



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ESTUDIOS DE LOS AJUSTES DE LAS PROTECCIONES
APLICADOS A LA CENTRAL TÉRMICA ENRIQUE GARCÍA”

**INFORME DE
MATERIA DE GRADUACIÓN**

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACIÓN POTENCIA



CIB - ESPOL

Presentado por:

JOSÉ DENNYS VÁSQUEZ LEMUS
JUAN EDUARDO YÉPEZ PÉREZ

Guayaquil - Ecuador
Año: 2012

espol
Biblioteca



D-93730

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios, por bendecirnos y mostrarnos el sendero del bien. A nuestros padres que con dedicación, tiempo, paciencia y buen ejemplo, han sabido guiarnos por el camino correcto para ser personas de bien con sólidos valores morales y éticos.

Al Ing. Juan Saavedra, quien con su orientación y experiencia supo brindarnos las pautas para el desarrollo del proyecto. A nuestros profesores, lo cuales han sido un pilar importante en la formación de nuestra carrera.

Finalmente a la CENTRAL TÉRMICA ENRIQUE GARCÍA, que nos abrió sus puertas para proporcionarnos importante información para la elaboración del proyecto.



CIB - ESPOL

DEDICATORIA

Este proyecto de graduación fue realizado con mucho esfuerzo, empeño y dedicación, todo esto es debido al profundo agradecimiento a Dios por ser la luz y guía de mi camino.

A mis padres que con sus conocimientos, paciencia y apoyo incondicional me han dejado la mejor herencia que es una excelente educación.

Un agradecimiento general a todas las personas que aportaron de alguna manera con algún conocimiento para mi formación como persona y profesional de bien.

José Dennys Vásquez Lemus



CIB - ESPOL

DEDICATORIA

La presente tesis de graduación va dedicada en primer lugar a Dios, por guiar cada uno de mis pasos y gracias a Él ha sido posible llegar hasta donde estoy el día de hoy.

A mis padres y mis hermanos ya que con su constante apoyo me han dado las herramientas y la guía necesaria para poder sobresalir adelante en este largo caminar.

A todos ellos les dedico este trabajo y mi triunfo universitario que también es de ellos ya que supieron acompañarme en el trayecto de mis estudios y aportaron con su granito de arena para llegar hasta lo que soy hoy.

Juan Eduardo Yépez Pérez

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este informe de graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Juan Eduardo Yépez Pérez



José Dennys Vásquez Lemus

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Juan Saavedra
Profesor de la Materia de Graduación



PhD. Cristóbal Mera G.
Profesor Delegado por la Unidad Académica



CIB - ESPOL

RESUMEN

Este proyecto está enfocado al estudio de los Equipos de Protección que se encuentran presentes en los sistemas de potencia de la Central Térmica Enrique García. Para ello, fue necesario realizar estudios de Flujo de Carga y Cortocircuito; con estos análisis determinaremos factores importantes a considerar al momento de realizar los ajustes de los relés de protecciones, Ya que se debe conocer contra anomalía, falla o disturbio se está protegiendo el equipo de Generación y transformación de nuestra Central.

Sin embargo, el presente proyecto realiza de manera inicial una descripción detallada de los elementos e instalaciones propias de la Central Enrique García, con el propósito de dar a conocer el mecanismo que desencadena generar energía eléctrica a partir de una Central Térmica.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ABREVIATURA.....	xviii
SIMBOLOGÍA.....	xxiii
CAPITULO 1	
1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	1
1.1 Resumen	2
1.2 Descripción de los Paquetes Ensamblados del Grupo Turbina -	
Generador	4
1.2.1 Recinto de la turbina de combustión.....	5
1.2.2 Generador de Gases	5
1.2.3 Paquete del Generador	6
1.2.4 Paquete Eléctrico	7
1.2.5 Paquete Mecánico.....	7
1.2.6 Modulo Combustible/Inyección de Agua.....	8
1.2.7 Modulo de la Bomba de Combustible.....	8
1.2.8 Modulo Inyección de Agua	8
1.2.9 Paquete de Arranque	9

1.2.10	Enfriadores	11
1.2.11	Filtro de Entrada de Aire	11
1.2.12	Silenciador de Entrada de Aire	11
1.3	Sistema de Generación	12
1.3.1	Generador	12
1.3.2	Sistema de Excitación	13
1.3.2.1	Excitador Principal	15
1.3.2.2	Generador de Iman Permanente (PMG)	15
1.3.2.3	Regulador de Voltage	15
1.3.2.4	Conectores del Generador	16
1.3.3	Sistema de 69 kV	17
1.3.4	Sistema Auxiliar	17
1.3.4.1	Sistema de 4160 V	18
1.3.4.2	Bomba de Combustible	18
1.3.4.3	Motor de Arranque	18
1.3.4.4	Sistema de 480 V	19
1.4	Sistema de Relés y Control	19

CAPITULO 2

2.	ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA	21
2.1	Criterios Adoptados para el Estudio	21
2.1.1	Flexibilidad Operacional	21
2.1.2	Niveles de Confiabilidad	21



2.1.3 Niveles de Sobrecarga	22
2.1.4 Regulación de Voltaje.....	22
2.2 Análisis de Casos	22
2.2.1 Caso Base (Máxima carga)	22
2.3 Datos del Sistema.....	25
2.3.1 Diagrama Unifilar	26
2.3.2 Datos de Barra de Carga	28
2.3.3 Datos de Transformadores de Fuerza	28
2.4 Resultados de los Estudios de Flujo de Carga.....	33
2.4.1 Caso Base (Máxima Carga)	33
2.4.1.1 Voltajes en Barras del Sistema	34
2.4.1.2 Carga de los Transformadores	34
2.5 Conclusiones del Estudio de Flujo.....	35

CAPITULO 3

3. ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO	37
3.1 Imroducción	37
3.2 Alcance de los Estudios de Corto Circuito.....	38
3.3 Datos del Sistema.....	39
3.3.1 Impedancia del Generador	39
3.3.2 Impedancias Equivalentes en el Punto de Entrega del SNI	39
3.3.2.1 MVA de Corto Circuito.....	40
3.3.2.2 Impedancias Equivalentes.....	40



3.4 Datos de Transformadores de Fuerza	41
3.5 Resultados de los Estudios de Corto Circuito.....	41
3.5.1 Caso Base	41
3.5.1.1 Corriente de Falla en Cada Barra.....	42
3.6 Conclusiones y Recomendaciones.....	43

CAPITULO 4

4 COORDINACION DE LAS PROTECCIONES.....	46
4.1 Introducción	46
4.2 Esquemas de Protecciones	47
4.2.1 Esquema de Protección del Generador	47
4.2.2 Esquema de Protección del Transformador	48
4.3 Ajuste de las Protecciones	48
4.3.1 Protección del Generador	48
4.3.1.1 Función 27/59 “Elemento de Protección de Bajo/Sobrevoltaje”	48
4.3.1.1.1 Descripción de Funcionamiento	48
4.3.1.1.2 Calculo del Ajuste del Elemento de Tensión	50
4.3.1.1.3 Descripción de los Ajustes.....	53
4.3.1.2 Función 32 “Elemento de Potencia Inversa y Baja Potencia Hacia Delante”.....	55
4.3.1.2.1 Descripción del Elemento	55
4.3.1.2.2 Descripción Funcional	56

4.3.1.2.3	Descripción de los Ajustes	57
4.3.1.2.4	Disparo de Potencia Inversa	58
4.3.1.3	Función 40 "Elemento de Pérdida de Campo"	61
4.3.1.3.1	Descripción del Elemento.....	61
4.3.1.3.2	Descripción Funcional	61
4.3.1.3.3	Calculo de Ajuste.....	64
4.3.1.3.4	Descripción de los Ajustes	65
4.3.1.4	Función 46 "Elemento de Sobrecorriente de Secuencia Negativa".....	68
4.3.1.4.1	Descripción del Elemento.....	68
4.3.1.4.2	Descripción de los Ajustes	68
4.3.1.4.3	Disparo de Sobrecorriente de Secuencia Negativa	70
4.3.1.5	Función 51 "Elemento de Sobrecorriente".....	72
4.3.1.5.1	Descripción del Elemento.....	72
4.3.1.5.2	Curva Tiempo-Sobrecorriente	73
4.3.1.5.3	Descripción de los Ajustes.....	75
4.3.1.5.4	Características Operativas del Elemento.....	77
4.3.1.6	Función 64 "Elemento de Protección a Tierra al 100% del Estator".....	78
4.3.1.6.1	Descripción del Elemento.....	78
4.3.1.6.2	Descripción de Funcionamiento.....	78
4.3.1.6.3	Información Necesaria	80



4.3.1.6.4	Descripción de Ajustes	80
4.3.1.7	Funcion 81 "Elemento de Proteccion de Frecuencia"	82
4.3.1.7.1	Descripción del Elemento	82
4.3.1.7.2	Descripción de Funcionamiento	84
4.3.1.7.3	Información Necesaria	85
4.3.1.7.4	Descripción de Ajustes	85
4.3.1.8	Función 87G "Elemento Diferencial"	87
4.3.1.8.1	Descripción del Elemento	87
4.3.1.8.2	Revisión Global del Elemento	90
4.3.1.8.3	Descripción de los Ajustes.	91
4.3.1.8.4	Operación del Elemento Diferencial sin Restricción	92
4.3.2	Protección del Transformador de 142 MVA	94
4.3.2.1	Función 50,51 "Elemento Sobrecorriente"	94
4.3.2.1.1	Características de Operación	94
4.3.2.1.2	Elementos de Tiempo Definido por Fase "50Pn1".	94
4.3.2.1.3	Ajustes del Elemento de Tiempo Definido.	97
4.3.2.1.4	Elemento de Fase de Tiempo Inverso "51Pn"	97
4.3.2.1.5	Ajuste del Elemento de Tiempo Inverso	100
4.3.2.1.6	Información de Referencia de la Curva Tiempo – Sobrecorriente	102
4.3.2.2	Función 87 "Elemento Diferencial"	103
4.3.2.2.1	Aplicación del Elemento.	103

4.3.2.2.2	Características de Operacion	104
4.3.2.2.3	Descripcion de los Ajustes	105
4.4	Coordinación de las Protecciones	107
4.5	Resumen de Ajustes.....	109
4.5.1	El ajuste de la Protección del Generador se Incluyen en la Siguiete Tabla:	109
4.5.2	El Ajuste de la Protección del Transformador Principal se Incluyen en la Siguiete Tabla:	112
4.6	Conclusiones de la Coordinacion de las Protecciones	113
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		115
ANEXOS		
BIBLIOGRAFÍA		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Paquetes Ensamblados Turbina - Generador	4
Figura 1.2	Componentes del Sistema Electrico de Arranque	10
Figura 1.3	Ductos de Ventilacion en el Nucleo del Estator	13
Figura 1.4	Configuracion de Excitatriz sin Escobillas(Simplificado)	14
Figura 2.1	Caso Base Para el Estudio de Flujo de Maxima Carga	24
Figura 2.2	Diagrama Unifilar	26
Figura 2.3	Acercamiento de Nuestro Sistema a Estudiar.....	27
Figura 2.4	Transformador Principal	29
Figura 2.5	Transformador Auxiliar 1	30
Figura 2.6	Transformador Auxiliar 2	31
Figura 2.7	Transformador BOP	32
Figura 4.1	Diagrama lógico del elemento de Bajo voltaje	51
Figura 4.2	Diagrama lógico del elemento de Sobrevoltaje	52
Figura 4.3	Características de Funcionamiento del Elemento de Potencia Inversa y Baja Potencia Hacia Delante.....	59
Figura 4.4	Diagrama Lógico del Elemento de Potencia Inversa y Baja Potencia Hacia Delante	60
Figura 4.5	Diagrama Lógico del Elemento de Perdida de Campo	63
Figura 4.6	Características de Funcionamiento del Elemento de Pérdida de Campo	67

Figura 4.7	Diagrama Lógico del Elemento de Sobrecorriente de Secuencia Negativa.....	70
Figura 4.8	Característica de Operación del Tiempo de Sobrecorriente de Secuencia Negativa.....	71
Figura 4.9	Curva muy inversa: U3.....	74
Figura 4.10	Voltaje – Tiempo controlado de fase – Elemento de sobrecorriente 51CT	77
Figura 4.11	Característica de Operación del Elemento 64G.....	82
Figura 4.12	Relé SEL-300G AC – Ejemplo de Conexión de Alta Impedancia de Tierra del Generador con Protección Diferencial de Corriente	89
Figura 4.13	Filtros de la Componente Fundamental y Segunda Armónica; Proveen Entradas de Corrientes a los Elementos Diferenciales	91
Figura 4.14	Características de los elementos diferenciales en funcionamiento	93
Figura 4.15	50Pn1 – Elemento de tiempo definido por fase, torque controlado	96
Figura 4.16	Elemento de fase de tiempo inverso O/C, Torque Controlado.	99
Figura 4.17	Curva muy inversa: U3.	102
Figura 4.18	Característica Porcentual del Elemento Diferencial.	105
Figura 4.19	Coordinación de las Protecciones de la Central con el SNI... ..	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Datos de Barras de Carga	28
Tabla 2.2	Características del Transformador Principal	29
Tabla 2.3	Características del Transformador Auxiliar 1	30
Tabla 2.4	Características del Transformador Auxiliar 2	31
Tabla 2.5	Características del Transformador BOP	32
Tabla 2.6	Resultados de Voltajes en Barras	34
Tabla 2.7	Resultados de Carga de los Transformadores	34
Tabla 3.1	Corrientes y MVA de Cortocircuito	40
Tabla 3.2	Impedancias Equivalentes	40
Tabla 3.3	Corrientes de Falla Trifásica en Cada Barra	42
Tabla 3.4	Corrientes de Falla de Línea a Tierra en Cada Barra	42
Tabla 4.1	Característica de Operación del Elemento de Sobrecorriente .	94
Tabla 4.2	Ajustes del Generador	109
Tabla 4.3	Ajustes del Transformador.....	112

