



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PRUEBAS DE FALLAS EN LOS SISTEMAS
DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE EL USO DEL EQUIPO OMICRON CMC 356
PARA EL RELÉ SEL-751.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

Ingeniero Eléctrico

AUTORES:

FRANKLIN LEONEL MORA RUIZ

JUAN CARLOS LIMONES MONCADA

TUTOR: ING. CARLOS FERNANDO CHÁVEZ CÓRDOVA, MEL.

Guayaquil – Ecuador

2021

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TIULACIÓN

Nosotros, **Franklin Leonel Mora Ruiz** con documento de identificación N° **1206793950** y **Juan Carlos Limones Moncada** con documento de identificación N° **1206155150**; manifestamos que:

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

Guayaquil, 18 de octubre del año 2021

Atentamente,



Franklin Leonel Mora Ruiz

1206793950



Juan Carlos Limones Moncada

1206155150

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

Nosotros, **Franklin Leonel Mora Ruiz** con documento de identificación N° **1206793950** y **Juan Carlos Limones Moncada** con documento de identificación N° **1206155150**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Proyecto Técnico: “Diseño e implementación de pruebas de fallas en los sistemas de distribución mediante el uso del equipo omicron CMC 356 para el relé SEL-751”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniero Eléctrico**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 18 de octubre del año 2021

Atentamente,



Franklin Leonel Mora Ruiz

1206793950



Juan Carlos Limones Moncada

1206155150

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Carlos Fernando Chávez Córdova**, con documento de identificación N° 0919553438, docente de la **Universidad Politécnica Salesiana**, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PRUEBAS DE FALLAS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE EL USO DEL EQUIPO OMICRON CMC 356 PARA EL RELÉ SEL-751**, realizado por **Franklin Leonel Mora Ruiz** con documento de identificación N° 1206793950 y por **Juan Carlos Limones Moncada** con documento de identificación N° 1206155150, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Proyecto Técnico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 18 de octubre del año 2021

Atentamente,



Ing. Carlos Fernando Chávez Córdova, MEL.

0919553438

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi mamá Liliana Ruiz, a mi padre Franklin Mora, a mis hermanos Jeremy e Izael por aquella motivación y aquel deseo de superación que me imponen; a mi abuela Marlene Hervas por su apoyo incondicional que me ha brindado a lo largo de esta etapa y a mi familia en general.

Gracias por ser la base de mi formación y por ser aquellas personas que me han logrado permitir el desarrollo y alcance de esta nueva meta.

Franklin Leonel Mora Ruiz

Por todo el apoyo que me brindaron por todos los ánimos y fe que pusieron en mí, este logro cumplido es nuestro, por tal motivo va dedicado a ustedes mi querida familia en especial a mi madre quien me ayudó, confió, y brindó su apoyo a lo largo del cumplimiento de esta meta.

Juan Carlos Limones Moncada

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ayudarme a vivir el día a día dándome la capacidad de lograr alcanzar mis objetivos y metas planteadas.

A mi familia y a mi enamorada por estar presentes durante esta etapa. Agradezco infinitamente por la motivación y por llenarme de principios y valores los cuales me han forjado a ser la persona que hoy en día soy

A los docentes por haberme impartido conocimientos y aquellas experiencias que sin duda alguna me ayudan a crecer como persona y como profesional.

Franklin Leonel Mora Ruiz

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y permitirme cumplir con mi meta propuesta. A mi madre Ulda Moncada Prado, a mi Tía Isabel Moncada Prado que siempre me han brindado su apoyo incondicional, a mi padre, a mis hermanos y maestros que de una u otra manera me ayudaron y me animaron a ser la persona que hoy en día soy, para lograr a alcanzar mi profesión.

Juan Carlos Limones Moncada

RESUMEN

Tema: Diseño e implementación de pruebas de fallas en los sistemas de distribución mediante el uso del equipo Omicron CMC 356 para el relé SEL-751.

Se propone desarrollar una guía sobre los principios de operación del equipo de inyección Omicron CMC 356, dentro del cual se permita garantizar que los ajustes configurados en el relé SEL-751 que se encuentra dentro del laboratorio de protecciones eléctricas de la Universidad Politécnica Salesiana cumplan con las especificaciones del fabricante y los criterios de aceptación del usuario.

La manera de realizar estos ajustes en los relés se dará mediante el software AcSELeRator QuickSet, este software es una herramienta que permite configurar, ajustar y modificar los distintos datos y parámetros de manera rápida y sencilla que se necesitarán dentro del relé de protección de acuerdo con el uso en el cual sea empleado este equipo.

En este documento consta la explicación detallada de la forma en cómo será realizada la instalación de los softwares a usarse y de la realización de las pruebas que permitan detectar ajustes y parámetros incorrectos en la programación del relé y de aquellas conexiones dadas entre el equipo de inyección Omicron CMC 356 y el relé SEL-751.

Palabras claves: Relé, Omicron, Datos, QuickSet.

ABSTRACT

Topic: Design and implementation of fault tests in distribution systems using the Omicron CMC 356 equipment for the SEL-751 relay.

It is proposed to develop a guide on the operating principles of the Omicron CMC 356 injection equipment, within which it is possible to guarantee that the settings configured in the SEL-751 relay located inside the electrical protections laboratory of the Salesian Polytechnic University comply with manufacturer's specifications and user acceptance criteria.

The way to make these adjustments in the relays will be given through the AcSELeRator QuickSet software, this software is a tool that allows you to configure, adjust and modify the different data and parameters quickly and easily that will be needed within the protection relay in accordance with the use in which this equipment is used.

This document contains a detailed explanation of how the installation of the software to be used will be carried out and the tests that allow detecting incorrect settings and parameters in the programming of the relay and of those connections given between the injection equipment. Omicron CMC 356 and the SEL-751 relay.

Keywords: Relay, Omicron, Data, QuickSet.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA.....	i
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
ÍNDICE DE CONTENIDOS	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	16
ÍNDICE DE TABLAS	21
ABREVIATURAS.....	22
INTRODUCCIÓN	24
CAPÍTULO 1	26
1 EL PROBLEMA.....	26
1.1 Descripción del Problema	26
1.2 Antecedentes	26
1.3 Importancia y Alcances.....	27
1.4 Delimitación.....	27
1.5 Objetivos	28
1.5.1 Objetivo General.....	28
1.5.2 Objetivos Específicos.....	28

1.6	Marco Metodológico.....	28
CAPÍTULO 2.....		29
2	MARCO TEÓRICO	29
2.1	Generalidades:.....	29
2.2	Sistema Eléctrico de Potencia:	29
2.2.1	Definición.....	29
2.2.2	Etapas que componen un Sistema Eléctrico de Potencia	30
2.2.2.1	Generación.....	30
2.2.2.2	Transmisión	30
2.2.2.3	Distribución	31
2.3	Sistema de distribución de la energía eléctrica	31
2.3.1	Topología de los sistemas de distribución	32
2.3.1.1	Sistema radial.....	32
2.3.1.2	Sistema en anillo.....	32
2.3.1.3	Sistema en malla o mallado	33
2.4	Anormalidades	33
2.4.1	Clasificación.....	34
2.4.1.1	Fallas.....	34
2.4.1.1.1	Clases de fallas según su naturaleza.....	35
2.4.1.1.2	Tipos de fallas	35
2.4.1.1.3	Clasificación de las fallas por su duración	37
2.4.1.2	Perturbaciones.....	37
2.4.1.2.1	Origen de las perturbaciones	38
2.4.1.2.1.1	Causas externas	38
2.4.1.2.1.2	Causas internas.....	38
2.4.1.2.2	Tipos de perturbaciones.....	38

2.4.1.2.2.1	Parpadeo (Flicker)	38
2.4.1.2.2.2	Variación de tensión	38
2.4.1.2.2.3	Huecos de tensión	39
2.4.1.2.2.4	Interrupción de alimentación	39
2.4.1.2.3	Características que afectan a otros aspectos de la onda	39
2.4.1.2.3.1	Desequilibrio de tensión	40
2.4.1.2.3.2	Sobretensión transitoria	40
2.4.1.2.3.3	Armónicos	40
2.4.1.2.3.4	Variaciones de frecuencia	41
2.5	Sistema de protección	41
2.5.1	Características de un sistema de protección	41
2.5.2	Funciones de un sistema de protección	42
2.5.3	Tiempos de despeje de fallas	42
2.5.4	Zonas de protección	42
2.5.5	Protección Primaria	43
2.5.6	Protección de Respaldo	43
2.5.7	Protección Direccional	44
2.6	Relés	44
2.6.1	Clasificación de los relés	44
2.6.1.1	Por su función	44
2.6.1.2	Por el tipo de señal de entrada	45
2.6.1.3	Por su característica de operación	45
2.6.1.4	Por su funcionamiento	45
2.6.2	Relé de sobrecorriente	47
2.6.2.1	Características de operación	47
CAPÍTULO 3	50
3	MARCO METODOLÓGICO	50

3.1	Software Test Universe	50
3.1.1	Módulos de pruebas	50
3.2	Software AcSELerator QuickSet	52
3.3	Relé SEL-751	53
3.3.1	Características	54
3.3.1.1	Características de protección estándar [39]	54
3.3.1.2	Características opcionales de protección [39]	54
3.3.1.3	Funciones de monitoreo [39]	54
3.3.1.4	Comunicación y control [39]	54
3.3.2	Descripción funcional	55
3.4	Omicron CMC 356.....	56
3.4.1	Funciones principales.....	56
3.4.2	Pruebas y herramientas que ofrece el equipo Omicron CMC 356 [42]	56
3.4.3	Especificaciones.....	57
3.4.3.1	Panel frontal.....	57
3.4.3.2	Panel posterior	57
CAPÍTULO 4.....		58
4	PRÁCTICAS	58
4.1	Práctica I.....	58
4.1.1	Tema.....	58
4.1.2	Objetivos	58
4.1.3	Recursos	58
4.1.4	Procedimiento	58
4.2	Práctica II	61
4.2.1	Tema.....	61

4.2.2	Objetivos	61
4.2.3	Recursos	61
4.2.4	Procedimiento	61
4.2.4.1	Instalación del software AcSELerator	61
4.2.4.2	Comunicación del relé SEL-751 con el software AcSELerator QuickSet 63	
4.3	Práctica III.....	67
4.3.1	Tema.....	67
4.3.2	Objetivos	67
4.3.3	Recursos	67
4.3.4	Procedimiento	67
4.3.4.1	Instalación del software Test Universe.....	67
4.3.4.2	Comunicación del equipo Omicron CMC 356 y el software Test Universe 70	
4.4	Práctica IV.....	74
4.4.1	Tema.....	74
4.4.2	Objetivos	74
4.4.3	Recursos	74
4.4.4	Planteamiento de datos.....	74
4.4.5	Procedimiento	74
4.5	Práctica V	84
4.5.1	Tema.....	84
4.5.2	Objetivos	84
4.5.3	Recursos	84
4.5.4	Procedimiento	84
4.6	Práctica VI.....	89

4.6.1	Tema.....	89
4.6.2	Objetivos	89
4.6.3	Recursos	89
4.6.4	Planteamiento de datos.....	89
4.6.5	Procedimiento	89
4.7	Práctica VII	95
4.7.1	Tema.....	95
4.7.2	Objetivos	95
4.7.3	Recursos	95
4.7.4	Procedimiento	95
4.8	Práctica VIII	103
4.8.1	Tema.....	103
4.8.2	Objetivos	103
4.8.3	Recursos	103
4.8.4	Planteamiento de datos.....	103
4.8.5	Procedimiento	105
4.8.5.1	Para ajustes e ingreso de parámetros del relé SEL-751 a 69KV	105
4.8.5.2	Para ajustes e ingreso de parámetros del relé SEL-751 a 13.8KV ...	108
4.8.5.3	Ingreso de parámetros al equipo Omicron CMC 356 para probar la coordinación de protecciones 50/51 de 69KV y 13.8KV	111
CAPÍTULO 5		120
5	Costo de Implementación	120
5.1	Costo de Implementación.....	120
CAPÍTULO 6		121
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121

6.1	CONCLUSIONES	121
6.2	RECOMENDACIONES	121
7	BIBLIOGRAFÍA	122
8	ANEXOS	127

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1: SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA [2].....	29
FIGURA 2: SISTEMA RADIAL [12].....	32
FIGURA 3: SISTEMA EN ANILLO [12].....	33
FIGURA 4: SISTEMA EN MALLA O MALLADO [12]	33
FIGURA 5: TIPOS DE PERTURBACIONES [24]	39
FIGURA 6: ONDA IDEAL [24]	39
FIGURA 7: DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN [24]	40
FIGURA 8: SOBRETENSIÓN TRANSITORIA [24]	40
FIGURA 9: ARMÓNICOS [24].....	40
FIGURA 10: ZONAS DE PROTECCIÓN DE UN SEP [31]	43
FIGURA 11: CURVA DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE INSTANTÁNEA [30].....	47
FIGURA 12: CURVA DE LA PROTECCION SE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO DEFINIDO [30]	47
FIGURA 13: PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO [30]	48
FIGURA 14: VENTANA DE INICIO - TEST UNIVERSE.....	50
FIGURA 15: VENTANA DE INICIO - ACSELERATOR QUICKSET.....	52
FIGURA 16: RELÉ SEL-751 [40].....	53
FIGURA 17: DIAGRAMA FUNCIONAL RELÉ SEL-751 [40]	55
FIGURA 18: OMICRON CMC 356 [41]	56
FIGURA 19: PANEL FORNTAL. FUENTE: LOS AUTORES	57
FIGURA 20: PANEL POSTERIOR. FUENTE: LOS AUTORES.....	57
FIGURA 21: DIAGRAMA UNIFILAR [38]	60
FIGURA 22: VENTANA DE ACUERDO DE LICENCIA.....	62
FIGURA 23: VENTANA DE SELECCIÓN DE DRIVERS.....	62
FIGURA 24: VENTANA FINAL PARA LA INSTALACIÓN DEL SOFTWARE	63
FIGURA 25: VENTANA DE INICIO - ACSELERATOR QUICKSET.....	63
FIGURA 26: CONEXIÓN DEL RELÉ AL LA COMPUTADORA POR MEDIO DEL PUERTO ETHERNET RJ45	64

FIGURA 27: SELECCIÓN DE LA OPCIÓN DE COMUNICACIÓN	64
FIGURA 28: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN	65
FIGURA 29: VENTANA DE AVISO PARA REALIZAR LA COMUNICACIÓN	66
FIGURA 30: BARRA DE ESTADO DE LA COMUNICACIÓN.....	66
FIGURA 31: SELECCIÓN DE IDIOMA - TEST UNIVERSE.....	67
FIGURA 32: INSTALACIÓN - TEST UNIVERSE	68
FIGURA 33: VENTANA DE BIENVENIDO AL ASISTENTE	68
FIGURA 34; ASISTENTE DE INSTALACIÓN	69
FIGURA 35: INFORMACIÓN DEL INSTALADOR	69
FIGURA 36: ÍCONO - TEST UNIVERSE	70
FIGURA 37: CONEXIÓN DEL EQUIPO OMICRON CMC 356 POR MEDIO DEL PUERTO ETHERNET RJ45	70
FIGURA 38: VENTANA DE INICIO - TEST UNIVERSE.....	71
FIGURA 39: ASOCIACIÓN DE UNIDAD DE PRUEBA.....	71
FIGURA 40: SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA	72
FIGURA 41: ASOCIACIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA.....	72
FIGURA 42: ASOCIACIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA. FUENTE: LOS AUTORES	73
FIGURA 43: ESTADO DE CONEXIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA	73
FIGURA 44: LECTURA DEL RELÉ.....	75
FIGURA 45: VENTANA DE AJUSTES DEL RELÉ.....	75
FIGURA 46: AJUSTE DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DEL PT.....	76
FIGURA 47: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 27.....	77
FIGURA 48: CANTIDAD DE VARIABLES A UTILIZARSE	78
FIGURA 49: LÓGICA GRÁFICA DE DISPARO DE LA PROTECCIÓN 27	79
FIGURA 50: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 59.....	80
FIGURA 51: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 81.....	81
FIGURA 52: LÓGICA DE DISPARO DE LAS PROTECCIONES	82
FIGURA 53: ENVÍO DE AJUSTES ACTIVOS	82
FIGURA 54: VENTANA DE SELECCIÓN DE CLASE/GRUPO DE AJUSTES	83
FIGURA 55: VENTANA DE INICIO - TEST UNIVERSE.....	85

FIGURA 56: SALIDAS ANALÓGICAS.....	85
FIGURA 57: INGRESO DE VALORES DE VOLTAJES POR FASE.....	86
FIGURA 58: ACTIVACIÓN DE DISPARO PARA LA PRUEBA.....	86
FIGURA 59: INGRESO DE VALORES DE VOLTAJES POR FASE.....	87
FIGURA 60: ACTIVACIÓN DE DIPARO PARA LA PRUEBA.....	87
FIGURA 61: INGRESO DE VALORES DE FRECUENCIA	88
FIGURA 62: ACTIVACIÓN DE DISPARO PARA LA PRUEBA.....	88
FIGURA 63: LECTURA DEL RELÉ.....	90
FIGURA 64: VENTANA DE AJUSTES DEL RELÉ.....	90
FIGURA 65: AJUSTE DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DEL CT	91
FIGURA 66: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 50.....	92
FIGURA 67: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 51.....	92
FIGURA 68: LÓGICA DE DISPARO DE LAS PROTECCIONES	93
FIGURA 69: ENVÍO DE AJUSTES ACTIVOS	93
FIGURA 70: VENTANA DE SELECCIÓN DE CLASE/GRUPO DE AJUSTES	94
FIGURA 71: VENTANA DE INICIO - TEST UNIVERSE	96
FIGURA 72: MÓDULO DE PRUEBA OVERCURRENT	96
FIGURA 73: VENTANA DE PARÁMETROS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE	97
FIGURA 74: VENTANA DE PARÁMETROS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE - ELEMENTOS	97
FIGURA 75: VENTANA PARA LA SELECCIÓN DE LA CURVA.....	98
FIGURA 76: TIPO DE CURVA.....	99
FIGURA 77: PARÁMETROS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE – FUNCIÓN 51	99
FIGURA 78: VENTANA DE PARÁMETROS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE - ELEMENTOS	100
FIGURA 79: VENTANA PARA LA SELECCIÓN DE CURVA.....	100
FIGURA 80: PARÁMETROS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE – FUNCIÓN 50.....	101
FIGURA 81: VENTANA OMICRON OVERCURRENT.....	101

FIGURA 82: SIMULACIÓN – OMJCRON OVERCURRENT.....	102
FIGURA 83: DIAGRAMA PARA LA COORDINACIÓN DE PROTECCIONES.....	104
FIGURA 84: LECTURA DEL RELÉ.....	105
FIGURA 85: VENTANA DE AJUSTES DEL RELÉ.....	105
FIGURA 86: AJUSTE DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DEL CT.....	106
FIGURA 87: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 50.....	106
FIGURA 88: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 51.....	107
FIGURA 89: LÓGICA DE DISPARO DE LAS PROTECCIONES.....	107
FIGURA 90: ENVÍO DE AJUSTES ACTIVOS.....	108
FIGURA 91: LECTURA DEL RELÉ.....	108
FIGURA 92: VENTANA DE AJUSTES DEL RELÉ.....	109
FIGURA 93: AJUSTE DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DEL CT.....	109
FIGURA 94: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 50.....	110
FIGURA 95: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 51.....	110
FIGURA 96: LÓGICA DE DISPARO DE LAS PROTECCIONES.....	111
FIGURA 97: ENVÍO DE AJUSTES ACTIVOS.....	111
FIGURA 98: PARÁMETROS PARA LA PROTECCIÓN 50/51 DE 69KV Y 13.8KV	113
FIGURA 99: SIMULACIÓN DE PRUEBA PARA 69KV.....	114
FIGURA 100: SIMULACIÓN DE PRUEBA PARA 13.8KV.....	114
FIGURA 101: AJUSTES DE INFORME.....	114
FIGURA 102: AJUSTE DE INFORME.....	115
FIGURA 103: REPORTE DE PRUEBA PARA 69KV.....	116
FIGURA 104: REPORTE DE PRUEBA PARA 69KV.....	117
FIGURA 105: REPORTE DE PRUEBA PARA 13.8KV.....	118
FIGURA 106: INFORME DE PRUEBA PARA 13.8KV.....	119
FIGURA 107: DIVISIÓN EN BLOQUES DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE PROTECCIONES DE REDES DE DISTRIBUCIÓN. FUENTE: LOS AUTORES.....	127
FIGURA 108: REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SOFTWARE ACSELERATOR QUICKSET [37].....	127
FIGURA 109: PANEL FRONTAL DEL RELÉ SEL-751 [43].....	128

FIGURA 110: PANEL POSTERIOR DEL RELÉ SEL-751 [43]	128
FIGURA 111: CURVAS DEL RELÉ SEL-751 SEGÚN LA NORMATIVA AMERICANA [44].....	129
FIGURA 112: CURVAS DEL RELÉ SEL-751 SEGÚN LA NORMATIVA IEC [44]	129
FIGURA 113: DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO OMICRON CMC 356 [33]	130
FIGURA 114: DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO OMICRON CMC 356 [33].....	131
FIGURA 115: CONEXIÓN PARA PRUEBA DE PROTECCIÓN 50/51. FUENTE: LOS AUTORES	132
FIGURA 116: CONEXIÓN PARA PRUEBA DE PROTECCIÓN 27, 59 Y 81. FUENTE: LOS AUTORES.....	132
FIGURA 117: CONEXIÓN PARA LA PRUEBA DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN 50/51. FUENTE: LOS AUTORES.....	133
FIGURA 118: CONEXIÓN PARA PRUEBA DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL [45].....	133
FIGURA 119: CONEXIÓN PARA PRUEBA DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE NO DIRECCIONAL [46].....	134
FIGURA 120: PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO DE DISTRIBUCIÓN. FUENTE: LOS AUTORES	135

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1: PRICIPALES FALLAS PRESENTES EN UN SEP	34
TABLA 2: TIPOS DE FALLAS [17]	35
TABLA 3: PROBABILIDAD DE FALLAS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN [18]	36
TABLA 4: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TIPOS DE FALLAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN [19]	36
TABLA 5: CLASIFICACIÓN DE FALLAS POR SU DURACIÓN [20].....	37
TABLA 6: CLASIFICACIÓN DE RELÉS SEGÚN SU FUNCIONAMIENTO.....	46
TABLA 7: CURVAS SEGÚN LA NORMA IEC 60255	48
TABLA 8: CURVAS SEGÚN LA NORMA AMERICANA C37.122-1996-IEEE	48
TABLA 9: DATOS DE PRUEBA PARA LAS PROTECCIONES 27, 59 Y 81	74
TABLA 10: DATOS DE PRUEBA PARA LA PROTECCIÓN 50/51	89
TABLA 11: DATOS PARA COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN 50/51 A 69KV .	103
TABLA 12: DATOS PARA COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN 50/51 A 13.8KV	104
TABLA 13: COSTO TOTAL DE EQUIPOS Y MATERIALES.....	120

ABREVIATURAS

SEL	Schweitzer Engineering Laboratories
UPS	Universidad Politécnica Salesiana
SEP	Sistema Eléctrico de Potencia
SED	Sistema Eléctrico de Distribución
ms	Milisegundos
s	Segundos
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Events
MMS	Manufacturing Message Specification
V	Voltaje
I	Intensidad
P	Potencia
f	Frecuencia
Z	Impedancia
IED	Intelligent Electronic Device
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
A	Amperio
Pu	Por unidad
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IEC	International Electrotechnical Commission
CT	Transformador de Corriente
PT	Transformador de Potencial

KV

Kilo Voltios

KVA

Kilo Voltio Amperios

INTRODUCCIÓN

El tema del presente proyecto técnico de titulación es “Diseño e implementación de pruebas de fallas en los sistemas de distribución mediante el uso del equipo Omicron CMC 356 para el relé SEL-751”

Dentro de este trabajo haremos un enfoque especial en el equipo Omicron CMC 356, ya que nos aporta una mayor facilidad al momento de comprobar los ajustes y configuraciones respectivas del relé SEL-751 y así puedan cumplir con las especificaciones del fabricante y con los criterios de aceptación de acuerdo con su uso.

Mediante las pruebas se podrá detectar ajustes incorrectos ya sea en la programación, en el ingreso de datos o en las conexiones de voltajes y corrientes de los relés de protección.

Este tipo de prácticas puntuales ayudará a proporcionar una ayuda teórica-técnica para las materias de protecciones eléctricas ya que se detalla el paso a paso de las conexiones y ajustes necesarios para el uso del equipo Omicron CMC 356 y hacer cumplir el correcto funcionamiento del relé SEL-751.

Los ajustes para el relé deben ser muy precisos para que de esta manera podamos obtener una respuesta inmediata ante una falla y realizar la desconexión o la intervención de dichos elementos que se encuentran inmersos en aquella falla y así poder garantizar el menor tiempo de interrupciones en la entrega del servicio eléctrico.

La Universidad Politécnica Salesiana siempre se enfoca en poder dotar de conocimientos modernos a sus estudiantes con la adquisición de quipos, los cuales serán de vital importancia para el estudio de las protecciones eléctricas, para lo cual es necesario contar con un manual que sirva como instrumento educativo que permita obtener los beneficios de los instrumentos y equipos que se encuentran en el laboratorio de protecciones eléctricas de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

Dentro del primer capítulo se describe el problema principal, el alcance y sus delimitaciones que tiene consigo este proyecto; de la misma manera se encuentra definido el beneficio de este proyecto hacia la comunidad Salesiana detallando los objetivos

generales y específicos. En el segundo capítulo se detalla información relevante respecto a la investigación realizada junto con citas a dichos textos que generan información importante para la elaboración de esta guía práctica. Para el tercer capítulo se elabora el marco metodológico en el cual se redacta una breve reseña de cada uno de los equipos y softwares que se emplean para la elaboración de dicho proyecto. Por último, en el cuarto capítulo se elabora el paso a paso de cada práctica realizada.

El punto principal de este proyecto se basa en la importancia de crear un conocimiento teórico-práctico sobre lo que son las protecciones eléctricas y así poder desarrollar en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana un criterio que garantice una visión competitiva en esta rama de la ingeniería eléctrica como lo son las protecciones eléctricas.

Gracias a este proyecto se idealiza el planteamiento de una guía práctica para fomentar nuevos conocimientos académicos sobre lo que son las protecciones eléctricas a estudiantes y docentes de la institución para poder fortalecer las bases teóricas en base a las nuevas tecnologías que en la actualidad tenemos a nuestro alcance.

CAPÍTULO 1

1 EL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

Los equipos de protecciones eléctricas son muy relevantes dentro de los sistemas de distribución, es necesario que estos equipos se encuentren en un óptimo estado para lograr la detección y el respectivo despeje de las fallas producidas dentro del sistema, de esta manera lo primordial es evitar las interrupciones para así poder tener un suministro continuo de la energía eléctrica.

Las actividades prácticas, permiten a los estudiantes implementar en los laboratorios; lo que, en un futuro realizarán en la vida real en sus diferentes campos de acciones. Una de las adquisiciones de la U.P.S. es el equipo universal de pruebas de relés Omicron CMC 356 el cual, permite realizar prácticas con simulación de fallas en los sistemas eléctricos, permitiendo evaluar la correcta funcionalidad de los relés de protección bajo las condiciones de operación en los sistemas de distribución. Por ello, es muy importante que los alumnos formados en la U.P.S. tengan conocimiento de cómo realizar las pruebas.

1.2 Antecedentes

La carrera de Ingeniería Eléctrica promueve constantemente el desarrollo de nuevas ideas y conocimientos mediante la adquisición de nuevos equipos que ayudan al crecimiento de las bases teóricas-prácticas para el buen manejo de los recursos, ofreciendo mejoras dentro de la sociedad.

Dado a los cambios y avances tecnológicos en el sector eléctrico, hacen que la carrera de ingeniería eléctrica se actualice ante estos nuevos temas que forman parte de la ingeniería eléctrica, mediante este proyecto se pretende realizar una guía de ayuda para el manejo del equipo Omicron CMC y el relé SEL-751.

1.3 Importancia y Alcances

La importancia de este proyecto se basa en crear un manual a base de teoría y delineamientos técnicos que ayudarán a estudiantes universitarios y a profesionales a facilitar el uso del equipo de inyección de corrientes secundarias, Omicron CMC 356 y a los programas que se usan dentro del área profesional.

Las pruebas realizadas a través de esta maleta de inyección de corrientes en el relé SEL-751 son empleadas para poder verificar el correcto funcionamiento de este elemento.

1.4 Delimitación

El área de interés de este proyecto está encaminada hacia el área de protecciones eléctricas dentro de las redes de distribución, se delimitará a realizar las prácticas en el laboratorio de protecciones. Dichas prácticas, de forma general, se basarán en tres aspectos claves para el uso del equipo CMC 356 y relé SEL-751 las cuales son:

Conectar. –

- Realizar todas las conexiones eléctricas necesarias para el buen funcionamiento del equipo de pruebas Omicron CMC 356.
- Establecer la conexión entre el relé SEL-751 y el equipo de pruebas Omicron CMC 356.

Configurar. –

- Configuración de los datos generales del relé utilizando el software AcSELeRator QuickSet.
- Configuración del equipo Omicron CMC 356 en los módulos de pruebas QuickCMC y Overcurrent del software Test Universe 4.00

Ajustar. -

- Proceder con los ajustes del relé (tipo de protección, tipo de curva, valores nominales de tensión y corriente, valores máximos permitidos).

- Adicionar los ajustes de protección a probar y los puntos de prueba a ser simulados.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Implementar pruebas que se centren en el uso del equipo Omicron CMC 356 junto al relé de protección SEL-751.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Elaborar prácticas para poder ser implementadas en el laboratorio de protecciones eléctricas.
- Aplicar los módulos de pruebas del equipo Omicron CMC 356 para la simulación de fallas en las protecciones eléctricas dentro del sistema de distribución.
- Conocer las características principales del equipo Omicron CMC 356.

1.6 Marco Metodológico

Para la realización de este proyecto enfocamos varios análisis basados en los problemas más comunes dentro de un sistema eléctrico de potencia en el área de distribución lo cual nos ayudará a visualizar y a analizar a través de datos obtenidos en cada práctica y mediante la tabulación de dichos datos para lograr el manejo correcto de los equipos empleados como lo es la maleta de inyección Omicron CMC 356 y el relé SEL-751.

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades:

Es de gran importancia poder brindar el servicio del suministro de energía eléctrica de forma continua y de calidad ya que esta es una cualidad principal que posee un SEP (Sistema Eléctrico de Potencia). Dentro de este sistema es necesario mantener en constante supervisión las diferentes anomalías que pueden ocurrir por diversos factores las cuales se consideran como fallas o perturbaciones.

2.2 Sistema Eléctrico de Potencia:

2.2.1 Definición

El sistema eléctrico de potencia es un conjunto de elementos que poseen características dinámicas haciendo de este sistema diferente y único en comparación a otros sistemas [1]. Tiene como finalidad convertir la energía que dispone naturalmente a energía eléctrica.

Su función primordial es la de llevar esta energía desde la generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con niveles de calidad exigidos por los entes regulatorios, tal como es el caso de la Agencia de Regulación y Control de la Electricidad ARCONEL [2].

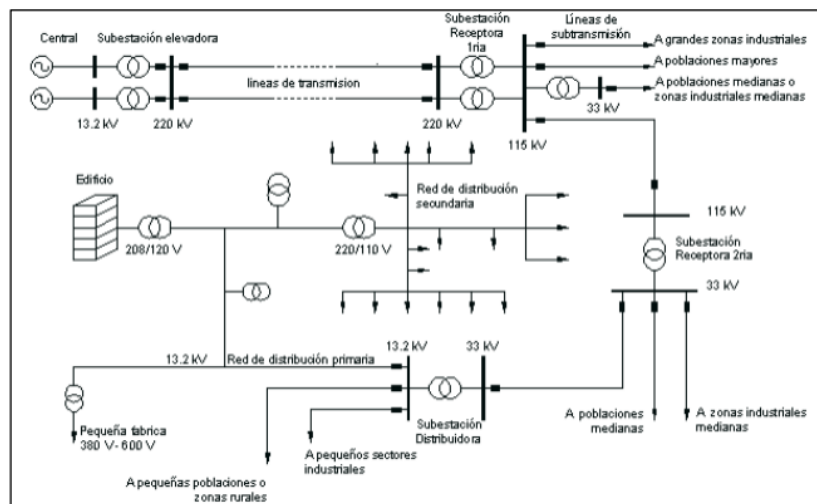


FIGURA 1: SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA [2]

2.2.2 Etapas que componen un Sistema Eléctrico de Potencia

Un SEP se compone por diversas instalaciones que tienen la necesidad de ser interconectadas generando que el sistema eléctrico de potencia requiera de tres etapas las cuales son: generación, transmisión y distribución.

2.2.2.1 Generación

La energía eléctrica forma parte fundamental de las actividades cotidianas aportando en la realización de las actividades productivas del país. Dentro de esta etapa existen dos formas de generación de energía las cuales son: energía primaria y energía secundaria [3].

La energía primaria se obtiene a través del medio ambiente y se la clasifica en tres grupos:

- Energía renovable
- Energía no renovable
- Residuos

Dentro de esta etapa, la energía eléctrica es obtenida mediante los combustibles fósiles que hacen referencia a la energía eléctrica convencional y a través del viento, el sol, el agua, entre otras, haciendo referencia a la energía eléctrica no convencional [3].

La instalación de las centrales eléctricas ayuda a la generación de la energía, las centrales emplean recursos no renovables como lo son los derivados del petróleo y recursos de fuentes naturales los cuales pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a) Recursos Hidráulicos
- b) Recursos Geotérmicos
- c) Recursos Solares
- d) Recursos Eólicos
- e) Recursos con Biomasa

2.2.2.2 Transmisión

La etapa de transmisión es indispensable para el país, ya sea en el sector productivo o social. Dentro de esta etapa, los transformadores de potencia es uno de los elementos importantes ya que permiten la exportación de la energía eléctrica dada en alta tensión por grandes distancias [4].

Las líneas de transmisión es otro de los elementos que resulta importante para el transporte de la energía, el diseño de las líneas debe realizarse rigurosamente ya que estas están continuamente en operación y es necesario que estas deban estar preparadas ante cualquier tipo de contingencia o desbalance que puedan surgir [5]. Uno de los parámetros importantes el cual también debe considerarse en el estudio de las líneas de transmisión es la geometría de la línea, ya que es un factor que se usa para el transporte eficiente de la energía eléctrica y tiene un efecto sobre la amplitud de las sobretensiones [6].

2.2.2.3 Distribución

La etapa de distribución de la energía eléctrica es el enlace en el cual el usuario extrae energía eléctrica de la red con cargas que varían en magnitudes, es indispensable que el diseño de las redes de distribución sea el adecuado ya que debe asegurar confiabilidad y un suministro continuo de energía eléctrica [7].

Esta etapa está comprometida a diversos aspectos tales como: expansiones continuas, al incremento de sus usuarios y las variaciones de potencia a ser suministrada. Los aspectos mencionados hacen referencia a que el sistema de distribución requiere de mejoras continuas con el objetivo de disminuir costos y aumentar su eficacia [8].

En el Ecuador las empresas eléctricas encargadas de la distribución están en la obligación de entregar a los usuarios los niveles de voltaje que se hallan entre los límites establecidos por la *Resolución Nro. ARCONEL 053/18 de la Regulación 005/18 «Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica»* [9].

2.3 Sistema de distribución de la energía eléctrica

El sistema de distribución de energía eléctrica se compone a través de equipos e instalaciones que permiten energizar de manera confiable un número determinado de usuarios (cargas). Este sistema es considerado como “el gigante invisible” porque representa un 66% de lo que es el SEP, esto quiere decir que se necesita un minucioso trabajo al momento de ser planificado, diseñado, construido y a la vez para ponerlo en operación y dar mantenimientos [10].

Dada a las características que presenten las cargas los sistemas de distribución pueden clasificarse en: industriales, comerciales y residenciales. Para la parte industrial están comprendidos los grandes consumidores de energía eléctrica que generalmente reciben este servicio en alta tensión. En los sistemas de distribución comerciales se usa de manera colectiva para aquellos sistemas de energía que se haya dentro de complejos comerciales y edificios municipales.

Dentro de los sistemas de distribución residencial encontramos las áreas urbanas, suburbanas y rurales, estas cargas representan una menor densidad respecto a las cargas comerciales e industriales [11].

2.3.1 Topología de los sistemas de distribución

Existen tres tipos de sistemas de distribución los cuales son:

- Sistema radial
- Sistema en anillo
- Sistema en malla o mallado

2.3.1.1 Sistema radial

Los sistemas radiales resultan ser menos confiables, pero de menor costo económico.

Este sistema se compone por un solo camino sin retorno, es decir, las cargas tienen una sola alimentación, de manera que una falla en la alimentación produce la interrupción del suministro hacia el usuario [12].

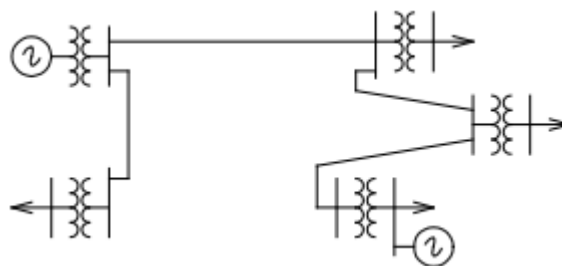


FIGURA 2: SISTEMA RADIAL [12]

2.3.1.2 Sistema en anillo

El sistema en anillo proporciona una mayor confiabilidad en el suministro de la energía y a su vez representa un costo mayor en comparación al del sistema radial.

