H17	Ok	2,22%		
19	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H18	Ok	2,22%		
20	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H19	Ok	2,22%		
21	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H20	Ok	2,22%		
22	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H21	Ok	2,22%		
23	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H22	Ok	2,22%		
24	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H23	Ok	2,22%		
25	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H24	Ok	2,22%		
26	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H25	Ok	2,22%		
27	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H26	Ok	2,22%		
28	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H27	Ok	2,22%		
29	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H28	Ok	2,22%		
30	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H29	Ok	2,22%		
31	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H30	Ok	2,22%		
32	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H31	Ok	2,22%		
33	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H32	Ok	2,22%		
34	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H33	Ok	2,22%		
35	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H34	Ok	2,22%		
36	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H35	Ok	2,22%		
37	LUZ PILOTO LED VERDE 24VDC H36	Ok	2,22%		
38	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H37	Ok	2,22%		
39	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H38	Ok	2,22%		
40	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H39	Ok	2,22%		
41	LUZ PILOTO LED ROJO 24VDC H40	Ok	2,22%		
42	LUZ PILOTO LED AMARI 24VDC H41	Ok	2,22%		
43	LUZ PILOTO LED AMARI 24VDC H42	Ok	2,22%		

44	LUZ PILOTO LED AMARI 24VDC H43	Ok	2,22%			
45	LUZ PILOTO LED AMARI 24VDC H44	Ok	2,22%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 8 Toma de Valores

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / CONTROL					FECHA : 30/03/15	
PRUEBA REALIZADA : VOLTAJE Y CONTINUIDAD RESPECTIVA CON MULTIMETRO FLUKE 374						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTROL DE ENERGIA PARO DE EMERGENCIA	Ok	12,5%			
2	CONTROL DE ENERGIA ON/OFF GENERAL	Ok	12,5%			
3	CONTROL DE ENERGIA FUENTE 24VDC	Ok	12,5%			
4	CONTROL DE ENERGIA FUENTES VARIABLES	Ok	12,5%			
5	CONTROL DE ENERGIA PLC	Ok	12,5%			
6	CONTROL DE ENERGIA TOUCH PANEL	Ok	12,5%			
7	CONTROL DE ENERGIA PC	Ok	12,5%			
8	CONTROL DE ENERGIA SWITCH COM	Ok	12,5%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 9 Toma de Valores

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / ACTUADOR					FECHA : 30/03/15	
PRUEBA REALIZADA : VOLTAJE Y CONTINUIDAD RESPECTIVA CON MULTIMETRO FLUKE 374						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	BOBINA DE RELE 24VDC CAMSCO A1	Ok	9,09%			
2	BOBINA DE RELE 24VDC CAMSCO A2	Ok	9,09%			
3	BOBINA DE RELE 24VDC CAMSCO A3	Ok	9,09%			
4	CONTACTO AUXILIAR A1 12/14/11	Ok	9,09%			
5	CONTACTO AUXILIAR A1 22/24/21	Ok	9,09%			
6	CONTACTO AUXILIAR A1 32/34/31	Ok	9,09%			
7	CONTACTO AUXILIAR A1 42/44/41	Ok	9,09%			
8	CONTACTO AUXILIAR A2 12/14/11	Ok	9,09%			
9	CONTACTO AUXILIAR A3 22/24/21	Ok	9,09%			

10	CONTACTO AUXILIAR A3 32/34/31	Ok	9,09%			
11	CONTACTO AUXILIAR A3 42/44/41	Ok	9,09%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 10 Toma de Valores

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / SWITCH					FECHA : 30/03/15	
PRUEBA REALIZADA : VOLTAJE Y CONTINUIDAD RESPECTIVA CON MULTIMETRO FLUKE 374						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	PUERTO #1	Ok	12.5%			
2	PUERTO #2	Ok	12.5%			
3	PUERTO #3	Ok	12.5%			
4	PUERTO #4	Ok	12.5%			
5	PUERTO #5	Ok	12.5%			
6	PUERTO #6	Ok	12.5%			
7	PUERTO #7	Ok	12.5%			
8	PUERTO #8	Ok	12.5%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 11 Toma de Valores

					
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS					
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
EQUIPO / PANTALLA TÁCTIL				FECHA : 30/03/15	
PRUEBA REALIZADA : VOLTAJE Y CONTINUIDAD RESPECTIVA CON MULTIMETRO FLUKE 374					
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	TOUCH PANEL 24 VDC	Ok	100%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

4.3.3 DIAGRAMA DE CONEXIONADO.

1.1. PRACTICA # 03: Maniobra de operación de una bahía de generación.

1.1.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 3**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

1.1.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **OBJETIVOS GENERALES:**

Operación de sincronismo entre generadores.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

Identificar los elementos en el tablero y en las diferentes partes que está compuesta.

En este punto lo que se hará paso a paso todo lo necesario para arrancar un generador, después el sincronismo con el anillo interconectado para poder comenzar a dar energía al sistema.

- **MARCO TEÓRICO:**

Partes de una sub estación de Generación y funcionamiento de generadores síncronos. Ecuación para sincronismo. Elementos de seguridad.

- **CONEXIONADO:**

Tabla 12 Conexionado 1 práctica 3

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
M1	CB1	DI a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M2	CB2	DI a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M3	CB3	DI a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M4	CB4	DI a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M5	CB1	DI a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0

M6	CB2	DI a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M7	CB3	DI a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
M8	CB4	DI a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
M9	CS5	DI b.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M10	CS6	DI b.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M11	CS7	DI b.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M12	CS8	DI b.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M13	CS5	DI b.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M14	CS6	DI b.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M15	CS7	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M16	CS8	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M17	CS9	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M18	CS10	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M19	CS11	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M20	CS12	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M21	CS9	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M22	CS10	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M23	CS11	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M24	CS12	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M25	CS13	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M26	CS14	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M27	CB5	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M28	CS16	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M29	CS13	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M30	CS14	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M31	CB5	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M32	CS16	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M33	CS15	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M34	CS17	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M35	CS1	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M36	CS2	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M37	CS15	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M38	CS17	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M39	CS1	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M40	CS2	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M41	PARO/EMER.	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M42	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M43	CS3	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M44	CS4	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M45	-	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M46	-	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M47	-	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M48	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02

Fuente: Los autores.

NOTA:

Todas las señales del PLC como la de sus extensiones que tenga letra l van conectadas en el positivo de 24vdc y las que tengan la letra m van al negativo de 24vdc. Además a las entradas digitales le debe de entrar señal positiva.

Tabla 13 Conexionado 2 práctica 3

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
H1	CB1	DQ a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H2	CB2	DQ a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H3	CB3	DQ a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
H4	CB4	DQ a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
H5	CB1	DQ a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
H6	CB2	DQ a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
H7	CB3	DQ a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
H8	CB4	DQ a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
H9	CS5	DQ b0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H10	CS6	DQ b1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H11	CS7	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H12	CS8	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H13	CS5	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H14	CS6	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H15	CS7	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H16	CS8	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H17	CS9	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H18	CS10	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H19	CS11	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H20	CS12	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H21	CS9	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H22	CS10	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H23	CS11	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H24	CS12	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H25	CS13	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H26	CS14	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H27	CB5	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H28	CS16	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H29	CS13	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H30	CS14	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H31	CB5	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H32	CS16	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H33	CS15	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H34	CS17	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02

H35	CS1	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H36	CS2	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H37	CS15	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H38	CS17	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H39	CS1	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H40	CS2	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H41	FALLA HIS	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H42	-	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H43	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H44	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
SV01	GEN 1	AI0	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV02	GEN 2	AI1	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV03	GEN 3	AI0+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC01	GEN 1	AI2+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC02	GEN 2	AI3+	6ES7234-4HE30-0XB0

Fuente: Los autores.

- **PROCEDIMIENTO:**

1.-Escoger en la venta de práctica la etapa del sistema de potencia a trabajar, en este caso sería la de generación.

2.-Hacer clic en el icono de generación que se encuentra en la pantalla principal que la ubica en el HMI y en el SCADA.

3.- Ahora constataremos que en la pantalla del HMI por ser pequeña la etapa de generación está dividida en cuatro pantallas una por cada generador y en el SCADA se visualizara una sola pantalla con todo el sistema completo.

4.-Ingresar el valor base de la principal de la sub estación de generación, que sería voltaje de línea, frecuencia y secuencia de fase. Los voltajes a ingresar están entre los valores 13,73 hasta 13,86 KV y la frecuencia estará entre los valores 60 hasta 60,6 HZ.

5.-Observar que no estén las cuchillas de puesta tierra de los generadores estén abiertos. Las cuchillas son: para el generador uno CS1, para el generador dos CS2, para el generador 3 CS3 y para el generador 4 CS4.