ABREVIATURA

Msc.	Master en ciencias
Ph.D	Doctor en filosofía
Km	Kilometro
INECEL	Instituto nacional de electrificación
CELEC EP	Corporación eléctrica del Ecuador empresa publica
Dr.	Doctor
Econopac	Paquetes ensamblados
AC	Corriente alterna
DC	Corriente directa
PMG	Generador de imán permanente
SCR	Rectificador controlado de silicio
SF6	Exafluoruro de azufre
kA	Kiloamperio
kV	Kilovoltio
Rms	Raíz cuadrada media
OA	Sumergido en aceite, con enfriamiento natural
FA	Sumergido en aceite con enfriamiento de aire forzado
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
Hz	Hertz
KVA	Kilovoltio-amperio
MVA	Megavoltio-amperio

CT	Transformador de corriente
PT	Transformador de potencial
YNd1	Estrella - delta con neutro aterrizado y desfase de 30°
Dyn1	Delta - estrella con neutro aterrizado y desfase de 30°
HP	Caballos de fuerza
RTD	Detector de temperatura resistivo
p.u.	Por unidad
SNI	Sistema nacional interconectado
Ohm	Ohmios
IEEE	Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos
Std	Standard
SEL	Schweitzer Engineering Laboratories
IA	Corriente en la fase A
IB	Corriente en la fase B
IC	Corriente en la fase C
27P	Nivel de baja tensión de fase
27PP	Nivel de baja tensión de fase a fase
27V1	Nivel de baja tensión de secuencia positiva
27V1P	Pickup de secuencia positiva de bajo voltaje
27PP1	Pickup nivel 1 de fase a fase de bajo voltaje
27PP2	Pickup nivel 2 de fase a fase de bajo voltaje
32P1P	Umbral de potencia del nivel 1

32P1D	Retardo de tiempo de la potencia del nivel 1
32P2P	Umbral de potencia del nivel 2
32P2D	Retardo de tiempo de la potencia del nivel 2
40Z1P	Diámetro de los Mho de la zona 1
40XD1	Desplazamiento de la reactancia de la zona 1
40Z1D	Operación de retardo de tiempo de la zona 1
40Z2P	Diámetro de los Mho de la zona 2
40XD2	Desplazamiento de la reactancia de la zona 2
40Z2D	Operación de retardo de tiempo de la zona 2
46Q1P	Operación de sobrecorriente secuencia negativa del nivel 1
46Q1D	Retardo de tiempo de sobrecorriente de secuencia negativa del nivel 1
46Q2P	Operación de sobrecorriente secuencia negativa del nivel 2
46Q2K	Dial de tiempo de sobrecorriente-tiempo de secuencia negativa del nivel 2
50P31P	Elemento de tiempo definido de fase en el devanado 3
50P31D	Retardo de tiempo del elemento de tiempo definido
51CP	Voltaje – Tiempo controlado – O/C Pickup
51CC	Voltaje – Tiempo controlado – O/C Curva
51CTD	Voltaje – Tiempo controlado – O/C Time Dial
51CRS	Voltaje – Tiempo controlado – O/C EM Reset

51PnP	Pickup del elemento de tiempo inverso de fase en el devanado 3
51PnC	Curva del elemento de tiempo inverso en el devanado 3
51PnTD	Time-dial del elemento de tiempo inverso en el devanado 3
51PnRS	Reset del elemento de tiempo inverso en el devanado 3
59P	Nivel de sobretensión de fase
59G	Nivel de sobretensión residual
59Q	Nivel de sobretensión de secuencia negativa
59V1	Nivel de sobretensión de secuencia positiva
59QP	Pickup de secuencia negativa de sobre voltaje
59V1P	Pickup de secuencia positiva de sobre voltaje
59PP1	Pickup nivel 1 de fase a fase de sobre voltaje
59PP2	Pickup nivel 2 de fase a fase de sobre voltaje
64G1P	Zona 1 operación de los elementos de sobre/baja tensión del neutro
64G1D	Zona 1 retardo de tiempo
64G2P	Zona 2 tensión diferencial
64G2D	Zona 2 retardo de tiempo
27B81P	Bloqueo a bajas tensiones de fase
81D1P	Operación del nivel 1
81D1D	Retardo de tiempo nivel 1
81D2P	Operación del nivel 2



81D2D	Retardo de tiempo nivel 2
81D3P	Operación del nivel 3
81D3D	Retardo de tiempo nivel 3
81D4P	Operación del nivel 4
81D4D	Retardo de tiempo nivel 4
81D5P	Operación del nivel 5
81D5D	Retardo de tiempo nivel 5
81D6P	Operación del nivel 6
81D6D	Retardo de tiempo nivel 6
U87P	Nivel máximo de la corriente de operación
O87P	Nivel mínimo de corriente requerida para operación
SLP1	Porcentaje de restricción de la pendiente 1
SLP2	Porcentaje de restricción de la pendiente 2
IRS1	Límite de IRT para la operación de SLP1; inicia donde intercepta a SLP2
PTC2	Porcentaje de bloqueo del 2 ^{do} armónico
PTC5	Porcentaje de bloqueo del 5 ^{to} armónico

SIMBOLOGÍA

°C	Grados Centígrados
m ²	Metro cuadrado
Ω	Ohmios
%	Porcentaje
X''	Reactancia subtransitoria
X'	Reactancia transitoria
X	Reactancia de estado estable
27	Elemento de protección de bajo voltaje
32	Elemento de protección de potencia inversa
40	Elemento de protección de pérdida de excitación
46	Elemento de protección de secuencia negativa
50	Elemento de protección de sobrecorriente directa
51	Elemento de protección de sobrecorriente inversa
52G	Interruptor de potencia de generador
59	Elemento de protección de sobre voltaje
64G	Elemento de protección de desfase del neutro
81	Elemento de protección de frecuencia
87G	Elemento de protección diferencial de generador
87T	Elemento de protección diferencial de transformador

**ESTUDIOS DE COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES
ELÉCTRICAS POR MÉTODOS COMPUTARIZADOS
APLICADOS A
LA CENTRAL TÉRMICA ENRIQUE GARCÍA**



CIB - ESPOL

CAPITULO 1

1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.

La Central Térmica Dr. Enrique García se encuentra ubicada en un área de 74129 m² en el sector de Pascuales Km. 16¹/₂ vía a Daule, en donde tiene las instalaciones adecuadas para un correcto funcionamiento de la turbina adquirida por INECEL (actualmente CELEC EP. Unidad de Negocios ELECTROGUAYAS) en el año 1997.

La Central Térmica Dr. Enrique García está comprendida por una unidad de generación WESTINGHOUSE, un transformador principal marca SIEMENS el cual eleva el nivel de tensión 13,8 a 69 KV y un transformador auxiliar, este reduce la tensión de 13,8 KV a 4,16 KV y transformadores para servicios de planta.

El transformador principal se interconecta a la barra de 69 KV de la Subestación Pascuales de Transelectric.

1.1 Resumen.

El equipo de generación de energía consiste de una planta de turbina-generador de combustión W501D5. La planta de la turbina es autónoma y puede ser operada independientemente o simultáneamente con otras unidades para generar energía eléctrica. Este Econopac (paquetes ensamblados) es una unidad de un solo combustible, combustible líquido (fuel oil), con inyección de agua usada para el control de emisiones.

La planta es construida con paquetes ensamblados en fábrica (hasta el punto de las limitaciones por transporte) e instaladas en el sitio como sistemas de generación autónomos que entregan 13800 V de energía eléctrica. El generador eléctrico es impulsado por una turbina de combustión de un solo eje, para convertir el combustible en energía eléctrica. La energía eléctrica es entregada el patio de llaves a través de un transformador principal elevador de potencia de 13,8 KV - 69 KV.

El poder auxiliar para el Econopac es provisto por un transformador de 7500 KVA y 13,8 KV - 4160 V a el dispositivo de distribución de 4160 V. El poder auxiliar de 4160 V abastece el motor de arranque y el motor de la bomba de combustible destilado. El transformador auxiliar de 750

KVA, 4,16 KV – 480 V provee 480 V de poder a la carga de la planta del Econopac.

Los sistemas auxiliares son suministrados como pequeños paquetes. Estos auxiliares incluyen la distribución de energía para iluminación, acondicionadores de aire, calefacción y para ventiladores que impulsan ventiladores y bombas. Los auxiliares mantendrán al combustible y al aire a temperatura, flujo y presión regulada. El sistema de control monitorea varias condiciones dentro de la planta durante periodos inactivos y de operación. Este sistema provee respuestas automáticas a cambios en las condiciones de planta y provee información sobre su condición al operador.



CIB - ESPOL

1.2 Descripción de los Paquetes Ensamblados del Grupo Turbina – Generador.

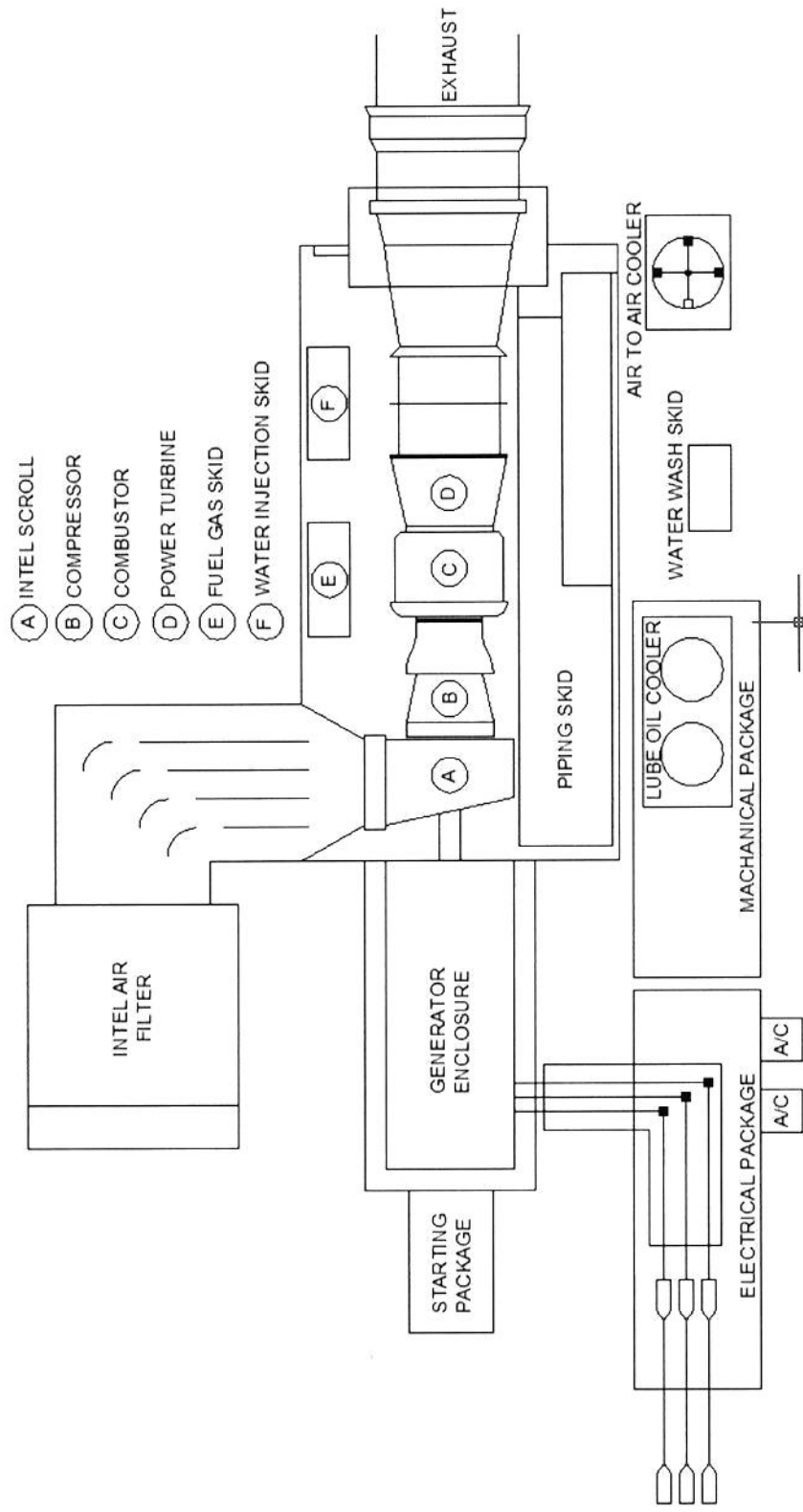


Figura 1.1 Paquetes Ensamblados Turbina – Generador.

1.2.1 Recinto de la Turbina de Combustión.

La unidad incluye un paquete de turbina de combustión con equipo de protección contra incendio, ventiladores y servicio eléctrico dentro del recinto. También se incluyen equipos de monitoreo para la turbina de combustión que transfieren la información al sistema de control y el paquete de tuberías de la turbina sobre un lado de la turbina.

1.2.2 Generador de Gases.

El término “generador de gases” se usa para describir la sección básica que produce gas en cualquier motor de turbina a gas. El generador de gases consiste de lo siguiente:

- ***Compresor***
 - ✓ El compresor es de tipo axial y su propósito es de proporcionar aire comprimido para la combustión, consiste en un rotor y un estator.
 - ✓ Eleva la presión del aire que entra al generador de gases.
- ***Cámara de Combustión***
 - ✓ El propósito de la cámara de combustión es proporcionar un área donde el combustible y el aire se puedan mezclar para la combustión.

- ✓ El aire de salida del compresor, mezclado con el combustible en la cámara de combustión se quema añadiendo la energía del calor para expandir el aire y acelerar el flujo de masa hacia la turbina.

- ***Turbina***

- ✓ La turbina es de tipo circulación axial, el propósito de la turbina es extraer la energía cinética de los gases expandidos en caballos de fuerza de eje para impulsar el compresor y sus componentes.
- ✓ El motor de la turbina se basa en un ciclo Brayton modificado.

1.2.3 Paquete del Generador.

El generador esta acoplado directamente con el rotor de la turbina de combustión. El encendedor esta acoplado directamente al eje de generador y supe la energía al campo del generador sin usar cojinetes. Un medio acoplamiento de ajuste por contracción está conectado con el extremo delantero del eje de ensamblaje del colector, este acoplamiento está diseñado para que encaje con el acoplamiento espaciador con el cual, a su vez, encajara con encaje del manguito del paquete de arranque.

1.2.4 Paquete Eléctrico.

El paquete eléctrico también está situado en el lado derecho del generador mirando el flujo del aire de la turbina. La entrada al recinto es a través de la puerta de acceso situada en el lado lejano de la turbina. El paquete eléctrico está equipado con calefacción y enfriamiento para mantener una temperatura ambiente uniforme. El paquete de protección contra incendio está instalado también.