Está compuesto por más de una trayectoria entre la fuente o fuentes y la carga, esto quiere decir que tiene una doble alimentación y puede interrumpirse una de ellas sin causar una interrupción del suministro [12].

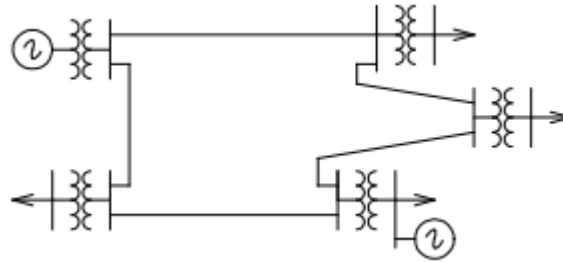


FIGURA 3: SISTEMA EN ANILLO [12]

2.3.1.3 Sistema en malla o mallado

Provee una mayor confiabilidad en el servicio y a su vez representa un costo elevado. Este tipo de sistema es utilizado para situaciones en donde la energía eléctrica tiene que estar presente en todo momento sin interrupción alguna [13].

Con este sistema se aumenta el número de interconexiones y a su vez la seguridad en el abastecimiento del servicio aumenta.

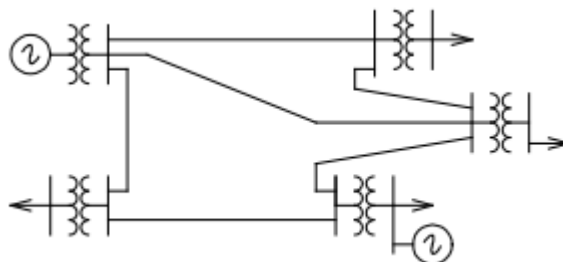


FIGURA 4: SISTEMA EN MALLA O MALLADO [12]

2.4 Anormalidades

Las anomalías son aquel conjunto de condiciones que se presentan fuera de los parámetros establecidos en el SED (Sistema Eléctrico de Distribución), estas anomalías se encuentran de manera frecuente en los sistemas de distribución debido a la cantidad de ramales que este presenta.

Dentro de las principales causas de las operaciones anormales de un sistema de distribución tenemos:

- Desgaste o envejecimiento de los aislamientos.
- Factores humanos.
- Causas atmosféricas o naturales.
- Accidentes generados por animales.

2.4.1 Clasificación

Las anomalías que se presentan en un SED son clasificadas en fallas y perturbaciones.

2.4.1.1 Fallas

Condición que impide continuar la operación de uno o más componentes de un sistema y requiere la rápida acción de los esquemas de protecciones para no dañar los equipos [14].

A las fallas también se las definen como aquel cambio no planeado dentro de los parámetros establecidos en la operación del sep. Las tasas de fallas en sistemas de baja tensión son mayores que aquellas fallas presentadas en alta tensión [15] debido a la cantidad de ramales existentes, elementos y equipos que interactúan en los sistemas de distribución.

TABLA 1: PRICIPALES FALLAS PRESENTES EN UN SEP. FUENTE: LOS AUTORES

Principales fallas que se presentan en un SEP	
Tipo	Causa
Aislamiento	Dada por defectos o errores de diseño, fabricación e instalación inadecuada, envejecimiento o contaminación.
Eléctrico	Descargas atmosféricas, sobretensiones transitorias por maniobras, sobretensiones dinámicas.
Mecánicas	Esfuerzo por sobrecorrientes, sismos, impacto de objetos, lluvia, nieve o vientos.
Térmicas	Falla en el enfriamiento, sobrecorriente, sobretensión.

2.4.1.1.1 Clases de fallas según su naturaleza

- **Fallas de naturaleza temporal**

Son aquellas que pueden ser despejadas antes de que ocurran graves daños dentro del sistema y elementos, o porque se autodespejan por la operación de los dispositivos de protección [15].

Algunas de estas fallas incluyen contactos repentinos o momentáneos con ramas de árboles, flameo por contaminación o arcos por descargas atmosféricas.

En algunos casos debido al corto tiempo en que se presentan estas fallas los dispositivos de protección de sobrecorriente no llegan a actuar debido a la capacidad de autorrecuperación del aislamiento lo cual ayuda a que la falla sea despejada sin la operabilidad de los equipos de protección.

- **Fallas de naturaleza permanente**

Permanecen a pesar de la velocidad con la cual el circuito es desconectado.

Puede tomarse de ejemplo el caso en donde varios conductores desnudos de un sistema aéreo entran en contacto; los arcos entre fases [15].

Generalmente se originan por la pérdida irreversible del aislamiento en donde este ya no posee la capacidad de autorrecuperarse, pueden presentarse debido a causas mecánicas o por problemas de la estructura.

2.4.1.1.2 Tipos de fallas

Las redes eléctricas de distribución se encuentran expuestas a distintas fallas causando la apertura del sistema eléctrico dejando sin el servicio de energía [16].

Las fallas pueden ser de tipo simétrica o asimétrica y serie o paralelo las cuales pueden ser clasificadas de acuerdo con la siguiente tabla:

TABLA 2: TIPOS DE FALLAS [17]

N° de Falla	Tipo de Falla	Descripción
Falla 1	Monofásica a tierra	Falla en la fase A
Falla 2		Falla en la fase B
Falla 3		Falla en la fase C
Falla 4	Bifásica	Falla entre fases AB

Falla 5	Bifásica	Falla entre fases BC
Falla 6		Falla entre fases CA
Falla 7	Bifásica a tierra	Falla entre fases AB a tierra
Falla 8		Falla entre fases BC a tierra
Falla 9		Falla entre fases CA a tierra
Falla 10	Trifásica	Falla entre fases ABC
Falla 11	Trifásica a tierra	Falla entre fases ABC a tierra

Estas fallas pueden ser cuantificadas y clasificadas de acuerdo con el porcentaje de ocurrencia que se dan dentro del sistema, para lo cual se tiene:

TABLA 3: PROBABILIDAD DE FALLAS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN [18]

Tipo	Probabilidad de ocurrencia
Monofásicas (una fase a tierra)	80%
Bifásicas a tierra (dos fases a tierra)	10%
Bifásicas (entre dos fases)	8%
Trifásicas (entre tres fases)	2%

TABLA 4: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TIPOS DE FALLAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN [19]

Tipo	Representación gráfica
Monofásicas (una fase a tierra)	
Bifásicas a tierra (dos fases a tierra)	

Bifásicas (entre dos fases)	
Trifásicas (entre tres fases)	

2.4.1.1.3 Clasificación de las fallas por su duración

Las fallas de acuerdo con su duración también pueden ser clasificadas conforme a su presencia dentro del SEP, el tiempo en el cual se miden estas fallas va desde los milisegundos hasta los segundos, así como lo indica la tabla 5.

TABLA 5: CLASIFICACIÓN DE FALLAS POR SU DURACIÓN [20]

Tipo	Tiempo de duración
Auto extinguibles	10 a 20 [ms]
Transitorios	100 [ms] < t < 1 [s]
Semipermanentes	1 [s] < t < 30 [s]
Permanentes	t > 30 [s]

2.4.1.2 Perturbaciones

Se define como perturbaciones a aquellas fenómenos o eventos que produce afectaciones en el suministro, pero a su vez permiten la operación continua del sistema. Las perturbaciones si se prolongan más allá de un tiempo determinado pueden provocar daños en los equipos presentes dentro del sistema eléctrico [21].

Estos fenómenos o eventos pueden originarse en las centrales, en los sistemas de distribución o dentro de las instalaciones de los usuarios afectando directamente a la tensión, corriente y frecuencia [22].

2.4.1.2.1 Origen de las perturbaciones

2.4.1.2.1.1 Causas externas

Las causas externas suceden alrededor de un 20% originándose en los sistemas de generación y distribución [22]. Algunos de los ejemplos por los cuales suceden estas perturbaciones son:

- Rayos u otros fenómenos atmosféricos.
- Fallos dentro del mismo sistema.
- Sistemas de transferencia.

2.4.1.2.1.2 Causas internas

El origen de las causas internas se da por parte del usuario dentro de la propia instalación, se presentan en un 80% [22]. Entre las principales causas tenemos:

- Paro y arranque de grandes cargas.
- Cortocircuitos.
- Sobrecargas.
- Armónicos.
- Deficiencia del cableado.

2.4.1.2.2 Tipos de perturbaciones

2.4.1.2.2.1 Parpadeo (Flicker)

Se produce cuando se da una variación de la tensión de manera rápida y repetitiva, en la iluminación se originan parpadeos visibles los cuales resultan molestos. Normalmente los parpadeos se producen por la puesta en marcha de soldadoras, hornos de arco y reguladores de potencia [23].

2.4.1.2.2.2 Variación de tensión

Es causada por las variaciones de cargas presentes en la red, se denomina variación de tensión al incremento o disminución con valores mayores o menores al 10% de la tensión nominal [24].

2.4.1.2.2.3 Huecos de tensión

Los huecos de tensión son definidos por el decremento brusco de la tensión debajo del umbral especificado en la red de alimentación eléctrica, teniendo una duración entre varios ciclos hasta algunos segundos [25].

2.4.1.2.2.4 Interrupción de alimentación

Se considera interrupción de alimentación a aquella situación en la que el suministro de energía eléctrica es inferior al 5% de la tensión nominal del sistema [24], si esta interrupción pasa más allá de los 3 minutos es considerada como interrupción larga e interrupción leve si el tiempo de duración está por debajo de los 3 minutos.

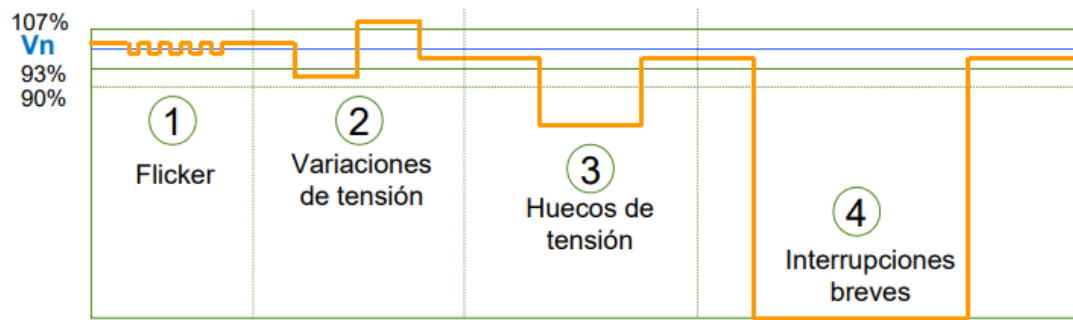


FIGURA 5: TIPOS DE PERTURBACIONES [24]

2.4.1.2.3 Características que afectan a otros aspectos de la onda

Dentro de las perturbaciones antes mencionadas también se pueden añadir a aquellas perturbaciones que llevan consigo cambios que afectan a otros aspectos en la forma de la onda.

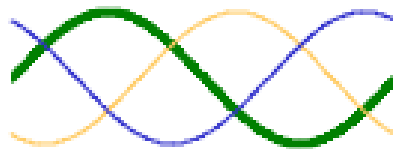


FIGURA 6: ONDA IDEAL [24]

Tomando como base la figura 6 de la onda ideal, las perturbaciones que suelen afectar o causar cambios es su aspecto son las siguientes:

2.4.1.2.3.1 Desequilibrio de tensión

Hace referencia a aquel cambio o condición en el cual un sistema representa una desigualdad en los valores nominales de tensión de fase a fase o en los ángulos [24]. El desequilibrio de tensión puede tener origen por el deterioro o el descuido en el mantenimiento de las cargas trifásicas, por una distribución desequilibrada en las cargas monofásicas [26].



FIGURA 7: DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN [24]

2.4.1.2.3.2 Sobretensión transitoria

Se presenta de forma espontánea o de larga duración a causa de la disminución de cargas que generalmente el tiempo máximo de en qué este se presenta dentro de la red de suministro es de algunos milisegundos [24], [27].



FIGURA 8: SOBRETENSIÓN TRANSITORIA [24]

2.4.1.2.3.3 Armónicos

Se producen por el consumo de energía eléctrica no continua en el tiempo (no lineal) por parte de equipos y aparatos electrónicos o por la conexión y desconexión de equipos formando distintas alteraciones en las impedancias y parámetros establecidos en el circuito [28].



FIGURA 9: ARMÓNICOS [24]

2.4.1.2.3.4 Variaciones de frecuencia

Las variaciones de frecuencia existentes dentro del sistema de suministro eléctrico tienden a ser producidas por una variación en el equilibrio entre la carga y la generación [29].

Pueden generarse dentro de dos casos:

- Cuando la carga es mayor que la generación, esto causa que la frecuencia disminuya.
- Cuando la carga es menor a la generación, para este caso la frecuencia se incrementa.

2.5 Sistema de protección

El sistema de protección se basa en un conjunto de elementos o equipos que tienen como función detectar cualquier tipo de anomalía que se presente en el SEP mientras este se encuentre operando y de manera automática realizar la desconexión de algún elemento o dar una señal de alarma [30].

En términos generales, se puede decir que el sistema de protección tiene como objetivos:

- Protección para equipos y personas.
- Vigilar y monitorear de forma continua las variables del SEP (V, I, P, f, Z) para reducir las fallas sobre las líneas y equipos y así evitar interrupciones en el suministro de la energía.

2.5.1 Características de un sistema de protección

Bajo la existencia de anomalías un sistema de protección debe contar con características como:

- **Velocidad.** - el sistema de protección debe actuar lo más rápido posible, minimizando el tiempo en que las fallas y perturbaciones se presentan reduciendo así el riesgo a daños en los equipos [20].
- **Confiabilidad.** – es la capacidad con la que el sistema de protección actúa evitando operaciones erróneas o innecesarias al presentarse una anomalía.

- **Sensibilidad.** – el sistema de protección debe poseer la capacidad de detectar anomalías, aunque estas sean poco relevantes para el sistema.
- **Exactitud.** – en base a esta característica, el sistema de protección debe operar con un rango mínimo de error conforme a los parámetros o ajustes establecidos en el sistema. El error es expresado entre los valores de operación y el teórico los cuales estarán entre un margen del 5% al 10% [20].
- **Selectividad.** – esta característica se basa en que el sistema de protección debe operar dentro de su zona de operación, es decir, permitiendo aislar sólo el equipo en falla manteniendo la continuidad del servicio evitando desconexiones innecesarias. Esta característica requiere de la coordinación de las protecciones es que se encuentran en las zonas adyacentes [21],[30].
- **Economía y simplicidad.** – reducir la cantidad de equipos y circuitería manteniendo un buen nivel de protección con un bajo costo de implementación.

2.5.2 Funciones de un sistema de protección

- Evitar que ocurran daños en los equipos.
- Capacidad de aislar las fallas de estado permanente.
- Reducir el lapso tiempo en la localización de fallas o perturbaciones.
- Disminuir la posibilidad en que pueda existir la ruptura de los conductores.
- Minimizar los riesgos para el personal y equipos que intervienen en el sistema.

2.5.3 Tiempos de despeje de fallas

El tiempo para el despeje de las fallas debe ser menor a 100 ms incorporando el tiempo que se emplea en el relevador que es de 10 a 40 ms; se debe adjuntar de 10 a 30 ms cuando se trabaja con un sistema de Teleprotección. En la actualidad se hace un uso máximo de 50 ms incluyendo así mismo el tiempo para los relevadores y apertura para el interruptor [31].

2.5.4 Zonas de protección

Las “zonas de protección” son definidas como el área en la cual el equipo de protección abarca a proteger a uno o más elementos ante cualquier anomalía que se presente.

Un SEP cuenta con distintas zonas de protección, estas zonas se basan en generadores, transformadores, motores, barras, circuito de transmisión y distribución, así como se muestra en la Figura 10.

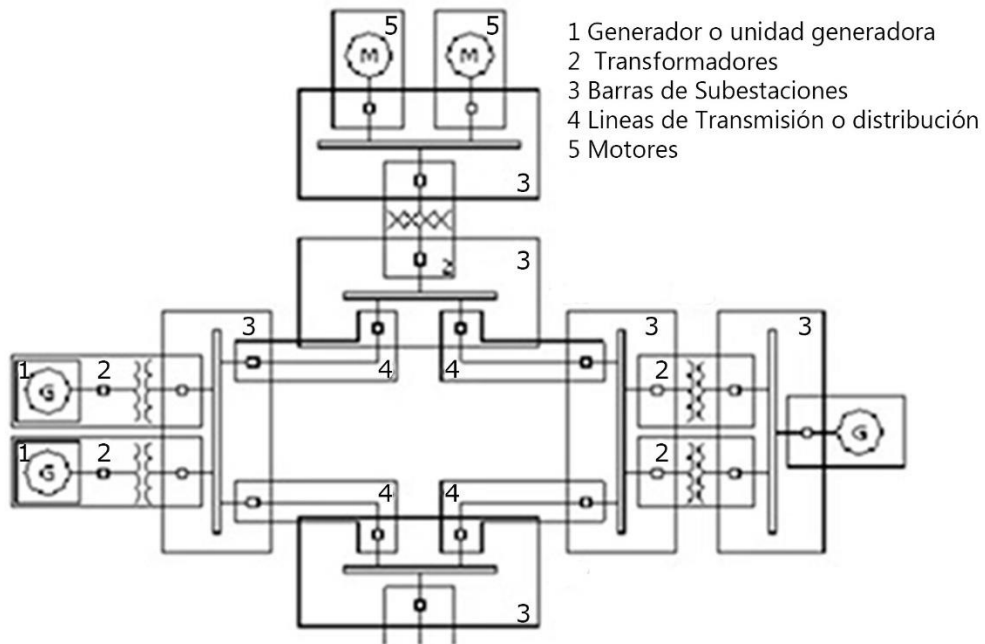


FIGURA 10: ZONAS DE PROTECCIÓN DE UN SEP [31]

2.5.5 Protección Primaria

Es la primera protección que debe operar al detectar alguna anomalía. Esta protección abarca a uno o más elementos del SEP, estos elementos son las máquinas eléctricas, líneas y barras [30].

La protección primaria en algunos casos puede estar ubicado en una subestación adyacente sin tener la necesidad de estar instalada en el mismo punto, que el equipo que se encuentra dentro del sistema.

2.5.6 Protección de Respaldo

La protección de respaldo actúa una vez que, por algún motivo, la protección primaria no opera en presencia de una falla. Esta protección es programada con un tiempo de retraso con respecto a la protección principal y tiene como objetivo el despeje de la falla sin

importar dejar sin servicio a equipos o zonas que se encuentren operando bajo condiciones normales [20].

2.5.7 Protección Direccional

Esta protección es capaz de prevenir que de manera innecesaria exista la apertura del equipo de interrupción permitiendo así la continuidad del suministro eléctrico. La protección direccional tiene la capacidad de poder determinar el flujo de potencia lo cual ayuda que innecesariamente se realice la apertura de los interruptores cuando la falla va en dirección opuesta al ajuste del relevador [31].

2.6 Relés

Los relés de protección son los elementos encargados de adquirir información de las señales de entrada de tensión e intensidad, procesarla y determinar si existen condiciones de falla enviando la señal de disparo del interruptor con la finalidad de proteger la integridad del SEP.

Los relés tienen como naturaleza los siguientes puntos:

- Detectar las anomalías que se dan dentro de un SEP.
- Capacidad de operar tomando acciones correctivas.
- El lapso de respuesta es en milisegundos.
- No tienen la necesidad de que un operador intervenga en su funcionamiento.

2.6.1 Clasificación de los relés

2.6.1.1 Por su función

- **Monitoreo.** – constata las condiciones del SEP y/o de las protecciones.
- **Protección.** – detecta anomalías y deficiencia en los equipos.
- **Recierre.** – mediante la operación de la protección, establece el cierre del interruptor.
- **Auxiliar.** – tiene la capacidad de operar en respuesta a la acción de otro relevador dando así una función adicional de protección.

- **Regulación.** – mantiene la operabilidad mediante los parámetros de una región establecida.
- **Sincronización.** – permite interconectar dos secciones del SEP bajo las condiciones adecuadas.

2.6.1.2 Por el tipo de señal de entrada

- Voltaje.
- Intensidad.
- Frecuencia.
- Potencia.
- Temperatura.
- Presión.
- Flujo.
- Vibración.

2.6.1.3 Por su característica de operación

- Sobre/Bajo voltaje.
- Sobrecorriente.
- Direccional.
- Distancia.
- Tiempo inverso/Tiempo definido.
- Fases/Tierra.
- Baja o Alta velocidad.
- Corriente diferencial.
- Corriente de fases.
- Corriente direccional.

2.6.1.4 Por su funcionamiento

Según el funcionamiento del relé, estos vienen dados por códigos, en la siguiente tabla se menciona el tipo de funcionamiento y el código según ANSI/IEEE.

TABLA 6: CLASIFICACIÓN DE RELÉS SEGÚN SU FUNCIONAMIENTO FUENTE: LOS AUTORES

FUNCIONAMIENTO	CÓDIGO: ANSI/IEEE
RELÉ DE DISTANCIA (G, T, R, L, F)	21
SOBREEXCITACIÓN (G, T)	24
VERIFICACIÓN DE SINCRONISMO	25
DISPOSITIVO TÉRMICO	26
RELÉ DE BAJO VOLTAJE (G, C, M, L, F)	27
RELÉ DE POTENCIA INVERSA (G, F)	32
BAJA CORRIENTE O POTENCIA (G)	37
RELÉ DE PÉRDIDA DE EXCITACIÓN (G)	40
BREAKER DE CAMPO DE EXCITACIÓN	41
RELÉ DE SECUENCIA NEGATIVA (G, T, L, F)	46
RELÉ TÉRMICO (T, R, M)	49
RELÉ DE SOBRECORRIENTE INSTANTÁNEO (G, T, R, B, L, F, C, M)	50
RELÉ DE SOBRECORRIENTE TEMPORIZADO (G, T, R, B, L, F, C, M)	51
INTERRUPTOR DE POTENCIA	52
RELÉ DE SOBREVOLTAJE (G, T, R, B, L, F, C, M)	59
RELÉ PARA DESBALANCE DE VOLTAJE (FALLA FUSIBLES)	60
RELÉ DE PRESIÓN, FLUJO O NIVEL DE LÍQUIDOS Y GASES	63
PROTECCIÓN A TIERRA	64
RELÉ DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL	67
RELÉ DE ALARMA	74
RELÉ DE RECIERRE	79
RELÉ DE FRECUENCIA	81
RELÉ RECEPTOR DE ONDA PORTADORA	85
AUXILIAR CON BLOQUEO	86
PROTECCIÓN DIFERENCIAL	87
AUXILIAR DE DISPARO	94

G: Generador – **T:** Transformador – **R:** Reactor – **B:** Barra

L: Líneas – **F:** Alimentador – **C:** Capacitor – **M:** Motor

2.6.2 Relé de sobrecorriente

Una vez que la corriente medida es superior a la corriente de ajuste del relé, éste actuará se forma instantánea o temporizada conforme a las necesidades del sistema [30].

2.6.2.1 Características de operación

- **Protección de sobrecorriente instantánea**

Este ajuste hace que el relé de protección actúe de forma instantánea en tiempos de 10 a 60 ms protegiendo a los equipos de corrientes que resultan ser extremadamente dañinas [32].

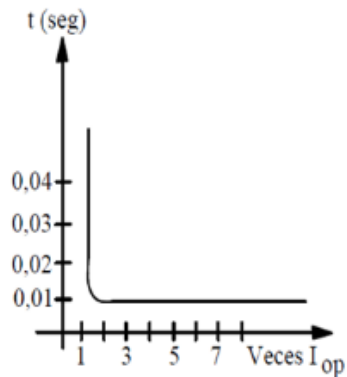


FIGURA 11: CURVA DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE INSTANTÁNEA [30]

- **Protección de sobrecorriente de tiempo definido**

Estos relés son ajustados para que el interruptor que se encuentre más cerca a la falla opere en un tiempo corto y para aquellos interruptores que se encuentren más alejados a la falla operen en un tiempo de mayor retardo. La desventaja que posee esta protección es que al operar en un tiempo mayor, la falla estará más cerca a la fuente generando un cortocircuito mayor [30].

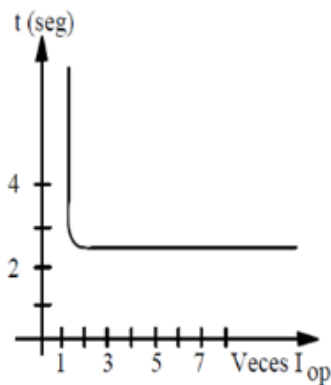


FIGURA 12: CURVA DE LA PROTECCION SE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO DEFINIDO [30]

- **Protección de sobrecorriente de tiempo inverso**

La protección por tiempo inverso se basa en la operación del relé en el menor tiempo posible cuando la falla sea mayor [32]. Este tipo de relé es clasificado por el tipo de curva que se emplea para su operación.

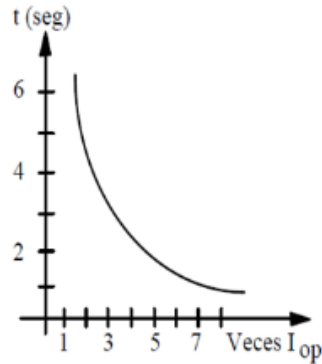


FIGURA 13: PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO [30]

TABLA 7: CURVAS SEGÚN LA NORMA IEC 60255 [39]

Curva	Ecuación
Standard Inverse (SI)	$t = TMS \frac{0.14}{(I_r)^{0.02} - 1}$
Very Inverse (VI)	$t = TMS \frac{13.5}{I_r - 1}$
Extremely Inverse (EI)	$t = TMS \frac{80}{(I_r)^2 - 1}$
Long time standby earth fault	$t = TMS \frac{120}{I_r - 1}$

TABLA 8: CURVAS SEGÚN LA NORMA AMERICANA C37.122-1996-IEEE [39]

Curva	Ecuación
IEEE Moderately Inverse	$t = \frac{TD}{7} \left[\left(\frac{0.0515}{(I_r)^{0.02} - 1} \right) + 0.114 \right]$
IEEE Very Inverse	$t = \frac{TD}{7} \left[\left(\frac{19.61}{I_r^2 - 1} \right) + 0.491 \right]$
IEEE Extremely Inverse	$t = \frac{TD}{7} \left[\left(\frac{28.2}{I_r^2 - 1} \right) + 0.1217 \right]$
US CO8 Inverse	$t = \frac{TD}{7} \left[\left(\frac{5.95}{I_r^2 - 1} \right) + 0.18 \right]$

Ir: I/I_s

I: *Intensidad medida.*

I_s: *Ajustes de corriente del relé.*

TMS: *Ajuste del multiplicador de tiempo.*

TD: *Ajuste del dial de tiempo.*

CAPÍTULO 3

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Software Test Universe

Este software nos ayuda a aprovechar al equipo Omicron CMC 356 a través de una gran cantidad de pruebas optimizadas para las distintas aplicaciones; el Test Universe proporciona varias pruebas automatizadas en módulos los cuales están dedicados a las funciones individuales que poseen los equipos puestos a prueba. Dentro de cada módulo existe una presentación gráfica que especifica las características del equipo de protección y permite la definición gráfica basándose en la visualización de los resultados [33].



FIGURA 14: VENTANA DE INICIO - TEST UNIVERSE

3.1.1 Módulos de pruebas

- **QuickCMC**

Este módulo controla directamente las fuentes de tensión y corriente del equipo de prueba CMC 356 y a la vez realiza la supervisión de las entradas binarias. A través de este módulo de prueba el usuario posee la facilidad de modificar los valores de

intensidad y voltaje permitiendo evaluar manualmente la reacción del relé como Correcta o Incorrecta [34].

- **Ramping**

Es empleado para pruebas en que se necesiten revisar las protecciones que requieren de rampas ya sea en amplitud, frecuencia, voltaje e intensidad [35].

- **State Sequencer**

Dentro de este módulo se puede realizar la programación de las secuencias de estados para ayudar con la verificación de las funciones de protección y de funciones como la operación de los interruptores de potencia [35].

- **Advance TransPlay**

Advance TransPlay permite emitir, importar y editar ajustes transitorios mientras el equipo se encuentre en prueba, aquellos datos son creados por medio de eventos de fallas reales o que se hayan simulado con anterioridad [36].

- **Overcurrent**

Este módulo de prueba da la oportunidad de evaluar los tiempos de funcionamiento de los elementos de disparo. En los relés permite realizar las pruebas de manera manual o automática usando los ajustes de tiempo definido o inverso además de las curvas establecidas en el módulo o realizar modificaciones según lo requiera el usuario [36].

- **Distance**

Usado generalmente para pruebas en relés de distancia a través de los ajustes de parámetros necesarios que se necesiten para la prueba.

- **Advance Distance**

Es empleado para pruebas en los que se necesiten analizar los parámetros más relevantes de la protección a distancia tales como los rangos de zona y los tiempos en los que el relé debe disparar [36].

- **Diferential**

Usado para realizar pruebas de las protecciones diferenciales, existen las siguientes: [35]

- Diferencial de generador.
- Diferencial de transformador.

- Diferencial de motor.
- Diferencial de barra.
- Diferencial de línea.
- **Synchronizer**

Este módulo se usa para realizar pruebas a relés de sincronismo, este tipo de relé está diseñado para medir dos tensiones tomando en cuenta el ángulo de fase, la frecuencia y la magnitud de tal manera que garantice una buena respuesta ante la interconexión de dos sistemas que no están sincronizados [36].

3.2 Software AcSELerator QuickSet

AcSELerator QuickSet es un software empleado para la configuración rápida y sencilla de dispositivos de protección que intervienen en un SEP ya sea para sistemas de alimentación, medición, monitoreo y control. Este software ayuda a configurar con mayor confianza un dispositivo permitiendo crear y editar las configuraciones, diseñar a través de una lógica gráfica y acceder a otras herramientas [37].

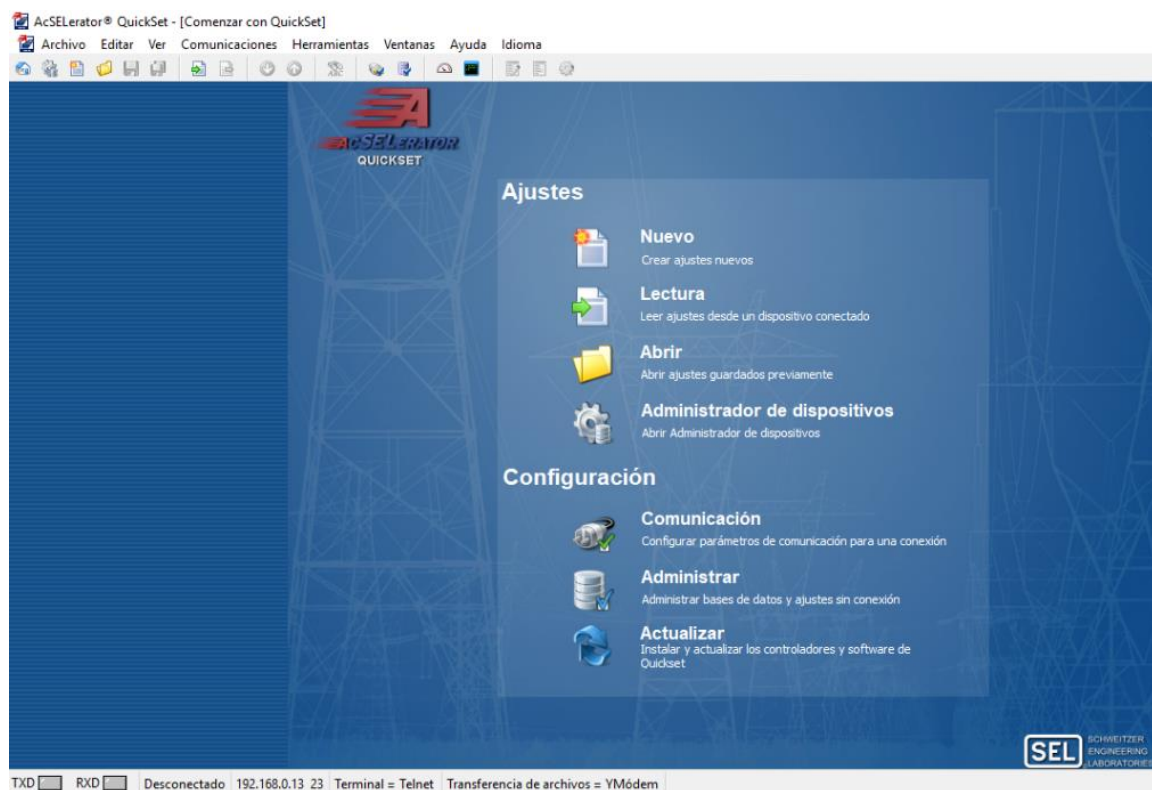


FIGURA 15: VENTANA DE INICIO - ACSELERATOR QUICKSET

3.3 Relé SEL-751

También es llamado como “Relé de Sobrecorriente”, este relé es capaz de operar de manera instantánea mediante la lectura de corrientes que lleguen a tener un valor excesivo o que vayan aumentando gradualmente, mediante el monitoreo del sistema, este relé es capaz de detectar una señal de posibles cortocircuitos dentro del sistema [38].

En las subestaciones de distribución, el equipo encargado de la conexión o desconexión de un circuito es el interruptor, pero al surgir una falla este no cuenta con la capacidad de abrirse por sí solo, es por esta razón que los interruptores son comandados por los relés de protección.

Este relé proporciona protección ante el incremento de corrientes (sobrecorrientes) a los alimentadores, transformadores, entre otros equipos o elementos que forman parte del SEP. Ofrece la combinación de protección, monitoreo, control y comunicación [39].



FIGURA 16: RELÉ SEL-751 [40]

3.3.1 Características

3.3.1.1 Características de protección estándar [39]

- Sobrecorriente instantánea de (50P, 50G, 50N, 50Q).
- Sobrecorriente temporizada (51P, 51G, 51N, 51Q).
- Subtensión (27P, 27PP).
- Sobretensión (59P, 59PP, 59G, 59Q).
- Factor de potencia (55).
- Frecuencia (81).
- Protección contra fallos del interruptor.

3.3.1.2 Características opcionales de protección [39]

- Control de autorecierre (79).
- Control direccional (50P, 50G, 50Q, 51P, 51G, 51Q).
- Protección de arco eléctrico.

3.3.1.3 Funciones de monitoreo [39]

- Monitoreo de desgaste del interruptor.
- Resumen de eventos con la identificación del relé, fecha y hora.
- Informes de eventos incluyendo los datos analógicos filtrados y sin procesar.
- Lleva un registro de eventos.

3.3.1.4 Comunicación y control [39]

- EIA-232 (ubicado en el panel frontal).
- EIA-232, EIA-485, simple o doble, cobre o de fibra óptica.
- Ethernet y puertos EIA-232 (ubicados en el posterior del relé).
- Modbus® RTU esclavo, Modbus TCP / IP, (SNTP), DNP3 serie, DNP3 LAN / WAN, Ethernet FTP, Telnet, MIRRORRED BITS®, Event Messenger, IEC 61850, DeviceNet, Protocolos de envío de archivos FTP y Sincrofasores con Protocolo C37.118
- Operadores booleanos y matemáticos programables, funciones lógicas y comparación analógica.

3.3.2 Descripción funcional

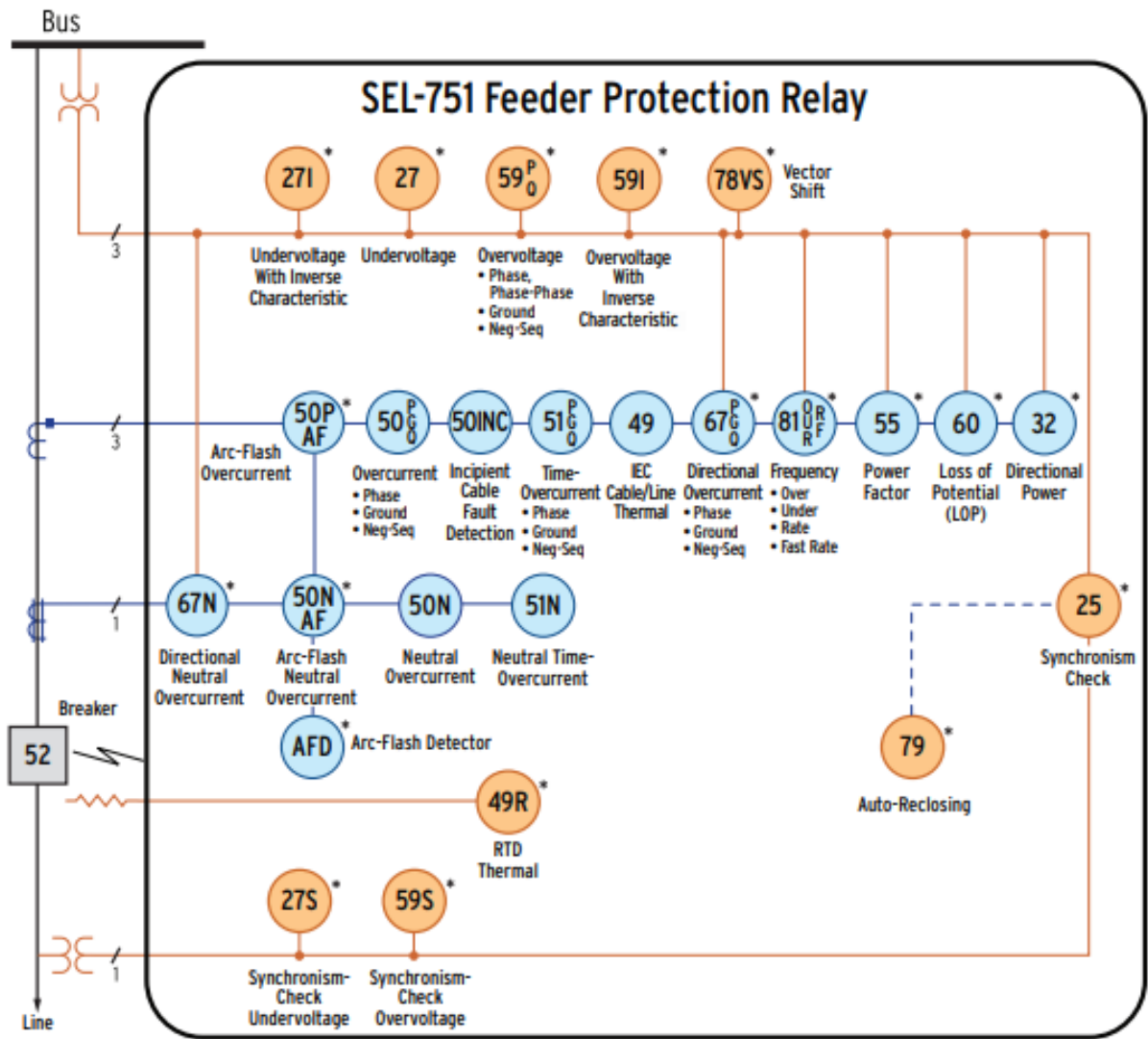


FIGURA 17: DIAGRAMA FUNCIONAL RELÉ SEL-751 [40]

3.4 Omicron CMC 356

Este equipo permite realizar pruebas a todo tipo de relés de protección, es capaz de probar relés electromecánicos que requieren de una alta demanda de potencia. El CMC 356 es el indicado para aquellas aplicaciones en la que se requieren una elevada versatilidad, amplitud y potencias [36].