6.-Ahora de los cuatro generadores sincronizaremos tres de ellos con respecto a los valores ingresados a la barra. Estos valores deben de ser iguales o estar dentro de un rango mínimo permitido. Para sincronizar los generadores utilizaremos la fuente que están el tablero en la etapa de Instrumentación. La fuente de voltaje representaría el voltaje de campo y la fuente de corriente representaría la velocidad de campo.

7.-La frecuencia del generador no debe de ser menor a la frecuencia de base de la línea principal y siempre debe de estar dentro del rango mínimo permitido.

8.-Observar que en el sincronoscopio no este marcando atraso o adelanto, y estaremos listo para que el generador se conecte a la barra.

9.-Luego que se haya cumplido las anteriores premisas, cerramos primero las cuchillas de las barras. Para el generador uno CS5 o CS10, para el generador dos CS6 o CS11 y para el generador tres CS8 o CS13.

10.- Ahora cerramos las Breaker de protección principal de los de los generadores los cuales serían: para el generador uno CB1, para el generador dos CB2 y para el generador 3 el CB3.

11.- Como último procedimiento cerramos las cuchillas y el Breaker principal de la barra en el siguiente orden CS7, CS12, CS15, CS17, CB5. En este momento terminamos la práctica de sincronismo.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

1.- Que el tablero principal este energizado y que los interruptores de energización estén activos.

2.- Que estén encendido el PLC, el TOUCH PANEL, las fuentes (voltaje y corriente) y la computadora.

3.- Que haya comunicación entre el PLC, TOUCH PANEL y PC.

4.- Que este activo el Run Time del programa.

- **RECURSOS.**

1.- El banco de simulaciones, para operación y maniobras de las cuatro etapas que comprenden un sistema eléctrico de potencia

2.- Los cables del laboratorio.

- **NORMAS DE SEGURIDAD.**

1.-No sobrepasar de 10,5 VDC y 21 ma para las señales analógicas del PLC.

- **CUESTIONARIO.**

1.-¿Por qué la frecuencia debe de ser igual entre la barra de la red principal y el generador?

2.-¿Por qué el voltaje debe de ser igual entre la barra de la red principal y el generador?

3.- ¿Por qué la secuencia de fase debe de ser igual entre la barra de la red principal y el generador?

4.-¿Por qué el sincronoscopio marca atraso?

5.-¿Por qué el sincronoscopio marca Adelanto?

6.-¿ Por qué el sincronoscopio marca en la mitad?

7.-¿Por qué se cierra primero las cuchillas antes del Breaker?

1.1.3. DIAGRAMA DE CONEXIONADO.

1.2. PRACTICA # 04: Maniobra de mantenimiento de una planta de generación.

1.2.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 4**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

1.2.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **OBJETIVOS GENERALES:**

Operación para mantenimiento y desacople de barra.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

Identificar los elementos en el tablero y en las diferentes partes que está compuesto.

En este punto se realizaran los pasos a seguir para el desacoplamiento de un generador por avería y la maniobra de una barra doble.

- **MARCO TEÓRICO:**

Pasos para colocar un generador en mantenimiento y hacer cambio de barra.
Elementos de seguridad.

- **CONEXIONADO:**

Tabla 14 Conexionado 1 práctica 4

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
M1	CB1	DI a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0

M2	CB2	DI a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M3	CB3	DI a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M4	CB4	DI a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M5	CB1	DI a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M6	CB2	DI a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M7	CB3	DI a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
M8	CB4	DI a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
M9	CS5	DI b.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M10	CS6	DI b.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M11	CS7	DI b.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M12	CS8	DI b.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M13	CS5	DI b.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M14	CS6	DI b.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M15	CS7	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M16	CS8	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M17	CS9	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M18	CS10	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M19	CS11	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M20	CS12	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M21	CS9	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M22	CS10	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M23	CS11	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M24	CS12	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M25	CS13	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M26	CS14	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M27	CB5	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M28	CS16	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M29	CS13	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M30	CS14	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M31	CB5	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M32	CS16	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M33	CS15	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M34	CS17	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M35	CS1	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M36	CS2	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M37	CS15	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M38	CS17	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M39	CS1	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M40	CS2	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M41	PARO EMER.	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M42	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M43	CS3	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M44	CS4	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M45	REC FALL	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02

M46	-	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M47	-	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M48	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02

Fuente: Los autores.

NOTA:

Todas las señales del PLC como la de sus extensiones que tenga letra l van conectadas en el positivo de 24vdc y las que tengan la letra m van al negativo de 24vdc. Además a las entradas digitales le debe de entrar señal positiva.

• **CONEXIONADO:**

Tabla 15 Conexionado 2 práctica 4

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
H1	CB1	DQ a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H2	CB2	DQ a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H3	CB3	DQ a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
H4	CB4	DQ a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
H5	CB1	DQ a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
H6	CB2	DQ a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
H7	CB3	DQ a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
H8	CB4	DQ a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
H9	CS5	DQ b0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H10	CS6	DQ b1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H11	CS7	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H12	CS8	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H13	CS5	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H14	CS6	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H15	CS7	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H16	CS8	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H17	CS9	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H18	CS10	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H19	CS11	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H20	CS12	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H21	CS9	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H22	CS10	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H23	CS11	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H24	CS12	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H25	CS13	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H26	CS14	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H27	CB5	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H28	CS16	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02

H29	CS13	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H30	CS14	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H31	CB5	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H32	CS16	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H33	CS15	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H34	CS17	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H35	CS1	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H36	CS2	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H37	CS15	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H38	CS17	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H39	CS1	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H40	CS2	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H41	FALLA HIST	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H42	-	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H43	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H44	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
SV01	GEN 1	AI0	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV02	GEN 2	AI1	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV03	GEN 3	AI0+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC01	GEN 1	AI2+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC02	GEN 2	AI3+	6ES7234-4HE30-0XB0

Fuente: Los autores.

- **PROCEDIMIENTO:**

- 1.-Haber terminado la practica uno de acuerdo a los pasos antes mencionados.
2. Observar que no esté la cuchilla de puesta tierra del generador este cerrada en este caso sería CS4.
- 3.-La frecuencia del generador no debe de ser menor a la frecuencia de base de la línea principal y siempre debe de estar dentro del rango mínimo permitido.
- 4.-Observar que en el sincronoscopio no este marcando atraso o adelanto, y estaremos listo para que el generador se conecte a la barra.
- 5.-Luego que se haya cumplido las anteriores premisas, cerramos primero las cuchillas de las barras CS9 y CS14.

6.-Abrimos CB3 y cerramos CB4. Luego el voltaje de campo del generador 3 lo llevo a cero. Ahora la velocidad de del generado la bajo lentamente hasta llegar a la mitad espero unos minutos y la mando a cero de golpe.

7.-Abrimos la cuchilla CS8 y CS13 y cerramos la cuchilla de puesta a tierra del generador tres que sería CS3. Y listo el generador tres para entrar a mantenimiento.

8.-Ahora haremos el desacople de un de las dos barras que están unidas mediante cuchillas. Para deshabilitar cualquiera de las dos barras debemos desconectar CS7 o CS12.

9.-Se abre CS7, así que se va deshabilitar la barra superior.

10.-Luego realizamos la apertura de CS5, CS6 y CS9 en cualquier orden. Listo hemos desacoplado una barra ahora esta puede ingresar a mantenimiento.

11.-Ahora realizamos el paso inverso cerramos CS5, CS6, CS9 y por ultimo cerramos CS7.

12.-Se abre CS12, así que se va deshabilitar la barra superior.

13.-Luego realizamos la apertura de CS10, CS11 y CS14 en cualquier orden. Listo hemos desacoplado una barra ahora esta puede ingresar a mantenimiento.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

1.-Que el tablero principal este energizado y que los interruptores de energización estén activos.

2.-Que estén encendido el PLC, el TOUCH PANEL, las fuentes (voltaje y corriente) y la computadora.

3.-Que haya comunicación entre el PLC, TOUCH PANEL y PC.

4.-Que este activo el Run Time del programa.

- **RECURSOS.**

1. El banco de simulaciones, para operación y maniobras de las cuatro etapas que comprenden un sistema eléctrico de potencia.
2. Los cables del laboratorio.

- **NORMAS DE SEGURIDAD.**

1. No sobrepasar de 10,5 VDC y 21 mA para las señales analógicas del PLC.

- **CUESTIONARIO.**

2. ¿Por qué la frecuencia debe de ser igual entre la barra de la red principal y el generador?
3. ¿Por qué el voltaje debe de ser igual entre la barra de la red principal y el generador?
4. ¿Por qué la secuencia de fase debe de ser igual entre la barra de la red principal y el generador?
5. ¿Por qué el sincronoscopio marca atraso?
6. ¿Por qué el sincronoscopio marca Adelanto?
7. ¿Por qué el sincronoscopio marca en la mitad?
8. ¿Por qué ciertas cuchillas puedes abrir con carga?
9. ¿Para qué sirve una barra Doble?