Este paquete también contiene de un equipo de control para el operador, un centro de control para motores y los paneles eléctricos de retransmisión.

1.2.5 Paquete Mecánico.

El paquete está situado adyacente a la turbina y en línea con el paquete eléctrico. La entrada es por dos puertas situadas en la parte más alejada de la turbina. Un ventilador, la entrada y la salida son provistos.

Una parte integral de la estructura del paquete mecánico es el tanque del aceite lubricante. Los parámetros relacionados con la temperatura, presión, y flujo de aceite están estrictamente controlados usando termostatos y válvulas. El equipo de protección contra incendia también está instalado. La estructura también contiene los gabinetes



de interruptores e indicadores de presión (PS&G). Están incluidos en este paquete todas las bombas, válvulas, e interruptores necesarios para monitorear y controlar la operación de la turbina de combustión.

1.2.6 Modulo Combustible/Inyección de Agua.

El módulo de combustible/inyección de agua distribuye el combustible líquido y el agua a cada una de las boquillas en la turbina de combustión. Este módulo está situado dentro del recinto de la turbina, a la izquierda según el flujo del motor.

1.2.7 Modulo de Bomba de Combustible.

El módulo de la bomba de combustible líquido contiene los componentes necesarios para suplir combustible líquido a alta presión al módulo combustible/inyección de agua. Este módulo ésta situado fuera del recinto de la turbina en la pared a la derecha según el flujo del motor.

1.2.8 Modulo de Inyección de Agua.

El módulo de la bomba de inyección de agua contiene los componentes necesarios para suplir agua a alta presión al módulo combustible/inyección de agua. Este módulo está situado fuera del recinto de la turbina en la pared a la derecha según el flujo del motor.

1.2.9 Paquete de Arranque.

El paquete de arranque está situado en el extremo de colector del tren motor de la turbina – generador. Un manguito de acople en el extremo motor del paquete está asegurado al medio – acoplamiento situado en el eje del ensamblaje del colector. El paquete incluye un motor de arranque eléctrico, un convertidor de torque un embrague y un engranaje de giro (torna flecha).

Los captosres electromagnéticos están situados para transferir los datos de velocidad del eje al monitor de control. El fluido para el convertidor de torque es suministrado desde el tanque de aceite lubricante principal de la turbina. El aceite de la turbina también se usa para los cojinetes del motor de arranque, cojinetes de salida del convertidor de torque y para el cojinete y embrague de arranque.

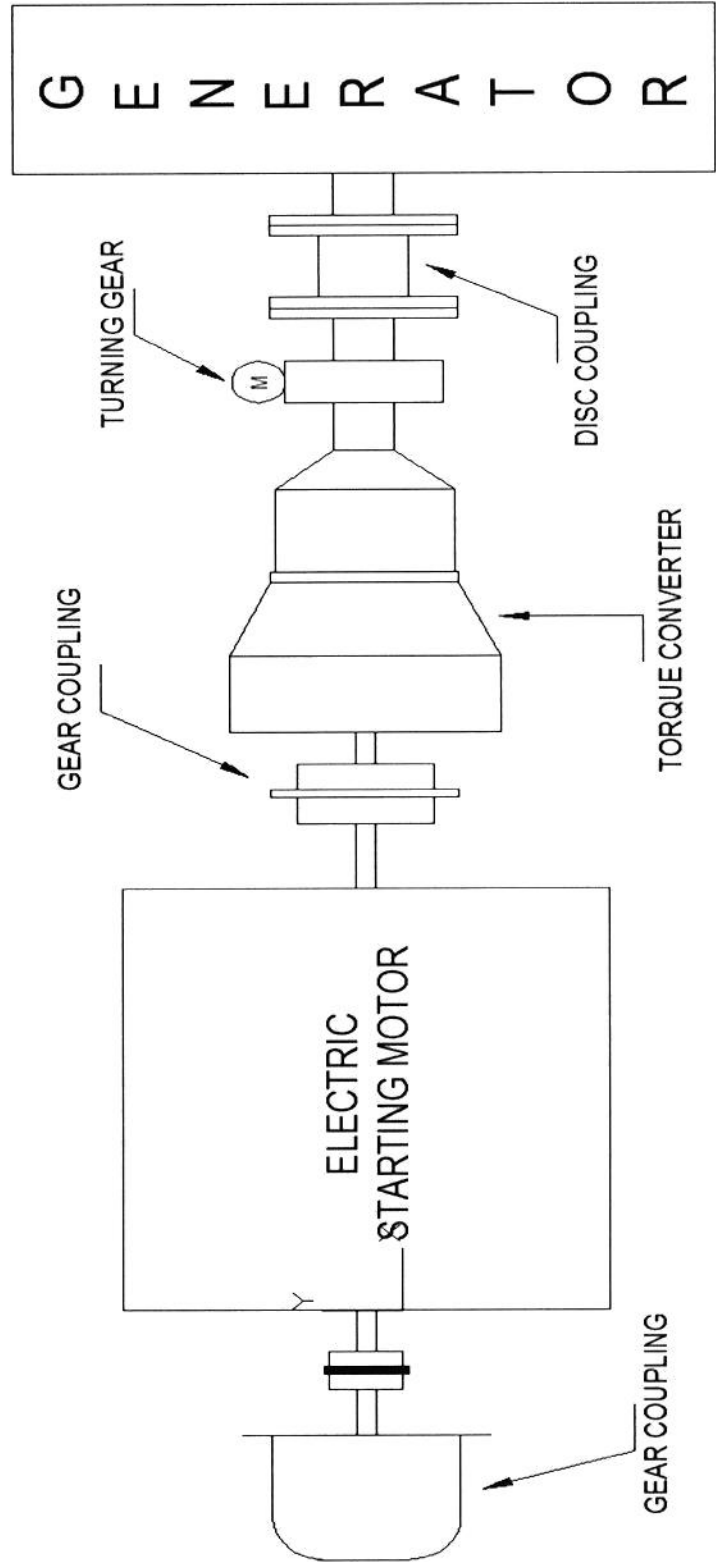


Figura 1.2 Componentes del Sistema Eléctrico de Arranque.



1.2.10 Enfriadores.

Los enfriadores son utilizados en la instalación para controlar la temperatura del aceite lubricante y la temperatura del aire enfriando al motor.

- a. Los enfriadores de aceite lubricante – aire son usados para controlar la temperatura del aceite lubricante. El flujo de aceite es controlado para mantener la temperatura. El enfriador está instalado en el techo del paquete mecánico.
- b. Un enfriador sencillo de ventilador aire – aire es usado para enfriar el aire del eje. El aire de descarga del compresor es extraído y enviado por medio de tubos al enfriador aire – aire situado cerca de la chimenea de salida.

1.2.11 Filtro de Entrada de Aire.

El filtro de aire de entrada limpia el aire que entra en la turbina. El aire filtrado es enviado a través del ducto de entrada a un silenciador y después al múltiple de entrada del compresor.

1.2.12 Silenciador de Entrada de Aire.

Un deflector en línea. Situado entre el ducto de entrada y la transición del múltiple de entrada de la turbina produce la supresión del ruido para la entrada del aire de la turbina.

El sistema de entrada de aire de la turbina de combustión consiste en un filtro tipo de barrera de dos secciones y ductos que contienen deflectores silenciadores. El aire entra al filtro de entrada, donde es filtrado. El aire es entonces canalizado hacia el ducto de entrada, el cual consiste de una extensión de ducto, un silenciador de entrada y una pieza de transición. El ducto de entrada reduce el ruido y direcciona el aire hacia el múltiple de entrada con un mínimo de turbulencia.

1.3 Sistema de Generación.

El sistema de generación consiste de equipos relacionados con la generación de energía eléctrica dentro de la planta.

1.3.1 Generador.

El generador trifásico de marca Westinghouse de 155 MVA con corriente de línea de 6485 Amp, frecuencia de 60 Hz, Fp de 0,9 con 3600 RPM y voltaje de 13,8 kV, está conectado directamente a la turbina de combustión a través de un acoplamiento sólido.

El generador es autoventilado con un circuito de aire abierto, completado con rejillas y filtros. Aire de enfriamiento es circulado a través del generador usando ventiladores de aspas montados en el eje del rotor.

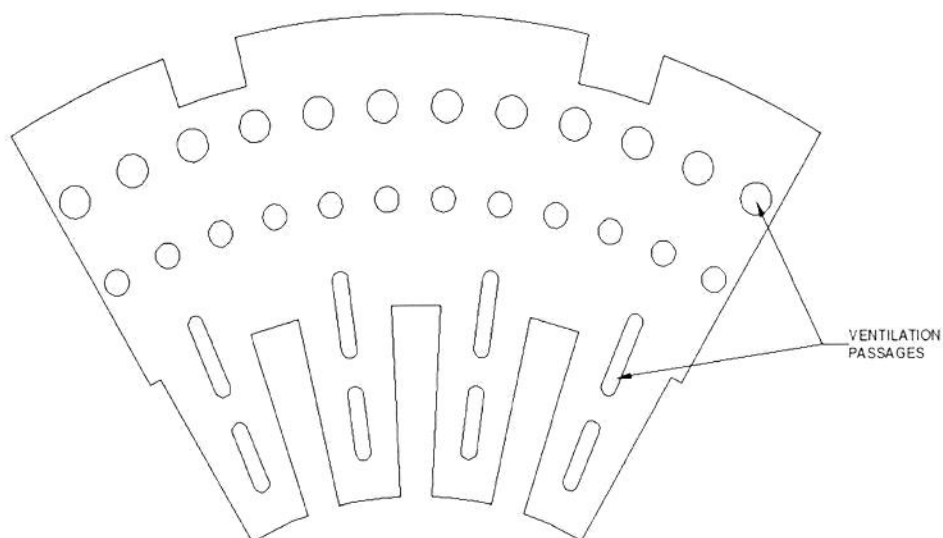


Figura 1.3 Ductos de Ventilación en el Núcleo del Estator.

Los equipos auxiliares incluidos con el generador / excitador son un detector de fallas de tierra del rotor, cubículos laterales, detectores de temperatura para cojinetes y bobinas, detectores de vibración y equipos de tierra neutral.

1.3.2 Sistema de Excitación.

Un sistema de excitación sin escobillas es utilizado en este equipo. Los componentes básicos son el excitador principal, el rectificador de excitación, el excitador piloto y un regulador de voltaje.



CIB - ESPOL

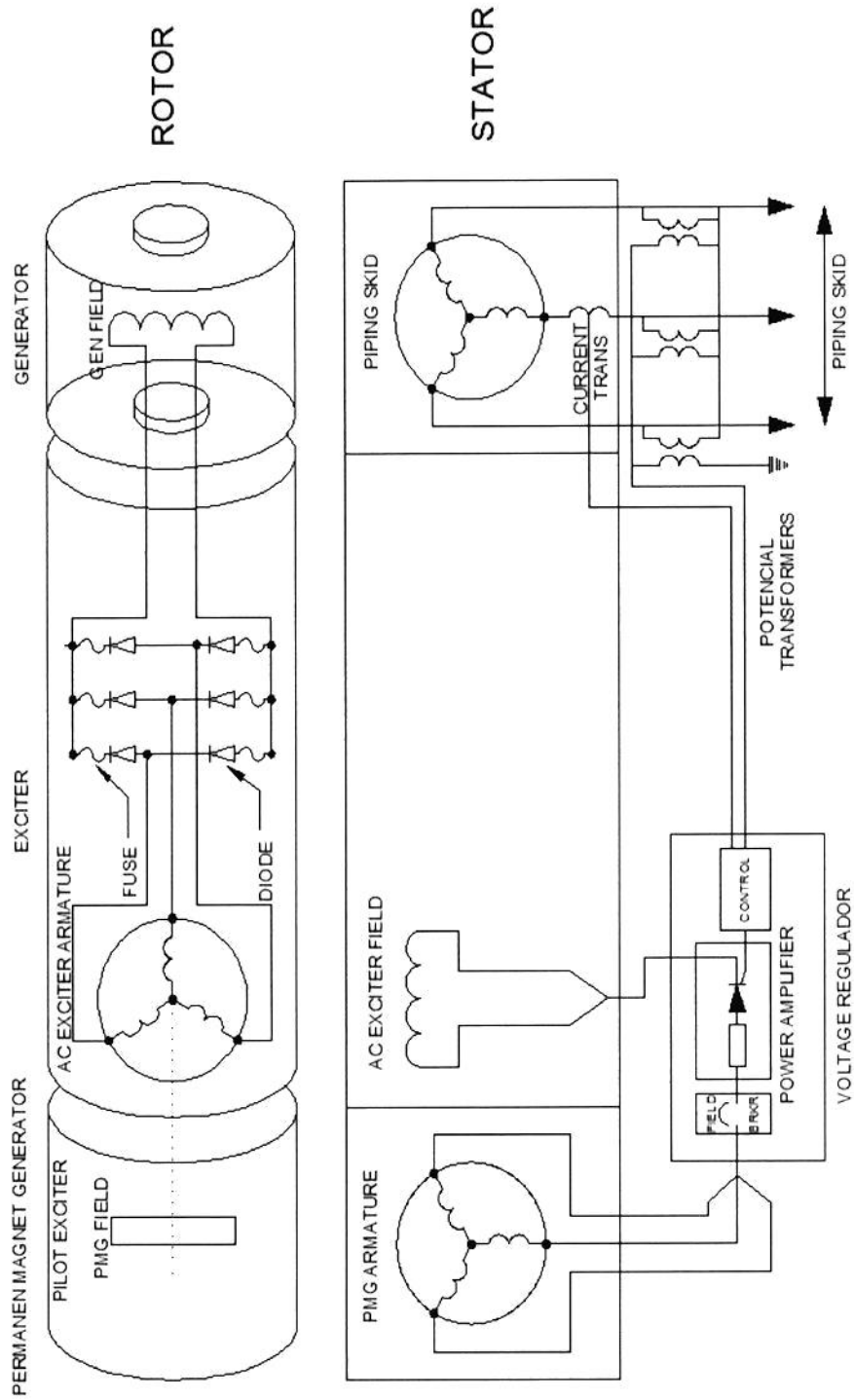


Figura 1.4 Configuración de Excitatriz Sin Escobillas (Simplificado).