FIGURA 18: OMICRON CMC 356 [41]

3.4.1 Funciones principales

- Posee potentes fuentes de corriente.
- Amplitudes de corrientes muy altas para pruebas de relés de 5A.
- Es versátil y de alta precisión para las pruebas en relés digitales y estáticos de todo tipo.
- Se compone por una interfaz de red integrada para la realización de prueba en los IEDs IEC-67850.
- Cuenta con funciones de medición analógica de 10 canales con registros transitorios.

3.4.2 Pruebas y herramientas que ofrece el equipo Omicron CMC 356 [42]

- Simulación de saturación de CT.
- Simulador de falla transitoria.
- Análisis de las indicaciones proporcionadas por el sistema SCADA.
- Comprobador de polaridad para CT y TP.
- Multímetro y registro de magnitudes.
- Función de inyección primaria en puestas de servicio.

3.4.3 Especificaciones

3.4.3.1 Panel frontal

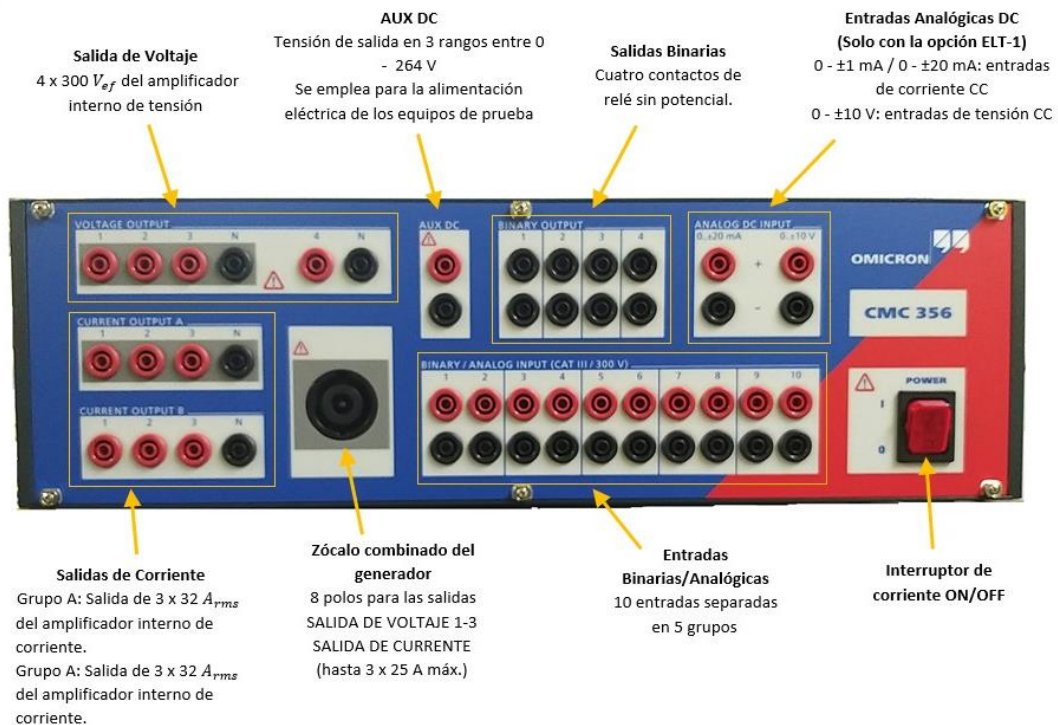


FIGURA 19: PANEL FORNTAL. FUENTE: LOS AUTORES

3.4.3.2 Panel posterior

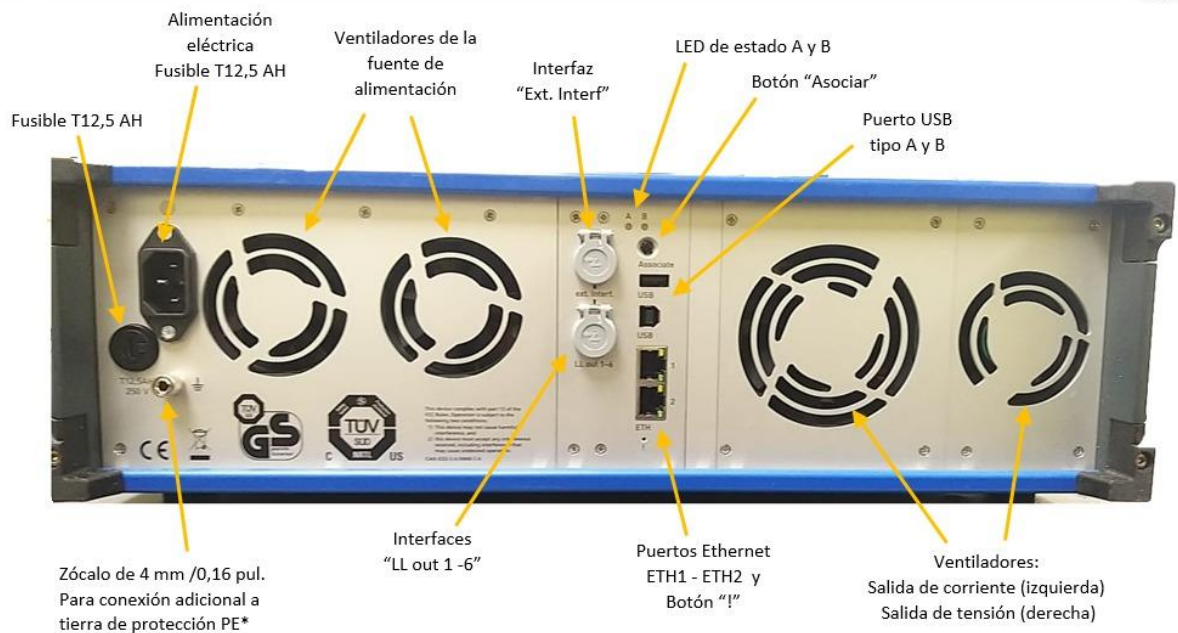


FIGURA 20: PANEL POSTERIOR. FUENTE: LOS AUTORES

CAPÍTULO 4

4 PRÁCTICAS

4.1 Práctica I

4.1.1 Tema

Identificación del “Módulo De Protecciones De Redes De Distribución En Sistemas Eléctricos De Potencia”

4.1.2 Objetivos

- Definir los bloques en los que se divide el módulo de protecciones en redes de distribución.
- Reconocer el funcionamiento de los componentes que conforman cada uno de los bloques.

4.1.3 Recursos

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

4.1.4 Procedimiento

Este módulo didáctico es una escala de un esquema real de distribución el cual permite la realización de simulaciones de anomalías, ajuste y coordinación de protecciones. El módulo de protecciones de redes de distribución está formado por equipos de fuerza, control y maniobra tales como [38]:

- Transformadores.
- Interruptores de potencia.
- Seccionadores.
- Transformadores de potencia (PT).
- Transformadores de corriente (CT).
- Relé de protección SEL-751.
- Relé de protección SEL-387E.

El módulo se estructura en bloques dando paso a una mejor visualización del comportamiento y la funcionalidad de cada uno de los equipos, cuenta con alimentaciones

independientes para el sistema de control dada por el color azul y para el sistema de fuerza dada por el color rojo.

- **Bloque de alimentación**

Compuesto por seccionadores, interruptores, CT's, luces piloto, analizador de red y por un transformador trifásico (externo) de 6KVA – 600V/480V con conexión delta-estrella [32].

- **Bloque de transferencia de barra doble**

A través de seccionadores e interruptores este bloque puede realizar la transferencia de la energía que proviene del transformador ya antes mencionado.

- **Bloque de transformadores de 3KVA**

Este bloque de manera externa se compone por dos transformadores trifásicos de 3KVA – 480V/208V con conexión estrella-estrella. Cada uno de estos transformadores posee un analizador de red, luces piloto, interruptores y CT's [32].

- **Bloque de cargas**

Compuesto por dos barras con un total de 11 interruptores, es capaz de alimentar cargas trifásicas con un voltaje de 208V.

- **Bloque de control**

Es operado de manera manual, cuenta con pulsadores NA/NO que permiten activar o desactivar los interruptores [38].

- **Bloque IEDs**

En este bloque se incluyen 4 IEDs de marca SEL (3 son relés SEL-751 y 1 relé SEL-387E), estos obtienen datos por medio de los TP's y CT's [32].

El diagrama presentado en la Figura 21, muestra el diagrama unifilar del “Módulo didáctico de protecciones de redes de distribución en sistemas eléctricos de potencia” que se encuentra en el laboratorio de protecciones eléctricas.

En la Figura 120 de la página 135, se muestra una mejora del módulo para una mayor precisión de respuestas en las protecciones eléctricas ante las simulaciones de fallas del sistema de distribución.

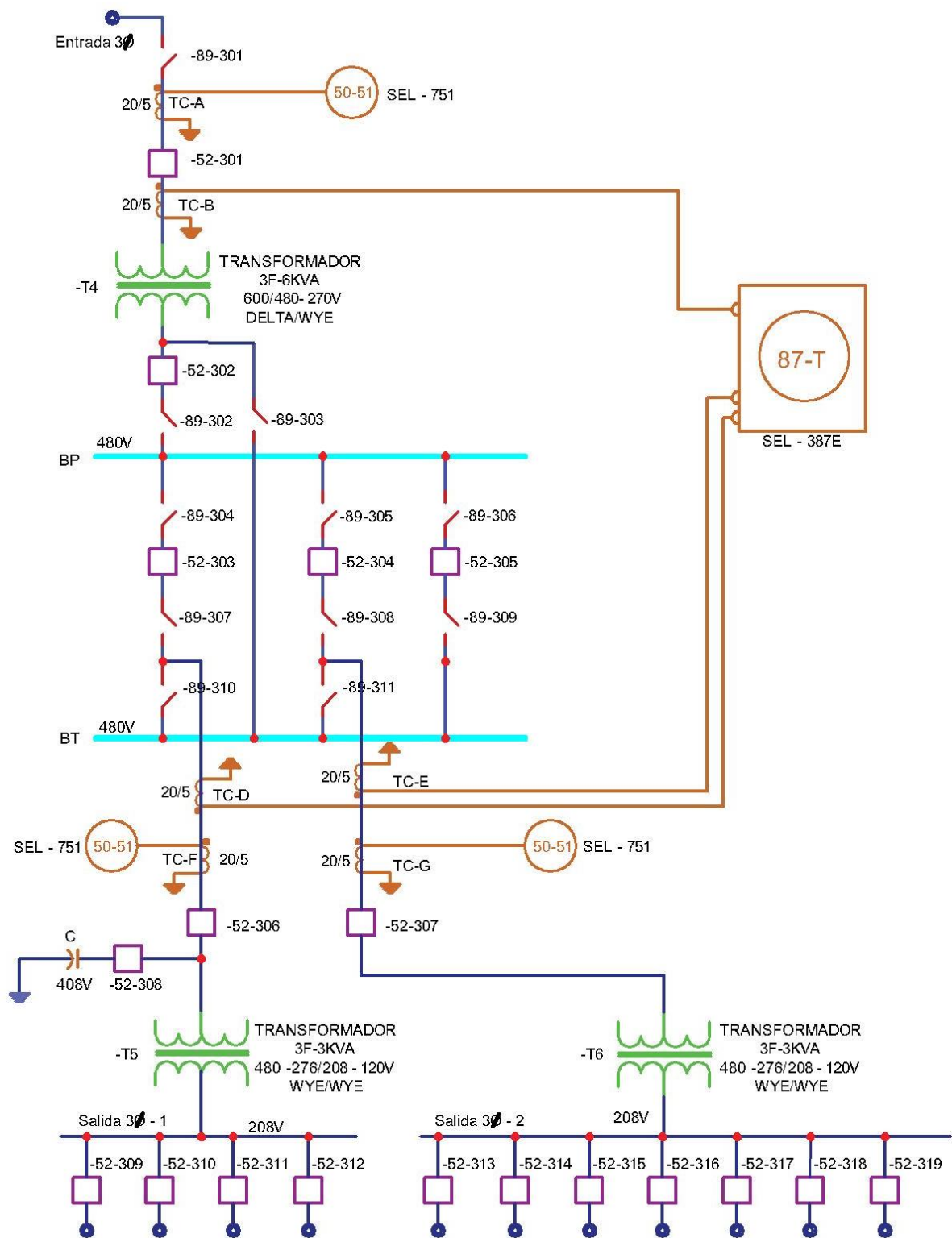


FIGURA 21: DIAGRAMA UNIFILAR [38]

4.2 Práctica II

4.2.1 Tema

Instalación de software AcSELERator y comunicación con el relé SEL-751.

4.2.2 Objetivos

- Detallar el paso a paso para la correcta instalación del software AcSELERator QuickSet.
- Describir el procedimiento para realizar la comunicación entre el equipo SEL-751 y el software.

4.2.3 Recursos

- Computadora
- Software AcSELERator
- Relé SEL-751

4.2.4 Procedimiento

4.2.4.1 Instalación del software AcSELERator

Al momento de iniciar con la instalación de este software, automáticamente se realizan 3 instalaciones simultáneas las cuales comprenden:

- **AcSELERator Compass:** busca y realiza la instalación de nuevas actualizaciones.
- **AcSELERator QuickSet:** ayuda en la interacción con el equipo permitiendo realizar ajustes y parámetros.
- **AcSELERator Assistant:** permite la visualización de las oscilografías.

Para la instalación es necesario seguir los siguientes pasos recomendados:

1. Cree una cuenta dentro de la página oficial de SEL <https://selinc.com/>. Clic en **Acceso** → **Crear cuenta MYSEL**.
2. Llene los datos requeridos para crear la cuenta. Una vez creada la cuenta, en el transcurso de 24 horas llegará una notificación de activación de la cuenta al correo que se proporcionó en los datos.
3. Obtenga los archivos de instalación a través del sitio web selinc.com/products/5030 o por medio del CD adquirido con el equipo.

4. Ejecutar el instalador como administrador.
5. En la ventana de **Acuerdo de licencia (License Agreement)**, clic en **Estoy de acuerdo (I Agree)** para poder continuar con la instalación.

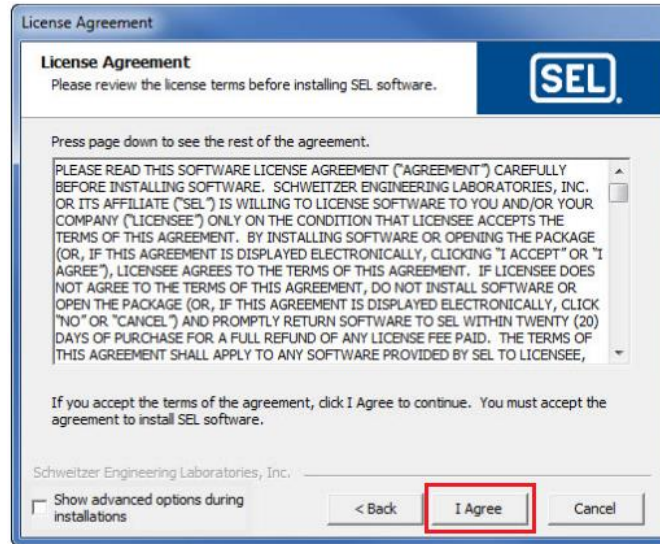


FIGURA 22: VENTANA DE ACUERDO DE LICENCIA

6. Una vez que haya completado el proceso de instalación del SEL Compass y QuickSet, el instalador mostrará una ventana con la selección de los controladores (es recomendable la instalación de todos los drivers), clic en **OK** para continuar con el proceso.

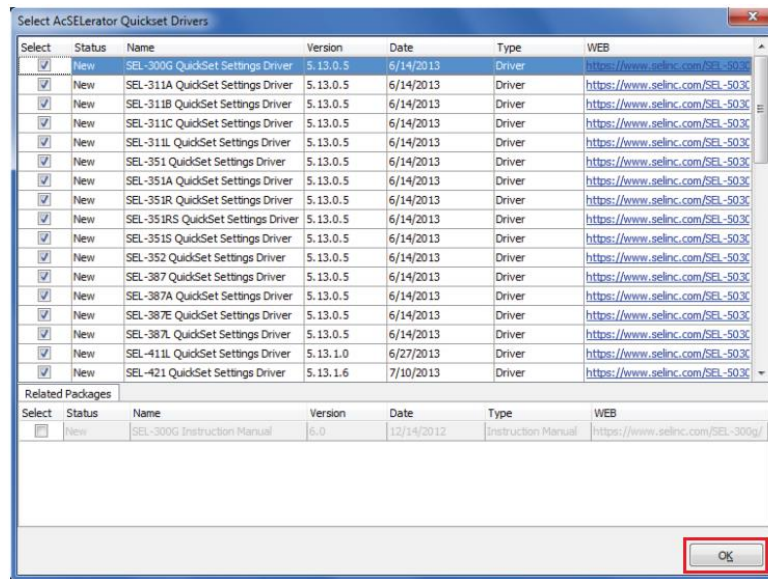


FIGURA 23: VENTANA DE SELECCIÓN DE DRIVERS

7. Cuando los controladores o drivers hayan completado la descarga se presenta una nueva ventana con los **Plugins QuickSet** que al igual que los controladores es recomendable la instalación de todos estos plugins, una vez seleccionados haga clic en **OK**.
8. Finalmente, para acabar con la instalación del software, clic en **Cerrar (Close)**.

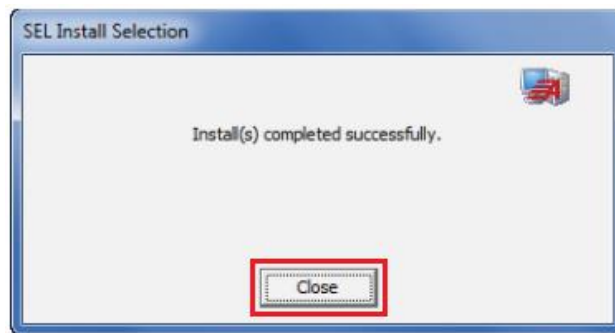


FIGURA 24: VENTANA FINAL PARA LA INSTALACIÓN DEL SOFTWARE

4.2.4.2 Comunicación del relé SEL-751 con el software AcSELERator QuickSet

1. Abrir el programa AcSELERator QuickSet.

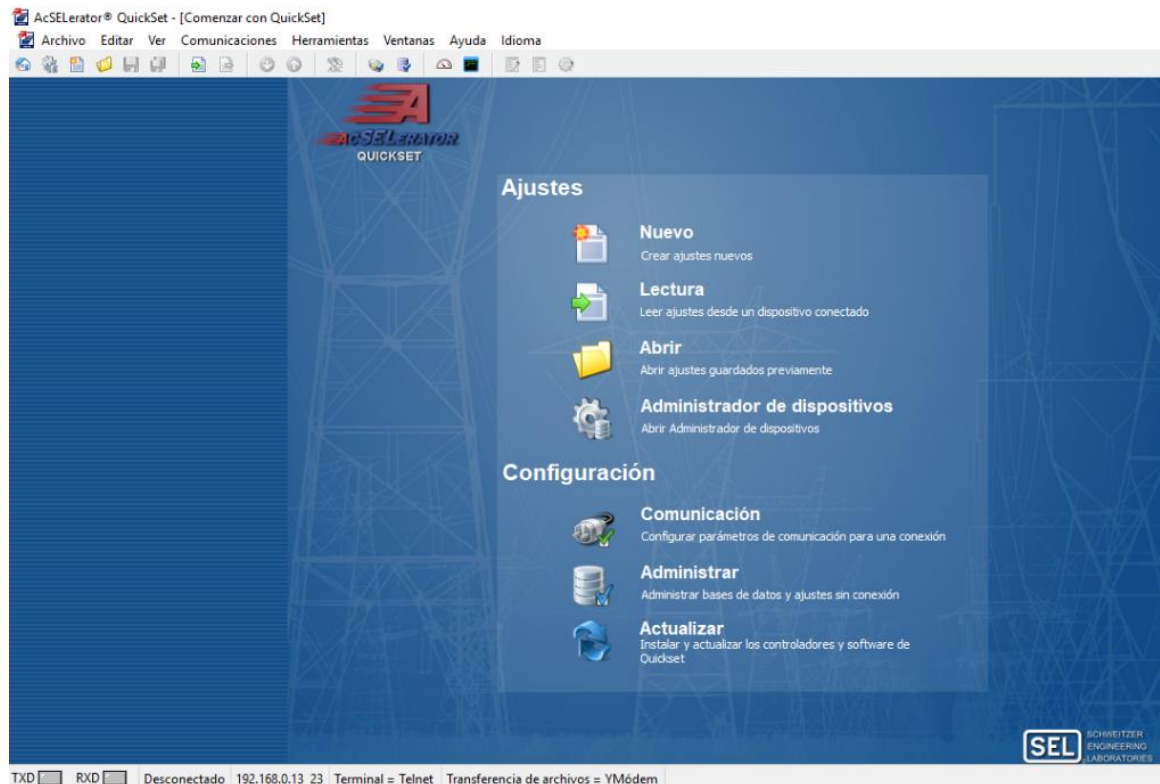


FIGURA 25: VENTANA DE INICIO - ACSELERATOR QUICKSET

2. A través del puerto Ethernet RJ45 se conecta el relé SEL-751 a la computadora.

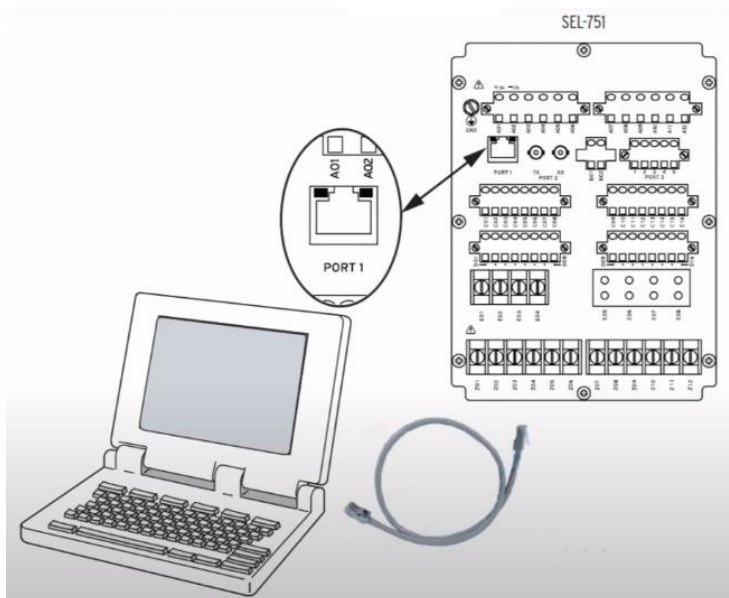


FIGURA 26: CONEXIÓN DEL RELÉ AL LA COMPUTADORA POR MEDIO DEL PUERTO ETHERNET RJ45

3. En la sección se **Configuración** se selecciona la opción de **Comunicación** para comunicar el relé con el software.



FIGURA 27: SELECCIÓN DE LA OPCIÓN DE COMUNICACIÓN

4. Al a ver dado clic en la opción de comunicación se despliega una ventana de **Parámetros de comunicación**, en esta ventana se debe comprobar el **Tipo de conexión activa (Red)** e **ingresar la dirección IP** del equipo con el cual se está trabajando.

Importante: el resto de los parámetros se mantienen de forma predeterminada.

Parámetros de comunicación

Tipo de conexión activa
Red

Serial Red Módem

Nombre de conexión

Dirección IP del host
192.168.0.13

Número de puerto(Telnet)
23

Número de puerto(FTP)
21

Opción de transferencia de archivos
 FTP TCP sin procesar
 Telnet SSH

ID de usuario

Contraseña

Contraseña de nivel uno
•••••

Contraseña de nivel dos
••••

Guar en Ita. de direc Predet

Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda

FIGURA 28: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN

- Al dar clic en **Aceptar** aparece una ventana con un mensaje de aviso en la cual se demuestra que se está estableciendo la comunicación.



FIGURA 29: VENTANA DE AVISO PARA REALIZAR LA COMUNICACIÓN

- Finalmente, en la parte inferior izquierda de la ventana de inicio se puede observar el estado de conexión del equipo con el software, la dirección IP y el puerto con el cual se ha hecho efectiva la comunicación.

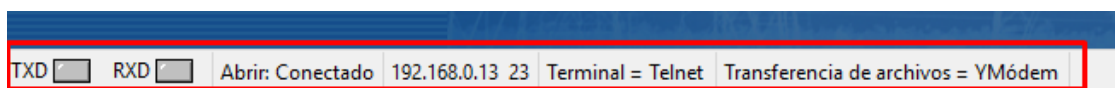


FIGURA 30: BARRA DE ESTADO DE LA COMUNICACIÓN

4.3 Práctica III

4.3.1 Tema

Instalación del software Test Universe y comunicación con el equipo Omicron CMC 356.

4.3.2 Objetivos

- Detallar el paso a paso para la instalación correcta del software Test Universe usado en el manejo del equipo de inyección Omicron CMC 356.
- Desarrollar una guía de pasos para asociar el equipo Omicron CMC 356 al software Test Universe.

4.3.3 Recursos

- Computadora.
- Equipo Omicron CMC 356.
- Software Test Universe.

4.3.4 Procedimiento

4.3.4.1 Instalación del software Test Universe

1. Cree una cuenta dentro de la página oficial de Omicron <https://www.omicronenergy.com/ec/> para descargar el software o a través del CD que proporciona el equipo.
2. Se realiza la ejecución del instalador para iniciar el proceso de instalación del software.
3. Aparecerá una ventana para seleccionar el Idioma del software.

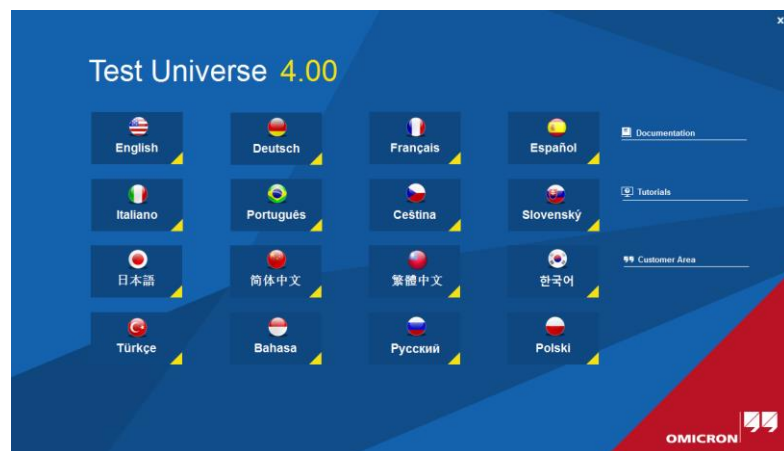


FIGURA 31: SELECCIÓN DE IDIOMA - TEST UNIVERSE

- Una vez seleccionado el idioma automáticamente se inicia el proceso de instalación.

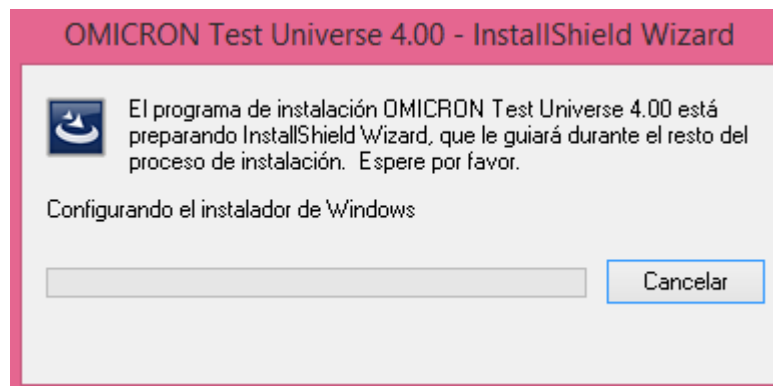


FIGURA 32: INSTALACIÓN - TEST UNIVERSE

- Se despliega la ventana de **Bienvenido al Asistente de instalación** y deberá de dar clic en **Siguiente**.



FIGURA 33: VENTANA DE BIENVENIDO AL ASISTENTE

- Se abrirá una nueva ventana en donde deberá ingresar el **Nombre de usuario** y de una **Organización**, una vez llenada la información, clic en **Siguiente**.

7. Luego se abre una ventana en donde muestra la ubicación de los archivos de instalación y clic en **Siguiente**.
8. En la ventana de **Asistente de instalación** donde se muestra la descripción de programas y librerías se da clic en **Siguiente** para continuar con el proceso.

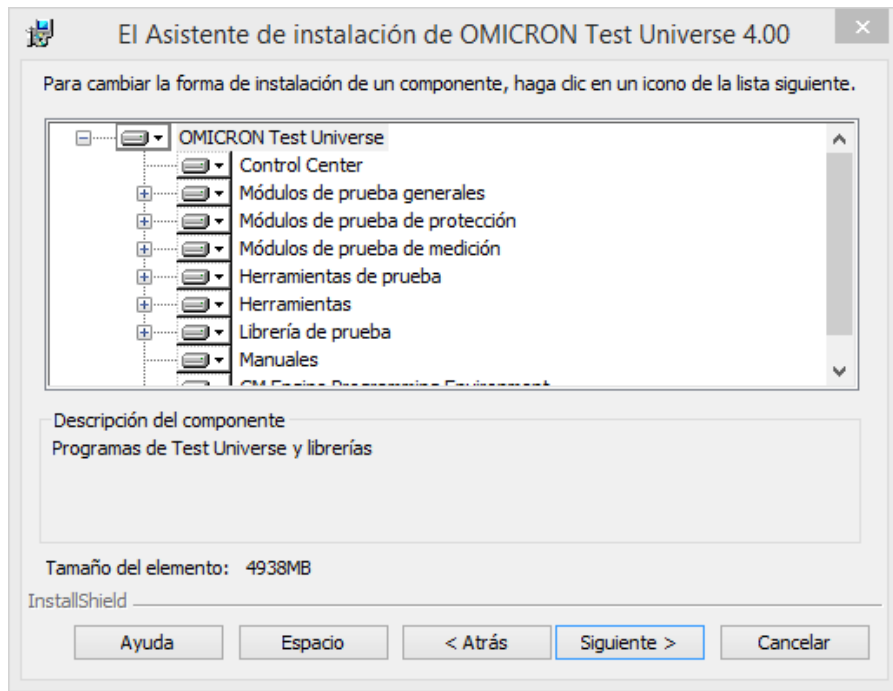


FIGURA 34; ASISTENTE DE INSTALACIÓN

9. Se despliega una ventana en donde se selecciona el idioma en que se instalarán los videos de tutoriales, clic en **Siguiente**. Luego aparecerá una nueva ventana y deberá seleccionar **Instalar**.
10. Una vez de haberse realizado la instalación procede a seleccionar **Finalizar** y aparecerá una ventana con el siguiente mensaje:

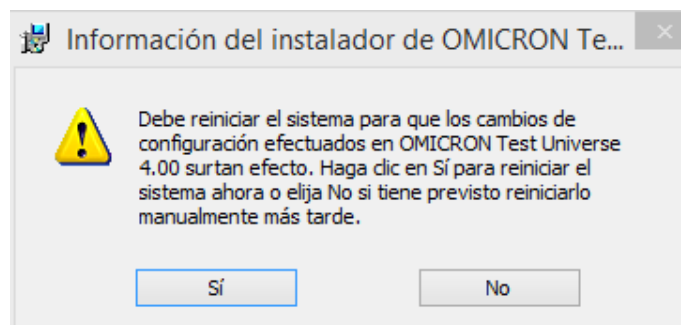


FIGURA 35: INFORMACIÓN DEL INSTALADOR

11. Al seleccionar **Sí**, se reiniciará el computador y una vez reiniciada aparecerá el acceso directo del software.

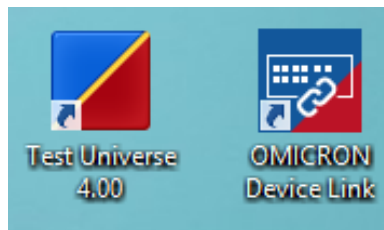


FIGURA 36: ÍCONO - TEST UNIVERSE

4.3.4.2 Comunicación del equipo Omicron CMC 356 y el software Test Universe

1. Conectar el equipo CMC 356 hacia una fuente de alimentación adecuada y es importante conectar el equipo a tierra.
2. A través del cable Ethernet conectamos el equipo por el puerto Ethernet RJ45 al computador.

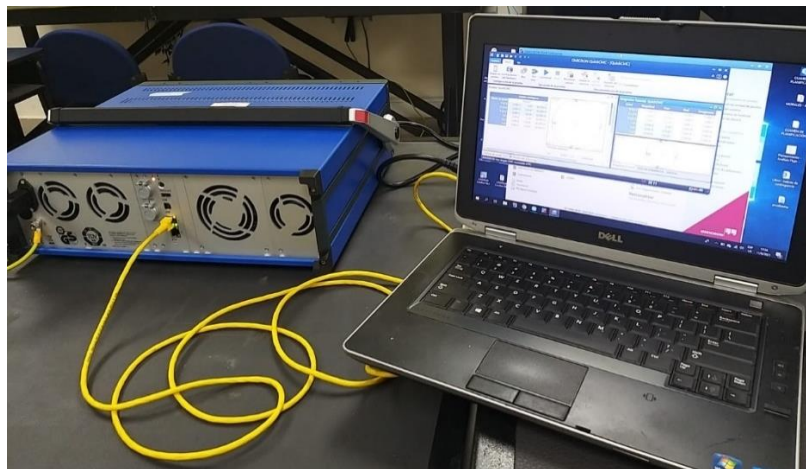


FIGURA 37: CONEXIÓN DEL EQUIPO OMICRON CMC 356 POR MEDIO DEL PUERTO ETHERNET RJ45

FUENTE: LOS AUTORES

3. Abrir el programa Test Universe.



FIGURA 38: VENTANA DE INICIO - TEST UNIVERSE

4. En la pantalla de inicio dentro de la sección de **Configurar**, clic en **Asociación de unidad de prueba**.

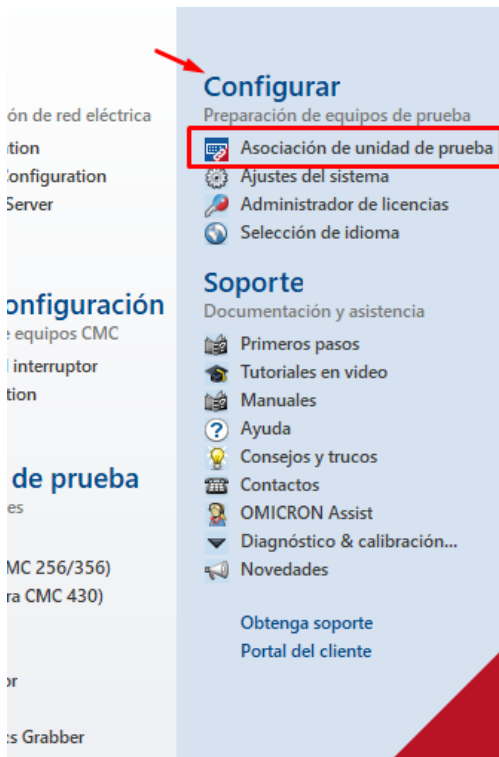


FIGURA 39: ASOCIACIÓN DE UNIDAD DE PRUEBA

5. Se despliega la ventana de **Omicron Device Link** la cual enumera los dispositivos de Omicron conectados en la red mostrando la información relativa del equipo
6. Encienda el CMC mediante el interruptor de encendido. Es necesario dejar un periodo de tiempo para que el equipo efectúe una autocomprobación evaluando las entradas y salidas binarias y analógicas. Dentro de este proceso se podrá escuchar sonidos de conmutación de los relés internos del equipo y si se detectan irregularidades el software mostrará el mensaje correspondiente.
7. Para asociar el equipo al computador es necesario:
 - Seleccionar el equipo a usarse dentro de la ventana de Omicron Device Link.