1.2.3. DIAGRAMA DE CONEXIONADO.

1.3. PRACTICA # 05: Operación de una estación de transmisión 138KV.

1.3.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 5**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

1.3.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **OBJETIVOS GENERALES:**

Los pasos a seguir desde la energización de la barra en 138KV

- **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

Operación de una subestación paso a paso de 138KV desde el ingreso de energía, etapa de transformación y salida al sistema.

- **MARCO TEÓRICO:**

Partes de una sub estación de 138KV

Elementos de seguridad.

- **CONEXIONADO:**

Tabla 16 Conexionado 1 práctica 5

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
M1	CS18	DI a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M2	CS19	DI a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M3	CB6	DI a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M4	CS20	DI a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M5	CS18	DI a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M6	CS19	DI a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M7	CB6	DI a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0

M8	CS20	DI a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
M9	CS32	DI b.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M10	CS33	DI b.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M11	CB9	DI b.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M12	CS34	DI b.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M13	CS32	DI b.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M14	CS33	DI b.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M15	CB9	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M16	CS34	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M17	CS35	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M18	CB10	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M19	CS36	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M20	CS37	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M21	CS35	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M22	CB10	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M23	CS36	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M24	CS37	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M25	CB11	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M26	CS38	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M27	CS40	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M28	CS42	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M29	CB11	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M30	CS38	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M31	CS40	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M32	CS42	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M33	CS43	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M34	CB12	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M35	CS44	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M36	CS45	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M37	CS43	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M38	CB12	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M39	CS44	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M40	CS45	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M41	EMER.	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M42	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M43	-	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M44	-	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M45	REC FALL	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M46	-	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M47	-	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M48	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02

Fuente: Los autores.

NOTA:

Todas las señales del PLC como la de sus extensiones que tenga letra l van conectadas en el positivo de 24vdc y las que tengan la letra m van al negativo de 24vdc. Además a las entradas digitales le debe de entrar señal positiva.

Tabla 17 Conexionado 2 práctica 5

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
H1	CS18	DQ a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H2	CS19	DQ a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H3	CB6	DQ a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
H4	CS31	DQ a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
H5	CS18	DQ a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
H6	CS19	DQ a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
H7	CB6	DQ a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
H8	CS31	DQ a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
H9	CS32	DQ b0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H10	CS33	DQ b1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H11	CB9	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H12	CS34	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H13	CS32	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H14	CS33	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H15	CB9	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H16	CS34	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H17	CS35	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H18	CB10	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H19	CS36	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H20	CS37	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H21	CS35	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H22	CB10	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H23	CS36	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H24	CS37	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H25	CB11	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H26	CS38	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H27	CS40	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H28	CS42	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H29	CB11	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H30	CS38	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H31	CS40	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H32	CS42	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H33	CS43	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H34	CB12	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H35	CS44	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02

H36	CS45	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H37	CS43	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H38	CB12	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H39	CS44	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H40	CS45	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H41	FALLA HIS	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H42	-	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H43	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H44	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
SV01	-	AI0	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV02	-	AI1	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV03	-	AI0+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC01	-	AI2+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC02	-	AI3+	6ES7234-4HE30-0XB0
-	CS21	-	SCADA
-	CS22	-	SCADA
-	CS23	-	SCADA
-	CB7	-	SCADA
-	CS24	-	SCADA
-	CS25	-	SCADA
-	CS26	-	SCADA
-	CS27	-	SCADA
-	CS28	-	SCADA
-	CB8	-	SCADA
-	CS29	-	SCADA
-	CS30	-	SCADA
-	CS31	-	SCADA

Fuente: Los autores.

- **PROCEDIMIENTO:**

- 1.-Se escoge en la primera pantalla la etapa de sistema de potencia a estudiar.
- 2.-Ingreso el dato de voltaje y frecuencia.
- 3.-Se muestra los datos antes mencionados, siempre y cuando se haya comenzado desde esta práctica.
- 4.-Si la práctica comienza a continuación de la anterior no se muestra ningún valor de voltaje o frecuencia hasta que no esté cerrado la protección de entrada. Para cerrarla hay que seguir el siguiente procedimiento cerrar CS18, CS20 y CB6 en

cualquier orden o CS19. Caso contrario no es necesario hacer el paso antes mencionado.

5.-Cerramos CS21, no es necesario que esté cerrado CS22 para que de paso de energía. CS22 es para hacer que la barra sea doble.

6.-Observamos que no estén cerradas las cuchillas del transformador en el caso que estén cerradas CS26 o CS27, se las abre para poder cerrar CS23, CS25 y CS25 o CS24, para energizar al transformador.

7.-Cerramos CS28, CS30 y CB8 para poder observar en la siguiente barra el voltaje de salida del transformador.

8.-Ahora cerramos CS31 y si queremos hacer que la barra sea doble cerramos CS32. Luego cerramos CS33, CS34, CS35, CS36, CS37, CS38. Ahora cerramos CS40 o CS42. Luego cerramos CB9, CB10 y CB11.

9.-Observamos que tenemos otra alimentación a la barra. Este valor debe ser igual a la barra aguas abajo. Y así no tendríamos problema de colocarlas en paralelo.

10.- Cerramos CS43, CS45 y CB12. Luego cerramos CS39 o CS41.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

1.-Que el tablero principal este energizado y que los interruptores de energización estén activos.

2.-Que estén encendido el PLC, el TOUCH PANEL, las fuentes (voltaje y corriente) y la computadora.

3.-Que haya comunicación entre el PLC, TOUCH PANEL y PC.

4.-Que este activo el Run Time del programa.

- **RECURSOS.**

1.-El banco de simulaciones, para operación y maniobras de las cuatro etapas que comprenden un sistema eléctrico de potencia.

2.-Los cables del laboratorio.

- **NORMAS DE SEGURIDAD.**

1.- Conocer los elementos del tablero y las normas básicas de seguridad del laboratorio.

- **CUESTIONARIO.**

1.- ¿Para qué se utiliza una barra doble?

2.- ¿Para qué sirven las cuchillas que están en paralelas a los breaker de protección?

3.- ¿Por qué las cuchillas de tierra deben de estar abierta del transformador antes de energizar?

4.- ¿Cuáles son las condiciones para que dos barras estén en paralelo?

1.3.3. DIAGRAMA DE CONEXIONADO.

1.4. PRACTICA # 06: Maniobra de mantenimiento de una estación de transmisión 138KV.

1.4.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 6**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

1.4.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **OBJETIVOS GENERALES:**

Los pasos a seguir el cambio de un transformador y cambiar de alimentador.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

En esta estación se realizarán los pasos a seguir para poner un transformador en mantenimiento hasta la maniobra para utilizar la configuración de barra de 1 ½ breaker y restituir la energía.

- **MARCO TEORICO:**

Partes de una sub estación de 138KV

Elementos de seguridad.

- **CONEXIONADO:**

Tabla 18 Conexionado 1 práctica 6

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
M1	CS18	DI a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M2	CS19	DI a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M3	CB6	DI a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M4	CS20	DI a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M5	CS18	DI a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0

M6	CS19	DI a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M7	CB6	DI a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
M8	CS20	DI a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
M9	CS32	DI b.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M10	CS33	DI b.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M11	CB9	DI b.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M12	CS34	DI b.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M13	CS32	DI b.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M14	CS33	DI b.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M15	CB9	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M16	CS34	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M17	CS35	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M18	CB10	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M19	CS36	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M20	CS37	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M21	CS35	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M22	CB10	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M23	CS36	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M24	CS37	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M25	CB11	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M26	CS38	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M27	CS40	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M28	CS42	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M29	CB11	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M30	CS38	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M31	CS40	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M32	CS42	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M33	CS43	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M34	CB12	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M35	CS44	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M36	CS45	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M37	CS43	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M38	CB12	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M39	CS44	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M40	CS45	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M41	EMER.	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M42	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M43	-	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M44	-	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M45	REC FALL	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M46	-	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M47	-	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M48	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02

Fuente: Los autores.

NOTA:

Todas las señales del PLC como la de sus extensiones que tenga letra l van conectadas en el positivo de 24vdc y las que tengan la letra m van al negativo de 24vdc. Además a las entradas digitales le debe de entrar señal positiva.