1.3.2.1 Excitador Principal.

En el excitador de corriente AC, el campo es estacionario y la armadura rota en el eje. La energía de salida de la armadura trifásica AC es rectificadora por un puente diodo situado en la rueda el cual está montado y rotando sobre el eje.

Conductores en el centro del eje se conectan el rectificador al campo del generador. Como resultado, la energía de excitación de corriente directa DC es aplicada al campo del generador sin usar escobillas.

1.3.2.2 Generador de Imán Permanente (PMG).

El PMG, o excitador de poder, es un imán permanente, de una sola fase, y generador de campo rotatorio. El PMG está montado en el eje en el lado del excitador en el eje del generador para suministrar energía de excitación AC al regulador de voltaje.

1.3.2.3 Regulador de Voltaje.

La sección de amplificación de poder del regulador de voltaje contiene rectificadores de puente SCR para rectificar la salida del PMG y esta alimenta al campo de excitación AC.

El ángulo de disparo del regulador de voltaje es ajustado cuando es necesario controlar el voltaje del campo de excitación, y como

resultado, controlar el voltaje terminal del generador. Transformadores de instrumentos sienten la corriente y el voltaje del generador, y alimentan la información del regulador de voltaje que está situado en el paquete eléctrico.

1.3.2.4 Conectores del Generador.

El generador está conectado por una sección de corta de bus de fase aislada al cubículo lateral.

El cubículo lateral es un recinto de aluminio montado en el tope del paquete eléctrico. Este incluye transformadores de voltaje y corriente para medición y relés, pararrayos y capacitores para protección de ondas.

Las conexiones entre el cubículo lateral y el interruptor del generador, y del interruptor del generador al transformador elevador, son hechas a través de un bus de fase aislada. El ducto del bus de fase aislada tiene un diseño auto – enfriado con conductores de aluminio dentro de los ductos de aluminio.

El ensamblaje del interruptor del circuito del generador es un interruptor de tipo cerrado de 15 KV SF6 completo con un interruptor operado manualmente de no-carga, un interruptor de desconexión, con instrumentos y accesorios necesarios. El interruptor tiene una

capacidad normal de corriente continua de 5600 A a 40 °C de temperatura ambiente y una capacidad normal de corriente de interrupción simétrica de corriente cortocircuito de 63 KA rms.

1.3.3 Sistema de 69 KV.

El sistema de 69000 V de la unidad de generación es alimentado desde el generador por medio de los interruptores en SF6 y por un transformador de potencia trifásico marca SIEMENS de 69/13,8 KV, YNd1 con potencia nominal 85 / 114 / 142 MVA, clase OA / FA I / FA II que corresponde a la norma ANSI C57. El transformador está diseñado para instalación externa y servicio continuo, el neutro es extraíble para la puesta a tierra rígida. La energía generada por la unidad generadora a 13,8 KV, una vez elevado el nivel de tensión a 69 KV, esta energía es enviada por medio de líneas de Sub-transmisión a la subestación Pascuales.

1.3.4 Sistema Auxiliar.

El sistema auxiliar está conformado por alimentadores de poder de 4160 V y 480 V a la carga auxiliar de la planta.

1.3.4.1 Sistema de 4160 V.

El sistema de 4160 V de la unidad es alimentado por un transformador trifásico en aceite, marca TUSA UNIAU de 13,8 / 4,16 KV, 7500 KVA, 60 Hz, a 75°C, con conexión Dd0.

El sistema de 4160 V de la unidad está equipado con un resistor de tierra neutro de baja resistencia en el transformador. El transformador suministra 4,16 kV al motor de arranque y la bomba de combustible.

1.3.4.2 Bomba de Combustible.

La bomba de combustible está situada en el área de la bomba de combustible. Esta es una bomba trifásica de 60 Hertz, 4000 voltios y 300 HP. Un elemento de protección para el motor basado en un micro-procesador está situado en el controlador del motor.

1.3.4.3 Motor de Arranque.

El motor de arranque está situado en el ensamblaje del paquete de arranque y tiene una capacidad nominal de 1800 HP, 4000 voltios, 60 Hertz, trifásico.

La protección del motor incluye un elemento de protección del motor basado en un micro-procesador y un módulo RD situado en el



controlador del motor. El módulo RTD monitorea ambos, el estator del motor y la temperatura de los cojinetes.

1.3.4.4 Sistema de 480 V.

El sistema de 480 V del ECONOPAC es alimentado desde un transformador trifásico en aceite, marca VIRGINIA de 4,16 / 0,48 KV, 750 KVA, 60 Hz, a 75°C, con conexión delta / estrella. El transformador alimenta al centro de control del motor situado en el paquete eléctrico. El sistema de 480V está sólidamente conectado a tierra.

1.4 Sistemas de Relés y Control.

El gabinete de relés de protección está situado en el paquete eléctrico y contiene los relés de protección, medidores y transductores para la protección, monitoreo, control del sistema de generación y sistemas auxiliares.

Los relés están conectados a los transformadores de corriente y potencia tal como está mostrado en el diagrama unifilar de protecciones. Las condiciones de falla eléctrica hacen operar a los relés, los cuales disparan a los relés de bloqueo, los cuales, a su vez, disparan la turbina, el interruptor (52G) y el interruptor de campo. El relé de cierre se debe reponer manualmente para arrancar el sistema.

Un multímetro vatio-hora / digital graba las señales de salida del generador.

Monitores de visualización digital de salida digital con vatios, vares, corriente, factor de potencia, frecuencia, y voltaje, provee señales al sistema de control para acciones de control y visualización.

CAPITULO 2



2. ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA.

2.1 Criterios Adoptados para el Estudio.

2.1.1 Flexibilidad Operacional.

El sistema deberá entregar energía al Sistema Nacional a través de la subestación Pascuales la cual mantendrá una alta flexibilidad operacional.

2.1.2 Niveles de Confiabilidad.

El sistema debe proveer la continuidad del servicio y la alimentación a las instalaciones del Sistema Nacional Interconectado en forma prioritaria, ante la existencia de falla de un elemento del Sistema.

2.1.3 Niveles de Sobrecarga.

No se aceptan sobrecarga en los elementos del Sistema mayores a la cargabilidad establecida en las especificaciones técnicas.

Para el caso de los Transformadores Convencionales de Fuerza, la carga no debe exceder su capacidad máxima.

2.1.4 Regulación de Voltaje.

Los voltajes a nivel de barras del sistema no deben exceder del 2.5% hacia arriba y 2.5% hacia abajo, ante cualquier contingencia operativa.

2.2 Análisis de Casos.

El análisis de casos se lo realizara en el programa POWER WORLD versión 12. El ingreso de datos debe ser realizado en p.u. tomando una potencia aparente base; para el presente trabajo se seleccionó la base de 100 MVA, por lo tanto los datos de impedancias listados más adelante en este mismo capítulo, estarán referidos a la base seleccionada (100 MVA).

2.2.1 Caso Base (Máxima carga).

En el presente Proyecto, para el caso de máxima carga se consideraron todas las cargas instaladas a su potencia nominal.

A continuación se presenta el diagrama utilizado para el estudio de flujo de carga máxima.



CIB - ESPOL

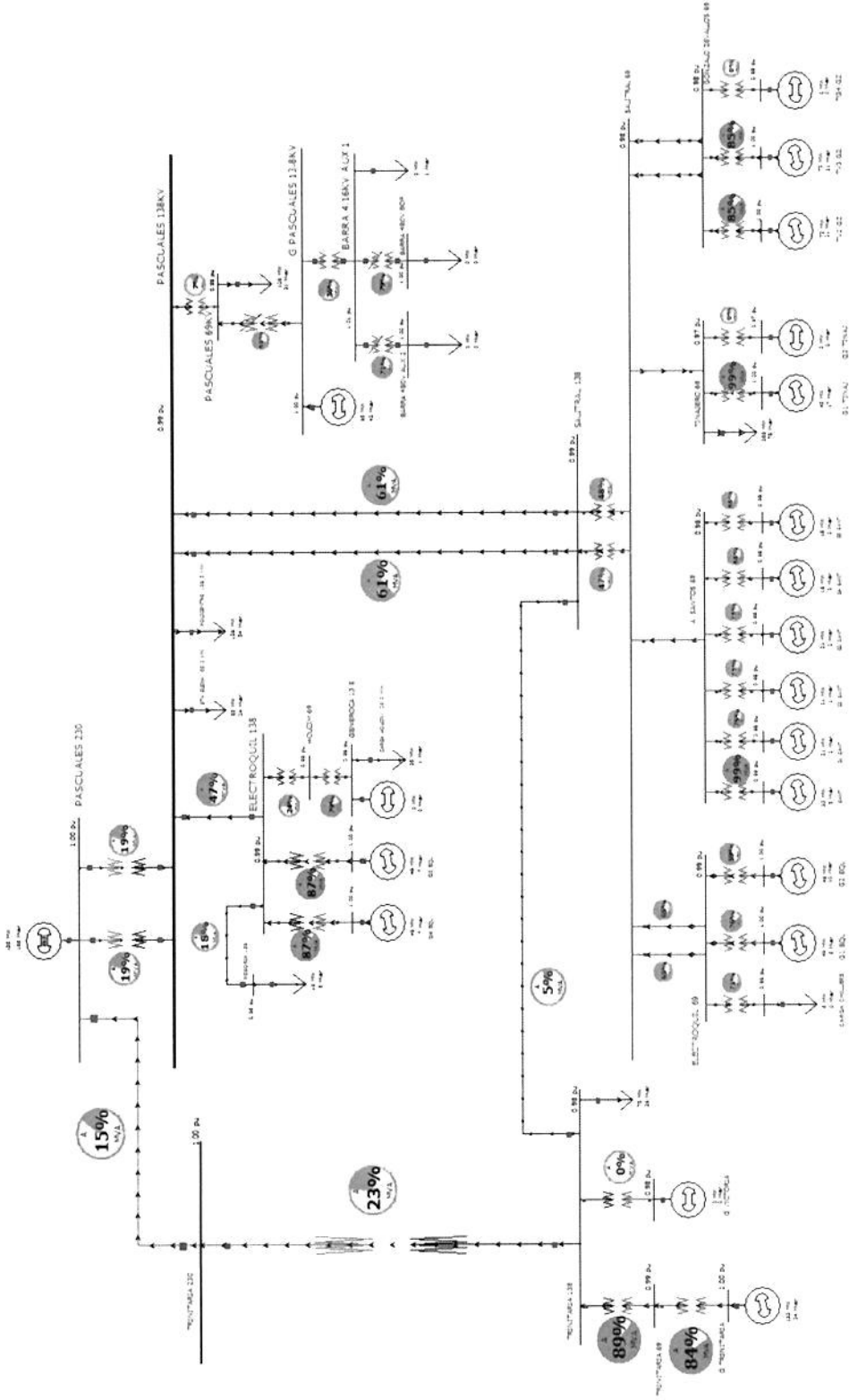


Figura 2.1 Caso Base Para el Estudio de Flujo de Máxima Carga.

2.3 Datos del Sistema.

En esta sección se muestra una recopilación de datos:

- Del generador otorgado por el personal que la labora en la central.
- Los datos de los transformadores, los cuales obtuvimos visitando el lugar donde se encontraban debidamente ubicados.
- Los datos de cargas en las distintas barras que posee nuestro proyecto, las cuales la obtuvimos haciendo las mediciones debidas con ayuda del personal que labora en la central.

Ya que se tiene la necesidad de conocer con exactitud valores, conexiones y arreglos de cada elemento de la Central que juegan un papel importante por su alta dependencia para el buen funcionamiento de la planta.

2.3.1 Diagrama Unifilar.

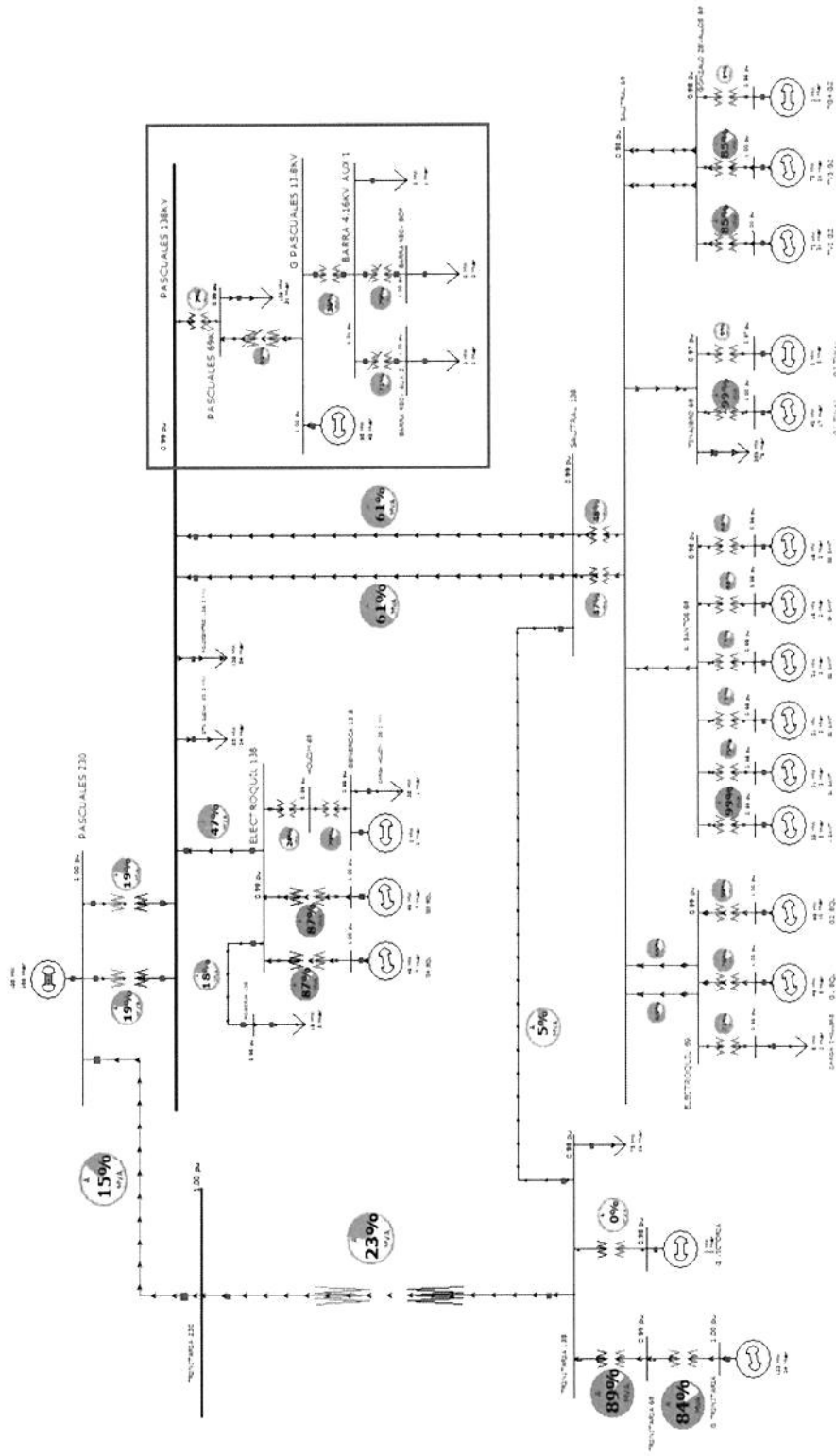


Figura 2.2 Diagrama Unifilar.