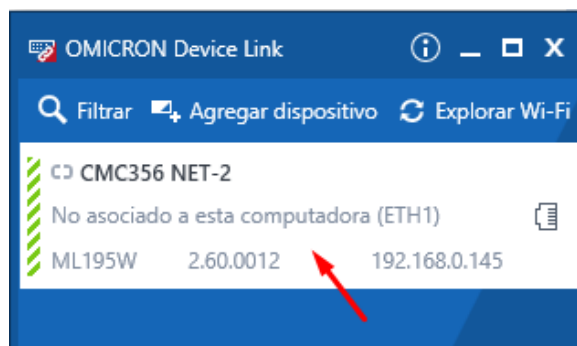


FIGURA 40: SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA

- Clic en asociar dispositivo.

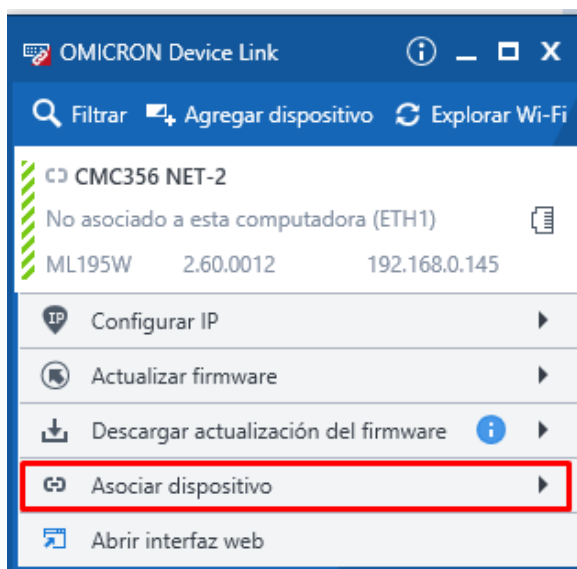


FIGURA 41: ASOCIACIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA

- Presionar manualmente el botón **Asociar** ubicado en la parte posterior del equipo de prueba.

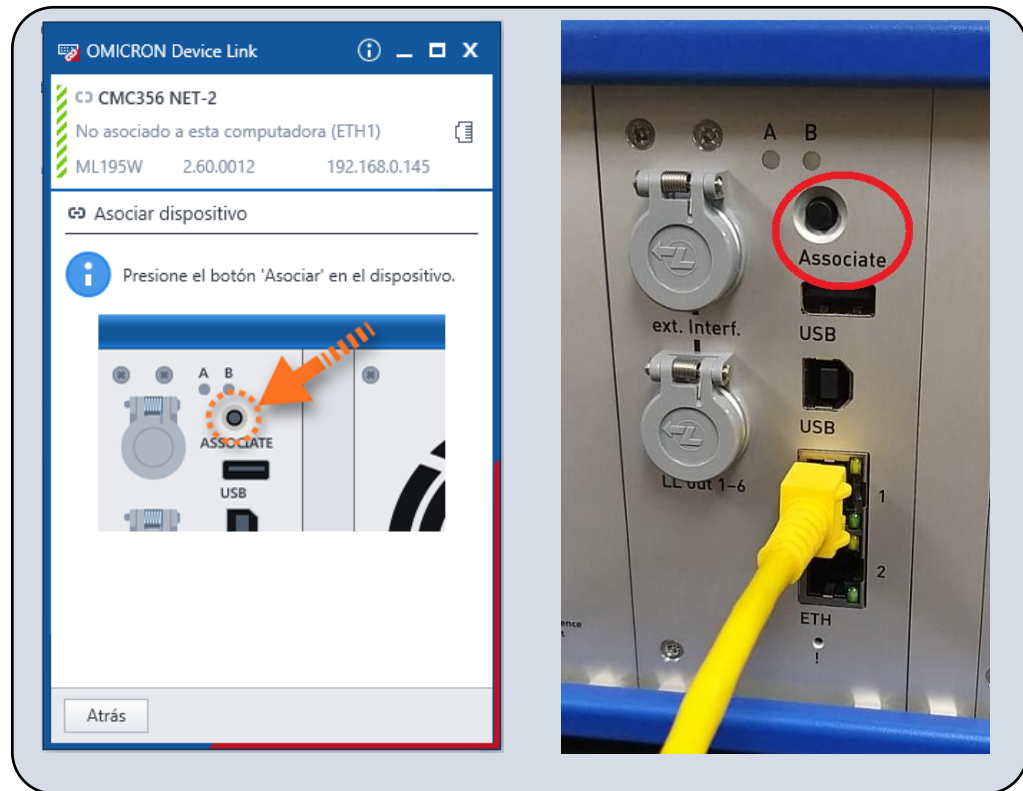


FIGURA 42: ASOCIACIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA. FUENTE: LOS AUTORES

- Verificar que el equipo esté comunicado con el software.

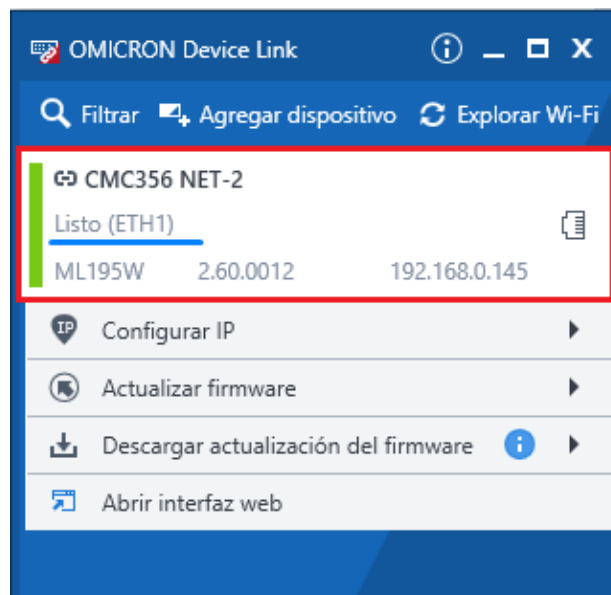


FIGURA 43: ESTADO DE CONEXIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA

4.4 Práctica IV

4.4.1 Tema

Configuración del relé SEL-751 para prueba de Sobrevoltaje (59), Bajo voltaje (27) y Frecuencia (81).

4.4.2 Objetivos

- Ajustar adecuadamente los parámetros correspondientes a las protecciones 27, 59 y 81.
- Probar cada una de las protecciones definidas haciendo uso del equipo Omicron CMC 356.

4.4.3 Recursos

- Módulo didáctico de protecciones de redes de distribución en sistemas eléctricos de potencia.
- Computadora.
- Relé SEL-751.
- Software AcSELerator QuickSet.

4.4.4 Planteamiento de datos

TABLA 9: DATOS DE PRUEBA PARA LAS PROTECCIONES 27, 59 Y 81

VLL	13.8 KV
F	60 Hz
Relación del PT	13800/115 V
Sobrevoltaje	+ 20% del valor nominal
Bajo voltaje	- 20% del valor nominal

4.4.5 Procedimiento

1. Realizar la comunicación del relé SEL-751 con el software AcSELerator QuickSet.

Seguir los pasos para la comunicación como se lo detalla en la Práctica II.

2. Una vez realizada la comunicación del relé con el software, en la sección de **Ajustes** se procede a realizar la **Lectura** del relé.

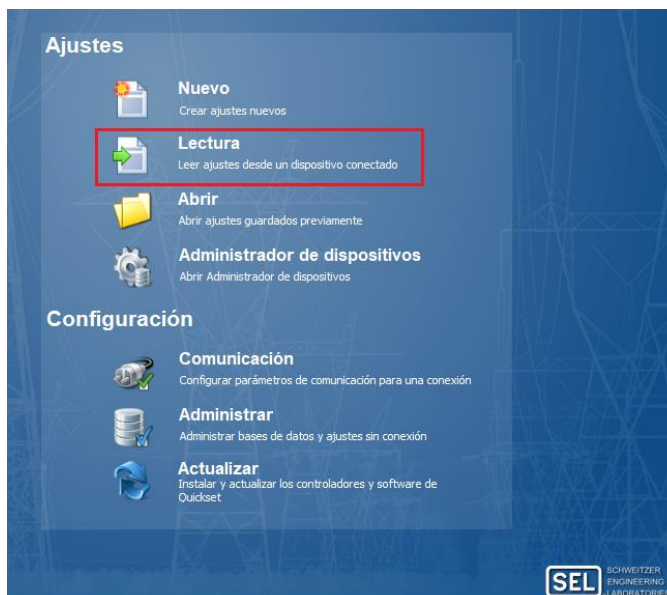


FIGURA 44: LECTURA DEL RELÉ

3. Realizada la lectura del relé, se despliega una ventana con los **Ajustes del relé**.

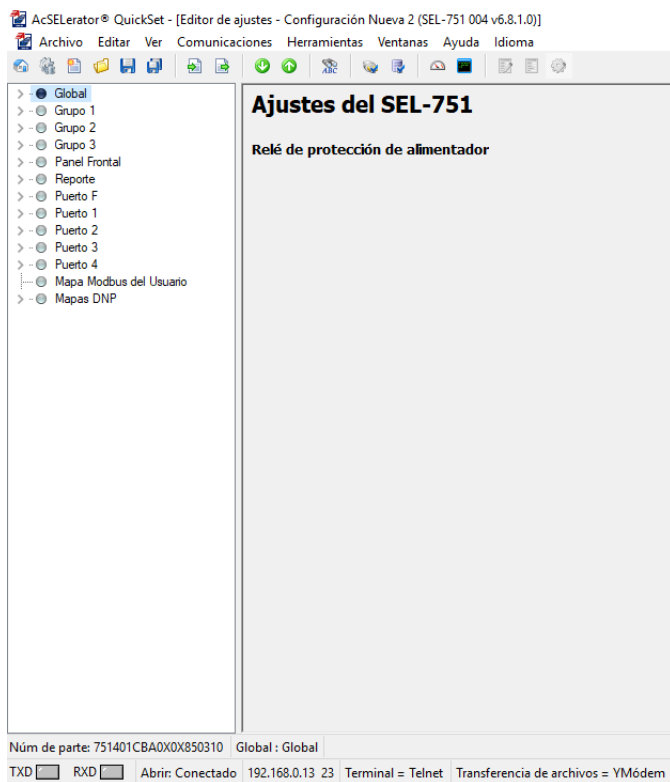


FIGURA 45: VENTANA DE AJUSTES DEL RELÉ

4. Seleccionar **Grupo 1** → **Ajustar 1** → **Principal**. Aquí se ajusta la relación del PT (PTR).

$$\frac{13800}{115} = 120 V$$

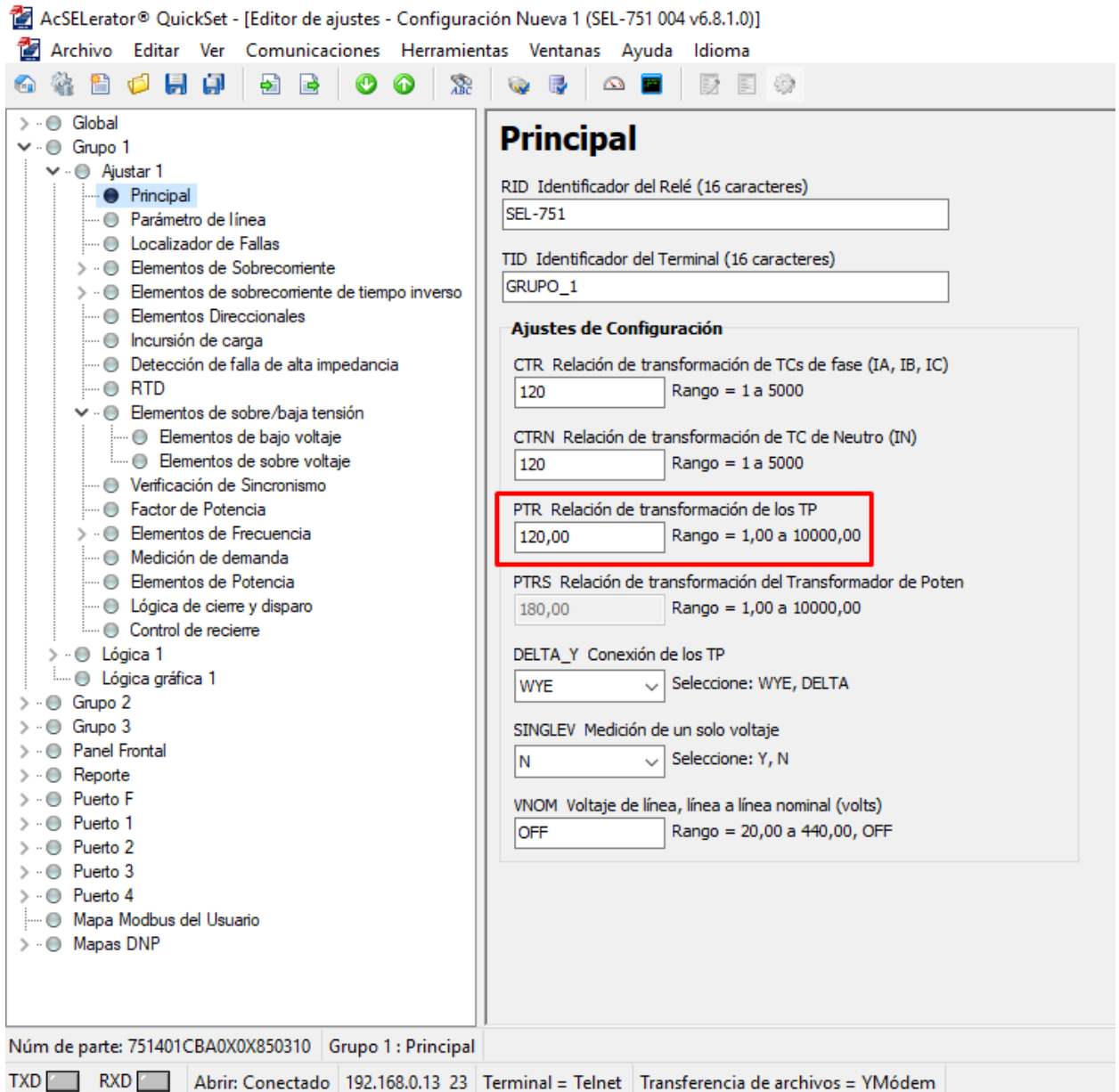


FIGURA 46: AJUSTE DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DEL PT

5. Para el ajuste de la protección 27 (Bajo voltaje), se da clic en **Elementos de Sobre/Baja tensión** → **elementos de bajo voltaje** y se insertan los parámetros respectivos.

$$\frac{13800 * 0.8}{120} = 92$$

92 será el valor de ajuste para la protección 27 y se debe colocar un tiempo de disparo, para este caso se trabajará con un tiempo de 3 segundos.

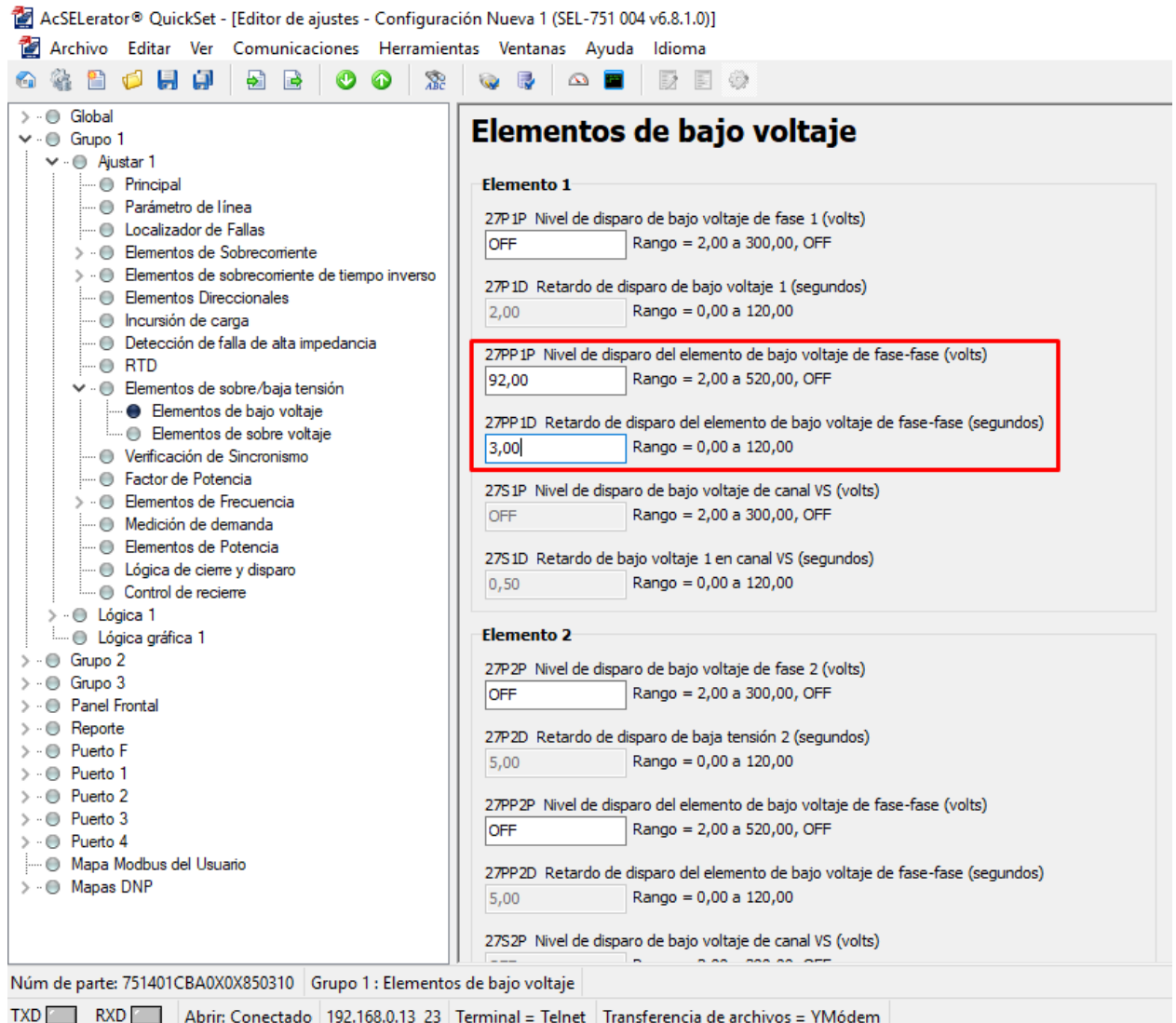


FIGURA 47: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 27

- Es importante tener una lógica de programación para la protección 27 ya que, sin la respectiva lógica de disparo, esta protección se operará en todo momento. Para realizar la lógica se detalla lo siguiente:

- Clic en **Lógica gráfica 1**, aquí se procede a realizar la siguiente gráfica:

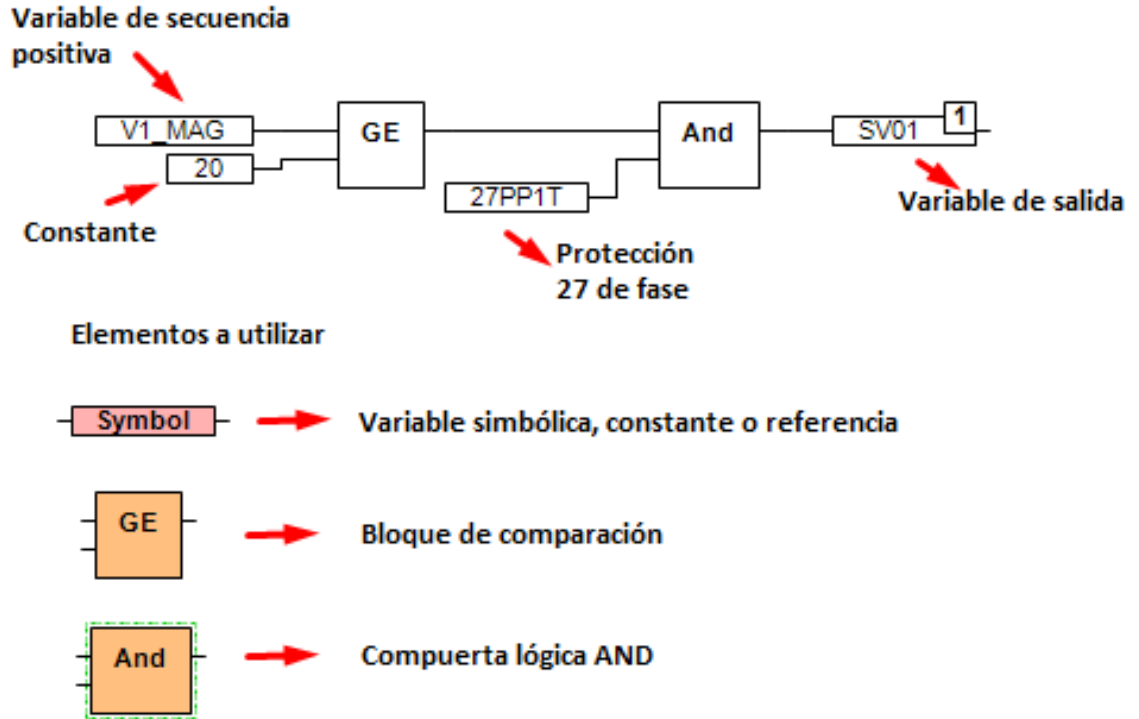


FIGURA 49: LÓGICA GRÁFICA DE DISPARO DE LA PROTECCIÓN 27

- Luego se procede a dar clic en **Lógica 1** → **Ranura A** → **Out 101** y se ingresa la variable de salida del diagrama lógico (**SV01**).
7. Para el ajuste de la protección 59 (Sobrevoltaje), clic en **Elementos de Sobre/Baja tensión** → **Elementos de Sobrevoltaje** y se inserta el parámetro respectivo.

$$\frac{13800 * 1.20}{120} = 138$$

138 será el valor de ajuste para la protección 59 y se debe colocar un tiempo de disparo, para este caso se trabajará con un tiempo de 3 segundos.

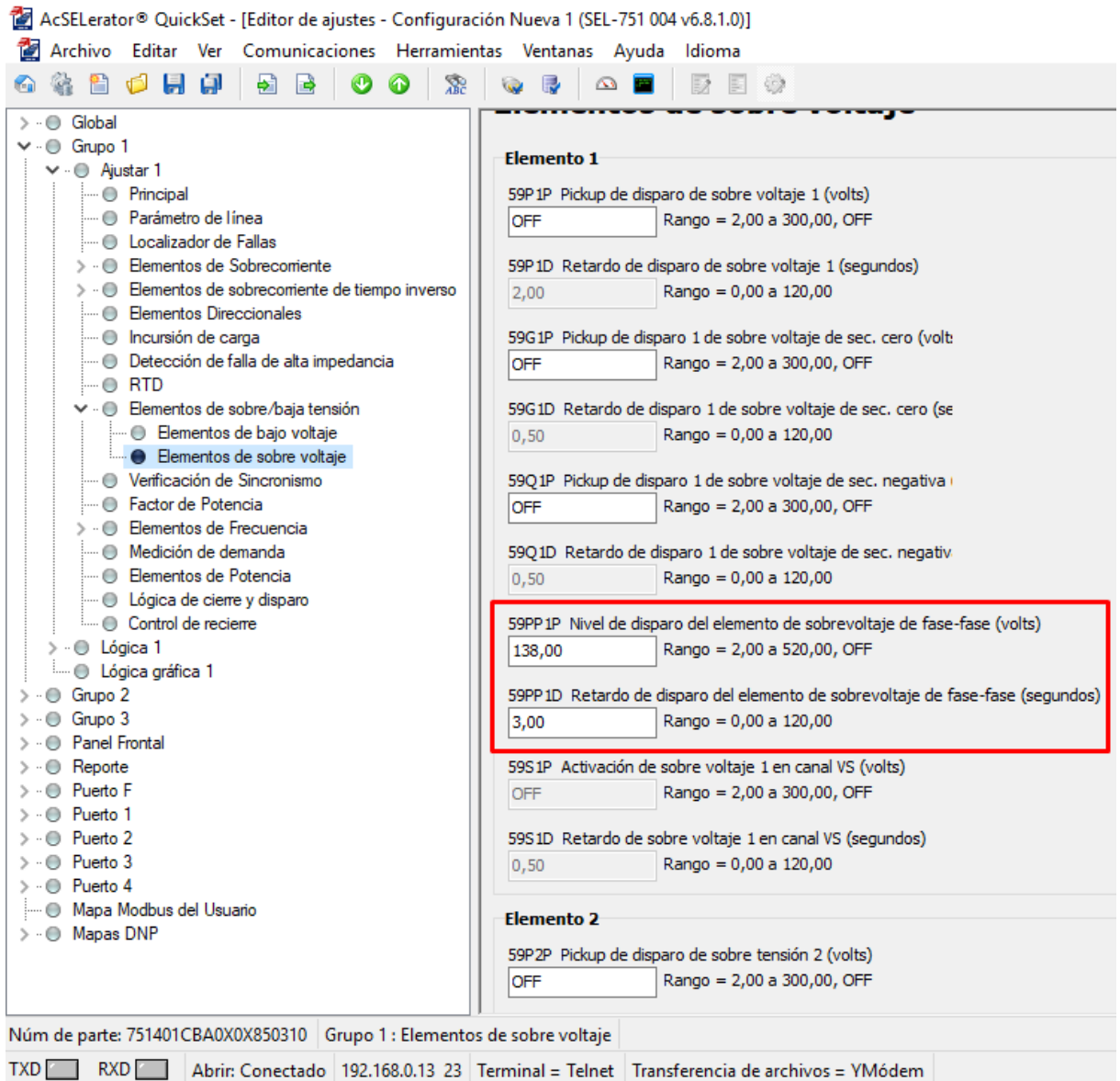


FIGURA 50: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 59

8. Para la protección 81 (Frecuencia) se debe dar clic en **Elementos de frecuencia**, se asigna un valor mínimo para que la protección opere, para este caso se empleará una frecuencia de 58 Hz.

De la misma manera se asigna el tiempo de disparo, para este ejemplo se usará un tiempo de 2 segundos.

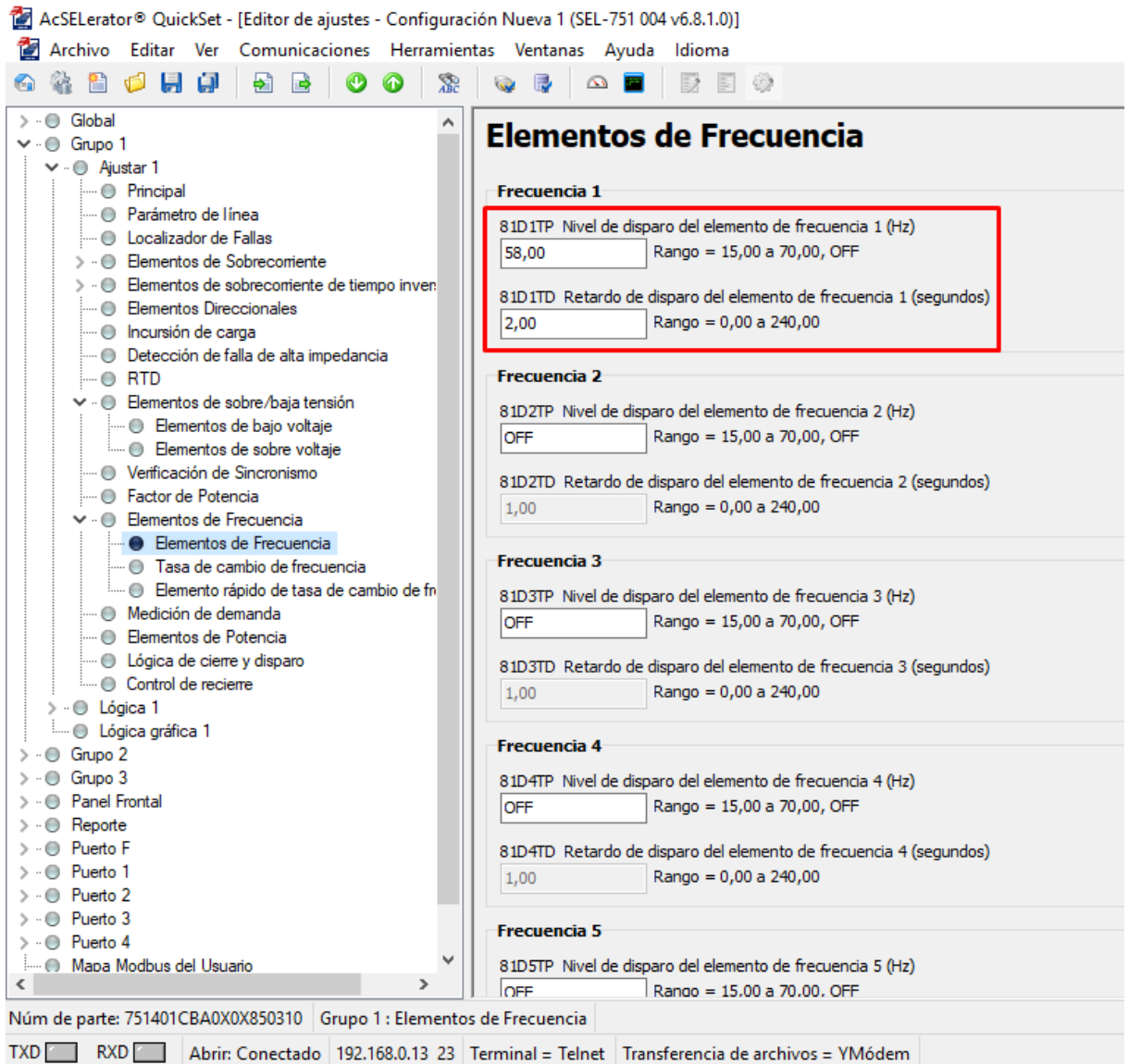


FIGURA 51: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 81

- Antes de finalizar, se procede a cargar la lógica de disparo de las protecciones ajustadas, clic en **Lógica 1** → **Ranura A**.

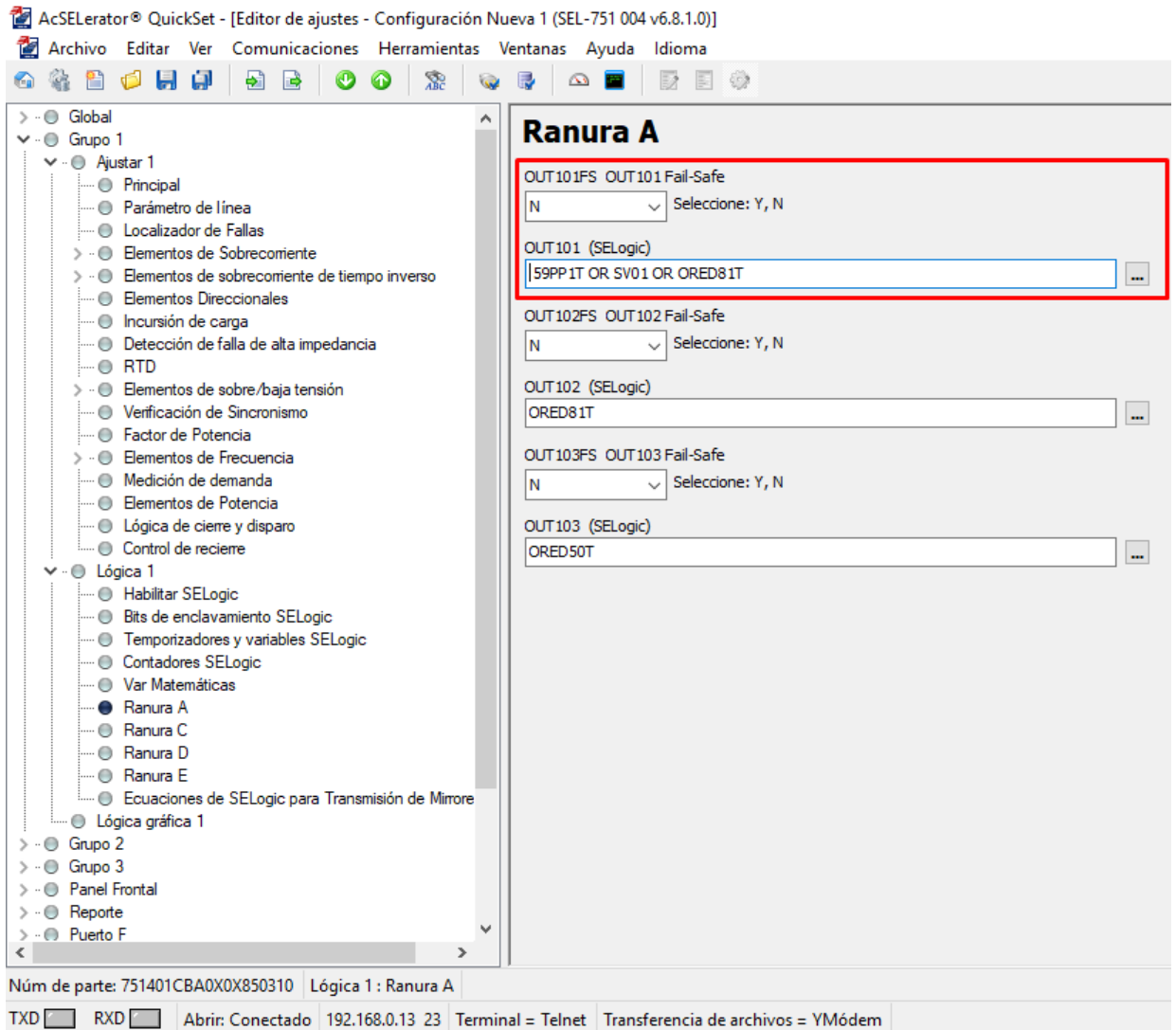


FIGURA 52: LÓGICA DE DISPARO DE LAS PROTECCIONES

10. Para cargar los datos previamente ajustados se debe dar clic en **Enviar ajustes activos**.

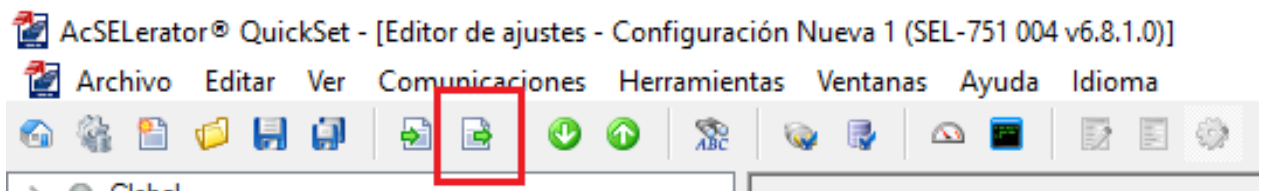


FIGURA 53: ENVÍO DE AJUSTES ACTIVOS

11. Finalmente, una vez que se envíen los ajustes activos aparecerá una ventana **Selección de clase/grupos de ajustes** y automáticamente se seleccionaran

aquellos grupos en los cuales se han realizado los ajustes y clic en **Aceptar** para cargar todos los datos al relé.

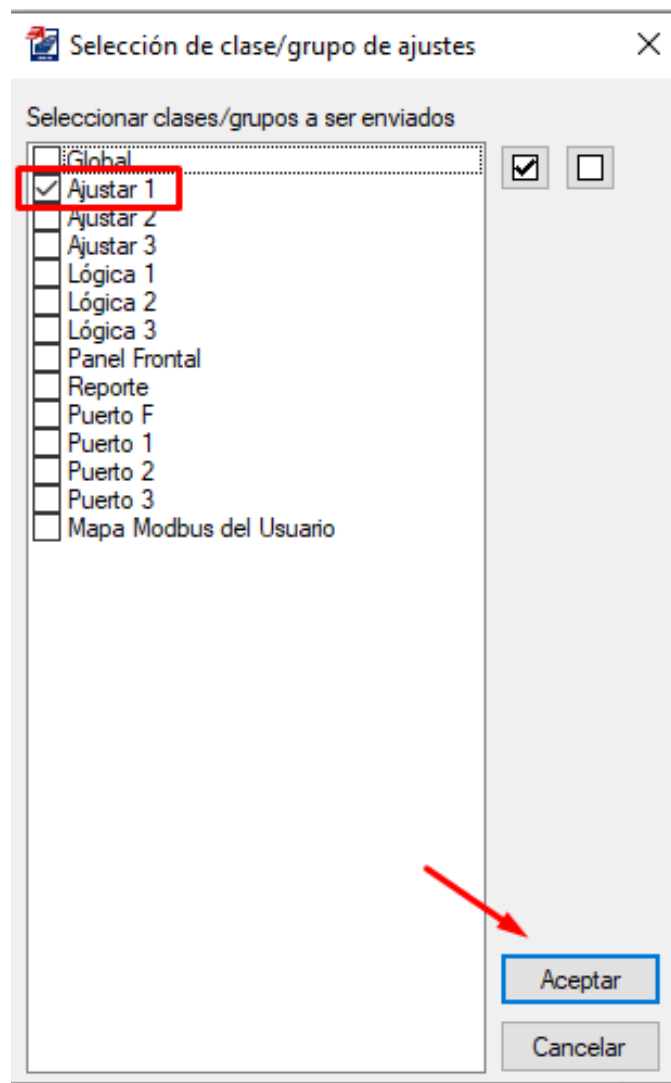


FIGURA 54: VENTANA DE SELECCIÓN DE CLASE/GRUPO DE AJUSTES

4.5 Práctica V

4.5.1 Tema

Inyección de voltajes con el equipo Omicron CMC 356 para verificación de los ajustes del relé SEL-751 para las protecciones 27, 59 y 81.