Tabla 19 Conexionado 2 práctica 6

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
H1	CS18	DQ a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H2	CS19	DQ a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H3	CB6	DQ a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
H4	CS31	DQ a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
H5	CS18	DQ a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
H6	CS19	DQ a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
H7	CB6	DQ a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
H8	CS31	DQ a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
H9	CS32	DQ b0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H10	CS33	DQ b1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H11	CB9	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H12	CS34	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H13	CS32	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H14	CS33	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H15	CB9	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H16	CS34	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H17	CS35	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H18	CB10	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H19	CS36	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H20	CS37	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H21	CS35	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H22	CB10	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H23	CS36	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H24	CS37	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H25	CB11	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H26	CS38	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H27	CS40	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H28	CS42	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H29	CB11	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H30	CS38	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H31	CS40	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H32	CS42	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H33	CS43	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H34	CB12	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H35	CS44	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02

H36	CS45	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H37	CS43	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H38	CB12	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H39	CS44	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H40	CS45	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H41	FALLA HIS	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H42	-	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H43	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H44	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
SV01	-	AI0	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV02	-	AI1	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV03	-	AI0+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC01	-	AI2+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC02	-	AI3+	6ES7234-4HE30-0XB0
-	CS21	-	SCADA
-	CS22	-	SCADA
-	CS23	-	SCADA
-	CB7	-	SCADA
-	CS24	-	SCADA
-	CS25	-	SCADA
-	CS26	-	SCADA
-	CS27	-	SCADA
-	CS28	-	SCADA
-	CB8	-	SCADA
-	CS29	-	SCADA
-	CS30	-	SCADA
-	CS31	-	SCADA

Fuente: Los autores.

- **PROCEDIMIENTO:**

1.- Para realizar esta práctica se debe de haber realizado la práctica anterior.

2.-Para sacar al transformador a mantenimiento lo primero que debemos de hacer es abrir los breaker principales CB7 y CB8. Luego se abre CS23 CS25, CS28, CS30 si en el caso este cerrados CS4 y CS29 también se los abre.

3.-Ahora se abre CS31 y CS32 en el caso que este último este cerrado.

4.-Entonces cerramos CS26 y CS27. Y listo el transformador se puede ir a mantenimiento.

5.-En el momento que desenergizamos al transformador toda la carga es asumida por la entrada externa, Ya que la configuración de la barra es de breaker 1/2.

6.-Ahora se abre CB9 y luego CS33, CS34

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

1.-Que el tablero principal este energizado y que los interruptores de energización estén activos.

2.-Que estén encendido el PLC, el TOUCH PANEL, las fuentes (voltaje y corriente) y la computadora.

3.-Que haya comunicación entre el PLC, TOUCH PANEL y PC.

4.-Que este activo el Run Time del programa.

- **RECURSOS.**

1.-El banco de simulaciones, para operación y maniobras de las cuatro etapas que comprenden un sistema eléctrico de potencia.

2.-Los cables del laboratorio.

- **NORMAS DE SEGURIDAD.**

1.-Conocer los elementos del tablero y las normas básicas de seguridad del laboratorio.

- **CUESTIONARIO.**

- 1.- ¿Para qué se utiliza una barra doble?
- 2.- ¿Para qué sirven las cuchillas que están en paralelas a los breaker de protección?
- 3.- ¿Por qué las cuchillas de tierra deben de estar abierta del transformador antes de energizar?
- 4.- ¿Cuáles son las condiciones para que dos barras estén en paralelo?
- 5.- ¿Para qué sirve y como funciona una barra de Breaker y Medio?
- 6.- ¿Para qué sirve una barra de transferencia?

1.4.3. DIAGRAMA DE CONEXIONADO.

4.8 PRACTICA # 07: Operación de una Sub estación de subtransmisión 69KV.

4.8.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 7**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

4.8.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **OBJETIVOS GENERALES:**

Los pasos a seguir desde la energización de la barra en 69KV

- **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

Los pasos a seguir desde la energización de la barra en 138KV hasta la energización de la barra de salida de 69KV.

- **MARCO TEORICO:**

Partes de una sub estación de 69KV.

Elementos de seguridad.

- **CONEXIONADO:**

Tabla 20 Conexionado 1 práctica 7

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
M1	CS46	DI a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M2	CB13	DI a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M3	CS47	DI a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M4	CS48	DI a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M5	CS46	DI a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M6	CB13	DI a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M7	CS47	DI a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
M8	CS48	DI a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0

M9	CS51	DI b.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M10	CB14	DI b.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M11	CS52	DI b.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M12	CS53	DI b.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M13	CS51	DI b.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M14	CB14	DI b.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M15	CS52	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M16	CS53	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M17	CS54	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M18	CB15	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M19	CS55	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M20	CS56	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M21	CS54	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M22	CB15	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M23	CS55	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M24	CS56	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M25	CB16	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M26	CS58	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M27	CS60	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M28	CS57	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M29	CB16	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M30	CS58	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M31	CS60	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M32	CS57	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M33	CSB17	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M34	CS59	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M35	CS61	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M36	-	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M37	CSB17	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M38	CS59	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M39	CS61	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M40	-	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M41	EMER.	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M42	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M43	-	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M44	-	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M45	RECO FALL	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M46	CS49	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M47	CS50	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M48	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02

Fuente: Los autores.

NOTA:

Todas las señales del PLC como la de sus extensiones que tenga letra l van conectadas en el positivo de 24vdc y las que tengan la letra m van al negativo de 24vdc. Además a las entradas digitales le debe de entrar señal positiva.

Tabla 21 Conexionado 2 práctica 7

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
H1	CS46	DQ a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H2	CB13	DQ a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H3	CS47	DQ a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
H4	CS48	DQ a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
H5	CS46	DQ a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
H6	CB13	DQ a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
H7	CS47	DQ a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
H8	CS48	DQ a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
H9	CS51	DQ b0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H10	CB14	DQ b1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H11	CS52	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H12	CS53	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H13	CS51	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H14	CB14	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H15	CS52	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H16	CS53	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H17	CS54	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H18	CB15	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H19	CS55	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H20	CS56	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H21	CS54	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H22	CB15	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H23	CS55	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H24	CS56	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H25	CB16	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H26	CS58	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H27	CS60	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H28	CS57	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H29	CB16	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H30	CS58	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H31	CS60	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H32	CS57	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H33	CSB17	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H34	CS59	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02

H35	CS61	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H36	-	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H37	CSB17	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H38	CS59	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H39	CS61	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H40	-	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H41	FALLA HISTORIAL	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H42	-	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H43	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H44	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
SV01	-	AI0	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV02	-	AI1	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV03	-	AI0+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC01	-	AI2+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC02	-	AI3+	6ES7234-4HE30-0XB0

Fuente: Los autores.

- **PROCEDIMIENTO:**

- 1.-Se escoge en la primera pantalla la etapa de sistema de potencia a estudiar.
- 2.-Ingreso el dato de voltaje y frecuencia.
- 3.-Se muestra los datos antes mencionados, siempre y cuando se haya comenzado desde esta práctica.
- 4.-Para energizar el transformador observamos que las cuchillas de tierras estén abiertas en este caso sería CS49 y CS50. En el caso que esté cerrado se las abre.
- 5.-Ahora cerramos CS46, CS48 y luego CB13.
- 6.-Tenemos energizado al transformado. Ahora cerramos las protecciones de salida para alimentar la barra de 69KV.
- 7.-Cerramos CS51, CS53 y luego cerramos CB14.

8.-Ahora para alimentar los alimentadores de salida cerramos CS6, CS60 y CB16, para un alimentador y para el otro cerramos CS57, CS61 y CB17. La secuencia de cierre debe ser igual a la descrita.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

- 1.-Que el tablero principal este energizado y que los interruptores de energización estén activos.
- 2.-Que estén encendido el PLC, el TOUCH PANEL, las fuentes (voltaje y corriente) y la computadora.
- 3.-Que haya comunicación entre el PLC, TOUCH PANEL y PC.
- 4.-Que este activo el Run Time del programa.

- **RECURSOS.**

- 1.-El banco de simulaciones, para operación y maniobras de las cuatro etapas que comprenden un sistema eléctrico de potencia.
- 2.-Los cables del laboratorio.

- **NORMAS DE SEGURIDAD.**

- 1.-Conocer los elementos del tablero y las normas básicas de seguridad del laboratorio.

- **CUESTIONARIO.**

- 1.- ¿Por qué se reduce el voltaje de 138KV a 69KV?
- 2.- ¿Para qué sirven las cuchillas que están en paralelas a los breaker de protección?
- 3.- ¿Para qué sirve la configuración de barra de transferencia?

1.5.3. DIAGRAMA DE CONEXIONADO

4.9 PRACTICA # 08: Maniobra de mantenimiento de una estación de subtransmisión 69KV.

4.9.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 8**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

4.9.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **OBJETIVOS GENERALES:**

Los pasos a seguir para cambio de un breaker y realizar unas transferencias de barra.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

En esta estación se realizarán los pasos a seguir desde el cambio de un breaker sin cortar la energía hasta la maniobra para utilizar la configuración de transferencias de barra.

- **MARCO TEORICO:**

Partes de una sub estación de 69KV
Elementos de seguridad.