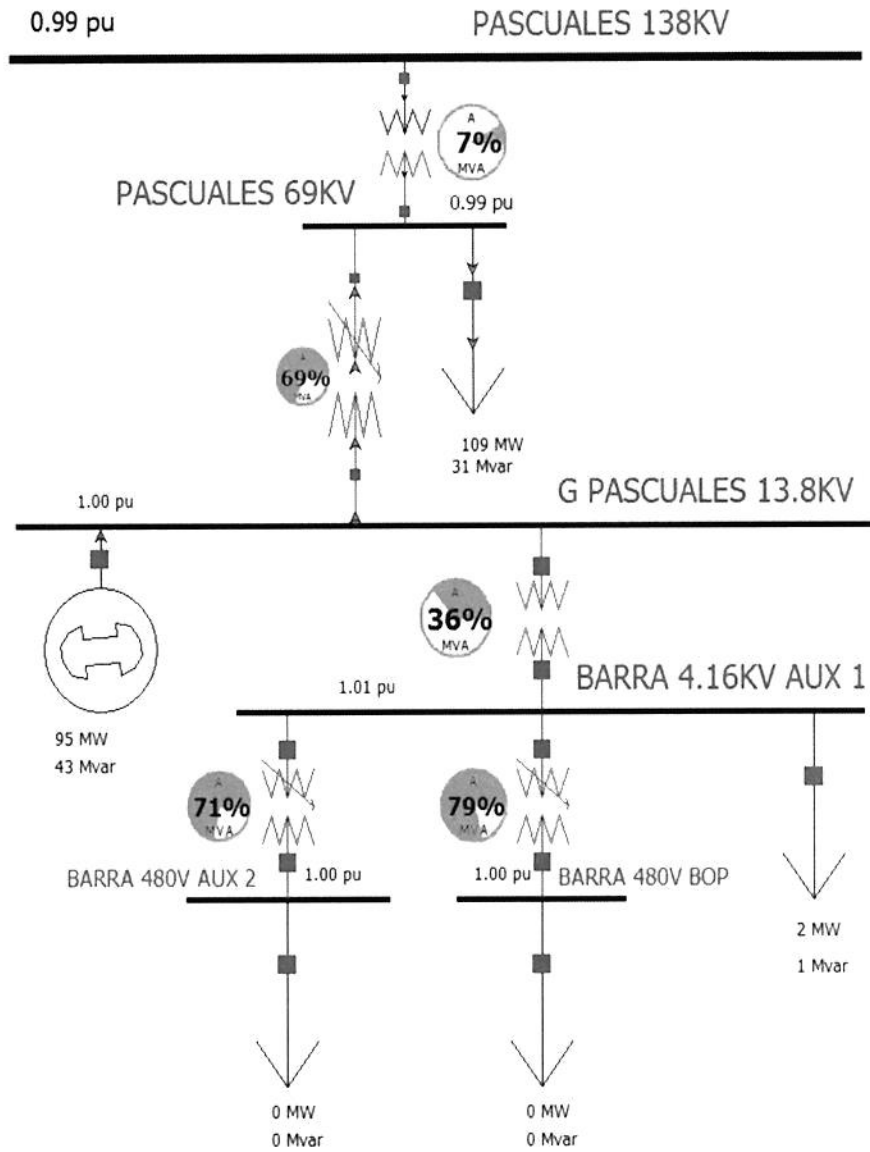


Figura 2.3 Acercamiento de Nuestro Sistema a Estudiar.

2.3.2 Datos de Barras de Carga.

La carga está dada en KW y KVA y a voltaje nominal; normalmente en los estudios de flujo de carga, se considera la carga (KVA) constante e independiente del valor del voltaje.

En la tabla que se muestra a continuación se consideró un factor de potencia de 0.9 para el cálculo de la carga reactiva.

Barra No.	NOMBRE	CARGA KW	CARGA KVAR
43	BARRA 4.16 AUX 1	1567	759
44	BARRA 480V BOP	350	169
45	BARRA 480V AUX 2	469	227
CARGA TOTAL		2386	1145

Tabla 2.1 Datos de Barras de Carga.

2.3.3 Datos de Transformadores de Fuerza.

Dentro del sistema eléctrico de la Central a Gas Enrique García existen dos transformadores de potencia. Los datos de dichos equipos que se usaron para correr el flujo de carga del presente proyecto se muestran a continuación.



CIB - ESPOL

Transformador Principal

Transformador de Potencia Principal	
Marca	Siemens Transformer
Potencia	142 MVA
Numero de fases	3
Frecuencia	60 Hz
% de Impedancia	8,7
Voltaje en el Primario	70725 V
Voltaje en el Secundario	13800 V
Tipo de Conexión	Y aterrizado- Δ
TAP	3

Tabla 2.2 Características del Transformador Principal.

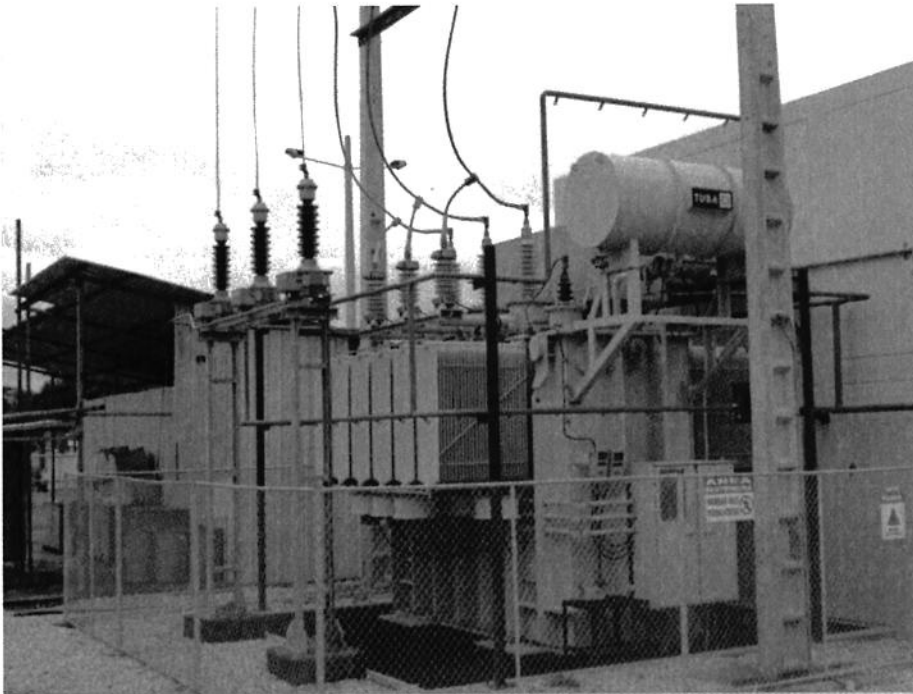


Figura 2.4 Transformador Principal.

Transformador Auxiliar 1

Transformador de Potencia Auxiliar 1	
Marca	Tusa – Uniau
Potencia	7.5 MVA
Numero de fases	3
Frecuencia	60 Hz
% de Impedancia	7,7
Voltaje en el Primario	13800 V
Voltaje en el Secundario	4160 V
Tipo de Conexión	Δ -Y aterrizado
TAP	3

Tabla 2.3 Características del Transformador Auxiliar 1.

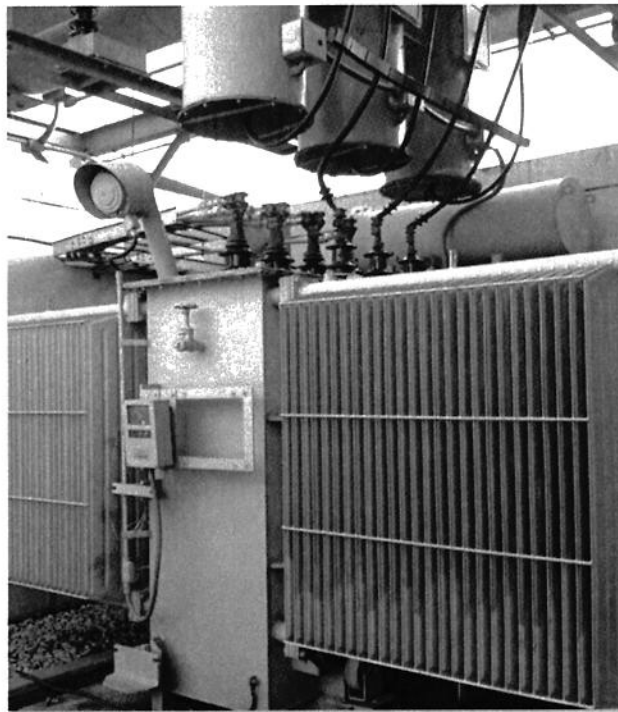


Figura 2.5 Transformador Auxiliar 1.

Transformador Auxiliar 2

Transformador de Potencia Auxiliar 2	
Marca	Virginia
Potencia	0.75 MVA
Numero de fases	3
Frecuencia	60 Hz
% de Impedancia	5.75
Voltaje en el Primario	4160 V
Voltaje en el Secundario	480-277 V
Tipo de Conexión	Δ -Y aterrizado
TAP	3

Tabla 2.4 Características del Transformador Auxiliar 2.



Figura 2.6 Transformador Auxiliar 2.

Transformador BOP

Transformador de Potencia BOP	
Marca	
Potencia	0.5 MVA
Numero de fases	3
Frecuencia	60 Hz
% de Impedancia	3.9
Voltaje en el Primario	4160 V
Voltaje en el Secundario	480 V
Tipo de Conexión	$\Delta - \Delta$
TAP	3

Tabla 2.5 Características del Transformador BOP.

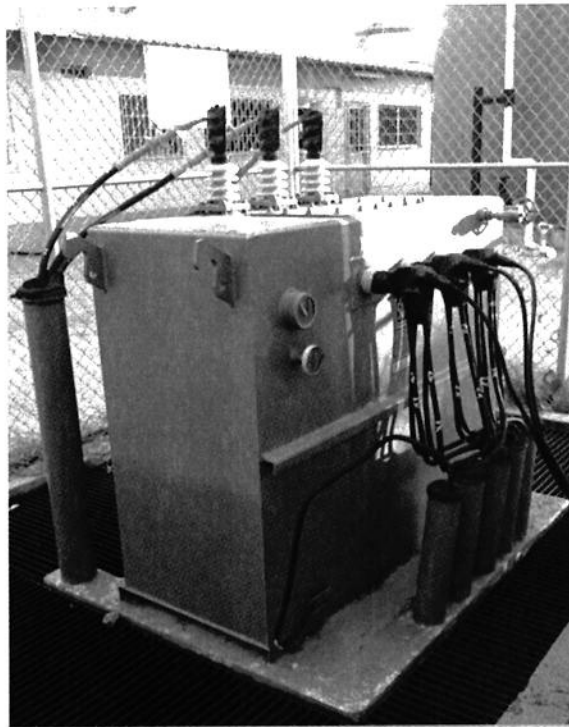


Figura 2.7 Transformador BOP.

2.4 Resultados de los Estudios de Flujo de Carga.

Los resultados de Flujo de carga serán presentados principalmente en forma gráfica por ser el método más conciso y usualmente más informativo. El flujo del sistema puede ser rápidamente analizado con la presentación gráfica y relacionar la configuración del sistema, condiciones operativas y resultados.

El análisis del flujo de carga muestra lo siguiente:

- a. Voltaje en barras.
- b. Carga sobre todos los transformadores, verificar que la carga este dentro de la capacidad de transmisión para condiciones normales y contingencias operativas.
- c. Ajustes de TAPS de los Transformadores.

2.4.1 Caso Base (Máxima Carga).

Se entiende que el estudio del caso base para máxima carga es aquel en el cual todas las cargas de la industria están siendo alimentadas "normalmente". Esto es, a través del transformador principal (142 KVA). En el anexo 3 se adjunta los resultados gráficos del flujo de carga del caso base a máxima carga, que se resume a continuación:

2.4.1.1 Voltajes en las Barras del Sistema.

Barra No.	Nombre	Voltaje Nominal [KV]	Voltaje [p.u.]	Voltaje [KV]	Fase [Grados]
14	PASCUALES 69 KV	69.0	0.9859	68.03	-0.40
15	G Pascuales 13.8KV	13.8	1.0000	13.80	5.33
43	BARRA 4.16KV AUX 1	4.16	1.0133	4.220	3.98
44	BARRA 480V BOP	0.48	0.9997	0.480	2.43
45	BARRA 480V AUX 2	0.48	0.9951	0.480	1,92

Tabla 2.6 Resultados de Voltajes en Barra.

2.4.1.2 Carga de los Transformadores.

CARGA DE LOS TRANSFORMADORES			
Desde Barra	Hacia Barra	Equipo	Cargabilidad
PASCUALES 69KV	G PASCUALES 13.8KV	T. PRINCIPAL	69%
G PASCUALES 13.8KV	BARRA 4.16KV AUX 1	T. AUXILIAR 1	36%
BARRA 4.16KV AUX 1	BARRA 480V AUX 2	T. AUXILIAR 2	71%
BARRA 4.16KV AUX 1	BARRA 480V BOP	T. BOP	79%

Tabla 2.7 Resultados de Carga de los Transformadores.