4.5.2 Objetivos

- Registrar de manera eficaz cada uno de los valores para realizar las pruebas de fallas de acuerdo a cada protección.
- Analizar el funcionamiento de cada protección de acuerdo con los ajustes programados en el relé.

4.5.3 Recursos

- Computadora.
- Equipo Omicron CMC 356.
- Software Test Universe.

4.5.4 Procedimiento

En base a los datos de ajustes para el relé SEL-751 que se realizó en la **Práctica IV**, se debe realizar las pruebas respectivas con el equipo Omicron CMC 356. A continuación, se detallan los pasos para realizar las pruebas.

1. Realizar la comunicación del equipo Omicron CMC 356 con el software Test Universe.

Seguir los pasos para la comunicación como se lo detalla en la Práctica III.

2. Cuando se haya realizado la respectiva comunicación, en la ventana principal del software Test Universe en la sección de **Módulos de pruebas** se selecciona el módulo de prueba **QuickCMC** el cual ayuda a realizar la simulación para las protecciones 27, 59 y 81.



FIGURA 55: VENTANA DE INICIO - TEST UNIVERSE

- Una vez dentro del módulo de prueba QuickcCMC, en el área de **Salidas analógicas** se debe ingresar los valores de **Voltajes**, estos valores deberán ser ingresados por fase.

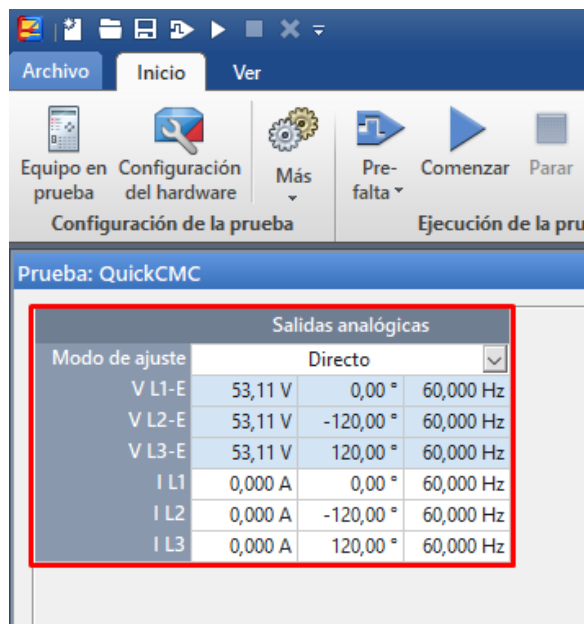


FIGURA 56: SALIDAS ANALÓGICAS

➤ **Para la protección 27**

- De acuerdo con el valor de ajuste para esta protección:

$$\frac{92}{\sqrt{3}} = 53,11$$

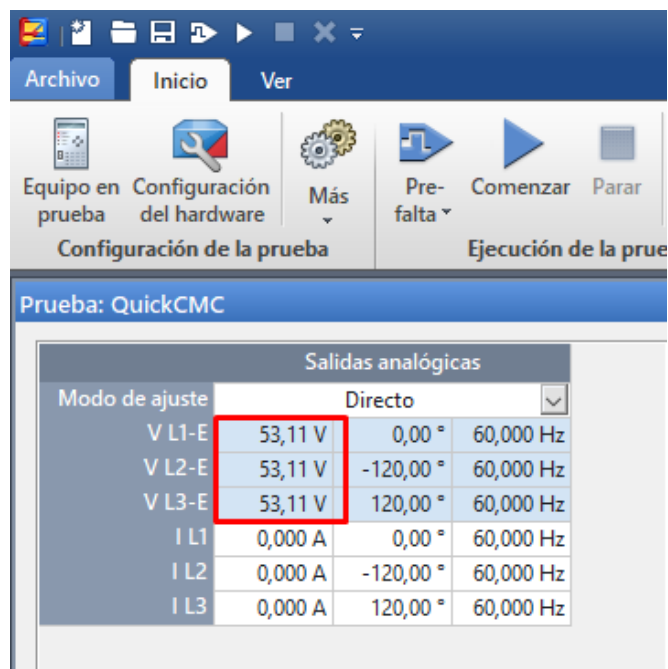


FIGURA 57: INGRESO DE VALORES DE VOLTAJES POR FASE

Es importante conocer que la protección 27 actuará únicamente con todo valor que sea inferior a los voltajes por fase, para este caso para todo valor inferior a 53,11V.

- En el área de **Entradas binarias / Trigger** se activa la opción de **Disparo** para que el equipo una vez que haya realizado la prueba detenga su operación.

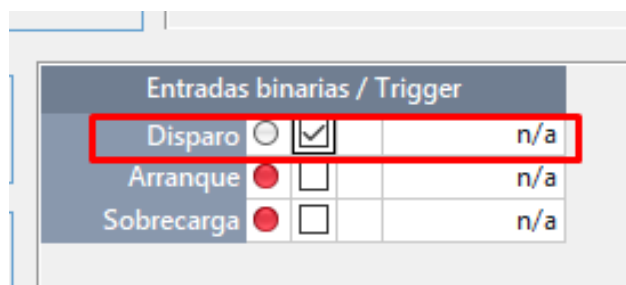


FIGURA 58: ACTIVACIÓN DE DISPARO PARA LA PRUEBA

➤ **Para la protección 59**

- De acuerdo con el valor de ajuste para esta protección:

$$\frac{138}{\sqrt{3}} = 79,67$$

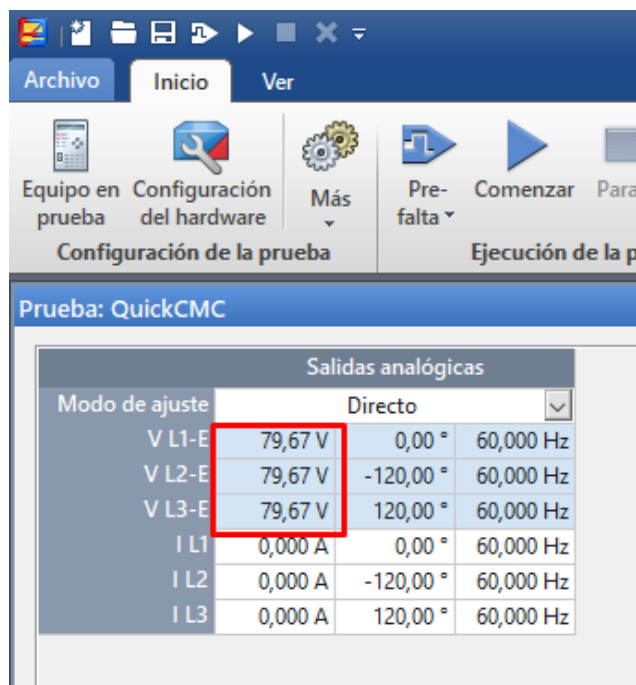


FIGURA 59: INGRESO DE VALORES DE VOLTAJES POR FASE

Es importante conocer que la protección 59 actuará únicamente con todo valor que sea superior a los voltajes por fase, para este caso para todo valor inferior a 79,67.

- En el área de **Entradas binarias / Trigger** se activa la opción de **Disparo** para que el equipo una vez que haya realizado la prueba detenga su operación.



FIGURA 60: ACTIVACIÓN DE DIPARO PARA LA PRUEBA

➤ **Para la protección 81**

- De acuerdo con el valor mínimo seleccionado para esta protección, es necesario conocer que para todo valor que sea inferior a 58Hz, esta protección actuará

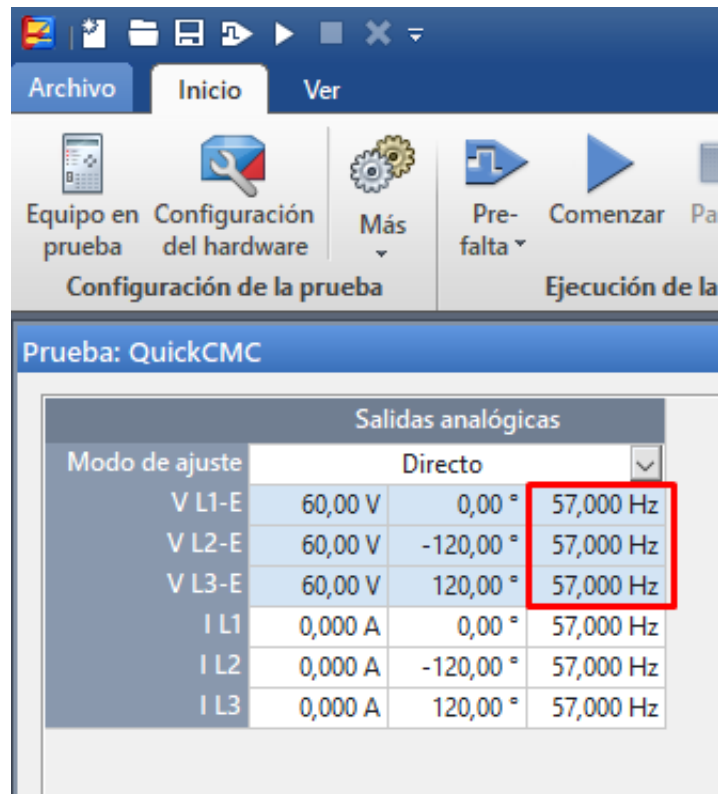


FIGURA 61: INGRESO DE VALORES DE FRECUENCIA

- En el área de **Entradas binarias / Trigger** se activa la opción de **Disparo** para que el equipo una vez que haya realizado la prueba detenga su operación.



FIGURA 62: ACTIVACIÓN DE DISPARO PARA LA PRUEBA

4.6 Práctica VI

4.6.1 Tema

Configuración del relé SEL-751 para prueba de Sobrecorriente (50/51).

4.6.2 Objetivos

- Ajustar adecuadamente los parámetros correspondientes a la protección 50/51.
- Probar el funcionamiento de la protección 50/51 haciendo uso del equipo Omicron CMC 356.

4.6.3 Recursos

- Módulo didáctico de protecciones de redes de distribución en sistemas eléctricos de potencia.
- Computadora.
- Relé SEL-751.
- Software AcSELerator QuickSet.

4.6.4 Planteamiento de datos

TABLA 10: DATOS DE PRUEBA PARA LA PROTECCIÓN 50/51

Relación del CT	600/5
Para la protección 51	
TAP (Asec)	2.5
Dial	0.5
Curva	U2
Para la protección 50	
TAP (Asec)	12.5
Delay (ms)	20

4.6.5 Procedimiento

1. Realizar la comunicación del relé SEL-751 con el software AcSELerator QuickSet.

Seguir los pasos para la comunicación como se lo detalla en la Práctica II.

2. Una vez realizada la comunicación del relé con el software, en la sección de **Ajustes** se procede a realizar la **Lectura** del relé.

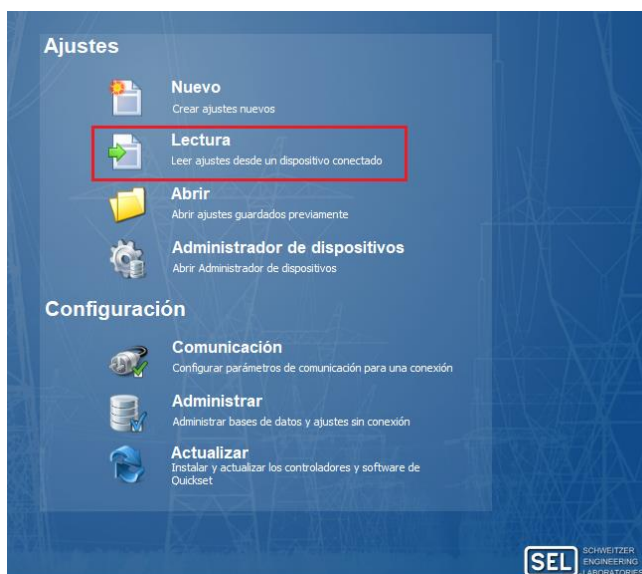


FIGURA 63: LECTURA DEL RELÉ

3. Realizada la lectura del relé, se despliega una ventana con los **Ajustes del relé**.

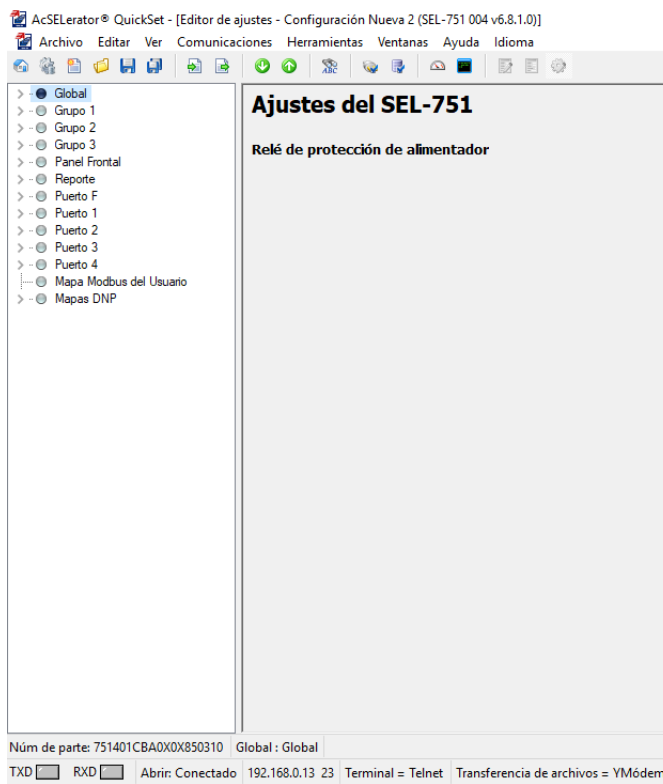


FIGURA 64: VENTANA DE AJUSTES DEL RELÉ

4. Seleccione **Grupo 1** → **Ajustar 1** → **Principal**. Aquí se ajustará la relación del CT (CTR – CTRN).

$$\frac{600}{5} = 120$$

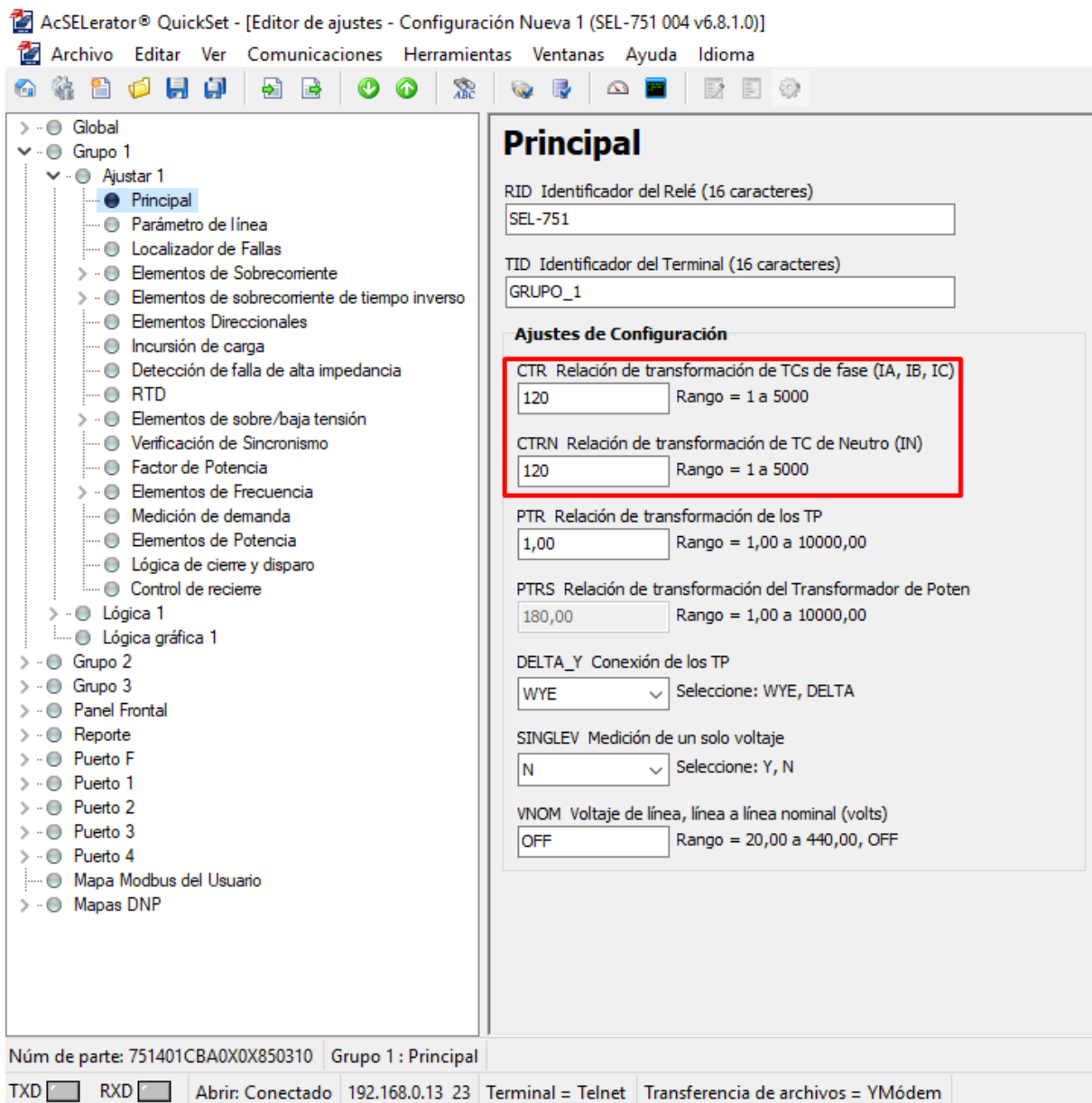


FIGURA 65: AJUSTE DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DEL CT

5. Para el ajuste de la protección 50, se da clic en **Elementos de Sobrecorriente** → **Sobrecorriente de fase máxima** y se insertan los parámetros respectivos.

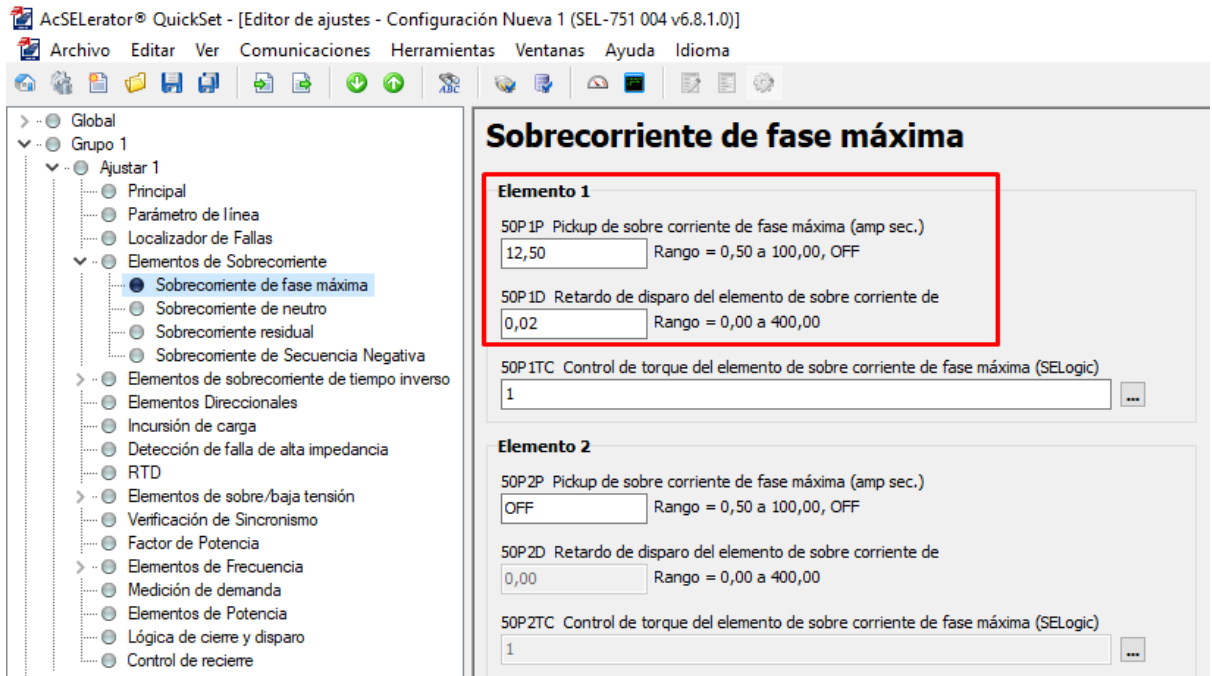


FIGURA 66: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 50

- Para el ajuste de la protección 51, se da clic en **Elementos de Sobrecorriente de tiempo inverso** → **51 fase máxima** y se insertan los parámetros respectivos.

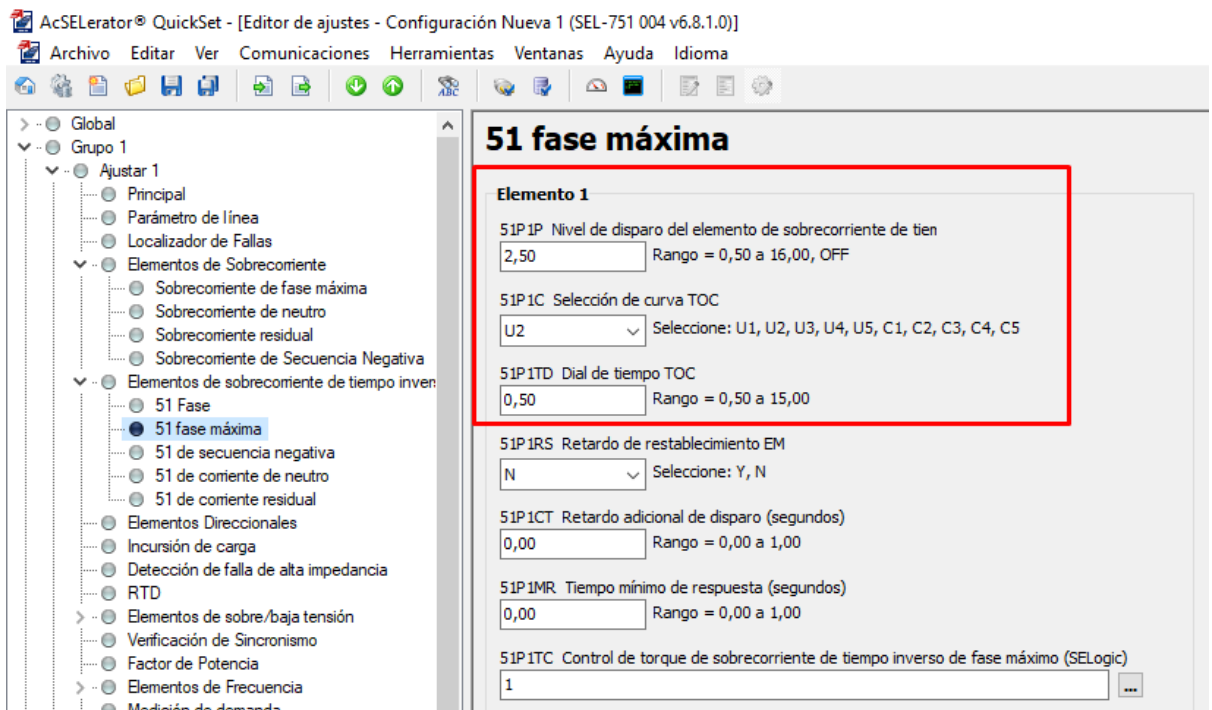


FIGURA 67: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 51

7. Antes de finalizar, se procede a cargar la lógica de disparo de las protecciones ajustadas, clic en **Lógica 1 → Ranura A → OUT 101**.

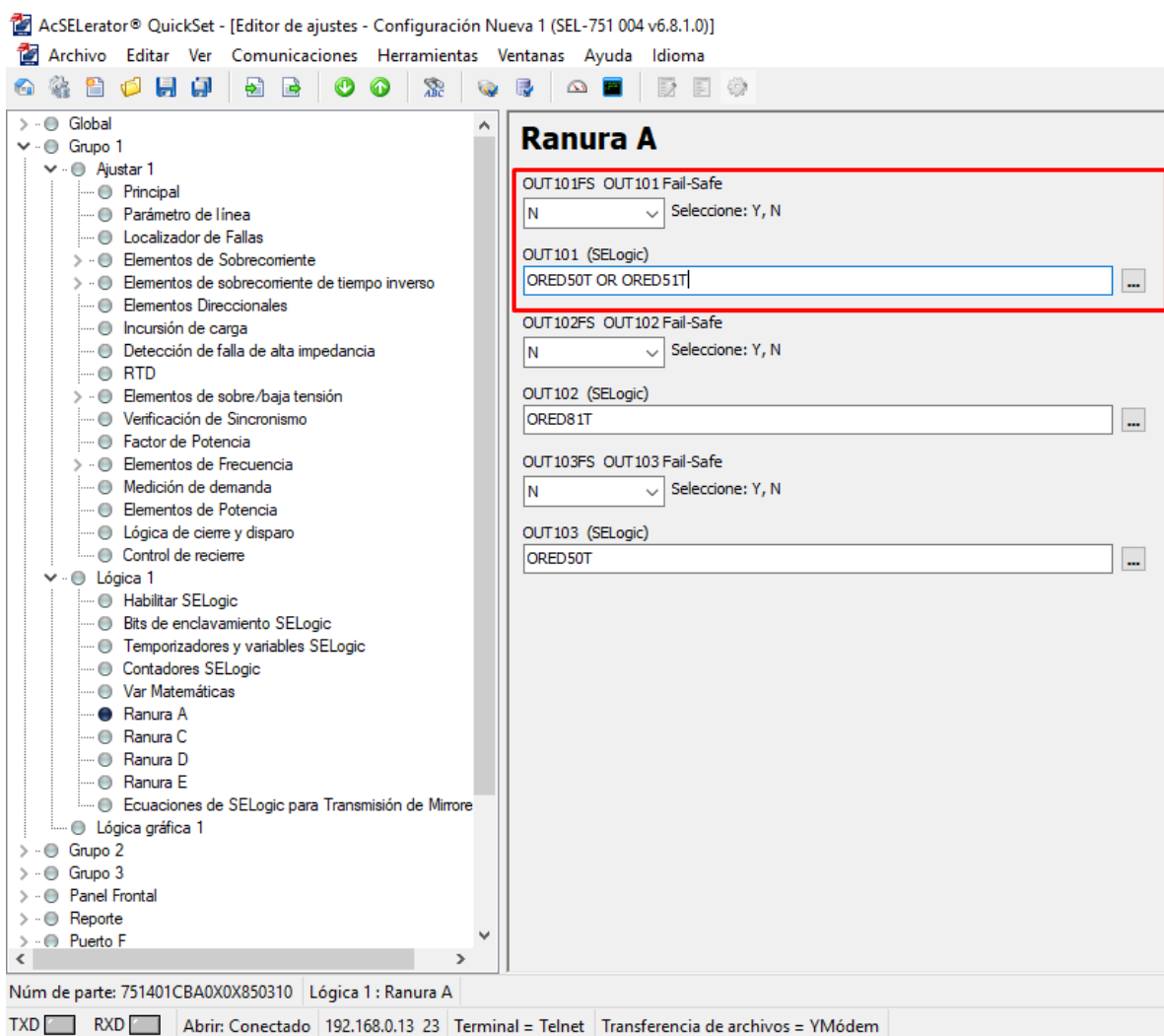


FIGURA 68: LÓGICA DE DISPARO DE LAS PROTECCIONES

8. Una vez que se haya realizado el ajuste para la función 50 y para la función 51, se procede a **Enviar los ajustes activos** previamente a ser cargados en el relé.

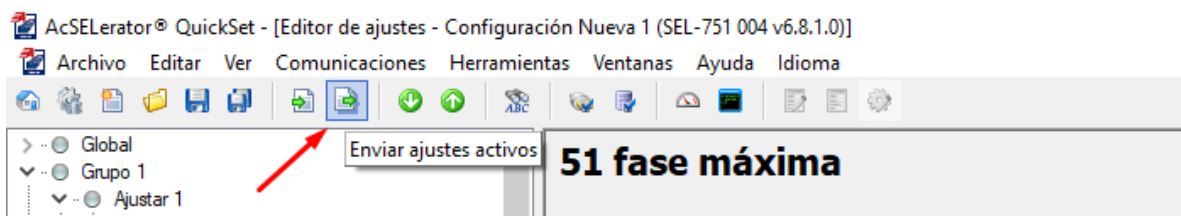


FIGURA 69: ENVÍO DE AJUSTES ACTIVOS

9. Finalmente, una vez que se envíen los ajustes activos aparecerá una ventana **Selección de clase/grupos de ajustes** y automáticamente se seleccionaran aquellos grupos en los cuales se han realizado los ajustes y clic en **Aceptar** para cargar todos los datos al relé.

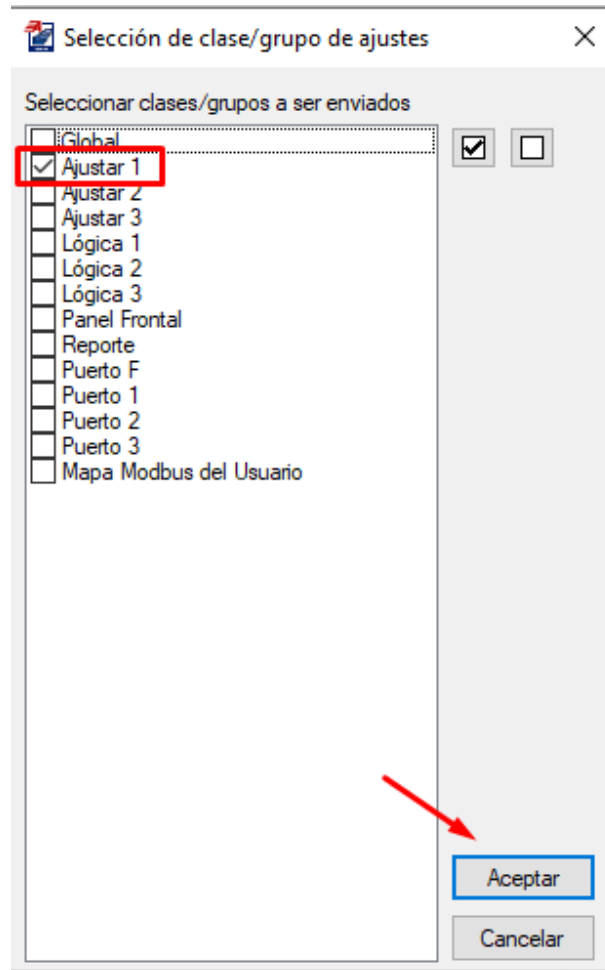


FIGURA 70: VENTANA DE SELECCIÓN DE CLASE/GRUPO DE AJUSTES

4.7 Práctica VII

4.7.1 Tema

Inyección de corrientes secundarias con el equipo Omicron CMC 356 para verificación de los ajustes del relé SEL-751 para la protección 50/51.

4.7.2 Objetivos

- Registrar de manera eficaz cada uno de los valores para realizar las pruebas de fallas de acuerdo a cada protección.
- Analizar el funcionamiento de cada protección de acuerdo con los ajustes programados en el relé.

4.7.3 Recursos

- Computadora.
- Equipo Omicron CMC 356.
- Software Test Universe.

4.7.4 Procedimiento

En base a los datos de ajustes para el relé SEL-751 que se realizó en la **Práctica VI**, se debe realizar las pruebas respectivas con el equipo Omicron CMC 356. A continuación, se detallan los pasos para realizar las pruebas.

1. Realizar la comunicación del equipo Omicron CMC 356 con el software Test Universe.

Seguir los pasos para la comunicación como se lo detalla en la Práctica III.

2. Cuando se haya realizado la respectiva comunicación, en la ventana principal del software Test Universe en la sección de **Módulos de pruebas** se selecciona el módulo de prueba **Overcurrent** el cual ayuda a realizar la simulación para las protecciones 50/51.



FIGURA 71: VENTANA DE INICIO - TEST UNIVERSE

3. Dentro del módulo de prueba seleccione **Equipo de prueba**, aparece una nueva ventana en donde se elegirá la opción de **Overcurrent**.

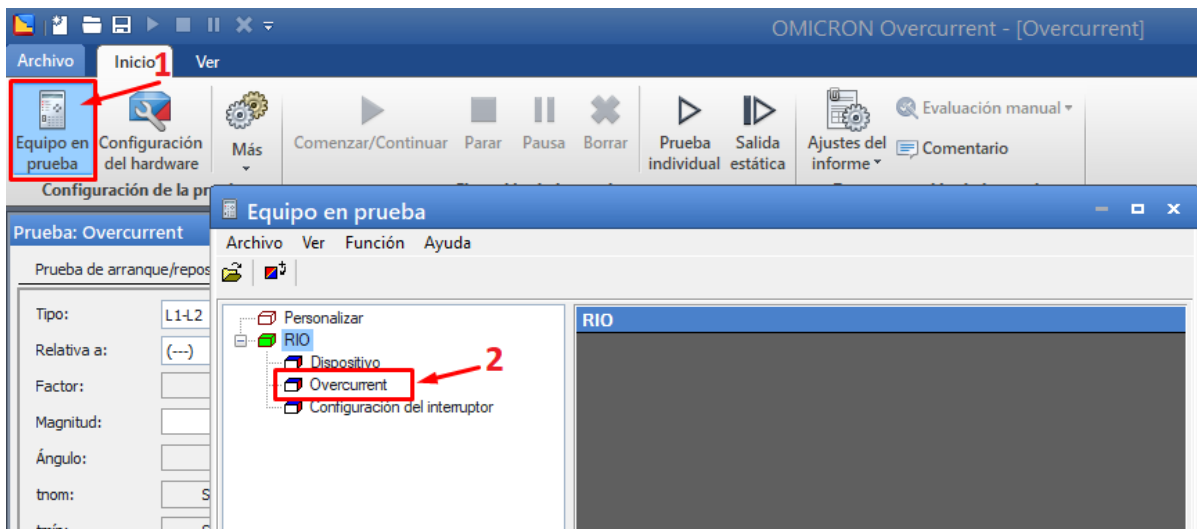


FIGURA 72: MÓDULO DE PRUEBA OVERCURRENT

4. Se abrirá una ventana de **Parámetros de protección de sobrecorriente** → **Clic en Elementos**.

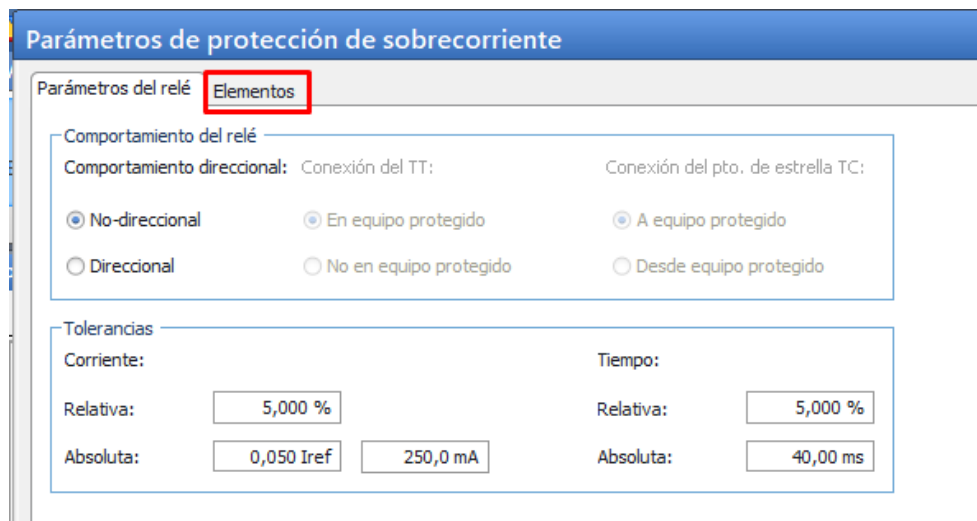


FIGURA 73: VENTANA DE PARÁMETROS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

5. Se deberá seleccionar el **tipo curva, la corriente de arranque y el tiempo** en que deberá operar la protección.

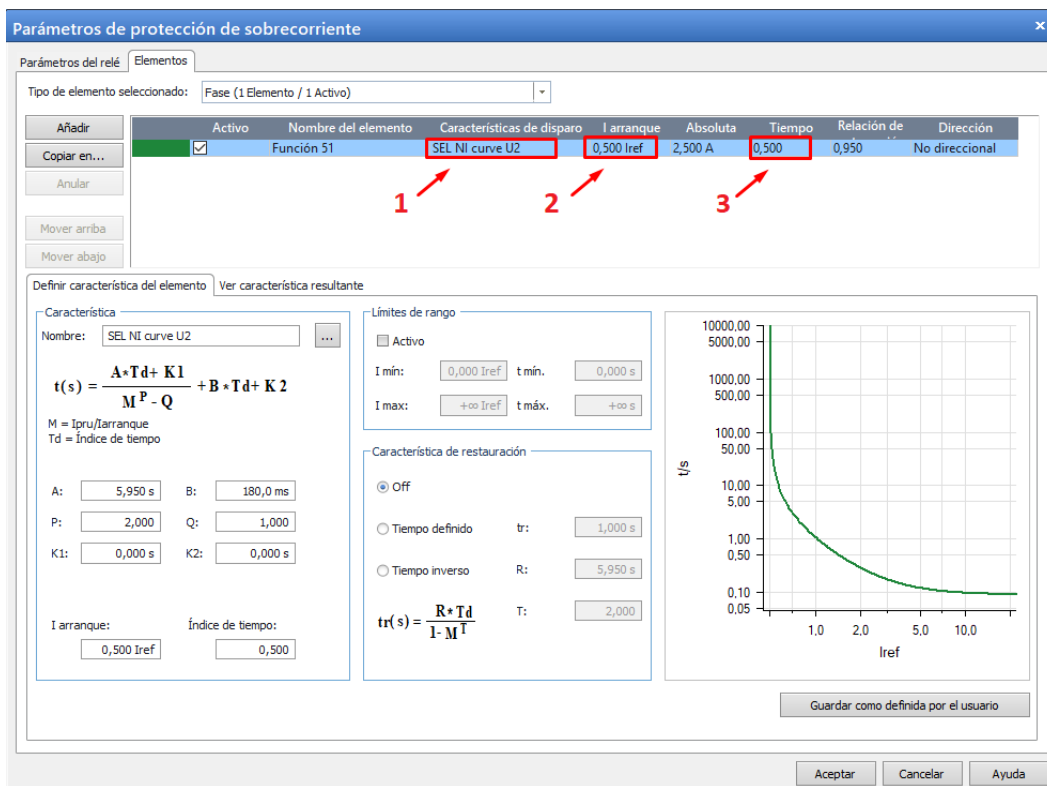


FIGURA 74: VENTANA DE PARÁMETROS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE - ELEMENTOS

➤ **Para la protección 51**

- Al dar clic en el cuadro de **Características de disparo**, se abrirá una ventana de **Administrar/seleccionar características** en donde se seleccionará la carpeta de **Predefinidas** → **Inverse** para seleccionar el tipo de curva.