- **CONEXIONADO:**

Tabla 22 Conexionado 1 práctica 8

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
M1	CS46	DI a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M2	CB13	DI a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M3	CS47	DI a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M4	CS48	DI a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M5	CS46	DI a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M6	CB13	DI a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M7	CS47	DI a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
M8	CS48	DI a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
M9	CS51	DI b.0	6ES7 214-1BG31-0XB0

M10	CB14	DI b.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M11	CS52	DI b.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M12	CS53	DI b.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M13	CS51	DI b.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M14	CB14	DI b.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M15	CS52	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M16	CS53	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M17	CS54	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M18	CB15	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M19	CS55	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M20	CS56	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M21	CS54	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M22	CB15	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M23	CS55	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M24	CS56	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M25	CB16	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M26	CS58	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M27	CS60	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M28	CS57	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M29	CB16	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M30	CS58	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M31	CS60	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M32	CS57	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M33	CSB17	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M34	CS59	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M35	CS61	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M36	-	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M37	CSB17	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M38	CS59	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M39	CS61	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M40	-	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M41	EMER.	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M42	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M43	-	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M44	-	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M45	RECO FALL	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M46	CS49	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M47	CS50	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M48	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02

Fuente: Los autores.

NOTA:

Todas las señales del PLC como la de sus extensiones que tenga letra l van conectadas en el positivo de 24vdc y las que tengan la letra m van al negativo de 24vdc. Además a las entradas digitales le debe de entrar señal positiva.

Tabla 23 Conexionado 2 práctica 8

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
H1	CS46	DQ a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H2	CB13	DQ a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H3	CS47	DQ a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
H4	CS48	DQ a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
H5	CS46	DQ a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
H6	CB13	DQ a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
H7	CS47	DQ a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
H8	CS48	DQ a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
H9	CS51	DQ b0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H10	CB14	DQ b1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H11	CS52	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H12	CS53	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H13	CS51	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H14	CB14	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H15	CS52	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H16	CS53	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H17	CS54	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H18	CB15	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H19	CS55	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H20	CS56	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H21	CS54	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H22	CB15	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H23	CS55	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H24	CS56	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H25	CB16	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H26	CS58	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H27	CS60	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H28	CS57	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H29	CB16	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H30	CS58	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H31	CS60	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H32	CS57	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H33	CSB17	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H34	CS59	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H35	CS61	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02

H36	-	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H37	CSB17	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H38	CS59	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H39	CS61	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H40	-	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H41	FALLA HISTORIAL	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H42	-	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H43	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H44	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
SV01	-	AI0	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV02	-	AI1	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV03	-	AI0+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC01	-	AI2+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC02	-	AI3+	6ES7234-4HE30-0XB0

Fuente: Los autores.

- **PROCEDIMIENTO:**

- 1.- Para realizar esta práctica se debe de haber realizado la práctica anterior.
- 2.-Para sacar un breaker a mantenimiento sean energizar se debe de cerrar la cuchilla que está en paralelo a él y luego abrir las cuchilla. En este caso Vamos a sacar el breaker primaria de la sub estación. Cerramos CS47 luego abrimos CB13. Ya que se abrió el breaker se procede a abrir CS46 y CS48. Y listo se puede retirar.
- 3.- Para utilizar la barra de transferencia seguimos los siguientes pasos. Se cierra CS54 Y CS55. Luego cerramos CB15.
- 4.-Discriminamos una carga por barra. En este caso cerramos CS58 y se abre primero CB16 y luego CS56 Y CS60.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

- 1.-Que el tablero principal este energizado y que los interruptores de energización estén activos.

2.-Que estén encendido el PLC, el TOUCH PANEL, las fuentes (voltaje y corriente) y la computadora.

3.-Que haya comunicación entre el PLC, TOUCH PANEL y PC.

4.-Que este activo el Run Time del programa.

- **RECURSOS.**

1.-El banco de simulaciones, para operación y maniobras de las cuatro etapas que comprenden un sistema eléctrico de potencia.

2.-Los cables del laboratorio.

- **NORMAS DE SEGURIDAD.**

1.-Conocer los elementos del tablero y las normas básicas de seguridad del laboratorio.

- **CUESTIONARIO.**

1. ¿Para qué se utiliza una barra de transferencia.

2. ¿Cuáles son las 5 reglas de oro de seguridad?

3. ¿Para qué sirven las cuchillas que están en paralelas a los breaker de protección?

4. ¿Para qué sirven las puestas a tierra del transformador?

1.6.3. DIAGRAMA DE CONEXIONADO

4.10 PRACTICA # 09: Operación de una estación de subestación de distribución 13.8KV.

4.10.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 9**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

4.10.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **OBJETIVOS GENERALES:**

Los pasos a seguir para energizar una sub estación de distribución.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

Los pasos a seguir desde la energización de la barra en 69KV hasta la energización de la barra de salida de 13,8KV.

- **MARCO TEORICO:**

Partes de una sub estación de 13,8KV

Elementos de seguridad.

- **CONEXIONADO:**

Tabla 24 Conexionado 1 práctica 9

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
M1	CS62	DI a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M2	CB18	DI a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M3	CS65	DI a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M4	CSS8	DI a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M5	CS62	DI a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0

M6	CB18	DI a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M7	CS65	DI a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
M8	CSS8	DI a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
M9	CS63	DI b.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M10	CB19	DI b.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M11	CS66	DI b.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M12	CS69	DI b.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M13	CS63	DI b.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M14	CB19	DI b.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M15	CS66	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M16	CS69	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M17	CS64	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M18	CB20	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M19	CS67	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M20	CS70	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M21	CS64	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M22	CB20	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M23	CS67	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M24	CS70	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M25	CS107	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M26	CS108	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M27	CS109	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M28	CS110	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M29	CS107	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M30	CS108	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M31	CS109	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M32	CS110	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M33	CS111	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M34	-	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M35	-	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M36	-	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M37	CS111	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M38	-	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M39	-	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M40	-	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M41	EMER.	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M42	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M43	-	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M44	-	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M45	RECO FALI	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M46	-	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M47	-	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M48	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02

Fuente: Los autores.

NOTA:

Todas las señales del PLC como la de sus extensiones que tenga letra l van conectadas en el positivo de 24vdc y las que tengan la letra m van al negativo de 24vdc. Además a las entradas digitales le debe de entrar señal positiva.

Tabla 25 Conexionado 2 práctica 9

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
H1	CS62	DQ a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H2	CB18	DQ a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H3	CS65	DQ a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
H4	CSS8	DQ a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
H5	CS62	DQ a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
H6	CB18	DQ a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
H7	CS65	DQ a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
H8	CSS8	DQ a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
H9	CS63	DQ b0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H10	CB19	DQ b1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H11	CS66	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H12	CS69	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H13	CS63	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H14	CB19	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H15	CS66	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H16	CS69	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H17	CS64	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H18	CB20	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H19	CS67	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H20	CS70	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H21	CS64	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H22	CB20	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H23	CS67	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H24	CS70	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H25	CS107	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H26	CS108	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H27	CS109	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H28	CS110	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H29	CS107	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H30	CS108	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H31	CS109	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H32	CS110	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H33	CSB17	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H34	CS59	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H35	CS61	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02

H36	-	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H37	CSB17	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H38	CS59	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H39	CS61	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H40	-	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H41	FALLA HIST	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H42	-	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H43	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H44	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
SV01	-	AI0	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV02	-	AI1	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV03	-	AI0+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC01	-	AI2+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC02	-	AI3+	6ES7234-4HE30-0XB0
-	CS71	-	SCADA
-	CB21	-	SCADA
-	CS74	-	SCADA
-	CS77	-	SCADA
-	CS112	-	SCADA
-	CS113	-	SCADA
-	CS80	-	SCADA
-	CB24	-	SCADA
-	CS83	-	SCADA
-	CS86	-	SCADA
-	CS89	-	SCADA
-	CB27	-	SCADA
-	CS95	-	SCADA
-	CS101	-	SCADA
-	CS72	-	SCADA
-	CB22	-	SCADA
-	CS75	-	SCADA
-	CS78	-	SCADA
-	CS114	-	SCADA
-	CS115	-	SCADA
-	CS81	-	SCADA
-	CB25	-	SCADA
-	CS84	-	SCADA
-	CS87	-	SCADA
-	CS90	-	SCADA
-	CB28	-	SCADA
-	CS96	-	SCADA
-	CS103	-	SCADA
-	CS91	-	SCADA

-	CB29	-	SCADA	
-	CS97	-	SCADA	
-	CS103	-	SCADA	
-	CS92	-	SCADA	
-	CB30	-	SCADA	
-	CS98	-	SCADA	
-	CS104	-	SCADA	
-	CS93	-	SCADA	
-	CB31	-	SCADA	
-	CS99	-	SCADA	
-	CS105	-	SCADA	
-	CS73	-	SCADA	
-	CB23	-	SCADA	
-	CS76	-	SCADA	
-	CS79	-	SCADA	
-	CS116	-	SCADA	
-	CS117	-	SCADA	
-	CS82	-	SCADA	
-	CB26	-	SCADA	
-	CS85	-	SCADA	
-	CS88	-	SCADA	
-	CS94	-	SCADA	
-	CB32	-	SCADA	
-	CS100	-	SCADA	
-	CS106	-	SCADA	

Fuente: Los autores.