2.5 Conclusiones del Estudio de Flujo.

El presente estudio de Flujo de Carga preparado para el sistema eléctrico de la Central a Gas Enrique García conlleva a las siguientes conclusiones:

1. El nivel de voltaje de operación en la barra de generación G PASCUALES 13.8KV tiene presente un nivel de 1.00 [p.u.], el cual ha sido regulado mediante la generación de reactivos. Esta regulación asegura que dichos valores se encuentren dentro de los rangos establecidos.
2. Las barras de carga "BARRA 4.16KV AUX 1, BARRA 480V AUX 2 y la BARRA 480V BOP" que salen de los transformadores auxiliares 1 y 2, y del transformador BOP respectivamente, poseen un voltaje de operación de 1.013 [p.u.], 0.995 [p.u.] y 0.999 [p.u.] respectivamente.
3. Para el caso de la BARRA 4.16KV AUX 1 fue posible su regulación por medio del TAP del transformador auxiliar 1 en -2.5% "TAP 4" ubicado en el lado de alto voltaje, debido que es una barra de carga no se la puede controlar por generación de reactivos.
4. Así mismo, se obtuvo la regulación de voltaje en las barra "PASCUALES 69KV" que fue de 0.986 [p.u.] de regulación por medio



del TAP del transformador Principal en +2.5% "TAP 2" ubicado en el lado de alto voltaje.

CAPITULO 3

3. ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.

3.1 Introducción.

En el análisis de corto circuito, las fallas del sistema se manifiestan como condiciones anormales de operación que nos podrían conducir a uno de los siguientes fenómenos:

Indeseables flujos de Corrientes.

- Presencia de Corrientes de magnitudes exageradas que podrían dañar los equipos.

- Caída de Voltaje en la vecindad de la falla que puede afectar adversamente la operación de las maquinas rotatorias.
- Creación de condiciones peligrosas para la seguridad del personal.

La Central Térmica Enrique García requiere realizar estudios de Corto Circuito para analizar las situaciones críticas señaladas, y obtener la información básica para la coordinación de las protecciones. Los estudios se realizaran con los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de las corrientes de falla en los componentes del sistema tales como cables, barras y transformadores durante el tiempo que persista la falla.
- Los estudios determinaran las zonas del sistema en donde la falla puede resultar en depresión inaceptable de voltajes.
- Proveer la información para el ajuste de los equipos de protección, los cuales son establecidos considerando el sistema bajo condiciones de falla.

3.2 Alcance de los Estudios de Corto Circuito.

Considerando que el Sistema de la Central Térmica Enrique García se caracteriza por ser un sistema típicamente aterrizado el estudio de corto circuito considera los siguientes tipos de falla:

- Falla Trifásica a tierra.
- Falla de línea a tierra.

La falla trifásica a tierra es a menudo, para este tipo de sistema, la más severa de todas, por ello es costumbre de simular solamente la falla trifásica cuando se busca las magnitudes máximas de corriente de falla; sin embargo se verificara que la corriente de falla a tierra no exceda la corriente trifásica.

3.3 Datos del Sistema.

La información básica es aplicable a todos los casos del Sistema, su aplicación depende del tipo de corriente de falla a determinar.

3.3.1 Impedancia del Generador.

Para verificar la capacidad momentánea de los interruptores se usa la impedancia transitoria X' .

3.3.2 Impedancias Equivalentes en el Punto de Entrega del SNI.

El SNI nos ha entregado los MVA de Corto Circuito y las Impedancias de Thevenin en la Barra de Interconexión del SISTEMA DE GENERACIÓN con el SNI. La información ha sido trasladada a la base de 100 MVA y 138 KV y se indica en la siguiente tabla:

3.3.2.1 MVA de Corto Circuito.

Tipo de Falla	Corriente de Falla p.u.	Angulo	Corriente de Falla Amperios	MVA de Corto Circuito
Trifásica	44.153	-85.06	11083.3	2649.16374
Línea-Tierra	50.658	-86.02	12455.7	1013.15481

Tabla 3.1 Corrientes y MVA de Cortocircuito.

3.3.2.2 Impedancias Equivalentes.

Tipo de impedancia	Magnitud en p.u.	Angulo	R en Ohm	X en Ohm
Positiva	0.042	90	0	7.9984
Negativa	0.042	90	0	7.9984
Cero	0.020	90	0	3.8088

Tabla 3.2 Impedancias Equivalentes.

3.4 Datos de Transformadores de Fuerza.

Los Transformadores son elementos pasivos en el análisis de corto circuito, sus características técnicas son similares a las aplicadas en los estudios de flujo de carga.

3.5 Resultados de los Estudios de Corto Circuito.

Las corrientes de cortocircuito han sido calculadas considerando los criterios técnicos indicados en la sección antes mencionada. La falla Trifásica a tierra y línea a tierra se aplica a cada barra del sistema.

3.5.1 Casos Base.

En el anexo 2 se adjunta los resultados gráficos provenientes de las corridas de corto circuito del caso base, los mismos que se resumen a continuación:



CIB - ESPOL

3.5.1.1 Corriente de Falla en cada Barra.

Barra No.	Nombre	Falla Trifásica		
		Corriente [p.u.]	Corriente [A]	Angulo [Grados]
14	Pascuales 69KV	19.370	16207.50	-84.74
15	G Pascuales 13.8KV	10.569	44218.00	-113.22
43	BARRA 4.16KV AUX 1	0.912	12654.10	-144.49
44	BARRA 480V BOP	0.114	13702.400	-145.71
45	BARRA 480V AUX 2	0.116	13919.600	-175.64

Tabla 3.3 Corrientes de Falla Trifásica en Cada Barra.

Barra No.	Nombre	Falla Línea a Tierra		
		Corriente [p.u.]	Corriente [A]	Angulo [Grados]
14	Pascuales 69KV	21.510	17997.90	-86.15
15	G Pascuales 13.8KV	0.001	5.312	-24.75
43	BARRA 4.16KV AUX 1	0.937	13011.10	-145.01
44	BARRA 480V BOP	0.000	0.036	-147.64
45	BARRA 480V AUX 2	0.120	144448.4	-176.41

Tabla 3.4 Corrientes de Falla de Línea a Tierra en Cada Barra.

3.6 Conclusiones y Recomendaciones.

1. El presente estudio de Corto Circuito preparado para el sistema eléctrico de la Central Enrique García nos permite cumplir con los siguientes objetivos:
 - ✓ Determinar el efecto de las corrientes de falla en los componentes del sistema como lo son los transformadores y el generador durante el tiempo que esté presente la falla.
 - ✓ Determinar las zonas del sistema en donde la falla puede resultar en depresión inaceptable de voltajes.
2. El estudio de corto circuito considera los siguientes tipos de falla:
 - Falla Trifásica a tierra.
 - Falla de línea a tierra.
3. Las corrientes de cortocircuito han sido calculadas considerando los estándares de la IEEE aplicables para el cálculo de falla para voltajes medio y alto. Standard IEEE Std C37.010-1979, IEEE Std C37.5-1979, IEEE Std 141-1993, IEEE Std 241-1990, and IEEE Std 242-1986.

4. Las fallas Trifásica a tierra y línea a tierra fueron aplicadas a cada barra del sistema estudiado cuyos resultados son mostrados en las tablas 3.3 y 3.4 los cuales permiten establecer lo siguiente:
- ✓ La corriente de falla de línea a tierra en la barra G Pascuales 13.8KV fue limitada por medio de la instalación de una resistencia aterrizada, elevada mediante un transformador en el generador.
 - ✓ Corrientes de falla de línea a tierra aguas abajo del transformador BOP en el lado de 480 [V] no existen ya que no hay aporte a la corriente en secuencia cero debido a la conexión del transformador (Delta-Delta).
 - ✓ De acuerdo a la Tabla 3.3 y 3.4, los valores de las corrientes de fallas son elevadas puesto que se analizó el caso de máxima generación.
 - ✓ Para el caso de las barra de generación en condiciones de falla, se observan depresiones de voltaje considerables.
 - ✓ Cuando existe circunstancias de fallas en las barras de carga, solo se muestra una depresión de voltaje en la barra fallada, mientras que en las otras barras del sistema permanecen dentro de los límites de regulación de voltaje.

5. Del estudio realizado en este capítulo está basado en un estudio exclusivo para central de Generación Térmica Dr. Enrique García, no está de más mencionar la siguiente recomendación:

- El sistema de protecciones deberá proveer un despeje rápido para el caso de falla más severo que se pueda producir en la central, es decir una falla trifásica en la barra de la subestación, ya que las depresiones de voltaje son presentadas en todo el sistema eléctrico de la central.

CAPITULO 4

4. COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES.

4.1 Introducción.

Los estudios de flujo de carga y Corto Circuito de la Central Enrique García son la base para el ajuste y coordinación de las Protecciones del Sistema. Los estudios se realizaran con los siguientes objetivos:

- ✓ Determinar el ajuste de los equipos de protección, los cuales son establecidos considerando el sistema bajo condiciones de falla.
- ✓ Determinar la coordinación de las Protecciones del sistema de la Central Enrique García propiamente.
- ✓ La aplicación del Estudio permitirá el despeje oportuno y selectivo de las fallas del sistema.

4.2 Esquemas de Protecciones.

4.2.1 Esquema de Protección del Generador.

En el anexo 4 se incluye el esquema de protección del generador de la central constituido por el Relé:

SEL 300G PARA PROTECCIÓN DEL GENERADOR.

El relé SEL 300G incluye las siguientes protecciones:

- ✓ 27/59 Protección de Bajo y Sobre Voltaje.
- ✓ 32 Protección de Potencia Inversa.
- ✓ 40 Protección de Pérdida de Excitación.
- ✓ 46 Protección de Secuencia Negativa.
- ✓ 51 Protección de Sobrecorriente.
- ✓ 64G Protección de Desfasaje del Neutro.
- ✓ 81 Protección de Frecuencia.
- ✓ 87G Protección Diferencial.

4.2.2 Esquema de Protección del Transformador.

En el anexo 4 se incluye el esquema de protección del transformador principal de la central constituido por el Relé:

SEL 387E PARA PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR.

El relé SEL 387E incluye las siguientes protecciones:

- ✓ 50 Protección de sobrecorriente directa.
- ✓ 51 Protección de sobrecorriente de tiempo inverso.
- ✓ 87 Protección Diferencial.

4.3 Ajuste de las Protecciones

La información básica para el ajuste de las protecciones proviene de los estudios de flujo de carga, cortocircuito y los esquemas de protección indicados en la sección anterior.

4.3.1 Protección del Generador.

4.3.1.1 Función 27/59 “Elemento de Protección de Bajo/Sobrevoltaje”.

4.3.1.1.1 Descripción de Funcionamiento.

La protección de tensión mide permanentemente la corriente de cada fase con la finalidad de detectar las tensiones que son



mayores o menores que las del rango normal de operación. Si las tensiones son menores que las del rango establecido se tiene un protección de subtensión o mínima tensión (función 27); en el caso de tensiones mayores se tiene la protección de sobretensión (función 59).

El SEL-300G ofrece los elementos de sobre y bajo voltaje para protección, con indicación, y funciones de control.

- ✓ Dos niveles de baja tensión de fase, 27P1 y 27P2.
- ✓ Dos niveles de baja tensión de fase a fase, 27PP1 y 27PP2.
- ✓ Un nivel de baja tensión de secuencia positiva, 27V1.
- ✓ Dos niveles de sobretensión de fase, 59P1 y 59P2.
- ✓ Dos niveles de sobretensión residual, 59G1 y 59G2.
- ✓ Un nivel de sobretensión de secuencia negativa, 59Q.
- ✓ Un nivel de sobretensión de secuencia positiva, 59V1.
- ✓ Dos niveles de sobretensión de fase a fase, 59PP1 y 59PP2.

El elemento de baja tensión de fase funciona con el mínimo de las magnitudes medidas de tensión de fase, que opera en su caso con

la medición de una sola fase cuando cae por debajo del umbral establecido.

El elemento de fase a fase de baja tensión funciona con el mínimo de las medidas de fase a fase de tensiones.

El elemento de secuencia positiva de subtensión opera cuando la medida de secuencia positiva de voltaje cae por debajo del umbral establecido.

El elemento sobretensión de fase opera utilizando el máximo de las magnitudes medidas de voltaje de fase.

El elemento sobretensión residual opera utilizando la suma de las mediciones de la tensión trifásica. Los elementos de sobretensión de secuencia positiva y negativa operan cuando su medición respectiva excede su umbral establecido.

El elemento de fase a fase de sobretensión opera cuando el máximo de fase a fase de voltaje supera el umbral establecido.

4.3.1.1.2 Calculo del Ajuste del Elemento de Tensión.

Activar y aplicar los elementos de tensión que se requieren para el sistema de control específico. Los ajustes para este Pickup y los retardos se registrarán por los requisitos de la aplicación. Donde se

especifican los elementos que se aplican para el control, las pautas de ajuste se han previsto en las secciones asociadas con el elemento controlado.