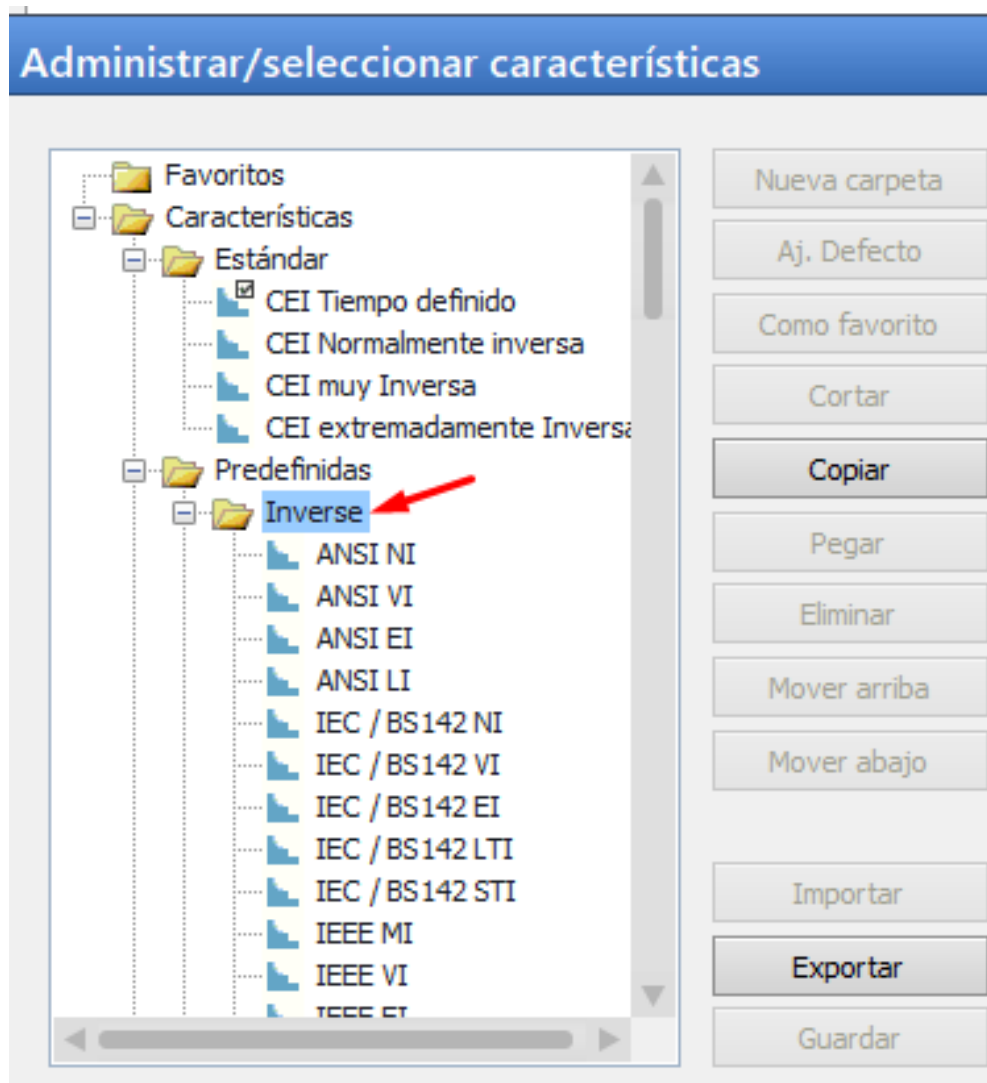


FIGURA 75: VENTANA PARA LA SELECCIÓN DE LA CURVA

- Se deberá seleccionar la curva de acuerdo al Relé con el cual se está trabajando, para esta prueba se selecciona la curva **SEL NI curve U2**.

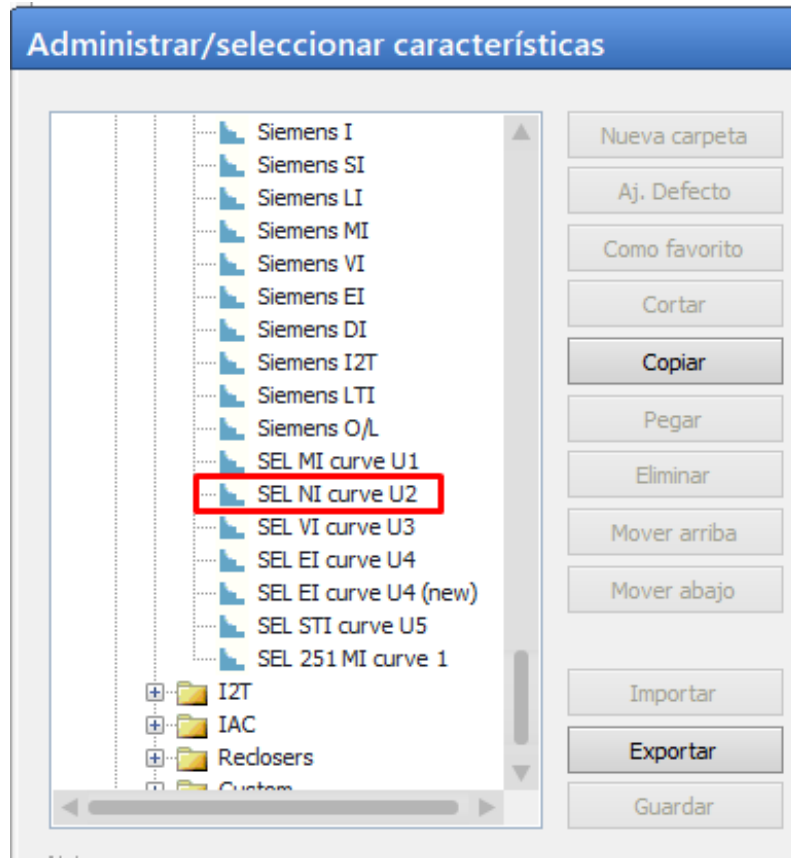


FIGURA 76: TIPO DE CURVA

- Se ingresan los valores de **Corriente de arranque** y **Tiempo**. Para el valor de la corriente de arranque se deberá ingresar en valores por unidad (Pu).

$$TAP = 2.5$$

$$\frac{2.5}{5} = 0.5$$

Parámetros de protección de sobrecorriente

Parámetros del relé: Elementos

Tipo de elemento seleccionado: Fase (1 Elemento / 1 Activo)

	Activo	Nombre del elemento	Características de disparo	I arranque	Absoluta	Tiempo	Relación de	Dirección
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Función 51	SEL NI curve U2	0,500 Iref	2,500 A	0,500	0,950	No direccional

FIGURA 77: PARÁMETROS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE – FUNCIÓN 51

➤ **Para la protección 50**

- Clic en **Añadir** para agregar un nuevo campo de ajustes para el ingreso de parámetros de la función 50.

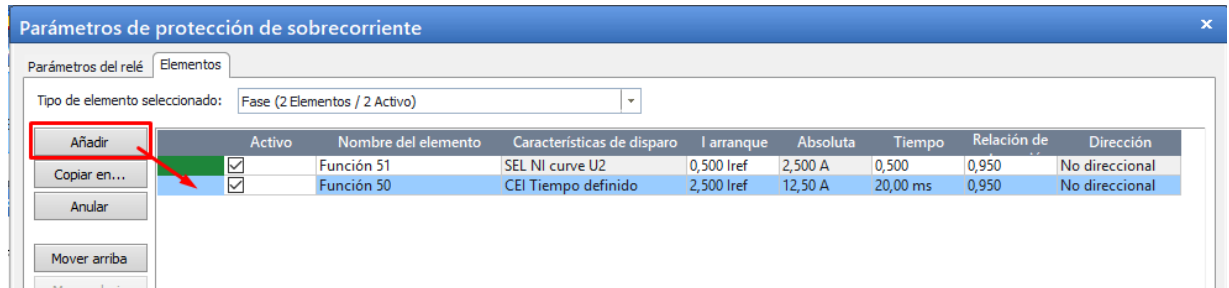


FIGURA 78: VENTANA DE PARÁMETROS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE - ELEMENTOS

- Al dar clic en el cuadro de **Características de disparo**, se abrirá una ventana de **Administrar/seleccionar características** en donde se seleccionará la carpeta de **Estándar** → **CEI Tiempo definido** para seleccionar el tipo de curva estándar que ya viene predefinida en el software.

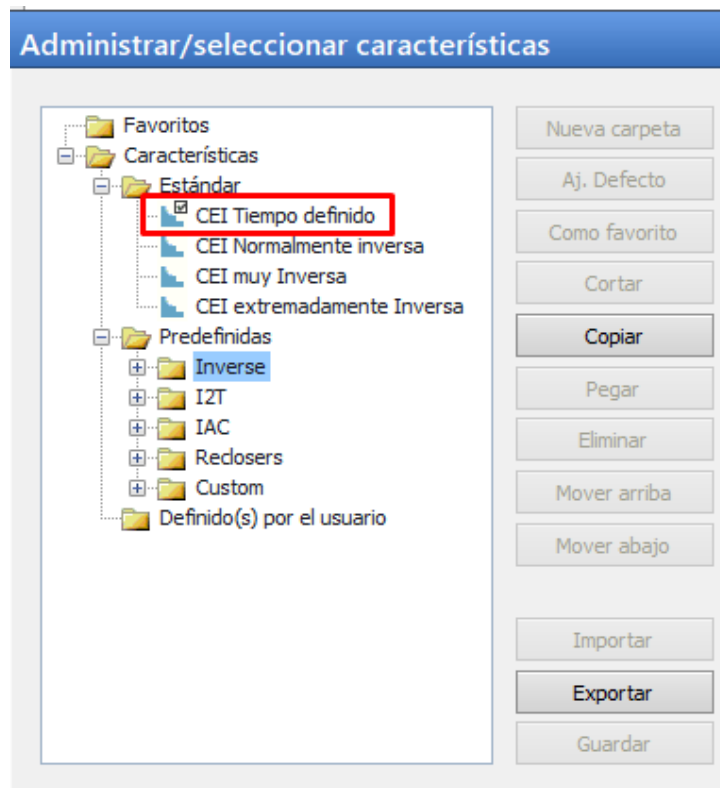


FIGURA 79: VENTANA PARA LA SELECCIÓN DE CURVA

- Se ingresan los valores para la **Corriente de arranque** y **Tiempo**. Para el valor de la corriente de arranque se deberá ingresar en valores por unidad (Pu).

$$TAP = 12.5$$

$$\frac{12.5}{5} = 2.5$$

Activo	Nombre del elemento	Características de disparo	I arranque	Absoluta	Tiempo	Relación de	Dirección
<input checked="" type="checkbox"/>	Función 51	SEL NI curve U2	0,500 Iref	2,500 A	0,500	0,950	No direccional
<input checked="" type="checkbox"/>	Función 50	CEI Tiempo definido	2,500 Iref	12,50 A	20,00 ms	0,950	No direccional

FIGURA 80: PARÁMETROS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE – FUNCIÓN 50

- Finalmente, clic **Aceptar** para cargar los ajustes.

6. Para realizar la simulación:

- Clic en **Añadir** para insertar más puntos de pruebas.
- Seleccionar el **Tipo** de fallas que se van a simular.
- Insertar el valor de **Magnitud**.
- Por último, clic en **Comenzar/Continuar** para iniciar la simulación

Estado	Tipo	Relativa a	Factor	Magnitud	Ángulo	tnom.	tmin	tmax	treal	Desvia
●	L1-L2-L3	(--)	n/a	3,000 A	n/a	6,851 s	4,182 s	14,97 s	No probado	n/a
●	L1-L2-L3	(--)	n/a	6,000 A	n/a	715,0 ms	606,0 ms	838,6 ms	No probado	n/a
●	L1-L2-L3	(--)	n/a	20,00 A	n/a	20,00 ms	0,000 s	60,00 ms	No probado	n/a

FIGURA 81: VENTANA OMICRON OVERCURRENT

7. Una vez que se haya realizado la simulación, se podrá visualizar el estado de los puntos de pruebas.

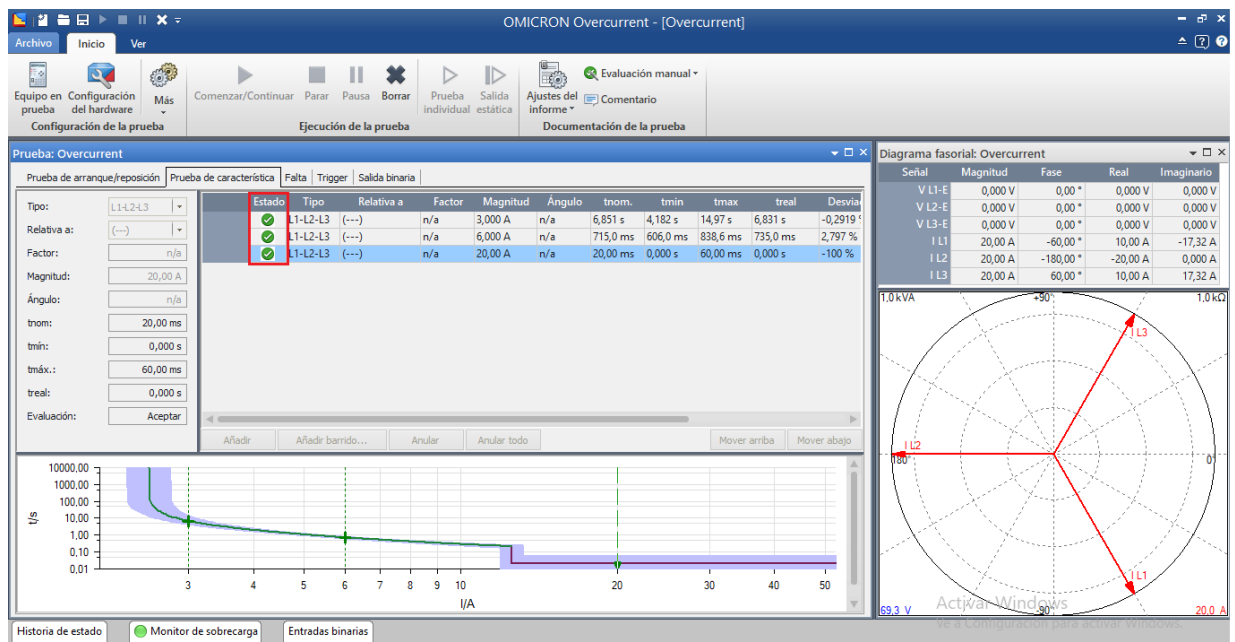


FIGURA 82: SIMULACIÓN – OMICRON OVERCURRENT

4.8 Práctica VIII

4.8.1 Tema

Coordinación de protección 50/51.

4.8.2 Objetivos

- Ajustar adecuadamente los parámetros correspondientes a la protección 50/51.
- Registrar y probar el funcionamiento de la protección 50/51 haciendo uso del equipo Omicron CMC 356.
- Analizar el funcionamiento del sistema de protección por medio de la coordinación de protecciones entre dos relés.

4.8.3 Recursos

- Computadora.
- Software AcSELeRator QuickSet.
- Software Test Universe.
- Relé SEL-751
- Equipo Omicron CMC 356.

4.8.4 Planteamiento de datos

TABLA 11: DATOS PARA COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN 50/51 A 69KV

RELE SEL-751					
CORRIENTE NOMINAL					
POTENCIA (MVA)	KV	IN (A)	ZCC%	FASES	
3,90	69,00	32,63	6,27	3	
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE					
IN (A)	MULTIPLA DE RESERVA	I DISEÑO (A)	RELACION TC	RTC	
32,63	1,5	48,95069786	100/5	20	
AJUSTE DEL RELE					
I FALLA TRIFÁSICA		51P		50P	
IF3Φ pu	14,56	PICKUP	2,20	PICKUP	25,00
IF3Φ	475,02	TD	7,00	TD	0,00
		CURVA	U3	T	0,01
$t_p = TD \cdot \left(0,0963 + \frac{3,88}{M^2 - 1} \right)$			CURVA U3		
			TD'S		
			7,00	0,00	0,00
			TIEMPO (S)		

TABLA 12: DATOS PARA COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN 50/51 A 13.8KV

RELE SEL-751					
CORRIENTE NOMINAL					
POTENCIA (MVA)	KV	IN (A)	ZCC%	FASES	
3,90	13,80	163,17	6,27	3	
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE					
IN (A)	MULTIPLIO DE RESERVA	I DISEÑO (A)	RELACION TC	RTC	
163,17	1,5	244,7534893	200/5	40	
AJUSTE DEL RELE DE 13,8KV A 69KV					
I FALLA TRIFÁSICA	51P		50P		
IF3Φ pu	14,56	PICKUP	4,20	PICKUP	21,60
IF3Φ	2375,09	TD	5,00	TD	0,00
		CURVA	U3	T	0,01
$t_p = TD \cdot \left(0,0963 + \frac{3,88}{M^2 - 1} \right)$			CURVA U3 69KV		
			TD'S		
			7,00	5,00	0,00
			TIEMPO (S)		

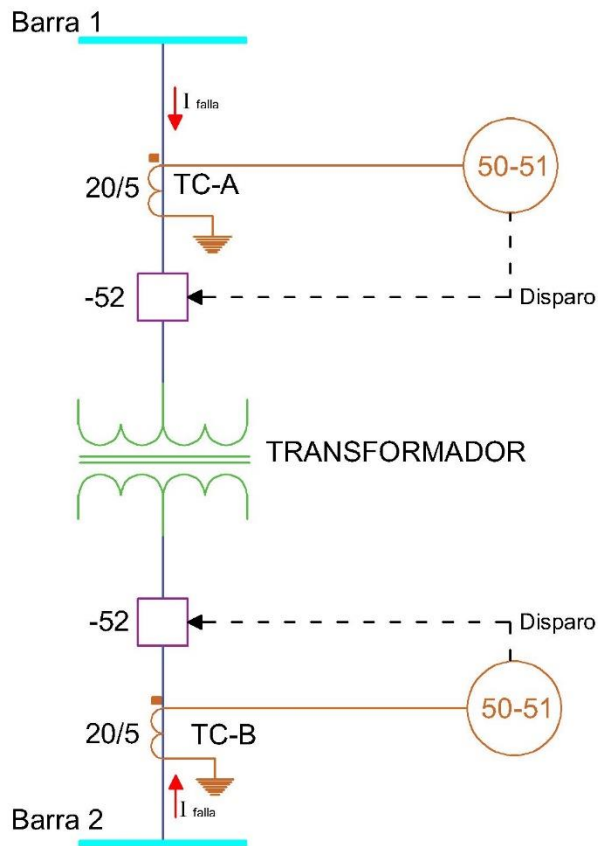


FIGURA 83: DIAGRAMA PARA LA COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

4.8.5 Procedimiento

4.8.5.1 Para ajustes e ingreso de parámetros del relé SEL-751 a 69KV

1. Realizar la comunicación del relé SEL-751 con el software AcSELerator QuickSet.

Seguir los pasos para la comunicación como se lo detalla en la Práctica II.

2. Una vez realizada la comunicación del relé con el software, en la sección de **Ajustes** se procede a realizar la **Lectura** del relé.



FIGURA 84: LECTURA DEL RELÉ

3. Realizada la lectura del relé, se despliega una ventana con los **Ajustes del relé**.

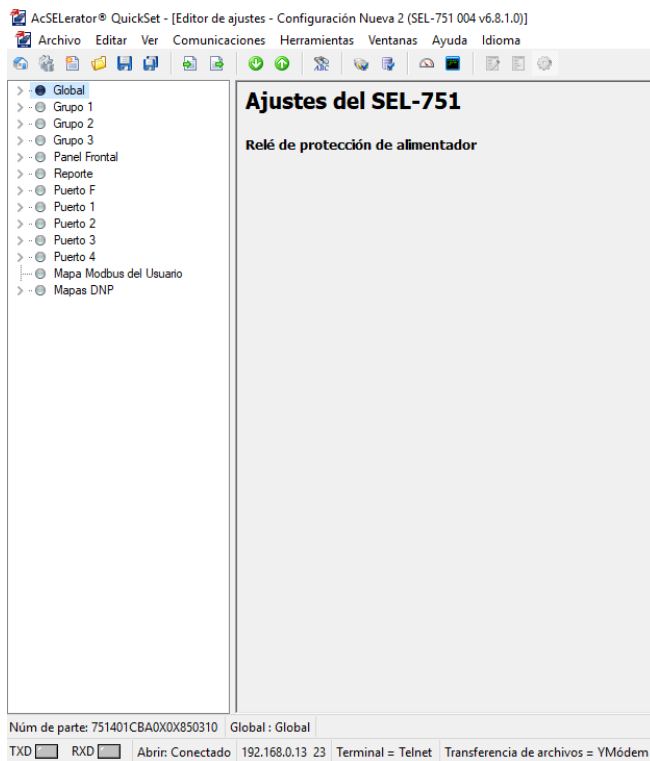


FIGURA 85: VENTANA DE AJUSTES DEL RELÉ

4. Seleccione **Grupo 1** → **Ajustar 1** → **Principal**. Aquí se ajustará la relación del CT (CTR – CTRN).

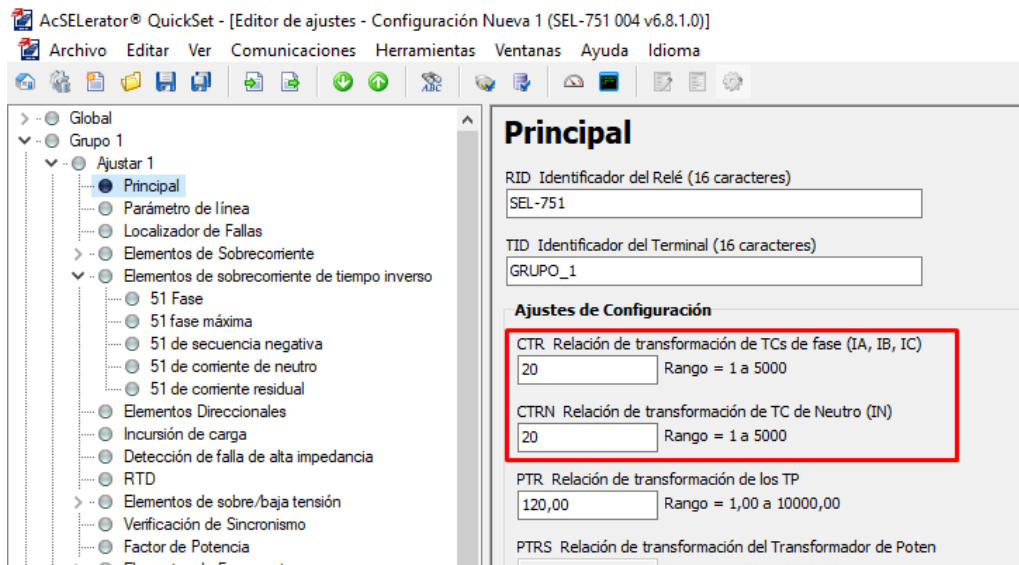


FIGURA 86: AJUSTE DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DEL CT

5. Para el ajuste de la protección 50, se da clic en **Elementos de Sobrecorriente** → **Sobrecorriente de fase máxima** y se insertan los parámetros respectivos.

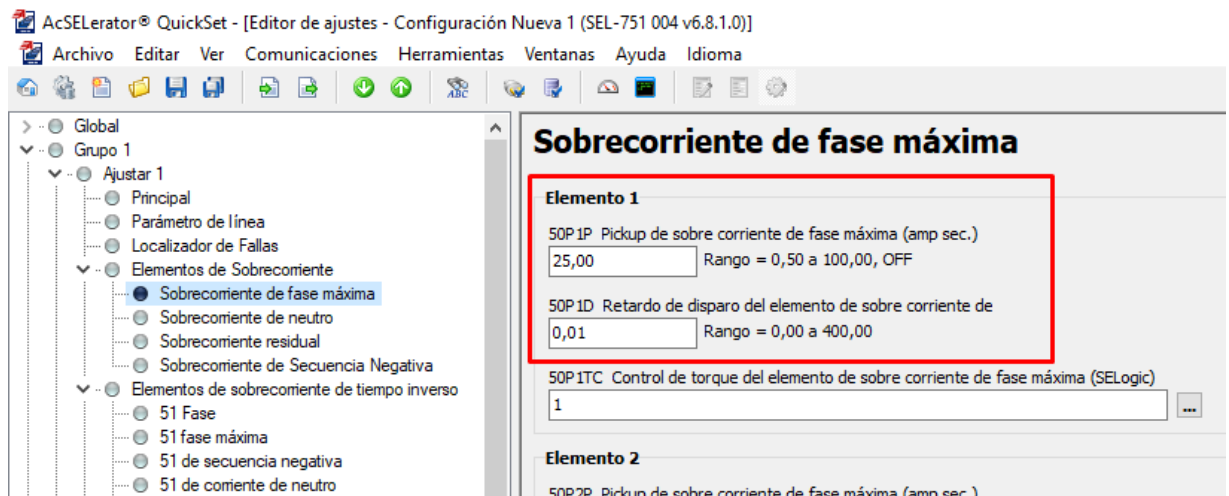


FIGURA 87: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 50

6. Para el ajuste de la protección 51, se da clic en **Elementos de Sobrecorriente de tiempo inverso** → **51 fase** y se insertan los parámetros respectivos.

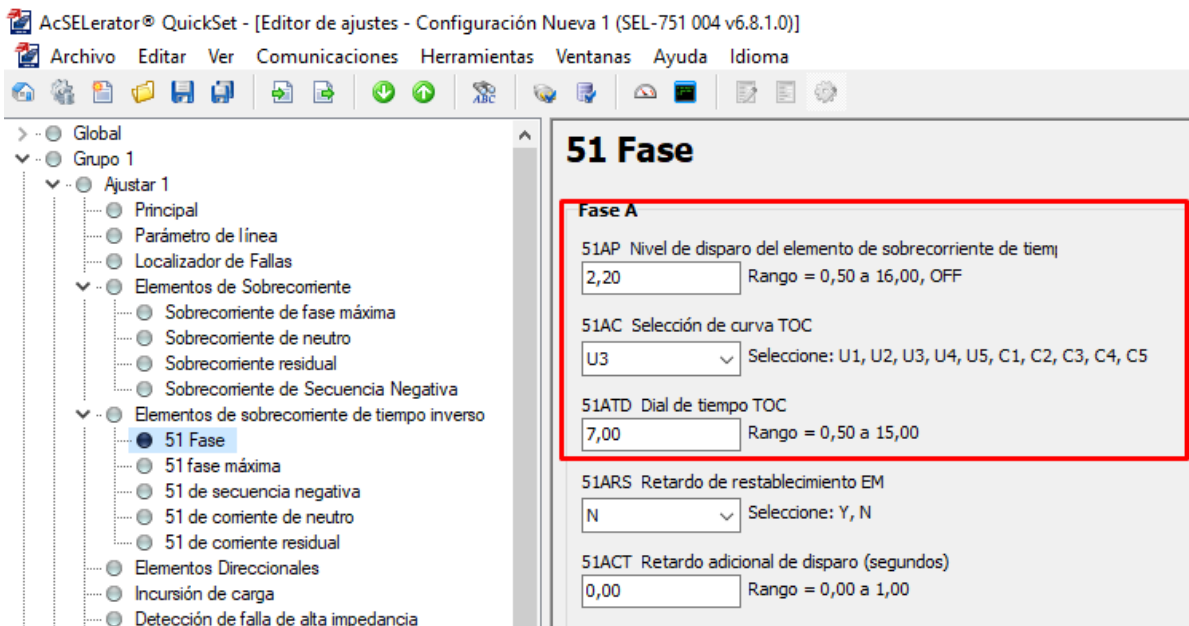


FIGURA 88: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 51

7. Antes de finalizar, se procede a cargar la lógica de disparo de las protecciones ajustadas, clic en **Lógica 1** → **Ranura A** → **OUT 101**.

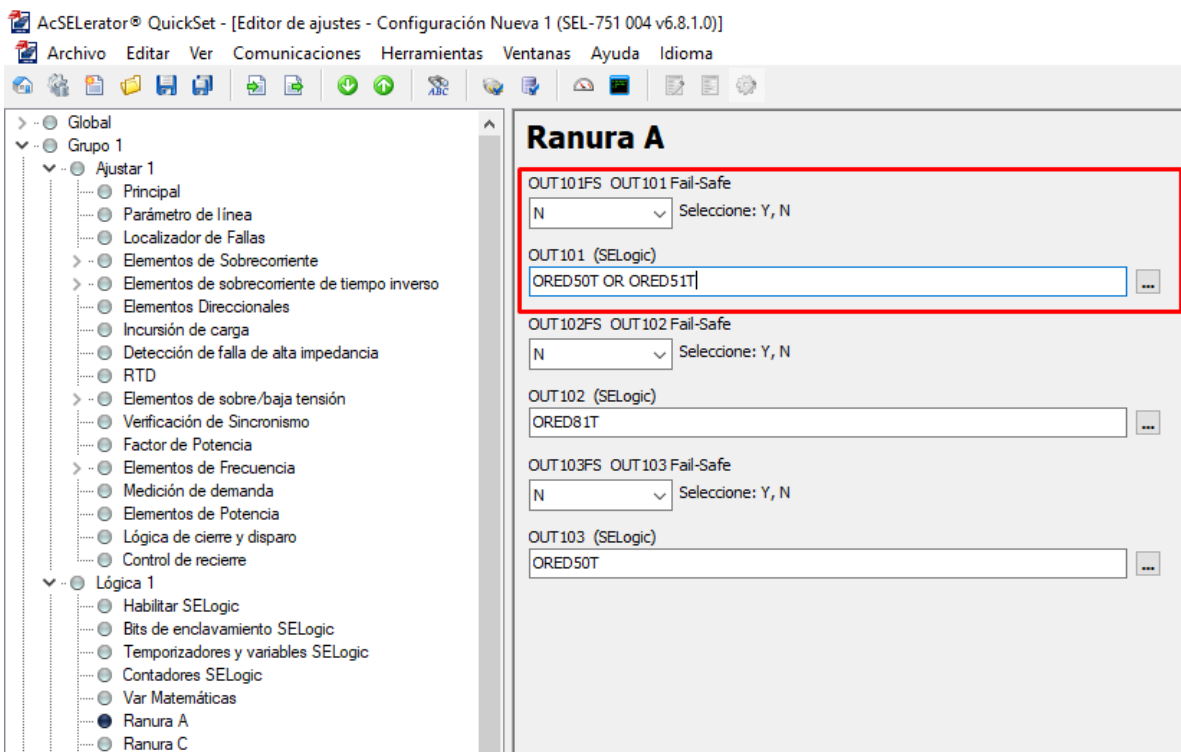


FIGURA 89: LÓGICA DE DISPARO DE LAS PROTECCIONES

- Una vez que se haya realizado el ajuste para la función 50 y para la función 51, se procede a **Enviar los ajustes activos** previamente a ser cargados en el relé.

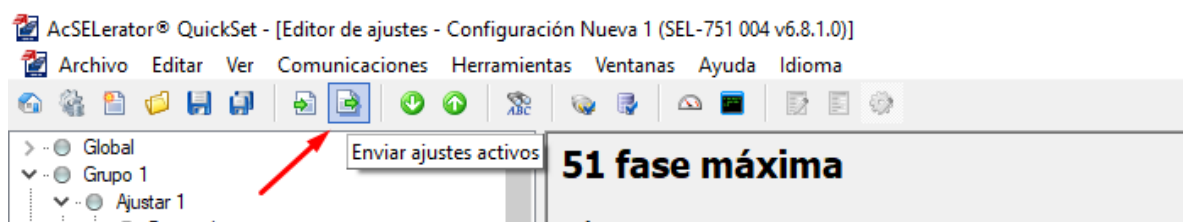


FIGURA 90: ENVÍO DE AJUSTES ACTIVOS

- Finalmente, una vez que se envíen los ajustes activos aparecerá una ventana **Selección de clase/grupos de ajustes** y automáticamente se seleccionaran aquellos grupos en los cuales se han realizado los ajustes y clic en **Aceptar** para cargar todos los datos al relé.

4.8.5.2 Para ajustes e ingreso de parámetros del relé SEL-751 a 13.8KV

- Realizar la comunicación del relé SEL-751 con el software AcSELERator QuickSet.

Seguir los pasos para la comunicación como se lo detalla en la Práctica II.

- Una vez realizada la comunicación del relé con el software, en la sección de **Ajustes** se procede a realizar la **Lectura** del relé.

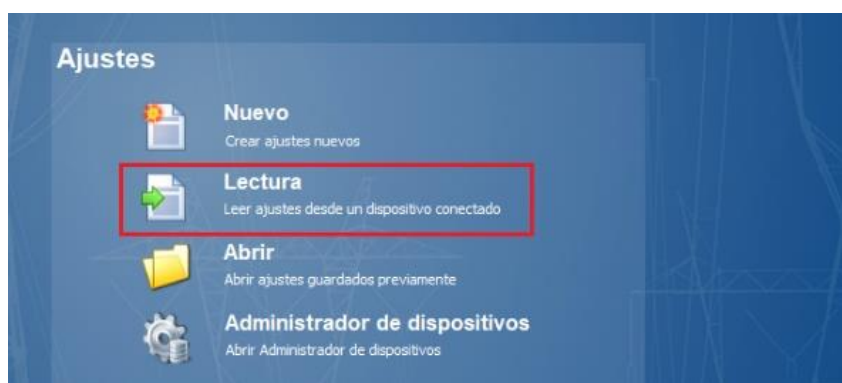


FIGURA 91: LECTURA DEL RELÉ

- Realizada la lectura del relé, se despliega una ventana con los **Ajustes del relé**.

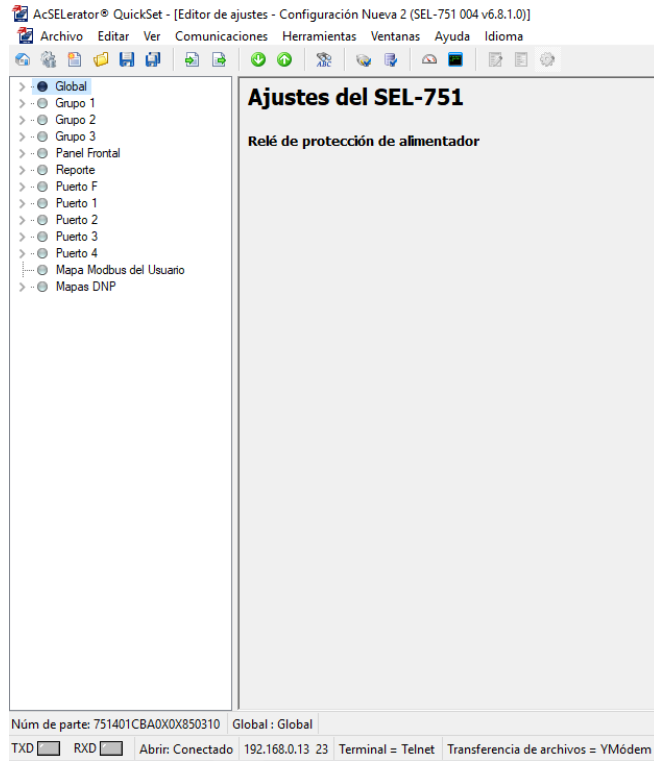


FIGURA 92: VENTANA DE AJUSTES DEL RELÉ

4. Seleccione **Grupo 1** → **Ajustar 1** → **Principal**. Aquí se ajustará la relación del CT (CTR – CTRN).

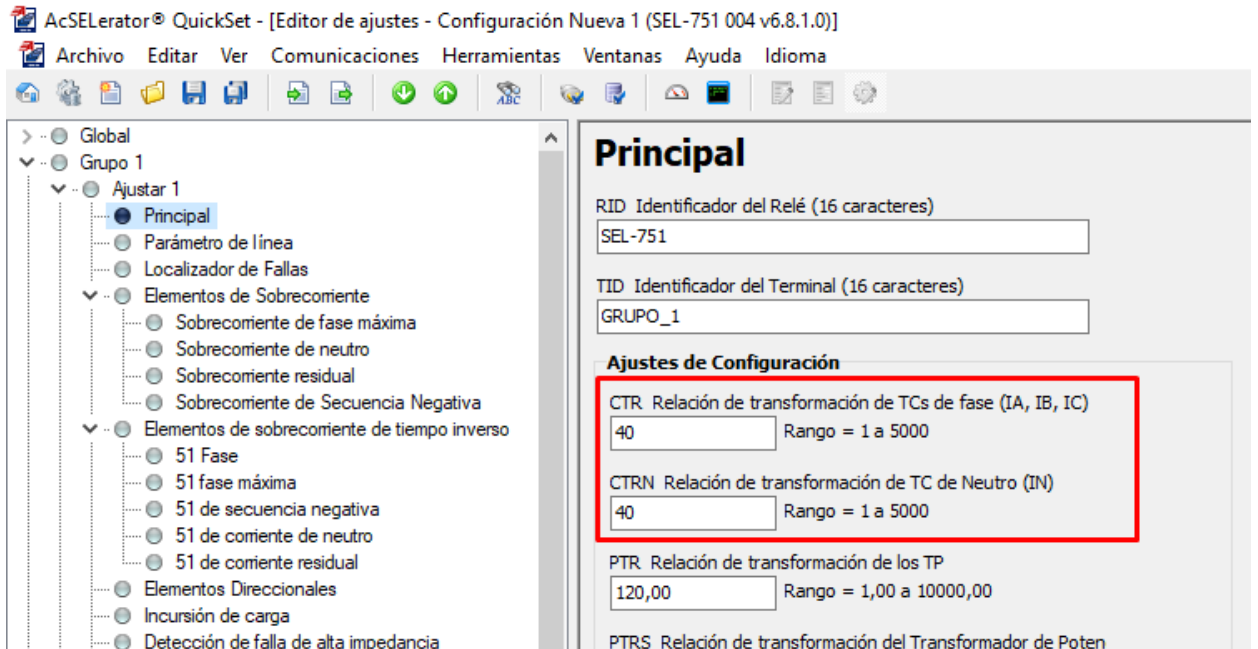


FIGURA 93: AJUSTE DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DEL CT

- Para el ajuste de la protección 50, se da clic en **Elementos de Sobrecorriente** → **Sobrecorriente de fase máxima** y se insertan los parámetros respectivos.