• **PROCEDIMIENTO:**

- 1.-Se escoge en la primera pantalla la etapa de sistema de potencia a estudiar.
- 2.-Ingreso el dato de voltaje y frecuencia.
- 3.-Se muestra los datos antes mencionados, siempre y cuando se haya comenzado desde esta práctica.
- 4.-Cerramos primero las protecciones que está arriba de la barra de 69KV.
- 5.-Cerramos CS62, CS68 y después CB18.

- 6.-Cerramos CS64, CS670 y después CB20.
- 7.-Observamos que todas las cuchillas a tierra estén abiertas caso contrario se las abre. Las cuchillas a tierra son para TR-3 son CS112 y CS113, para el TR-4 son CS114 y CS115, para el TR-5 son CS116 y C117.
- 8.-Ahora comenzamos a cerrar las protecciones aguas arriba del transformador.
- 9.-Cerramos CS71, CS77 y luego CB21. Para el transformador TR-3.
- 10.-Cerramos CS72, CS78 y luego CB22. Para el transformador TR-4.
- 11.-Cerramos CS73, CS79 y luego CB23. Para el transformador TR-5.
- 12.-Ahora comenzamos a cerrar las protecciones aguas abajo del transformador.
- 13.-Cerramos CS80, CS86 y luego CB24. Para el transformador TR-3.
- 14.-Cerramos CS81, CS87 y luego CB25. Para el transformador TR-4.
- 15.-Cerramos CS82, CS88 y luego CB26. Para el transformador TR-5.
- 16.-Ahora comenzamos a cerrar las protecciones hacia las cargas.
- 17.-Cerramos CS89, CS101 y luego CB27. Para el transformador TR-3.
- 18.-Cerramos CS90, CS102 y luego CB28, Cerramos CS91, CS103 y luego CB29, Cerramos CS92, CS104 y luego CB30, Cerramos CS93, CS105 y luego CB31. Para el transformador TR-4.
- 19.-Cerramos CS94, CS106 y luego CB32. Para el transformador TR-5

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

1.-Que el tablero principal este energizado y que los interruptores de energización estén activos.

2.-Que estén encendido el PLC, el TOUCH PANEL, las fuentes (voltaje y corriente) y la computadora.

3.-Que haya comunicación entre el PLC, TOUCH PANEL y PC.

4.-Que este activo el Run Time del programa.

- **RECURSOS.**

1.-El banco de simulaciones, para operación y maniobras de las cuatro etapas que comprenden un sistema eléctrico de potencia.

2.-Los cables del laboratorio.

- **NORMAS DE SEGURIDAD.**

1.-Conocer los elementos del tablero y las normas básicas de seguridad del laboratorio.

- **CUESTIONARIO.**

1. ¿Qué es un sistema de distribución y que función tiene?

2. ¿Para qué sirven las puestas a tierra del transformador?

3. ¿Por qué se reduce el voltaje de 69KV a 13,8KV?

4.10.3 DIAGRAMA DE CONEXCION

4.11 PRACTICA # 10: Maniobra de mantenimiento de una estación de subestación de distribución 13,8KV.

4.11.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 10**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

4.11.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **OBJETIVOS GENERALES:**

Operación en barras de distribución.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

En esta estación se realizarán los pasos a seguir desde el cambio de un breaker sin cortar la energía hasta la maniobra para utilizar la configuración de transferencias de barra en 69KV para aislar fallas.

- **MARCO TEÓRICO:**

Partes de una sub estación de 13,8KV

Elementos de seguridad.

- **CONEXIONADO:**

Tabla 26 Conexionado 1 práctica 10

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
M1	CS62	DI a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M2	CB18	DI a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M3	CS65	DI a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M4	CSS8	DI a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M5	CS62	DI a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0

M6	CB18	DI a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M7	CS65	DI a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
M8	CSS8	DI a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
M9	CS63	DI b.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M10	CB19	DI b.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M11	CS66	DI b.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M12	CS69	DI b.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M13	CS63	DI b.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M14	CB19	DI b.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M15	CS66	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M16	CS69	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M17	CS64	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M18	CB20	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M19	CS67	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M20	CS70	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M21	CS64	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M22	CB20	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M23	CS67	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M24	CS70	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M25	CS107	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M26	CS108	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M27	CS109	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M28	CS110	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M29	CS107	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M30	CS108	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M31	CS109	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M32	CS110	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M33	CS111	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M34	-	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M35	-	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M36	-	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M37	CS111	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M38	-	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M39	-	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M40	-	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M41	EMER.	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M42	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M43	-	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M44	-	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M45	RECO Falla	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M46	-	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M47	-	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M48	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02

Fuente: Los autores.

NOTA:

Todas las señales del PLC como la de sus extensiones que tenga letra l van conectadas en el positivo de 24vdc y las que tengan la letra m van al negativo de 24vdc. Además a las entradas digitales le debe de entrar señal positiva.

Tabla 27 Conexionado 2 práctica 10

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
H1	CS62	DQ a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H2	CB18	DQ a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H3	CS65	DQ a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
H4	CSS8	DQ a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
H5	CS62	DQ a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
H6	CB18	DQ a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
H7	CS65	DQ a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
H8	CSS8	DQ a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
H9	CS63	DQ b0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H10	CB19	DQ b1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H11	CS66	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H12	CS69	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H13	CS63	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H14	CB19	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H15	CS66	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H16	CS69	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H17	CS64	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H18	CB20	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H19	CS67	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H20	CS70	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H21	CS64	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H22	CB20	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H23	CS67	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H24	CS70	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H25	CS107	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H26	CS108	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H27	CS109	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H28	CS110	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H29	CS107	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H30	CS108	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H31	CS109	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H32	CS110	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H33	CSB17	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H34	CS59	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H35	CS61	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02

H36	-	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H37	CSB17	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H38	CS59	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H39	CS61	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H40	-	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H41	FALLA HIST	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H42	-	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H43	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H44	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
SV01	-	AI0	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV02	-	AI1	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV03	-	AI0+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC01	-	AI2+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC02	-	AI3+	6ES7234-4HE30-0XB0
-	CS71	-	SCADA
-	CB21	-	SCADA
-	CS74	-	SCADA
-	CS77	-	SCADA
-	CS112	-	SCADA
-	CS113	-	SCADA
-	CS80	-	SCADA
-	CB24	-	SCADA
-	CS83	-	SCADA
-	CS86	-	SCADA
-	CS89	-	SCADA
-	CB27	-	SCADA
-	CS95	-	SCADA
-	CS101	-	SCADA
-	CS72	-	SCADA
-	CB22	-	SCADA
-	CS75	-	SCADA
-	CS78	-	SCADA
-	CS114	-	SCADA
-	CS115	-	SCADA
-	CS81	-	SCADA
-	CB25	-	SCADA
-	CS84	-	SCADA
-	CS87	-	SCADA
-	CS90	-	SCADA
-	CB28	-	SCADA
-	CS96	-	SCADA
-	CS103	-	SCADA
-	CS91	-	SCADA

-	CB29	-	SCADA	
-	CS97	-	SCADA	
-	CS103	-	SCADA	
-	CS92	-	SCADA	
-	CB30	-	SCADA	
-	CS98	-	SCADA	
-	CS104	-	SCADA	
-	CS93	-	SCADA	
-	CB31	-	SCADA	
-	CS99	-	SCADA	
-	CS105	-	SCADA	
-	CS73	-	SCADA	
-	CB23	-	SCADA	
-	CS76	-	SCADA	
-	CS79	-	SCADA	
-	CS116	-	SCADA	
-	CS117	-	SCADA	
-	CS82	-	SCADA	
-	CB26	-	SCADA	
-	CS85	-	SCADA	
-	CS88	-	SCADA	
-	CS94	-	SCADA	
-	CB32	-	SCADA	
-	CS100	-	SCADA	
-	CS106	-	SCADA	

Fuente: Los autores.

• **PROCEDIMIENTO:**

- 1.- Para realizar esta práctica se debe de haber realizado la práctica anterior.

- 2.-Para sacar un breaker a mantenimiento sean energizar se debe de cerrar la cuchilla que está en paralelo a él y luego abrir las cuchilla. En este caso Vamos a sacar el breaker primaria de la sub estación. Cerramos CS67 luego abrimos CB20. Ya que se abrió el breaker se procede a abrir CS64 y CS70. Y listo se puede retirar.

- 3.-Como en la barra anterior no hay protección realizamos una transferencia de barra en 69KV. Para esto cerramos la siguiente protección CS63, CS69 y CB19. Luego abrimos CS67.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

- 1.-Que el tablero principal este energizado y que los interruptores de energización estén activos.
- 2.-Que estén encendido el PLC, el TOUCH PANEL, las fuentes (voltaje y corriente) y la computadora.
- 3.-Que haya comunicación entre el PLC, TOUCH PANEL y PC.
- 4.-Que este activo el Run Time del programa.