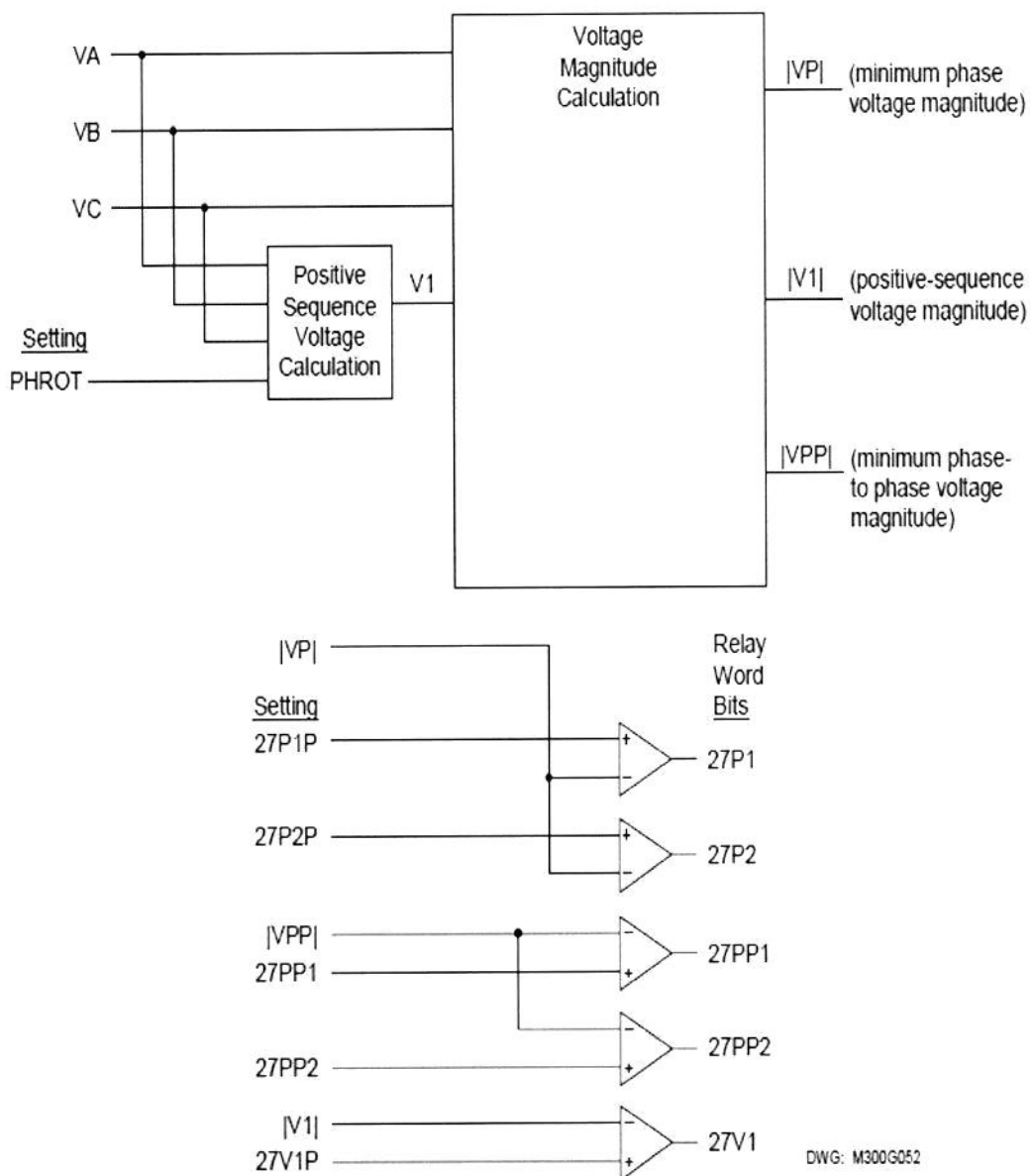


Figura 4.1. Diagrama lógico del elemento de Bajo voltaje.

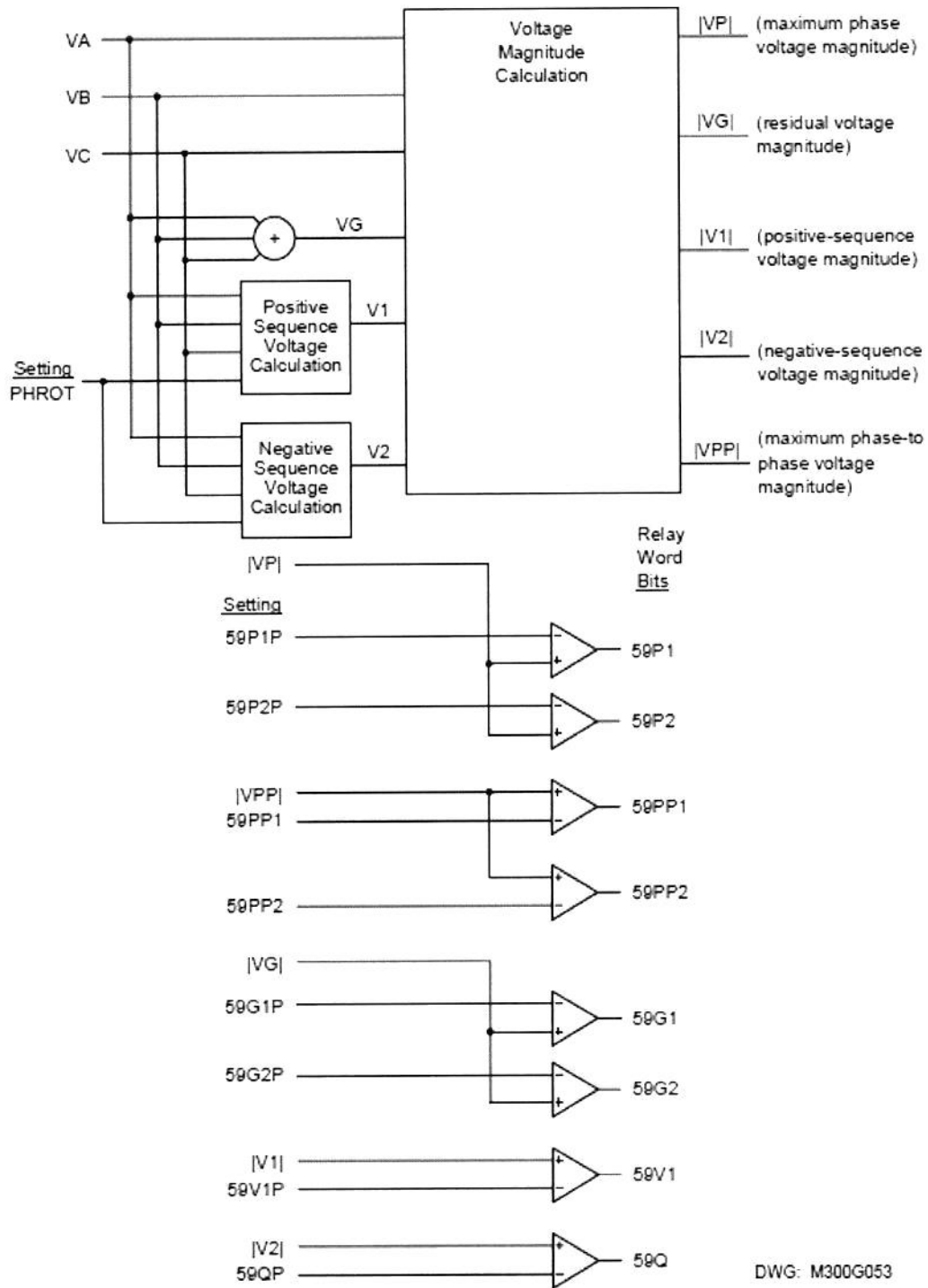


Figura 4.2. Diagrama lógico del elemento de Sobrevoltaje.

4.3.1.1.3 Descripción de los Ajustes.

Habilitar, baja tensión (U / V) Protección (Y, N).

E27=Y

Si el ajuste de E27=Y, permite habilitar los elementos de bajo voltaje, 27P1, 27P2, 27PP1, y 27PP2 y 27V. Si ninguno de estos elementos son requeridos, el ajuste de E27=N.

Cuando DELTA_Y=D, los bits de palabras de relé 27P1 y 27P2 están inactivas y el elemento del relé 27P1P y 27P2P se esconden de la configuración, el cual no necesita ser ingresado.

Habilitar sobretensión (S / V) Protección (Y, N).

E59=Y

Si el ajuste de E59=Y, permite que los elementos de sobretensión 59P1, 59P2, 59G1, 59G2, 59Q, 59V1, y 59PP sean activados. Si ninguno de estos elementos son necesarios, el ajuste E59=N.

Cuando DELTA_Y=D, los bits de palabra de relé 59P1, 59P2, 59G1, 59G2 están inactivos y se esconden de la configuración.

Pickup de secuencia positiva de bajo voltaje (OFF, 0.1–200.0 V).

27V1P = OFF

Pickup Nivel 1 de fase a fase de bajo voltaje (OFF, 0.1–200.0 V).

$$27PP1 = 109.3$$

Pickup Nivel 2 de fase a fase de bajo voltaje (OFF, 0.1–200.0 V)

$$27PP2 = 92.0$$

Pickup de secuencia negativa de sobre voltaje (OFF, 0.0–200.0 V).

$$59QP = \text{OFF}$$

Pickup de secuencia positiva de sobre voltaje (OFF, 0.0–200.0 V).

$$59V1P = \text{OFF}$$

Pickup Nivel 1 de fase a fase de sobre voltaje (OFF, 0.0–300.0 V).

$$59PP1 = 126.5$$

(OFF, 0.0–200.0 V; if DELTA_Y = D)

Pickup Nivel 2 de fase a fase de sobre voltaje (OFF, 0.0–300.0 V).

$$59PP2 = 138.0$$

(OFF, 0.0–200.0 V; if DELTA_Y = D)

Ninguno de los elementos está equipado con algún retardo de tiempo definido. Si se desea una característica de tiempo definido,

utilice la ecuación de control variable SELOGIC y se incorporara el tiempo de retardo para el pick-up.

4.3.1.2 Función 32 “Elemento de Potencia Inversa y Baja Potencia Hacia Delante”.

4.3.1.2.1 Descripción del Elemento.

Este tipo de elemento compara el ángulo de fase relativo entre dos cantidades de corriente alterna. La comparación del ángulo de fase es comúnmente usada para determinar la dirección de la corriente con respecto a una cantidad de referencia. Por ejemplo, el flujo de potencia normal en una determinada dirección resulta en un ángulo de fase entre la tensión y la corriente variando alrededor de su ángulo de potencia de $\pm 30^\circ$; pero cuando este flujo se invierte, este ángulo llega a ser de $180^\circ \pm 30^\circ$.

Así mismo, para una falla en la dirección hacia delante o hacia atrás, el ángulo de fase será $-\beta$ y $180-\beta$, respectivamente, donde β , es el ángulo del circuito fallado que en los circuitos de transmisión es aproximadamente 90° . Esta diferencia en las relaciones de fase creadas por una falla, es explotada en la fabricación de los relés direccionales que responden a la diferencia del ángulo de fases entre dos cantidades que son de tensión y corriente.

4.3.1.2.2 Descripción Funcional.

La motorización de un generador ocurre cuando la potencia del primo-motor del generador es cortada mientras el generador actúa como un motor síncrono. En turbinas de vapor aplicadas como primo-motor, la motorización del generador puede dañar rápidamente la turbina causando sobrecalentamiento. En aplicaciones de otros primo-motores, la motorización puede causar daños mecánicos o condiciones de operación inseguras.

La protección de anti-motorización en el SEL-300G es proporcionada por un elemento de pérdida de potencia inversa y baja potencia hacia delante. Este elemento mide la potencia real que fluye desde el generador. Si la potencia real a la salida cae por debajo del umbral del elemento, el relé acierta e inicia el tiempo definido.

Se proporciona dos umbrales de potencia inversa. Los ajustes de los umbrales son hechos en valores pu de la potencia del generador. Una potencia del generador en pu es definida por VNOM e INOM de los ajustes del relé. Si el segundo disparo de potencia inversa no es requerido, el usuario puede elegir aplicar un umbral como un disparo entrelazado con el disparo secuencial del generador.

4.3.1.2.3 Descripción de los Ajustes.

Se debe habilitar la protección de potencia inversa y baja potencia hacia delante. (Y, N).

E32= Y

Umbral de potencia del nivel 1 (± 0.0015 a ± 3.0000 pu).

32P1P= -0.0300

Retardo de tiempo de la potencia del nivel 1. (0.01 a 400.00 s).

32P1D= 2.00

El nivel 1 debe ser aplicado como una función de disparo. El ajuste del 32P1P define el umbral de potencia en pu. La palabra del relé 32P1 es cierta a menos que la potencia medida en la máquina exceda el umbral. El 32P1T afirma el 32P1D segundos después que el 32P1P es cierto.

Umbral de potencia del nivel 2 (± 0.0015 a ± 3.0000 pu, OFF).

32P2P= -0.0800

Retardo de tiempo de la potencia del nivel 2 (0.01 a 400 s).

32P2D= 9.00

El nivel 2 puede ser aplicado como un disparo de secuencia entrelazado o como una función de sobrecarga. El 32P2P define un umbral de potencia en pu. El 32P2 es cierto a menos que rebase el umbral en pu de la máquina. El 32P2T acierta el 32P2D segundos después que el 32P2P fue afirmativa.

Control de par del elemento 32(Control de ecuaciones SELogic).

32PTC= !60LOP

Los elementos están permitidos para operar cuando el control de ecuaciones SELogic tiene lógica a 1.

4.3.1.2.4 Disparo de Potencia Inversa.

Para la protección de motorización, los elementos de potencia inversa y baja potencia hacia delante son usados para disparar el interruptor principal del generador y los interruptores de campo y transferencia de auxiliares.



CIB - ESPOL

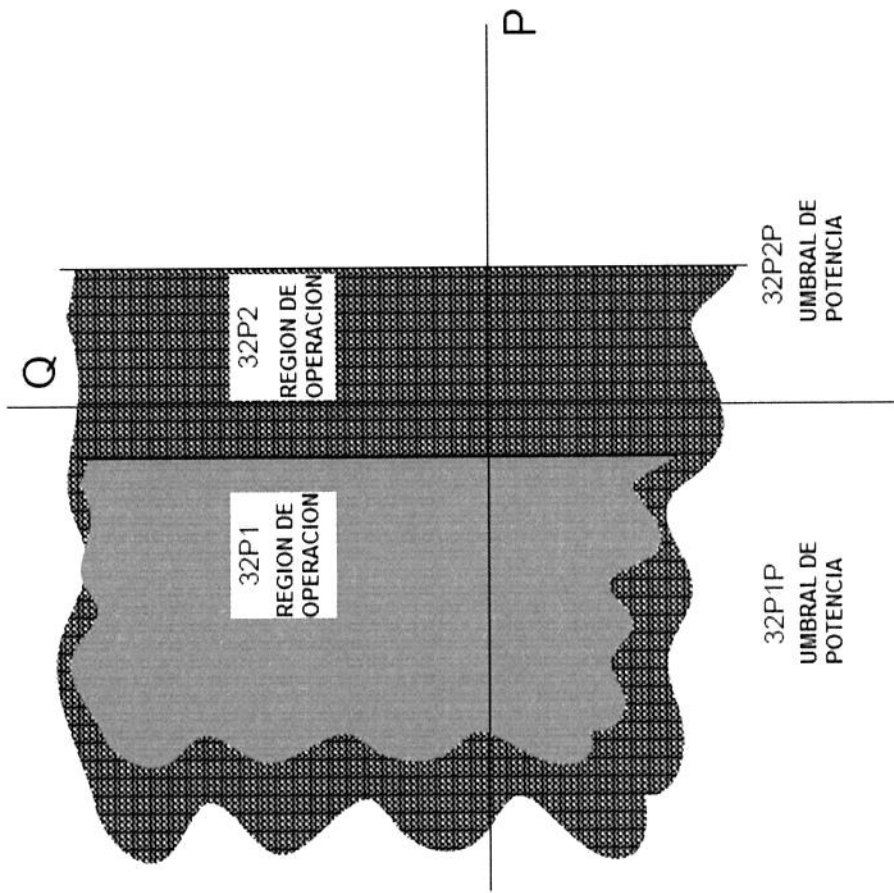


Figura 4.3 Características de Funcionamiento del Elemento de Potencia Inversa y Baja Potencia Hacia Delante.