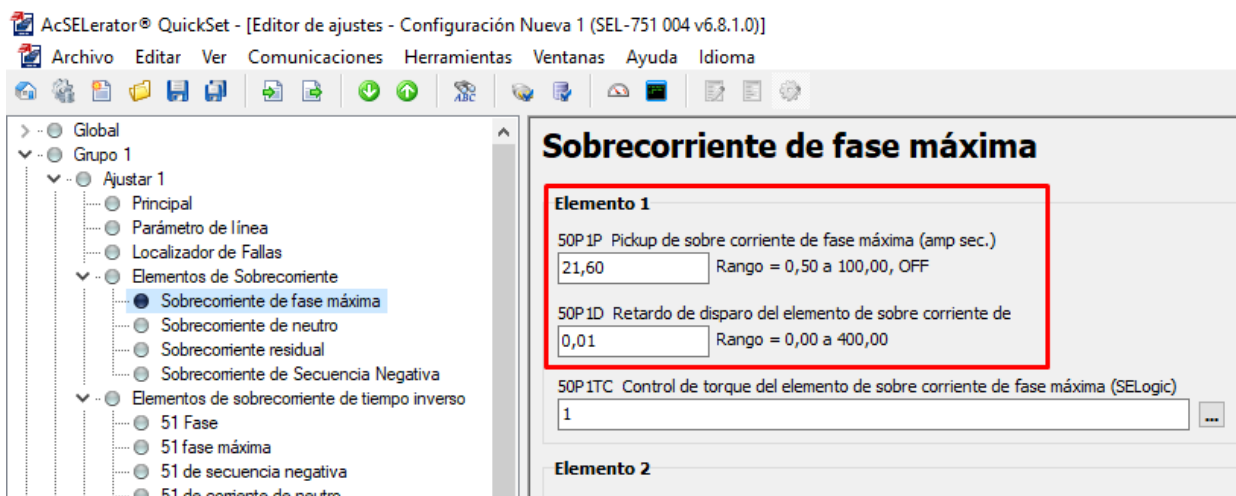


FIGURA 94: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 50

- Para el ajuste de la protección 51, se da clic en **Elementos de Sobrecorriente de tiempo inverso** → **51 fase** y se insertan los parámetros respectivos.

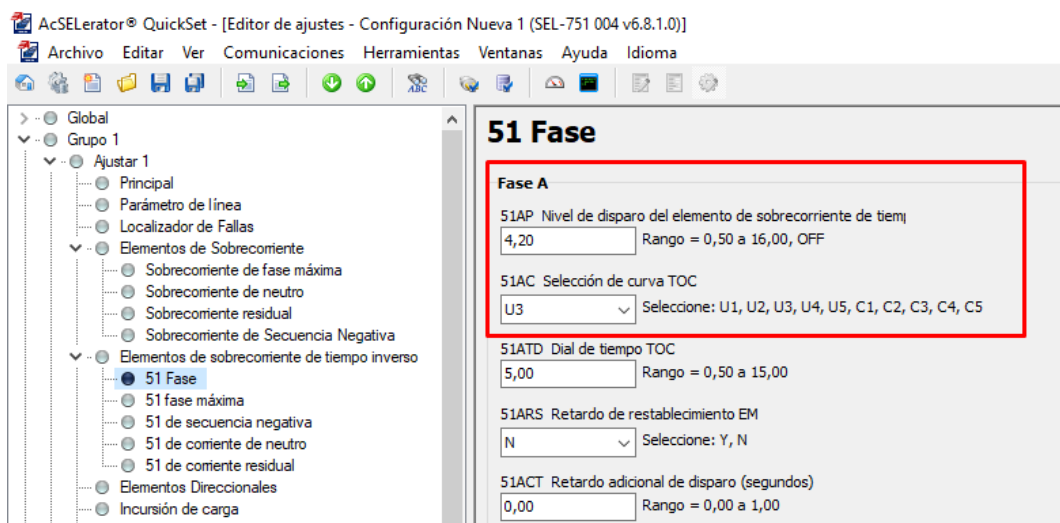


FIGURA 95: AJUSTE DE LA PROTECCIÓN 51

- Antes de finalizar, se procede a cargar la lógica de disparo de las protecciones ajustadas, clic en **Lógica 1** → **Ranura A** → **OUT 101**.

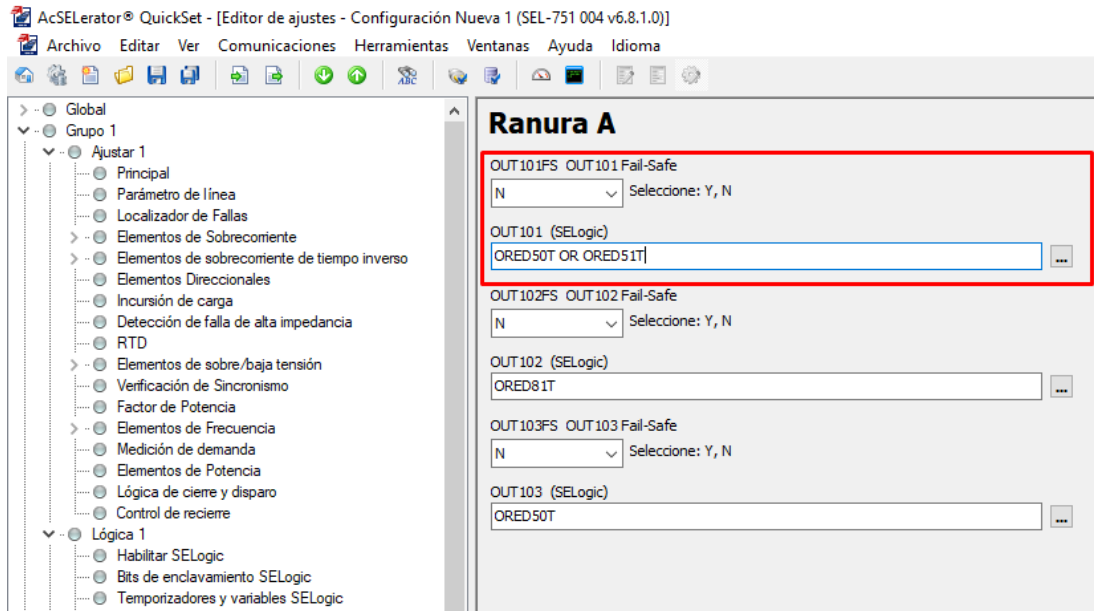


FIGURA 96: LÓGICA DE DISPARO DE LAS PROTECCIONES

8. Una vez que se haya realizado el ajuste para la función 50 y para la función 51, se procede a **Enviar los ajustes activos** previamente a ser cargados en el relé.

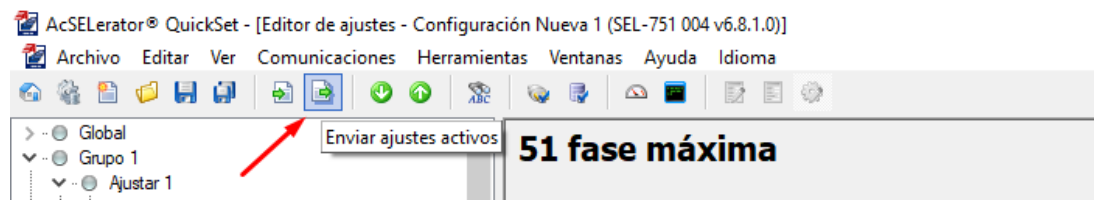


FIGURA 97: ENVÍO DE AJUSTES ACTIVOS

9. Finalmente, una vez que se envíen los ajustes activos aparecerá una ventana **Selección de clase/grupos de ajustes** y automáticamente se seleccionaran aquellos grupos en los cuales se han realizado los ajustes y clic en **Aceptar** para cargar todos los datos al relé.

4.8.5.3 Ingreso de parámetros al equipo Omicron CMC 356 para probar la coordinación de protecciones 50/51 de 69KV y 13.8KV

1. Realizar la comunicación del equipo Omicron CMC 356 con el software Test Universe.

Seguir los pasos para la comunicación como se lo detalla en la Práctica III.

2. Cuando se haya realizado la respectiva comunicación, en la ventana principal del software Test Universe en la sección de **Módulos de pruebas** se selecciona el módulo de prueba **Overcurrent** el cual ayuda a realizar la simulación para las protecciones 50/51.
3. Dentro del módulo de prueba seleccione **Equipo de prueba**, aparece una nueva ventana en donde se elegirá la opción de **Overcurrent. (Práctica VII)**
4. Se abrirá una ventana de **Parámetros de protección de sobrecorriente** → **Clic en Elementos. (Práctica VII)**
5. Se deberá seleccionar el **tipo curva, la corriente de arranque y el tiempo** en que deberá operar la protección. **(Práctica VII)**

➤ **Para la protección 51**

- Al dar clic en el cuadro de **Características de disparo**, se abrirá una ventana de **Administrar/seleccionar características** en donde se seleccionará la carpeta de **Predefinidas** → **Inverse** para seleccionar el tipo de curva.
- Se deberá seleccionar la curva de acuerdo al Relé con el cual se está trabajando, para esta prueba se selecciona la curva **SEL NI curve U3**.
- Se ingresan los valores de **Corriente de arranque y Tiempo**. Para el valor de la corriente de arranque se deberá ingresar en valores Por Unidad.

➤ **Para la protección 50**

- Clic en **Añadir** para agregar un nuevo campo de ajustes para el ingreso de parámetros de la función 50.
- Al dar clic en el cuadro de **Características de disparo**, se abrirá una ventana de **Administrar/seleccionar características** en donde se seleccionará la carpeta de **Estándar** → **CEI Tiempo definido** para seleccionar el tipo de curva estándar que ya viene predefinida en el software.
- Se ingresan los valores para la **Corriente de arranque y Tiempo**.

Para el valor de la corriente de arranque se deberá ingresar en valores Por Unidad.

Parámetros de protección de sobrecorriente

Parámetros del relé: Elementos

Tipo de elemento seleccionado: Fase (2 Elementos / 2 Activo)

	Activo	Nombre del elemento	Características de disparo	I arranque	Absoluta	Tiempo	Relación de	Dirección
Añadir	<input checked="" type="checkbox"/>	I #1 Fase	SEL VI curve U3	0,440 Iref	2,200 A	7,000	0,950	No direccional
Copiar en...	<input checked="" type="checkbox"/>	I #2 Fase	CEI Tiempo definido	5,000 Iref	25,00 A	10,00 ms	0,950	No direccional
Anular	<input checked="" type="checkbox"/>	I #1 Fase	SEL VI curve U3	0,840 Iref	4,200 A	5,000	0,950	No direccional
	<input checked="" type="checkbox"/>	I #2 Fase	CEI Tiempo definido	4,320 Iref	21,60 A	10,00 ms	0,950	No direccional

Mover arriba

Mover abajo

Definir característica del elemento: Ver característica resultante

Característica

Nombre: SEL VI curve U3

$$t(s) = \frac{A \cdot Td + K1}{M^P - Q} + B \cdot Td + K2$$

Límites de rango

Activo

I mín: 0,000 Iref t mín: 0,000 s

I máx: +∞ Iref t máx: +∞ s

FIGURA 98: PARÁMETROS PARA LA PROTECCIÓN 50/51 DE 69KV Y 13.8KV

- Finalmente, clic **Aceptar** para cargar los ajustes.

6. Para realizar la simulación:

- Clic en **Añadir** para insertar más puntos de pruebas.
- Seleccionar el **Tipo** de fallas que se van a simular.
- Insertar el valor de **Magnitud**.
- Por último, clic en **Comenzar/Continuar** para iniciar la simulación.

7. Una vez que se haya realizado la simulación, se podrá visualizar el estado de los puntos de pruebas.

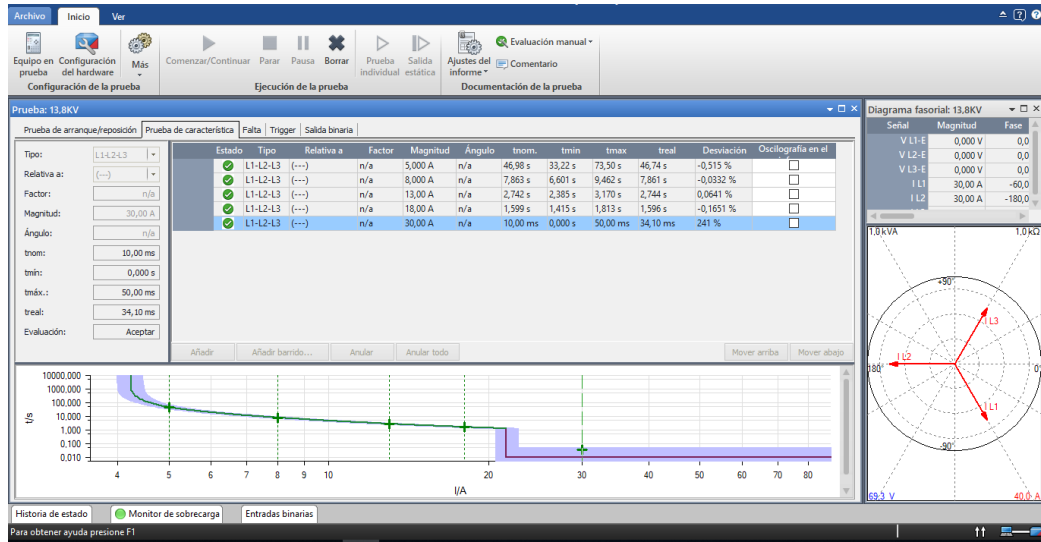


FIGURA 99: SIMULACIÓN DE PRUEBA PARA 69KV

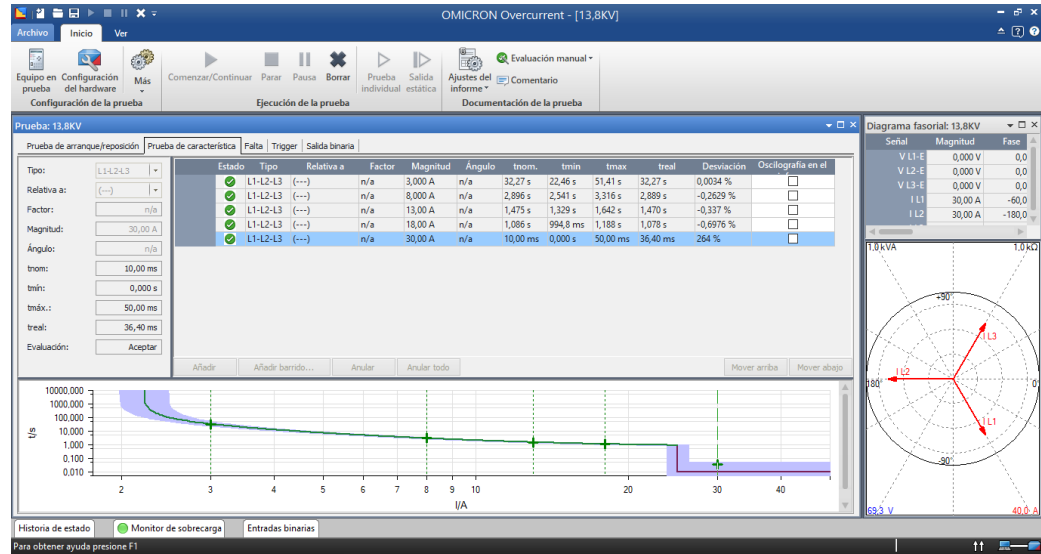


FIGURA 100: SIMULACIÓN DE PRUEBA PARA 13.8KV

8. Para obtener un informe de la prueba, seleccione la opción de **Ajustes del informe**.

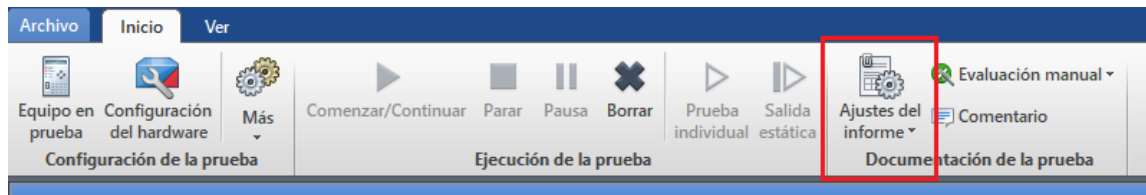


FIGURA 101: AJUSTES DE INFORME

9. En el cuadro **Formato de informe** se debe especificar si el formato será **Formato conciso** o **Formato detallado** y haga clic en **Aceptar**.

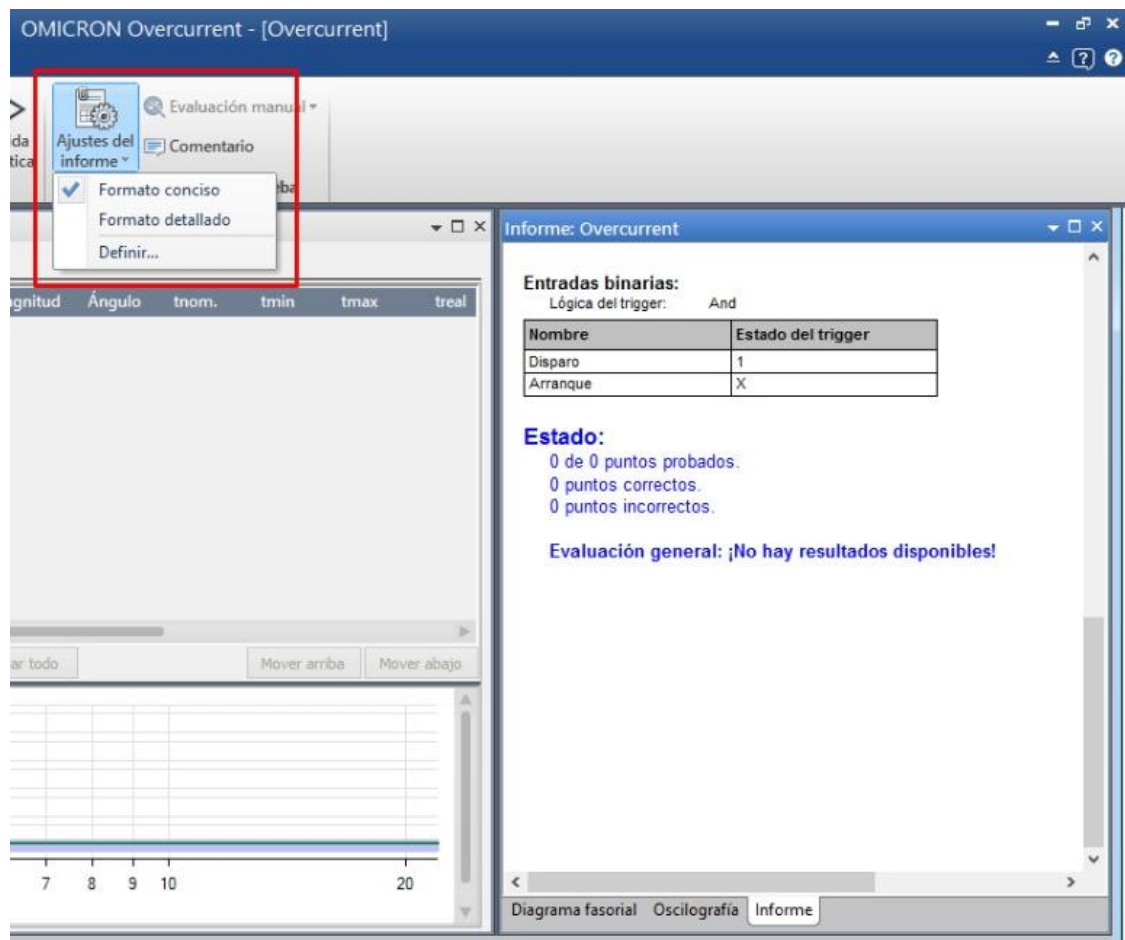


FIGURA 102: AJUSTE DE INFORME

Nota: Para guardar el informe en formato PDF o imprimirlo puede oprimir **CTRL+P**.

Equipo en prueba - Parámetros de sobrecorriente

General - Valores:

Tol. tiem. abs.:	0,04 s	Conexión del TT:	n/a
To. tiem. rel.:	5,00 %	Conexión del pto. de estrella del TC:	n/a
Tol. corr. abs.:	0,05 Iref		
Tol. corr. rel.:	5,00 %		
Direccional:	No		

Elementos - Fase:

Activo	Nombre	Característica de disparo	I arranque	Tiempo	Relación de restauración:	Dirección
Sí	I #1 Fase	SEL VI curve U3	0,84 Iref	5,00	0,95	No direccional
Sí	I #2 Fase	CEI Tiempo definido	4,32 Iref	0,01 s	0,95	No direccional

Módulo de prueba

Nombre:	OMICRON Overcurrent	Versión:	4.00
Comienzo:	03-sep.-2021 19:15:15	Fin:	03-sep.-2021 19:16:21
Nombre de usuario:		Administrador:	
Compañía:			

Ajustes de la prueba:

Modelo de Falta:

Referencia de tiempo:	Inicio de la falta
Corriente de carga:	0,000 A
Ángulo de carga:	n/a
Tiempo de pre-falta:	100,0 ms
Tiempo máx. abs.:	240,0 s
Tiempo de post-falta:	500,0 ms
Tiempo máx. rel.:	100,0 %
Activar salida de tensión:	No
Tensión de falta LN (todas fases menos las bifásicas):	n/a
Tensión de falta LL (para faltas bifásicas):	n/a
CC en disminución activa:	No
Constante de tiempo:	n/a
Tiempo mín. car. IP:	50,00 ms
Reposición térmica activa:	No
Método de Habilitar reposición:	n/a
Mensaje de reposición térmica:	n/a

Prueba de disparo:

Tipo	Relativa a	Factor	Magnitud	Ángulo	tnom.	tmin	tmax
L1-L2-L3	(---)	n/a	5,000 A	n/a	46,98 s	33,22 s	73,50 s
L1-L2-L3	(---)	n/a	8,000 A	n/a	7,863 s	6,601 s	9,462 s
L1-L2-L3	(---)	n/a	13,00 A	n/a	2,742 s	2,385 s	3,170 s
L1-L2-L3	(---)	n/a	18,00 A	n/a	1,599 s	1,415 s	1,813 s
L1-L2-L3	(---)	n/a	30,00 A	n/a	10,00 ms	0,000 s	50,00 ms

Salidas binarias:

Nombre	Estado
Sal.bin 1	0
Sal.bin 2	0
Sal.bin 3	0
Sal.bin 4	0

Entradas binarias:

Lógica del trigger:	And
---------------------	-----

FIGURA 103: REPORTE DE PRUEBA PARA 69KV

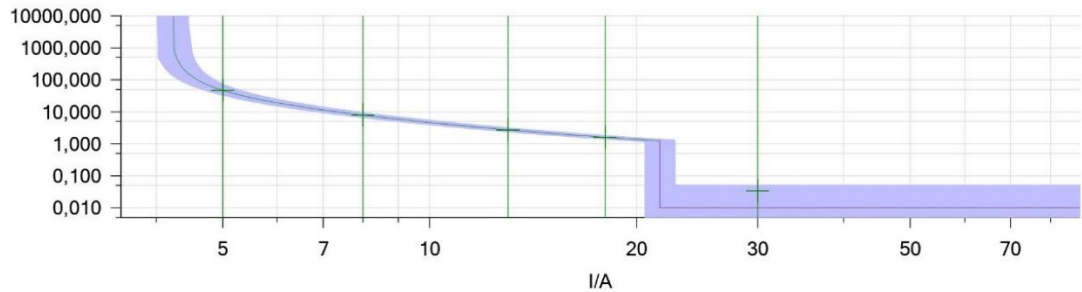
Nombre	Estado del trigger
Disparo	1
Arranque	X

Resultados de la prueba de disparo:

Tipo	Relativa a	Factor	Magnitud	Ángulo	tnom.	treal	Desviación	Sobrecarga	Result
L1-L2-L3	(---)	n/a	5,000 A	n/a	46,98 s	46,74 s	-0,5150 %	No	Correct
L1-L2-L3	(---)	n/a	8,000 A	n/a	7,863 s	7,861 s	-0,03320 %	No	Correct
L1-L2-L3	(---)	n/a	13,00 A	n/a	2,742 s	2,744 s	0,06410 %	No	Correct
L1-L2-L3	(---)	n/a	18,00 A	n/a	1,599 s	1,596 s	-0,1651 %	No	Correct
L1-L2-L3	(---)	n/a	30,00 A	n/a	10,00 ms	34,10 ms	241,0 %	No	Correct

Gráficos para tipos de falta:

Tipo	Ángulo
L1-L2-L3	n/a



Estado:

5 de 5 puntos probados.
 5 puntos correctos.
 0 puntos incorrectos.

Evaluación general: Prueba correcta

FIGURA 104: REPORTE DE PRUEBA PARA 69KV

Equipo en prueba - Parámetros de sobrecorriente

General - Valores:

Tol. tiem. abs.:	0,04 s	Conexión del TT:	n/a
To. tiem. rel.:	5,00 %	Conexión del pto. de estrella del TC:	n/a
Tol. corr. abs.:	0,05 Iref		
Tol. corr. rel.:	5,00 %		
Direccional:	No		

Elementos - Fase:

Activo	Nombre	Característica de disparo	I arranque	Tiempo	Relación de restauración:	Dirección
Sí	I #1 Fase	SEL VI curve U3	0,44 Iref	7,00	0,95	No direccional
Sí	I #2 Fase	CEI Tiempo definido	5,00 Iref	0,01 s	0,95	No direccional

Módulo de prueba

Nombre:	OMICRON Overcurrent	Versión:	4.00
Comienzo:	03-sep.-2021 18:53:43	Fin:	03-sep.-2021 18:54:29
Nombre de usuario:		Administrador:	
Compañía:			

Ajustes de la prueba:

Modelo de Falta:

Referencia de tiempo:	Inicio de la falta
Corriente de carga:	0,000 A
Ángulo de carga:	n/a
Tiempo de pre-falta:	100,0 ms
Tiempo máx. abs.:	240,0 s
Tiempo de post-falta:	500,0 ms
Tiempo máx. rel.:	100,0 %
Activar salida de tensión:	No
Tensión de falta LN (todas fases menos las bifásicas):	n/a
Tensión de falta LL (para faltas bifásicas):	n/a
CC en disminución activa:	No
Constante de tiempo:	n/a
Tiempo mín. car. IP:	50,00 ms
Reposición térmica activa:	No
Método de Habilitar reposición:	n/a
Mensaje de reposición térmica:	n/a

Prueba de disparo:

Tipo	Relativa a	Factor	Magnitud	Ángulo	tnom.	tmin	tmax
L1-L2-L3	(--)	n/a	3,000 A	n/a	32,27 s	22,46 s	51,41 s
L1-L2-L3	(--)	n/a	8,000 A	n/a	2,896 s	2,541 s	3,316 s
L1-L2-L3	(--)	n/a	13,00 A	n/a	1,475 s	1,329 s	1,642 s
L1-L2-L3	(--)	n/a	18,00 A	n/a	1,086 s	994,8 ms	1,188 s
L1-L2-L3	(--)	n/a	30,00 A	n/a	10,00 ms	0,000 s	50,00 ms

Salidas binarias:

Nombre	Estado
Sal.bin 1	0
Sal.bin 2	0
Sal.bin 3	0
Sal.bin 4	0

Entradas binarias:

Lógica del trigger: And

FIGURA 105: REPORTE DE PRUEBA PARA 13.8KV

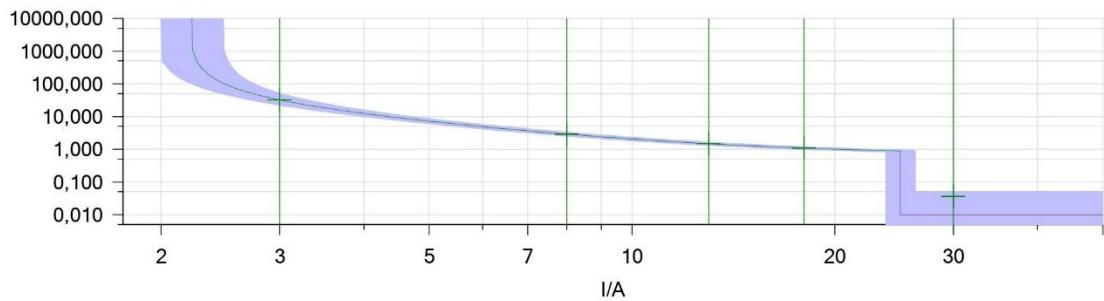
Nombre	Estado del trigger
Disparo	1
Arranque	X

Resultados de la prueba de disparo:

Tipo	Relativa a	Factor	Magnitud	Ángulo	tnom.	treal	Desviación	Sobrecarga	Result
L1-L2-L3	(---	n/a	3,000 A	n/a	32,27 s	32,27 s	0,003400 %	No	Correct
L1-L2-L3	(---	n/a	8,000 A	n/a	2,896 s	2,889 s	-0,2629 %	No	Correct
L1-L2-L3	(---	n/a	13,00 A	n/a	1,475 s	1,470 s	-0,3370 %	No	Correct
L1-L2-L3	(---	n/a	18,00 A	n/a	1,086 s	1,078 s	-0,6976 %	No	Correct
L1-L2-L3	(---	n/a	30,00 A	n/a	10,00 ms	36,40 ms	264,0 %	No	Correct

Gráficos para tipos de falta:

Tipo	Ángulo
L1-L2-L3	n/a



Estado:

5 de 5 puntos probados.
5 puntos correctos.
0 puntos incorrectos.

Evaluación general: Prueba correcta

FIGURA 106: INFORME DE PRUEBA PARA 13.8KV

CAPÍTULO 5

5 Costo de Implementación

5.1 Costo de Implementación

TABLA 13: COSTO TOTAL DE EQUIPOS Y MATERIALES

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Computadora portátil	1	500	500

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

A través de la elaboración de este proyecto técnico se logró implementar una guía práctica en la cual se detalla el paso a paso para el uso de la maleta de inyección Omicron CMC 356 y el relé SEL-751.

Gracias a la versatilidad y al manejo de altas magnitudes que ofrece el equipo CMC 356 se logró realizar pruebas de protecciones para Voltajes, Corrientes y Frecuencia empleando datos de fallas reales que se presentan en un sistema de distribución de energía eléctrica.

Mediante las prácticas efectuadas se pudo desarrollar el manejo adecuado del equipo de inyección, lo cual resulta provechoso para realizar pruebas de ajustes en los relés antes de ser puestos en operación dentro del Sistema Eléctrico de Potencia.

Con esta guía los estudiantes de la UPS de la carrera de ingeniería eléctrica tendrán una base teórica-práctica para el desarrollo de sus conocimientos en el área de las protecciones eléctricas.

6.2 RECOMENDACIONES

Verificar en el Datasheet del relé SEL-751 las funciones que se encuentran habilitadas para la realización de las pruebas de protecciones en el sistema de distribución.

Antes de iniciar las pruebas de comunicación para el relé es necesario conocer la dirección IP de este para poder hacer efectiva la conexión con el software.

Es importante que al usar el equipo de inyección Omicron CMC 356, este se encuentre conectado a tierra para proveerle protección al equipo y al operador.

Realizar un chequeo de forma periódica a los elementos que se encuentran en el módulo para prevenir fallas que interfieran en las prácticas a efectuarse.

Implementar nuevas prácticas en la cual se haga uso del equipo CMC 356 para las diversas funciones que ofrecen los equipos de protección.

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. X. Verdugo, J. C. Cepeda, and J. E. Román, “Aceleración de Máquinas Sincrónicas en el Sistema Nacional Interconectado durante un cortocircuito de larga duración,” *Rev. Técnica “energía,”* vol. 13, no. 1, pp. 5-14 pp., Jan. 2017, doi: 10.37116/REVISTAENERGIA.V13.N1.2017.2.
- [2] E. M. Pérez-Huilca, R. J. Urbina-Rivera, and D. M. Barbero-Palacios, “Guía de estilo para sistemas eléctricos de potencia,” *Polo del Conoc.,* vol. 3, no. 7, p. 83, 2018, doi: 10.23857/pc.v3i7.531.
- [3] D. P. Fernández Jiménez, “Análisis de las energías limpias para la generación de energía eléctrica,” pp. 1–79, 2018.
- [4] J. D. Zorrilla Henao, A. Céspedes Fernández, and D. F. García Gómez, “Técnicas para el diagnóstico de transformadores de potencia: Una revisión crítica,” *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.,* vol. 28, no. 2, pp. 184–203, 2020, doi: 10.4067/s0718-33052020000200184.
- [5] D. Jaramillo, A. Fonseca, and F. Pérez, “Metodología para Determinar la Distribución de Corrientes de Desbalance en Líneas Aéreas de Transmisión de Energía Eléctrica,” *Rev. Politécnica,* vol. 44, no. 2, pp. 15–24, 2020, doi: 10.33333/rp.vol44n2.02.
- [6] S. M. Jami Solis, “Evaluación de la estabilidad del sistema de transmisión eléctrica a partir de estructuras simétricas considerando transferencia de carga,” *I+D Tecnológico,* vol. 16, no. 2, 2020, doi: 10.33412/idt.v16.2.2836.
- [7] Fiaschetti Leandro, “Sistema de gestión y localización de fallas en redes de distribución de energía con aplicación en el ámbito regional ,” 2021.
- [8] C. Orellana Orellana, E. F. Orellana Orellana, and J. L. Hernández Rincón, “Gestión de la calidad en la distribución eléctrica del Estado Zulia,” *Rev. Oratores,* no. 11, pp. 28–49, 2020, doi: 10.37594/oratores.n11.323.
- [9] D. H. Cárdenas Villacrés, C. F. Chávez Córdova, and N. R. Layedra Quinteros, “Estabilidad de Voltaje en Redes de Distribución Eléctrica Monofásicas de Medio

- Voltaje, Aplicando Reguladores Quick Drive Tap en Estado Estable,” *Ingenio*, vol. 4, no. 1, pp. 17–26, 2021, doi: 10.29166/ingenio.v4i1.3067.
- [10] R. Pérez, C. Vásquez, and A. Viloriaf, “Fault Location Methods in Electric Distribution Systems with Presence of Distributed Generation,” 2019.
- [11] J. Dolores and J. Cervantes, “Sistemas de distribución de energía eléctrica / José Dolores Juárez Cervantes.,” 2016.
- [12] C. Juárez Sosa, “Cap 1 ‘Sistema Eléctrico de Potencia,’” 2017.
- [13] Roberto Espinosa y Lara, “Sistemas de Distribución,” *Journal of Chemical Information and Modeling*, 2013. [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/784/A4 SISTEMAS DE DISTRIBUCION.pdf?sequence=4](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/784/A4%20SISTEMAS%20DE%20DISTRIBUCION.pdf?sequence=4) (accessed Aug. 08, 2021).
- [14] S. D. E. L. O. S. Terminos and D. E. U. N. A. Sucesi, “Unidad I : Sucesiones.”
- [15] J. A. D. L. H. Sanabria, “PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS.” 2017, Accessed: Aug. 12, 2021. [Online]. Available: https://www.academia.edu/19304042/PROTECCIÓN_DE_SISTEMAS_ELÉCTRICOS.
- [16] Milton David López Cadena, “Ubicación de fallas en redes de Distribución Eléctrica basado en sensado comprimido ,” Jul. 2018.
- [17] F. Javier Calero Camacho, “Localización de fallas en sistemas de distribución de energía eléctrica usando generación distribuida basado en el método de Ratán Das,” Feb. 2019.
- [18] Acuña Correa Diego Patricio, “Localización de fallas en sistemas eléctricos de distribución basados en la matriz de impedancia de barra ,” Jun. 2017.
- [19] F. Javier Calero Camacho, “LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA USANDO GENERACIÓN DISTRIBUIDA BASADO EN EL MÉTODO DE RATÁN DAS ,” Feb. 2019.
- [20] Guaigua Guanopatin Hernan Geovanny, “Estandarización de ajustes, pruebas y

programación de las funciones complementarias en relés numéricos de protección.,” Quito, 2019.