- **RECURSOS.**

- 1.-El banco de simulaciones, para operación y maniobras de las cuatro etapas que comprenden un sistema eléctrico de potencia
- 2.-Los cables del laboratorio.

- **NORMAS DE SEGURIDAD.**

- 1.-Conocer los elementos del tablero y las normas básicas de seguridad del laboratorio.

- **CUESTIONARIO.**

1. ¿Cuál es la función de los breaker de transferencia en la barra de 69KV?
2. ¿Cuáles son las 5 reglas de oro de seguridad?
3. ¿Para qué sirven las cuchillas que están en paralelas a los breaker de protección?

4.11.3 DIAGRAMA DE CONEXIÓN

4.12 PRÁCTICA # 11: Falla sobre corriente, sobre el sistema de potencia.

4.12.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 11**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

4.12.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **OBJETIVOS GENERALES:**

Los pasos a seguir para Calibrar operación en breaker.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

Como deben de operar el interruptor al momento de una falla y como deben de estar calibrados para que no actúen los breares aguas arriba si no son necesarios.

- **MARCO TEORICO:**

Coordinación de Protecciones.

Elementos de seguridad.

- **CONEXIONADO:**

Tabla 28 Conexionado 1 práctica 11

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
M1		DI a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M2		DI a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M3		DI a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M4		DI a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M5		DI a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0

M6		DI a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M7		DI a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
M8		DI a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
M9		DI b.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M10		DI b.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M11		DI b.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M12		DI b.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M13		DI b.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M14		DI b.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M15		DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M16		DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M17		DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M18		DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M19		DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M20		DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M21		DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M22		DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M23		DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M24		DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M25		DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M26		DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M27		DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M28		DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M29		DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M30		DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M31		DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M32		DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M33		DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M34		DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M35		DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M36		DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M37		DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M38		DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M39		DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M40		DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M41		DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M42		-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M43		DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M44		DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M45		DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M46		DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M47		DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M48		-	6ES7223-1PL30-0XB0-02

Fuente: Los autores.

NOTA:

Todas las señales del PLC como la de sus extensiones que tenga letra l van conectadas en el positivo de 24vdc y las que tengan la letra m van al negativo de 24vdc. Además a las entradas digitales le debe de entrar señal positiva.

Tabla 29 Conexionado 2 práctica 11

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
H1		DQ a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H2		DQ a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H3		DQ a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
H4		DQ a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
H5		DQ a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
H6		DQ a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
H7		DQ a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
H8		DQ a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
H9		DQ b0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H10		DQ b1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H11		DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H12		DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H13		DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H14		DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H15		DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H16		DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H17		DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H18		DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H19		DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H20		DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H21		DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H22		DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H23		DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H24		DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H25		DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H26		DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H27		DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H28		DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H29		DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H30		DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H31		DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H32		DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H33		DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H34		DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H35		DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02

H36		DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H37		DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H38		DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H39		DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H40		DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H41		DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H42		DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H43		-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H44		-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
SV01		AI0	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV02		AI1	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV03		AI0+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC01		AI2+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC02		AI3+	6ES7234-4HE30-0XB0
-	CS71	-	SCADA
-	CB21	-	SCADA
-	CS74	-	SCADA
-	CS77	-	SCADA
-	CS112	-	SCADA
-	CS113	-	SCADA
-	CS80	-	SCADA
-	CB24	-	SCADA
-	CS83	-	SCADA
-	CS86	-	SCADA
-	CS89	-	SCADA
-	CB27	-	SCADA
-	CS95	-	SCADA
-	CS101	-	SCADA
-	CS72	-	SCADA
-	CB22	-	SCADA
-	CS75	-	SCADA
-	CS78	-	SCADA
-	CS114	-	SCADA
-	CS115	-	SCADA
-	CS81	-	SCADA
-	CB25	-	SCADA
-	CS84	-	SCADA
-	CS87	-	SCADA
-	CS90	-	SCADA
-	CB28	-	SCADA
-	CS96	-	SCADA
-	CS103	-	SCADA
-	CS91	-	SCADA

-	CB29	-	SCADA	
-	CS97	-	SCADA	
-	CS103	-	SCADA	
-	CS92	-	SCADA	
-	CB30	-	SCADA	
-	CS98	-	SCADA	
-	CS104	-	SCADA	
-	CS93	-	SCADA	
-	CB31	-	SCADA	
-	CS99	-	SCADA	
-	CS105	-	SCADA	
-	CS73	-	SCADA	
-	CB23	-	SCADA	
-	CS76	-	SCADA	
-	CS79	-	SCADA	
-	CS116	-	SCADA	
-	CS117	-	SCADA	
-	CS82	-	SCADA	
-	CB26	-	SCADA	
-	CS85	-	SCADA	
-	CS88	-	SCADA	
-	CS94	-	SCADA	
-	CB32	-	SCADA	
-	CS100	-	SCADA	
-	CS106	-	SCADA	
-	CS21	-	SCADA	
-	CS22	-	SCADA	
-	CS23	-	SCADA	
-	CB7	-	SCADA	
-	CS24	-	SCADA	
-	CS25	-	SCADA	
-	CS26	-	SCADA	
-	CS27	-	SCADA	
-	CS28	-	SCADA	
-	CB8	-	SCADA	
-	CS29	-	SCADA	
-	CS30	-	SCADA	
-	CS31	-	SCADA	

Fuente: Los autores.

- **PROCEDIMIENTO:**

- 1.-La práctica nueve es la unión de todas las prácticas realizadas.
- 2.-Para esta práctica deben de estar cerrado los siguientes arreglos de cada etapa de un sistema de potencia.
- 3.-Cerramos CS15, CS17 y luego CB5. Sistema de generación.
- 4.-Cerramos CS16, CS20 y luego CB6. Sistema de transmisión.
- 5.-Cerramos CS35, CS34 y luego CB10. Sistema de transmisión.
- 6.-Cerramos CS46, CS48y luego CB13. Sistema de Sub transmisión.
- 7.- Cerramos CS62, CS68y luego CB18. Sistema de Distribución. Cerramos CS64, CS70 y Luego CB20.
- 8.-Ahora le colocamos un tiempo de operación a cada protección de cada sistema.
- 9.-Inyectamos corriente al sistema distribución y observamos que pasa con las protecciones.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

- 1.-Que el tablero principal este energizado y que los interruptores de energización estén activos.
- 2.-Que estén encendido el PLC, el TOUCH PANEL, las fuentes (voltaje y corriente) y la computadora.
- 3.-Que haya comunicación entre el PLC, TOUCH PANEL y PC.
- 4.-Que este activo el Run Time del programa.

- **RECURSOS.**

1.-El banco de simulaciones, para operación y maniobras de las cuatro etapas que comprenden un sistema eléctrico de potencia.

2.-Los cables del laboratorio.

- **NORMAS DE SEGURIDAD.**

1.-Conocer los elementos del tablero y las normas básicas de seguridad del laboratorio.

- **CUESTIONARIO.**

1.- ¿Para qué sirve la coordinación de protecciones?

2.- ¿En que influye el tiempo entre breaker en una misma cadena de protección?

4.12.3 DIAGRAMA DE CONEXIÓN

4.13 PRÁCTICA # 12: Transferencia entre líneas de 13.8KV.

4.13.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:**
- **PRÁCTICA N° 12**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:**
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:**

4.13.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **OBJETIVOS GENERALES:**

Operación en barras de distribución.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICO:**

Los pasos a seguir para restablecer una troncal en 13,8KV en el momento que se quede sin energía y esta sea necesario.

- **MARCO TEORICO:**

Partes de una sub estación de 13,8KV

Elementos de seguridad.

- **CONEXIONADO:**

Tabla 30 Conexionado 1 práctica 12

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
M1	CS62	DI a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M2	CB18	DI a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M3	CS65	DI a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M4	CSS8	DI a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M5	CS62	DI a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M6	CB18	DI a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0

M7	CS65	DI a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
M8	CSS8	DI a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
M9	CS63	DI b.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
M10	CB19	DI b.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
M11	CS66	DI b.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
M12	CS69	DI b.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
M13	CS63	DI b.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
M14	CB19	DI b.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
M15	CS66	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M16	CS69	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M17	CS64	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M18	CB20	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M19	CS67	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M20	CS70	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M21	CS64	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M22	CB20	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M23	CS67	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M24	CS70	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M25	CS107	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M26	CS108	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M27	CS109	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M28	CS110	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M29	CS107	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M30	CS108	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
M31	CS109	DI a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M32	CS110	DI a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M33	CS111	DI a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M34	-	DI a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M35	-	DI a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M36	-	DI a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M37	CS111	DI a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M38	-	DI a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M39	-	DI b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M40	-	DI b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M41	EMER.	DI b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M42	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M43	-	DI b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M44	-	DI b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M45	RECO FAL	DI b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M46	-	DI b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M47	-	DI b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
M48	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02

Fuente: Los autores.

NOTA:

Todas las señales del PLC como la de sus extensiones que tenga letra l van conectadas en el positivo de 24vdc y las que tengan la letra m van al negativo de 24vdc. Además a las entradas digitales le debe de entrar señal positiva.

Tabla 31 Conexionado 2 práctica 12

MARCA	UNIFILAR	ENTRADA	EQUIPO
H1	CS62	DQ a.0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H2	CB18	DQ a.1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H3	CS65	DQ a.2	6ES7 214-1BG31-0XB0
H4	CSS8	DQ a.3	6ES7 214-1BG31-0XB0
H5	CS62	DQ a.4	6ES7 214-1BG31-0XB0
H6	CB18	DQ a.5	6ES7 214-1BG31-0XB0
H7	CS65	DQ a.6	6ES7 214-1BG31-0XB0
H8	CSS8	DQ a.7	6ES7 214-1BG31-0XB0
H9	CS63	DQ b0	6ES7 214-1BG31-0XB0
H10	CB19	DQ b1	6ES7 214-1BG31-0XB0
H11	CS66	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H12	CS69	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H13	CS63	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H14	CB19	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H15	CS66	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H16	CS69	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H17	CS64	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H18	CB20	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H19	CS67	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H20	CS70	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H21	CS64	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H22	CB20	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H23	CS67	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H24	CS70	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H25	CS107	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H26	CS108	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-01
H27	CS109	DQ a.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H28	CS110	DQ a.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H29	CS107	DQ a.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H30	CS108	DQ a.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H31	CS109	DQ a.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H32	CS110	DQ a.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H33	CSB17	DQ a.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H34	CS59	DQ a.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H35	CS61	DQ b.0	6ES7223-1PL30-0XB0-02

H36	-	DQ b.1	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H37	CSB17	DQ b.2	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H38	CS59	DQ b.3	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H39	CS61	DQ b.4	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H40	-	DQ b.5	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H41	FALLA HIST	DQ b.6	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H42	-	DQ b.7	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H43	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
H44	-	-	6ES7223-1PL30-0XB0-02
SV01	-	AI0	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV02	-	AI1	6ES7 214-1BG31-0XB0
SV03	-	AI0+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC01	-	AI2+	6ES7234-4HE30-0XB0
SC02	-	AI3+	6ES7234-4HE30-0XB0
-	CS71	-	SCADA
-	CB21	-	SCADA
-	CS74	-	SCADA
-	CS77	-	SCADA
-	CS112	-	SCADA
-	CS113	-	SCADA
-	CS80	-	SCADA
-	CB24	-	SCADA
-	CS83	-	SCADA
-	CS86	-	SCADA
-	CS89	-	SCADA
-	CB27	-	SCADA
-	CS95	-	SCADA
-	CS101	-	SCADA
-	CS72	-	SCADA
-	CB22	-	SCADA
-	CS75	-	SCADA
-	CS78	-	SCADA
-	CS114	-	SCADA
-	CS115	-	SCADA
-	CS81	-	SCADA
-	CB25	-	SCADA
-	CS84	-	SCADA
-	CS87	-	SCADA
-	CS90	-	SCADA
-	CB28	-	SCADA
-	CS96	-	SCADA
-	CS103	-	SCADA
-	CS91	-	SCADA

-	CB29	-	SCADA	
-	CS97	-	SCADA	
-	CS103	-	SCADA	
-	CS92	-	SCADA	
-	CB30	-	SCADA	
-	CS98	-	SCADA	
-	CS104	-	SCADA	
-	CS93	-	SCADA	
-	CB31	-	SCADA	
-	CS99	-	SCADA	
-	CS105	-	SCADA	
-	CS73	-	SCADA	
-	CB23	-	SCADA	
-	CS76	-	SCADA	
-	CS79	-	SCADA	
-	CS116	-	SCADA	
-	CS117	-	SCADA	
-	CS82	-	SCADA	
-	CB26	-	SCADA	
-	CS85	-	SCADA	
-	CS88	-	SCADA	
-	CS94	-	SCADA	
-	CB32	-	SCADA	
-	CS100	-	SCADA	
-	CS106	-	SCADA	

Fuente: Los autores.

• **PROCEDIMIENTO:**

1.- Para realizar esta práctica se debe de haber realizado la practica 8.

2.-Para esta práctica vamos a simular que los breaker de las cargas de salida del TR-4 se han averiado y no hay energía en las cargas de salida. Para esto se abre los siguientes breaker CB28, CB29, CB30 y CB31. Luego se abren las cuchillas CS90, CS102, CS91, CS103, CS92, CS104, CS93, CS105.

3.- Ahora cerramos las siguientes cuchillas para restablecer el servicio. CS107, CS108, CS110 y CS111.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.**

1.-Que el tablero principal este energizado y que los interruptores de energización estén activos.

2.-Que estén encendido el PLC, el TOUCH PANEL, las fuentes (voltaje y corriente) y la computadora.

3.-Que haya comunicación entre el PLC, TOUCH PANEL y PC.

4.-Que este activo el Run Time del programa.

- **RECURSOS.**

1.-El banco de simulaciones, para operación y maniobras de las cuatro etapas que comprenden un sistema eléctrico de potencia.

2.-Los cables del laboratorio.

- **NORMAS DE SEGURIDAD.**

1.-Conocer los elementos del tablero y las normas básicas de seguridad del laboratorio.

- **CUESTIONARIO.**

1.- ¿Cuál es la función de las cuchillas de transferencia en la barra de 13,8KV?

2.- ¿Cuáles son las 5 reglas de oro de seguridad?

3.- ¿Para qué sirven las cuchillas que están en paralelas a los breaker de protección?

4.13.3 DIAGRAMA DE CONEXIÓN

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

Estimado lector después de haber culminado con el arduo proceso de elaborar la tesis podemos darnos cuenta la importancia de:

- Conocer en su totalidad todas las partes que conforman un Sistema Eléctrico de Potencia, ya que de esta manera podemos garantizar un excelente confiabilidad del servicio en el momento que realicemos trabajos directo o indirectos en el sistema.
- Es muy importante tener en cuenta que el sistema neurológico principal comprende las cuatro etapas del sistema de potencia basta que falle una de ellas y producir pérdidas millonarias en la matriz productiva de un país o pérdida de vidas mortales, por lo cual también la importancia de mantenerse siempre actualizado con los equipos de protección o maniobras que ayuden a aumentar la confiabilidad de servicio.

5.2 RECOMENDACIONES.

Estimado lector se recomienda los siguientes puntos importantes:

- Debe de ser el uso de tablero una herramienta muy utilizada para explicar de una manera macro que es un sistema eléctrico de potencia y con esto dar a conocer el rol juego en nuestro entorno.
- Además también se recomienda que se elevaron más tesis referentes a las líneas de transmisión desde su construcción hasta los efectos que se producen por los diversos factores existentes, ya que esto es el complemento de esta tesis y en si lo que es la carrera de ingeniería eléctrica.

**DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL BANCO DE CONTROL INDUSTRIAL
ELECTROMECAÁNICO**

HOJA TÉCNICA DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS

BIBLIOGRAFÍA

- Benito, F. R. (1998). *El transporte de la energía eléctrica en alta tensión*. Valencia: Servicio de Publicaciones.
- Chapman, S. J. (2000). *Maquinas Eléctricas*. Santa Fe: MC GRAW HILL.
- Gutierrez, A. (1992). *Curso de Metodos de Investigación y elaboración de la Monografía*. Quito: Serie Didactica AG.
- Harper, E. (2002). *Elementos de diseño de Subestaciones Eléctricas*. México: Limusa.
- Harper, E. (2005). *Fundamentos de Instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión*. México: Limusa.
- Harper, E. (2010). *Tecnologías de Generación de Energía Eléctrica*. México: Limusa.
- HARPER, G. E. (1989). *El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales*. Mexico D.F.: Limusa S.A.
- Harper, G. E. (2011). *Manual del Tecnico en Subestaciones Eléctricas Industriales y Comerciales*. México: Limusa.
- Kosow, I. (1991). *Maquinas Eléctricas y Transformadores*. Mexico: Prentice-Hall.
- Miguel, P. A. (2011). *Electrotecnia*. Madrid: Paraninfo.
- Montecelos, J. T. (2015). *Subestaciones eléctricas*. Madrid: Paraninfo.
- Naranjo, A. (2006). *Proyecto del Sistema de Distrubución Eléctrico*. Caracas: Equinoccio.
- Viejo Zubicaray, M., & Álvarez Fernández, J. (2004). *Bombas Teoría, diseño y aplicaciones*. México: Limusa.
- Viloria, J. R. (2009). *Automatismo Industriales*. Madrid: Paraninfo.
- Wildi, T. (2007). *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. México: Pearson Educación.