- [21] Figueroa Joel, “PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS,” 2017.
- [22] R. Poyato, “Calidad eléctrica y pérdidas de energía en el cableado,” 2017.
- [23] F. Fernades, “Perturbaciones de la red electrica,” 2015.
- [24] Iberdrola Distribución Eléctrica, “Perturbaciones eléctricas: Efectos y Soluciones en Instalaciones Industriales,” *Neg. redes España*, 2018.
- [25] jmuñoz, “DEFINICION DE HUECO DE TENSION,” Sep. 2016.
- [26] S. G. Ríos, “Análisis de desequilibrios en transformadores y máquinas de inducción trifásicos,” Jun. 2019.
- [27] Salicru, “Principales tipos de Perturbaciones Eléctricas - Salicru - SAIs | UPS | Variadores de Frecuencia | Inversores solares | Servicio y Soporte Técnico .” <https://www.salicru.com/ec-es/principales-tipos-de-perturbaciones-electricas.html> (accessed Aug. 30, 2021).
- [28] Arciniega Calderón Maricela Alexandra, “DETECCIÓN Y ANÁLISIS ARMÓNICO EN SEÑALES ELÉCTRICAS USANDO SENSADO COMPRIMIDO PARA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA.,” Jan. 2018.
- [29] A. Suarez, “Medición de la Calidad de la Energía,” pp. 1–17, 2014, [Online]. Available: http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/archivos/medicion_calidad_energia.pdf.
- [30] J. Jara-noriega, “Optimización De La Protección Eléctrica De La Subestación Tierra Colorada,” p. 155, 2015, [Online]. Available: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2560/IME_192.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [31] Samuel Ramírez Castaño, “PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS,” Universidad Nacional de Colombia , Manizales, 2018.

- [32] J. Ayala, Ronald; Tenesaca, “Implementación de un sistema de comunicación IEC 61850 para monitoreo y control de los módulos de protección de líneas de transmisión, sistemas de generación y redes de distribución,” *Univ. Politécnica Sales.*, p. 166, 2018.
- [33] OMICROM, “Soluciones de prueba para sistemas de protección y medición Perfil de la empresa,” pp. 1–68, 2018, [Online]. Available: <https://www.omicronenergy.com/es/productos/test-universe/documents/>.
- [34] “Primeros pasos con Test Universe 4.20.”
- [35] F. W. Arévalo Moreno, “Guía Metodológica Para Pruebas De Relés De Protección Multifuncional Con El Equipo De Inyección Omicron Cmc.,” *Univ. Dist. Fr. José Caldas - Fac. Tecnológica.*, vol. 151, p. 139, 2015, [Online]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4674>.
- [36] J. Delgadillo and E. Mirela, “con maleta de pruebas CMC356 en C . H . Huanza G1 realizado por la Empresa Tabraj y Asociados,” 2018.
- [37] SEL, “AcSELErator QuickSet Flyer,” 2018, [Online]. Available: selinc.com.
- [38] F. D. Barberán Núñez and M. F. Suárez Ordóñez, “Diseño y construcción de un módulo didáctico de protecciones de redes de distribución en sistemas eléctricos de potencia,” *Univ. Politécnica Sales. Sede Guayaquil*, 2017, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14178>.
- [39] Schweitzer Engineering Laboratories, “SEL-751A Feeder Protection Relay,” pp. 1–8, 2014.
- [40] SEL, “SEL-751 Relay Feeder Protection Relay,” p. 40, 2020.
- [41] OMICRON, “Cmc 356,” *Omicron*, pp. 1–3, 2018, [Online]. Available: <https://www.omicronenergy.com/en/products/cmc-356/>.
- [42] “CMC 356 - Equipo universal de prueba de relés y herramienta de puesta en servicio - OMICRON.” <https://www.omicronenergy.com/es/productos/cmc-356/#contact-menu-open> (accessed Sep. 14, 2021).

- [43] “SEL-751 Feeder Protection Relay | Schweitzer Engineering Laboratories.” <https://selinc.com/products/751/> (accessed Sep. 15, 2021).
- [44] SEL, “SEL-751A - Feeder Protection Relay Instruction Manual,” *Sel*, p. 668, 2013, [Online]. Available: www.selinc.com.
- [45] T. Universe and A. Area, “Practical Example of Use Testing Directional Overcurrent Protection,” pp. 1–22, 2010.
- [46] OMICRON, “Testing Distance Protection Practical Example of Use,” 2015.

8 ANEXOS

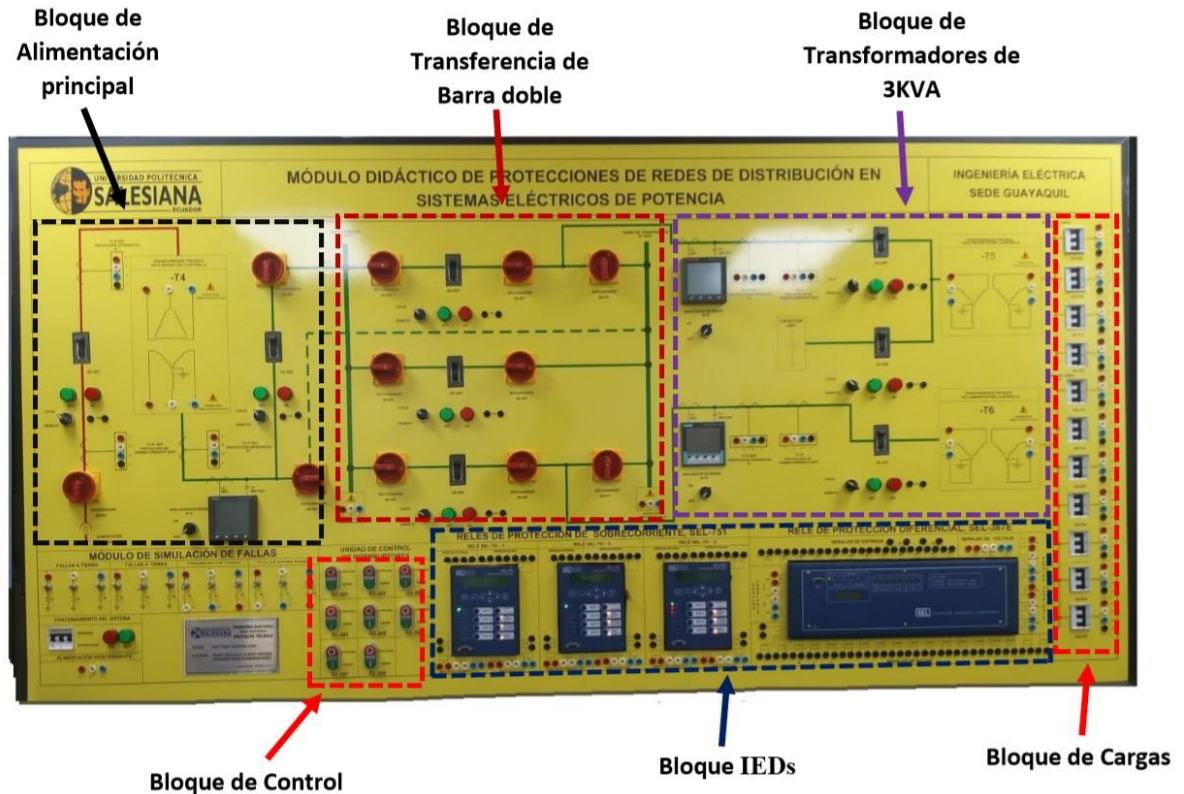


FIGURA 107: DIVISIÓN EN BLOQUES DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE PROTECCIONES DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.
FUENTE: LOS AUTORES

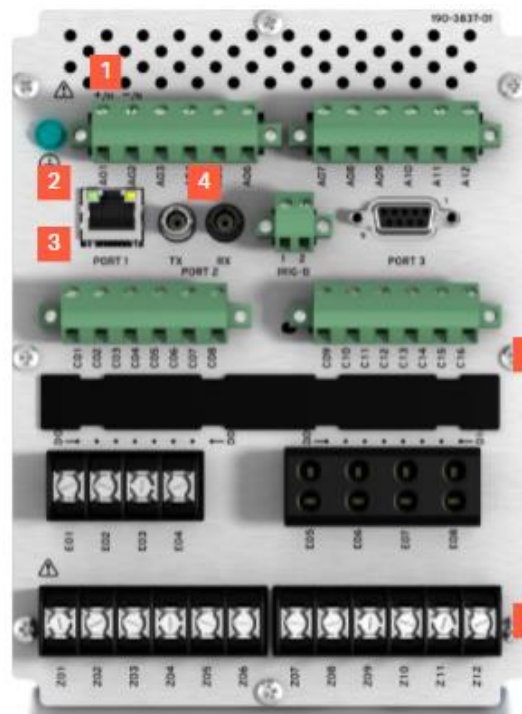
QuickSet Minimum System Requirements	
Supported Operating Systems	Microsoft Windows® 7 (32- and 64-bit) Microsoft Windows 8 (32- and 64-bit) Microsoft Windows 10 (32- and 64-bit) Microsoft Windows Server® 2008 Microsoft Windows Server 2012 Microsoft Windows Server 2016
Processor Speed	1 GHz or faster
RAM	1 GB RAM (32-bit) or 2 GB RAM (64-bit)
Disk Space	1.5 GB (all options) or 3 GB if Microsoft .NET Framework is installed
Printer	Default printer installed for printing settings
Monitor	VGA 1024 x 768 or higher resolution monitor
Other Peripherals	Mouse or other pointing device
Installation	Administrative privileges required for installation
Communications	Serial or Ethernet connection to allow communication with SEL devices
Language Support	Simplified Chinese, English, French, Portuguese, Russian, Spanish, and Turkish
Required Third-Party Software	Microsoft .NET Framework 4.51 and Microsoft Access Database Engine 2016

FIGURA 108: REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SOFTWARE ACCELERATOR QUICKSET [37]



- 1: Pantalla LCD 2x16 caracteres.
- 2: Mensajes predeterminados o hasta 32 etiquetas, notifican al personal sobre eventos del sistema de energía o el estado del relé.
- 3: LED tricolores (programables).
- 4: Botones y etiquetas personalizadas.
- 5: Kit de etiquetas configurable según el usuario.
- 6: Dos LEDs tricolores por pulsador (programables).

FIGURA 109: PANEL FRONTAL DEL RELÉ SEL-751 [43]



- 1: Las opciones de fuente de alimentación incluyen 110-250VCC / 110-240VCA o 24-48VCC.
- 2: Protocolos y medios de comunicación.
- 3: Servidor web integrado.
- 4: Puerto serie de fibra óptica.
- 5: Ranuras para tarjetas que incluyen posiciones para E/S opcional o una tarjeta de detección de arco eléctrico/Vsync/Voat.
- 6: Entradas de corriente de fase y voltaje de fase.

FIGURA 110: PANEL POSTERIOR DEL RELÉ SEL-751 [43]

Curve Type	Operating Time	Reset Time
U1 (Moderately Inverse)	$t_p = TD \cdot \left(0.0226 + \frac{0.0104}{M^{0.02} - 1} \right)$	$t_r = TD \cdot \left(\frac{1.08}{1 - M^2} \right)$
U2 (Inverse)	$t_p = TD \cdot \left(0.180 + \frac{5.95}{M^2 - 1} \right)$	$t_r = TD \cdot \left(\frac{5.95}{1 - M^2} \right)$
U3 (Very Inverse)	$t_p = TD \cdot \left(0.0963 + \frac{3.88}{M^2 - 1} \right)$	$t_r = TD \cdot \left(\frac{3.88}{1 - M^2} \right)$
U4 (Extremely Inverse)	$t_p = TD \cdot \left(0.0352 + \frac{5.67}{M^2 - 1} \right)$	$t_r = TD \cdot \left(\frac{5.67}{1 - M^2} \right)$
U5 (Short-Time Inverse)	$t_p = TD \cdot \left(0.00262 + \frac{0.00342}{M^{0.02} - 1} \right)$	$t_r = TD \cdot \left(\frac{0.323}{1 - M^2} \right)$

where:

t_p = operating time in seconds

t_r = electromechanical induction—disk emulation reset time in seconds (if you select electromechanical reset setting)

TD = time-dial setting

M = applied multiples of pickup current [for operating time (t_p), $M > 1$; for reset time (t_r), $M \leq 1$]

FIGURA 111: CURVAS DEL RELÉ SEL-751 SEGÚN LA NORMATIVA AMERICANA [44]

Curve Type	Operating Time	Reset Time
C1 (Standard Inverse)	$t_p = TD \cdot \left(\frac{0.14}{M^{0.02} - 1} \right)$	$t_r = TD \cdot \left(\frac{13.5}{1 - M^2} \right)$
C2 (Very Inverse)	$t_p = TD \cdot \left(\frac{13.5}{M - 1} \right)$	$t_r = TD \cdot \left(\frac{47.3}{1 - M^2} \right)$
C3 (Extremely Inverse)	$t_p = TD \cdot \left(\frac{80}{M^2 - 1} \right)$	$t_r = TD \cdot \left(\frac{80}{1 - M^2} \right)$
C4 (Long-Time Inverse)	$t_p = TD \cdot \left(\frac{120}{M - 1} \right)$	$t_r = TD \cdot \left(\frac{120}{1 - M} \right)$
C5 (Short-Time Inverse)	$t_p = TD \cdot \left(\frac{0.05}{M^{0.04} - 1} \right)$	$t_r = TD \cdot \left(\frac{4.85}{1 - M^2} \right)$

where:

t_p = operating time in seconds

t_r = electromechanical induction—disk emulation reset time in seconds (if you select electromechanical reset setting)

TD = time-dial setting

M = applied multiples of pickup current [for operating time (t_p), $M > 1$; for reset time (t_r), $M \leq 1$]

FIGURA 112: CURVAS DEL RELÉ SEL-751 SEGÚN LA NORMATIVA IEC [44]

Generadores de corriente																										
Rango de valores	CA hexafásica (L-N)	6 x 0 ... 32 A																								
	CA trifásica (L-N)	3 x 0 ... 64 A (grupo A II B)																								
	CA monofásica (LL-LN)	1 x 0 ... 128 A (grupo A II B)																								
	CC (LL-LN)	1 x 0 ... 180 A (grupo A II B)																								
Potencia ²	CA hexafásica (L-N)	6 x 430 VA típ. a 25 A 6 x 250 W garant. a 20 A																								
	CA trifásica (L-N)	3 x 860 VA típ. a 50 A 3 x 500 W garant. a 40 A																								
	CA monofásica (LL-LN)	1 x 1000 VA típ. a 80 A 1 x 700 W garant. a 80 A																								
	CA monofásica (L-L)	1 x 1740 VA típ. a 50 A 1 x 1100 W garant. a 40 A																								
	CA monofásica (L-L-L-L)	1 x 1740 VA típ. a 25 A 1 x 1100 W garant. a 20 A																								
	CC (LL-LN)	1 x 1400 W típ. a ±80 A 1 x 1000 W garant. a 80 A																								
<p>Este gráfico muestra la potencia de salida (típ.) en VA en función de la salida de corriente en A para dos configuraciones de CA trifásica. La CA hexafásica (L-N) alcanza una potencia típica de 430 VA a 25 A. La CA trifásica (L-N) alcanza una potencia típica de 860 VA a 50 A.</p> <table border="1"> <caption>Datos para el gráfico de potencia de salida vs. salida de corriente (Potencia típ.)</caption> <thead> <tr> <th>Salida de corriente (A)</th> <th>CA hexafásica (L-N) (VA)</th> <th>CA trifásica (L-N) (VA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>25</td><td>430</td><td>430</td></tr> <tr><td>50</td><td>430</td><td>860</td></tr> <tr><td>64</td><td>430</td><td>860</td></tr> </tbody> </table>			Salida de corriente (A)	CA hexafásica (L-N) (VA)	CA trifásica (L-N) (VA)	0	0	0	25	430	430	50	430	860	64	430	860									
Salida de corriente (A)	CA hexafásica (L-N) (VA)	CA trifásica (L-N) (VA)																								
0	0	0																								
25	430	430																								
50	430	860																								
64	430	860																								
<p>Este gráfico muestra la potencia de salida (típ.) en VA en función de la salida de corriente en A para tres configuraciones de CA monofásica. La CA monofásica (L-L-L-L) alcanza una potencia típica de 1740 VA a 25 A. La CA monofásica (L-L) alcanza una potencia típica de 1740 VA a 50 A. La CA monofásica (LL-LN) alcanza una potencia típica de 1000 VA a 80 A.</p> <table border="1"> <caption>Datos para el gráfico de potencia de salida vs. salida de corriente (Potencia típ.)</caption> <thead> <tr> <th>Salida de corriente (A)</th> <th>CA monofásica (L-L-L-L) (VA)</th> <th>CA monofásica (L-L) (VA)</th> <th>CA monofásica (LL-LN) (VA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>25</td><td>1740</td><td>1740</td><td>1740</td></tr> <tr><td>50</td><td>1740</td><td>1740</td><td>1740</td></tr> <tr><td>80</td><td>1740</td><td>1740</td><td>1000</td></tr> <tr><td>128</td><td>1740</td><td>1740</td><td>700</td></tr> </tbody> </table>			Salida de corriente (A)	CA monofásica (L-L-L-L) (VA)	CA monofásica (L-L) (VA)	CA monofásica (LL-LN) (VA)	0	0	0	0	25	1740	1740	1740	50	1740	1740	1740	80	1740	1740	1000	128	1740	1740	700
Salida de corriente (A)	CA monofásica (L-L-L-L) (VA)	CA monofásica (L-L) (VA)	CA monofásica (LL-LN) (VA)																							
0	0	0	0																							
25	1740	1740	1740																							
50	1740	1740	1740																							
80	1740	1740	1000																							
128	1740	1740	700																							
Exactitud ³	Error < 0,05 % rd. ⁴ + 0,02 % rg. ⁴ típ. Error < 0,15 % rd. + 0,05 % rg. garant.																									
Distorsión (DAT+N) ⁵	< 0,05 % típ., < 0,15 % garant.																									
Resolución	1 mA																									
Tensión máx. de fuente (L-N)/(L-L)/(L-L-L-L)	35 Vpk / 70 Vpk / 140 Vpk																									
Zócalos de punta cónica de conexión	Zócalos de punta cónica de 4 mm (32 A continuamente)																									
Zócalo combinado de conexión	Grupo A solo (25 A máx. continuamente)																									

FIGURA 113: DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO OMICRON CMC 356 [33]

Generadores de tensión		
Rango de valores	CA tetrafásica (L-N)	4 x 0 ... 300 V (VL4(t) calculada automáticamente: VL4= (VL1+VL2+VL3)*c o programable libremente)
	CA trifásica (L-N)	3 x 0 ... 300 V
	CA monofásica (L-L)	1 x 0 ... 600 V
	CC (L-N)	4 x 0 ... ±300 V
Potencia	CA trifásica (L-N)	3 x 100 VA tlp. a 100 ... 300 V 3 x 85 VA garant. a 85 ... 300 V
	CA tetrafásica (L-N)	4 x 75 VA tlp. a 100 ... 300 V 4 x 50 VA garant. a 85 ... 300 V
	CA monofásica (L-N)	1 x 200 VA tlp. a 100 ... 300 V 1 x 150 VA garant. a 75 ... 300 V
	CA monofásica (L-L)	1 x 275 VA tlp. a 200 ... 600 V 1 x 250 VA garant. a 200 ... 600 V
	CC (L-N)	1 x 420 W tlp. a ±300 V 1 x 360 W garant. a 300 V
<p>El gráfico muestra la potencia de salida (típica y garantada) en VA en función de la tensión de salida en voltios (V) para cuatro configuraciones de generadores de tensión. El eje vertical representa la potencia de salida (típica y garantada) en VA, con marcas de 0, 50, 100, 150, 200, 250 y 300. El eje horizontal representa la tensión de salida en V, con marcas de 0, 100, 200, 300, 400, 500 y 600. Las líneas representan: CA monofásica (L-L) que alcanza 300 VA a 300 V; CA monofásica (L-N) que alcanza 200 VA a 300 V; CA trifásica (L-N) que alcanza 100 VA a 300 V; y CA tetrafásica (L-N) que alcanza 75 VA a 300 V.</p>		
Exactitud	Error < 0,03 % rd. ⁴ + 0,01 % rg. ⁴ tlp. a 0 ... 300 V Error < 0,08 % rd. + 0,02 % rg. garant. a 0 ... 300 V	
Distorsión (DAT+N) ⁵	0,015 % tlp., < 0,05 % garant.	
Rangos	150 V / 300 V	
Resolución	5 mV / 10 mV en el rango de 150 V / 300 V	
Conexión	Zócalos de punta cónica de 4 mm / zócalo combinado (1,2,3,N)	
Generadores, general		
Frecuencia	Rango de señales sinusoidales ⁶	10 ... 1000 Hz
	Rango de armónicos / interarmónicos	Tensión: 10 ... 3000 Hz ⁷ Corriente: 10 ... 1000 Hz
	Rango de señales transitorias	CC ... 3,1 kHz ⁷
	Exactitud/desviación	±0,5 ppm / ±1 ppm
	Resolución	< 5 μHz
Fase	Rango de ángulos	-360° ... +360°
	Resolución	0,001°
	Error a 50/60 Hz	Tensión: 0,02° tlp., < 0,1° garant. Corriente: 0,05° tlp., < 0,2° garant. ³
Ancho de banda (-3 dB)	3,1 kHz	

FIGURA 114: DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO OMICRON CMC 356 [33]

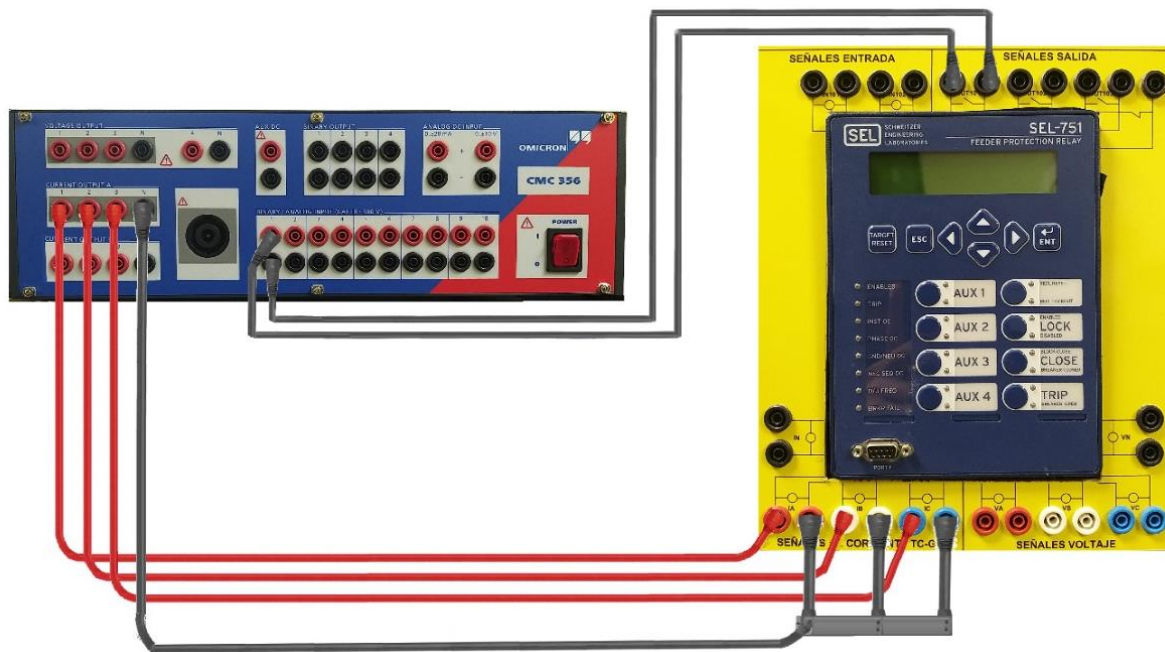


FIGURA 115: CONEXIÓN PARA PRUEBA DE PROTECCIÓN 50/51. FUENTE: LOS AUTORES

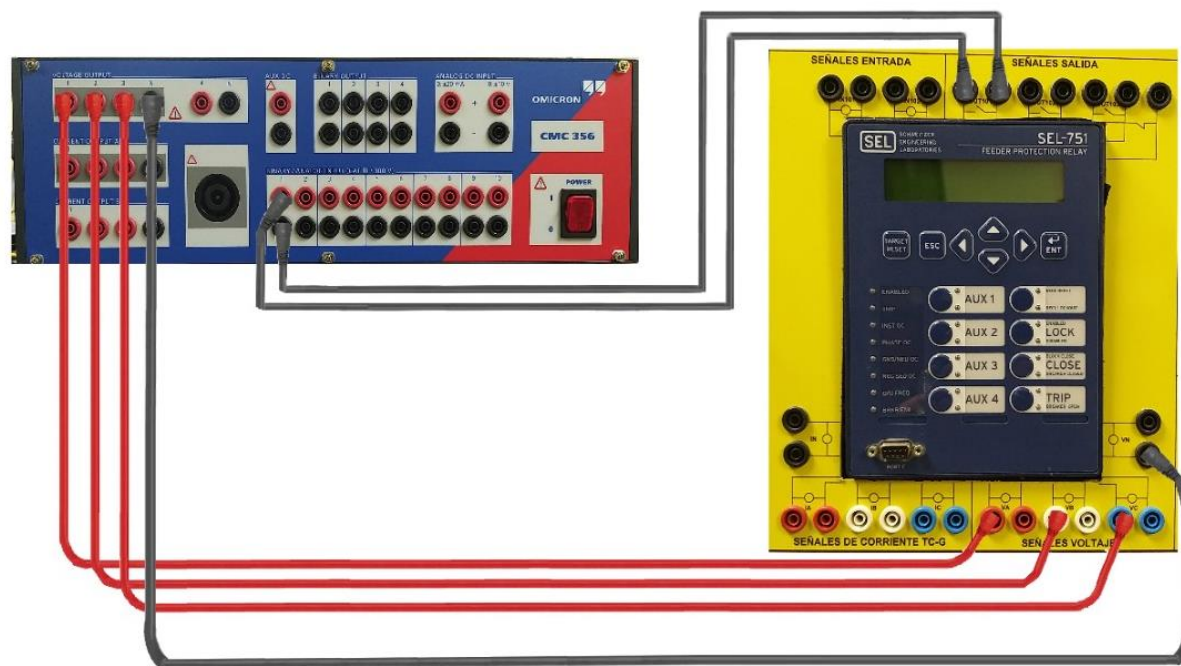


FIGURA 116: CONEXIÓN PARA PRUEBA DE PROTECCIÓN 27, 59 Y 81. FUENTE: LOS AUTORES

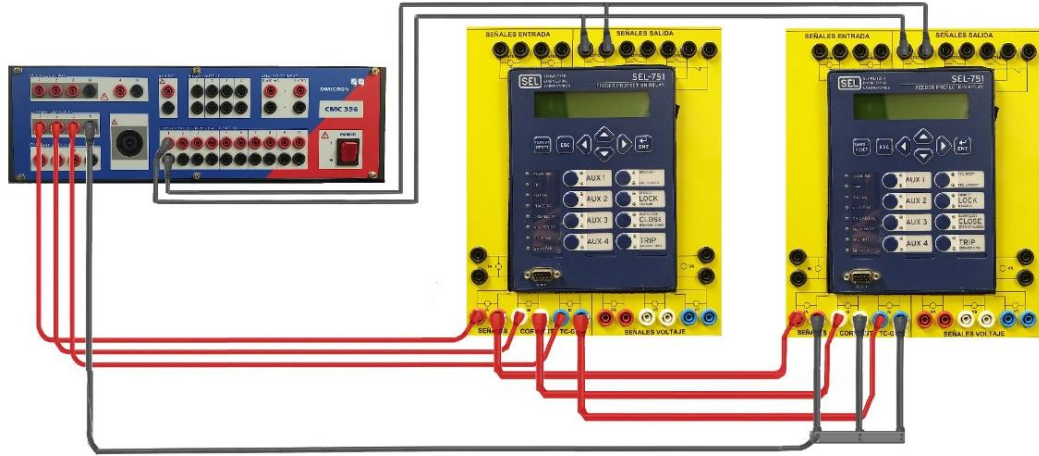


FIGURA 117: CONEXIÓN PARA LA PRUEBA DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN 50/51. FUENTE: LOS AUTORES

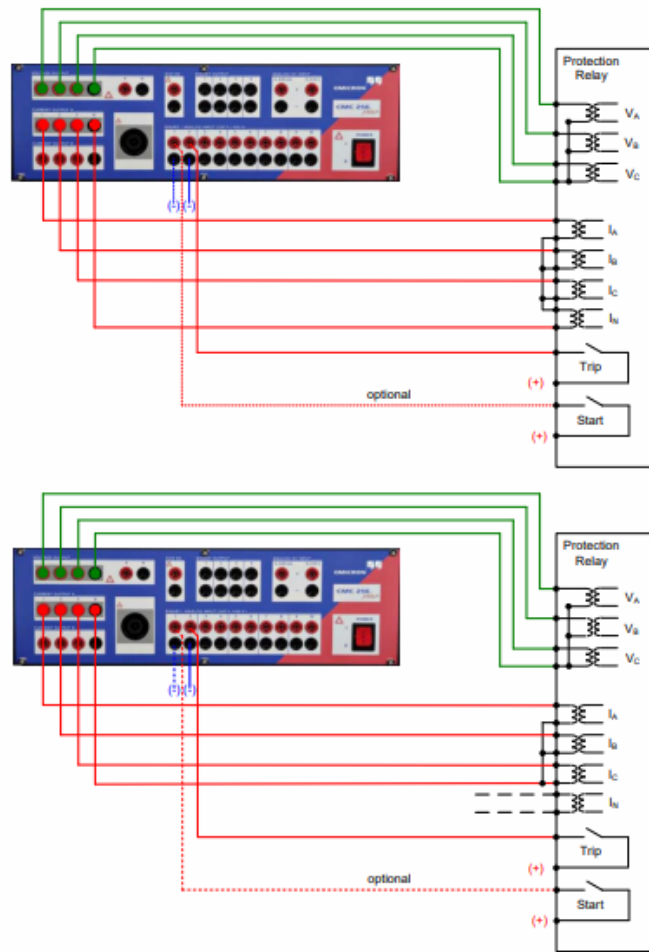


FIGURA 118: CONEXIÓN PARA PRUEBA DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL [45]

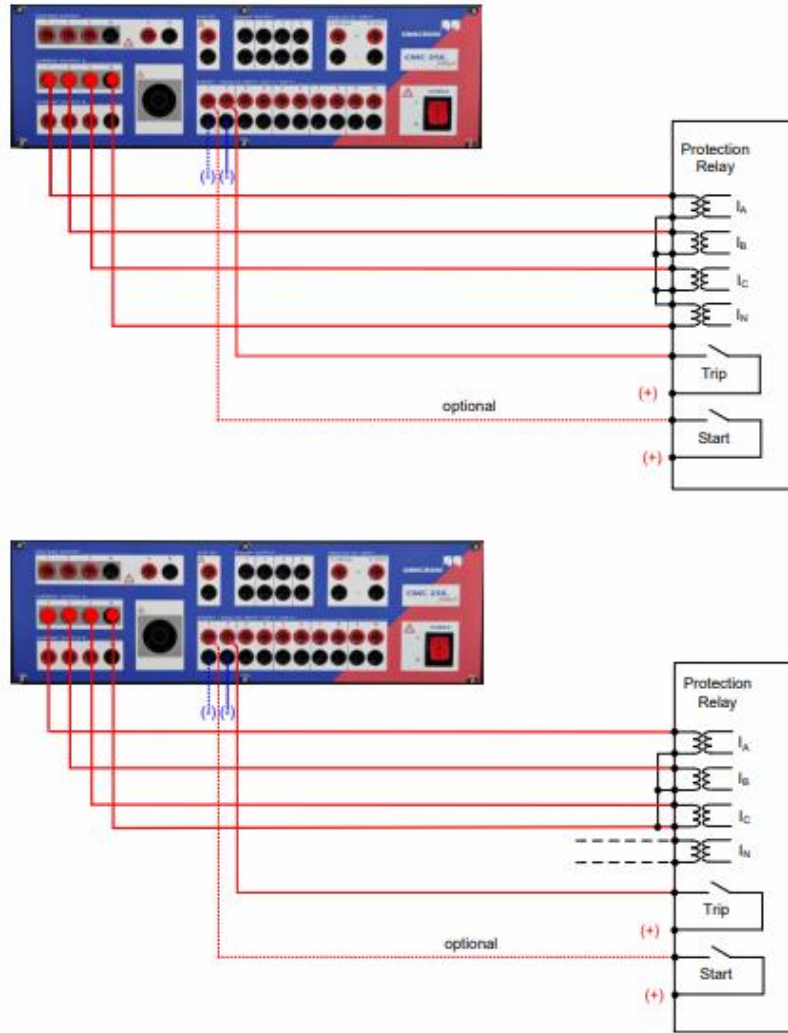


FIGURA 119: CONEXIÓN PARA PRUEBA DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE NO DIRECCIONAL [46]

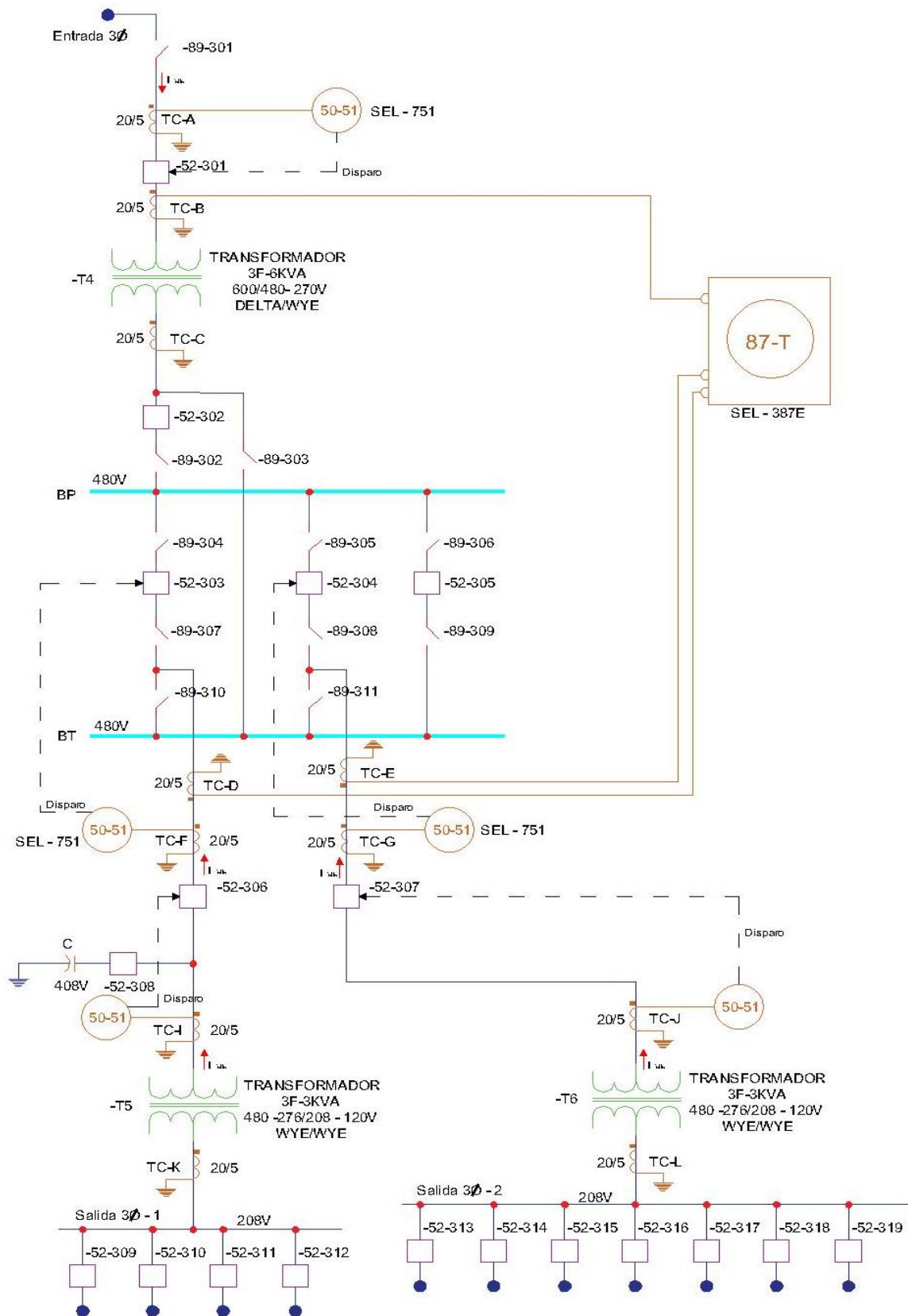


FIGURA 120: PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO DE DISTRIBUCIÓN. FUENTE: LOS AUTORES