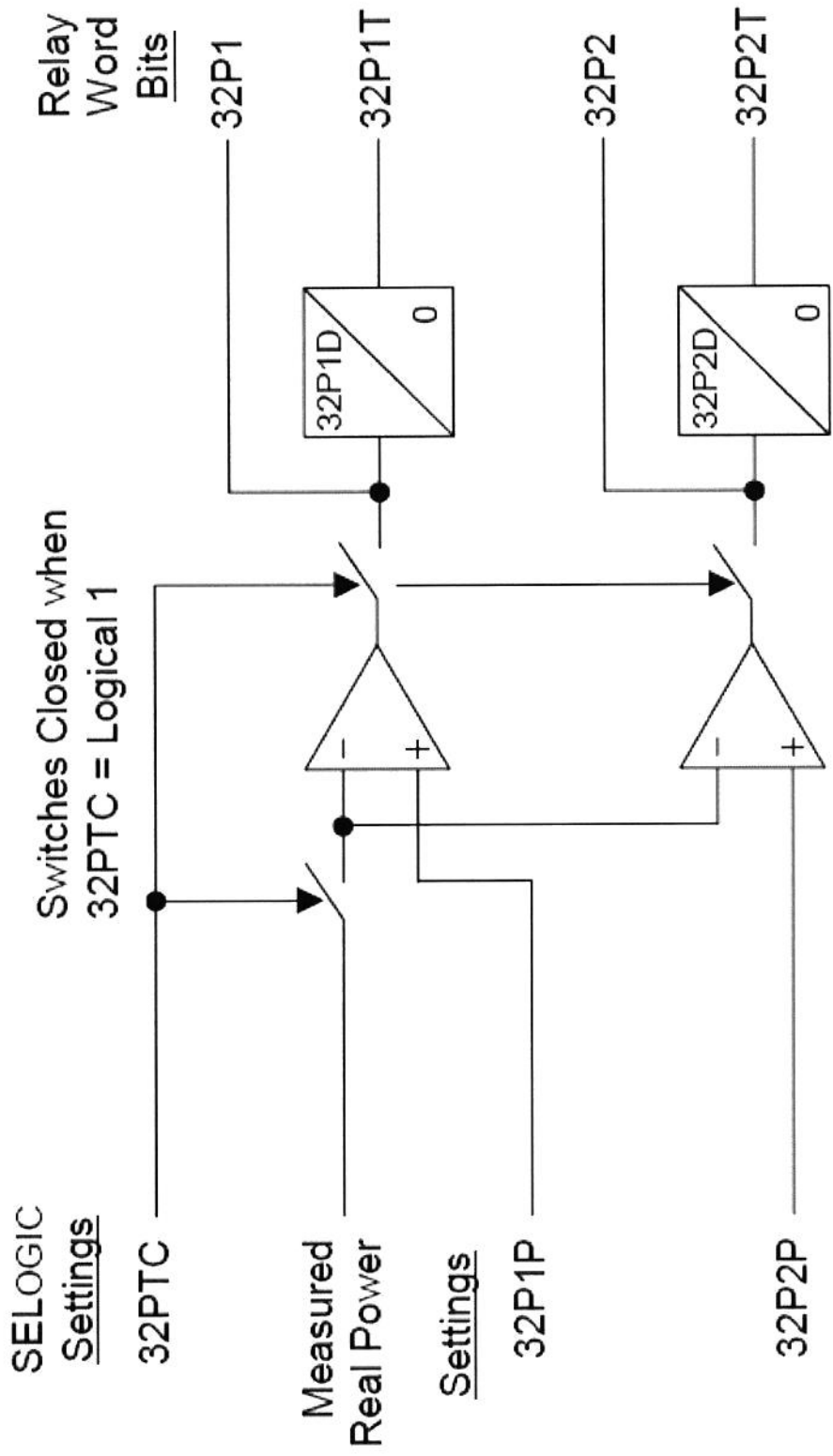


Figura 4.4 Diagrama Lógico del Elemento de Potencia Inversa y Baja Potencia Hacia Delante.

4.3.1.3 Función 40 “Elemento de Pérdida de Campo”.

4.3.1.3.1 Descripción del Elemento.

Cuando un generador síncrono pierde excitación, este opera como un generador de inducción con una velocidad arriba de su velocidad síncrona con el sistema suministrando la potencia reactiva necesaria. Los generadores de rotor de polos lisos, no son adecuados para tal operación porque ellos no tienen devanados amortiguadores y rápidamente se sobrecalienta la laminación del rotor. Los generadores de polos salientes, los cuales son comúnmente usados en plantas hidroeléctricas tienen tales devanados amortiguadores, y no tienen tal problema.

Sin embargo, adicional al problema de sobrecalentamiento, ambas máquinas síncronas de polos lisos y polos salientes, requieren una mínima excitación para trabajar en una cierta condición de carga. El fabricante debe proporcionar las temperaturas obtenidas en cada uno de los límites peligrosos para la sobreexcitación (estator) y baja excitación (rotor).

4.3.1.3.2 Descripción Funcional.

Las corrientes de pérdida de campo causan que el generador síncrono actúe como un generador de inducción. La velocidad del

rotor se incrementa, la salida de potencia activa decrece y el generador absorbe una gran cantidad de potencia reactiva del sistema. Altas corrientes son inducidas en el rotor y las corrientes en el estator pueden ser de 2.0 pu. Estas altas corrientes causan peligrosos sobrecalentamientos en muy corto tiempo.

El SEL-300G detecta pérdida de campo usando un par de desplazamientos de círculos Mho, relés de impedancia. Debido a que la pérdida de campo afecta a las tres fases, la condición es balanceada. El SEL-300G usa mediciones de impedancias de secuencia positiva para formar el círculo Mho.

Típicamente, la zona 1 y zona 2 son desplazamientos del plano de impedancias originado por un valor igual a una mitad de la reactancia transitoria de la máquina. La zona 1 intenta operar con un pequeño retardo de tiempo en los eventos de pérdida de campo bajo condiciones de carga total. La zona 2 con alcances más distantes, opera con un retardo de tiempo mayor.

La zona 2 es propuesta para disparar por condiciones de pérdida de campo que ocurren bajo condiciones de ligera carga.

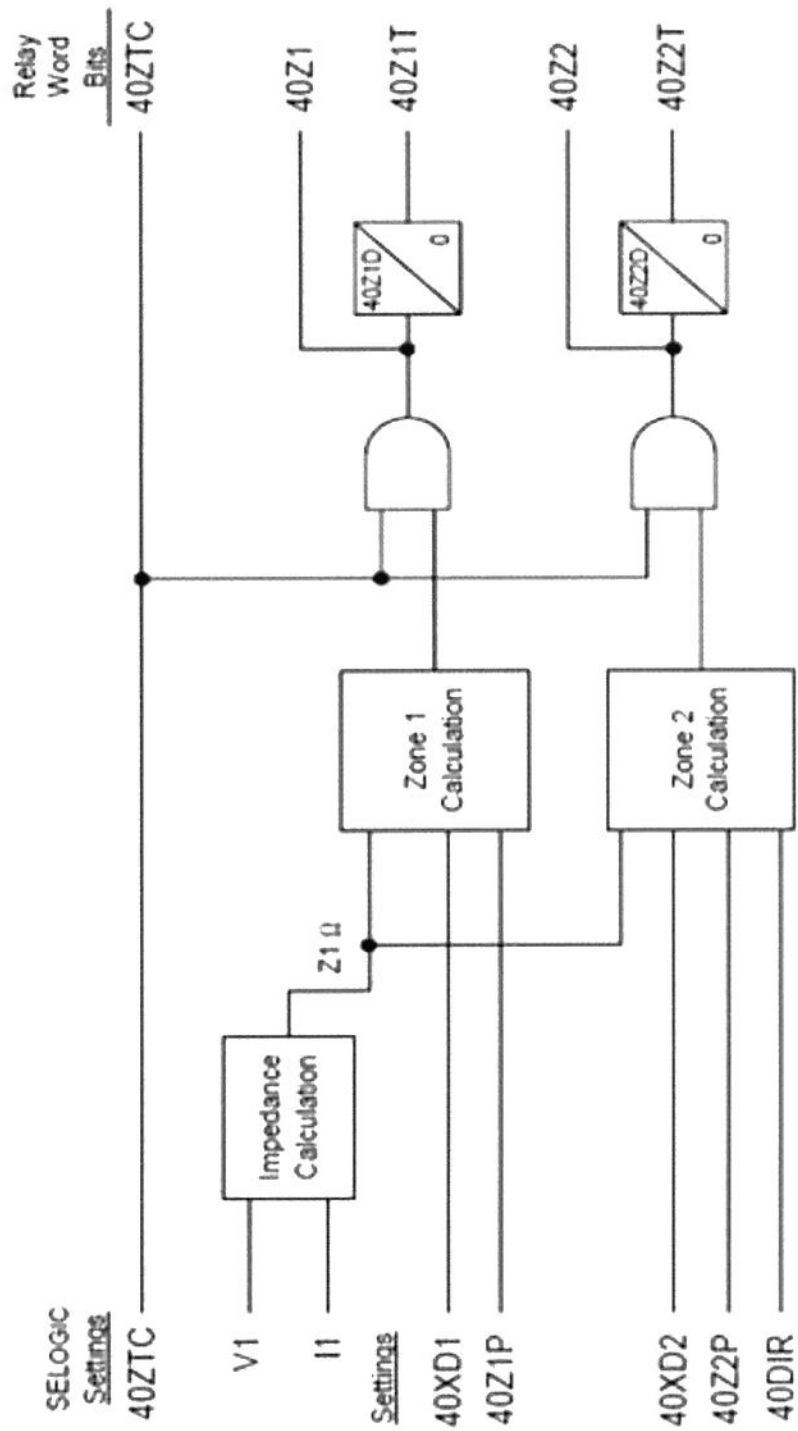


Figura 4.5 Diagrama Lógico del Elemento de Perdida de Campo.

4.3.1.3.3 Cálculos de Ajuste.

Obtenemos primero nuestra $Z_{BASE(sec)}$ para seguir con el cálculo necesario.

$$Z_{BASE(pri)} = \frac{(V_{BASE})^2_{KV}}{S_{BASE\ MVA}} = \frac{13.8^2}{155} = 1.228645 \Omega$$

$$Z_{BASE(sec)} = Z_{BASE(pri)} \frac{RCT}{RPT} = 1.228645 \frac{\frac{8000}{5}}{\frac{14400}{120}} = 16.381935 \Omega$$

Para calcular el diámetro del círculo Mho de la zona 2 se tendrá la ecuación siguiente:

$$40Z2P = X_{d\ PU} * Z_{BASE(sec)} = 1.788 * 16.381935 = 29.2909 \Omega$$

Para calcular el desplazamiento de la reactancia de la zona 2, se tiene:

$$40XD2 = \frac{-X'_d}{2} * Z_{BASE(sec)} = \frac{-0.235}{2} * 16.381935 = -1.92 \Omega$$

Para calcular el diámetro del círculo Mho de la zona 1 se tendrá la ecuación siguiente:

$$40Z1P = 0.7 * X_d * Z_{BASE(sec)} = 0.7 * 1.788 * 16.381935 = 20.5 \Omega$$



Para calcular el desplazamiento de la reactancia de la zona 1, se tiene:

$$40XD1 = \frac{-X'_d}{2} * Z_{BASE(sec)} = \frac{-0.235}{2} * 16.381935 = -1.92 \Omega$$

4.3.1.3.4 Descripción de los Ajustes.

Habilita la protección de pérdida de campo (Y, N).

$$E40=Y$$

Diámetro de los Mho de la zona 1 (OFF, 0.1 a 100).

$$40Z1P=20.5 \Omega$$

Desplazamiento de la reactancia de la zona 1 (-50.0-0.0).

$$40XD1=-1.92 \Omega$$

Operación de retardo de tiempo de la zona 1 (0.0-400 s).

$$40Z1D= 0.1$$

La zona 1 del elemento típicamente es aplicada como una función de disparo. Ajuste el desplazamiento de la zona 1 igual a un medio de la reactancia transitoria del generador, en ohms secundarios. El disparo de pérdida de campo de la zona 1 es típicamente realizado con un retardo de tiempo pequeño o cero.

Cualquier retardo deseado debe ser agregado usando el ajuste de 40Z1D.

La palabra en BIT del relé 40Z1 acierta a menos que la medición de la impedancia de secuencia positiva caiga dentro del círculo Mho de la zona definido por el desplazamiento y diámetro ajustado, La palabra en BIT del relé, 40Z1D se acierta 40Z1D segundos después que el 40Z1 es acertado.

Diámetro de los Mho de la zona 2 (OFF, 0.1 a 100).

40Z2P= 29.29

Desplazamiento de la reactancia de la zona 2 (-50.0-0.0).

40XD2= -1.92

Operación de retardo de tiempo de la zona 2 (0.0-400 s).

40Z2D= 0.6

La zona 2 del elemento típicamente es aplicada como una función de disparo. El disparo de pérdida de campo de la zona 2 es realizado con un retardo de tiempo 0.5 a 0.6 segundos.

La palabra en BIT del relé 40Z2 acierta a menos que la medición de la impedancia de secuencia positiva caiga dentro del círculo

Mho de la zona 2 definido por el ajuste del desplazamiento y diámetro de la zona 2, la supervisión lineal del direccional, si es usado. La palabra en BIT del relé, 40Z2T acierta 40Z2D segundos después que el 40Z2 es acertado.

Control de torque del elemento 40Z (ecuación SELogic).

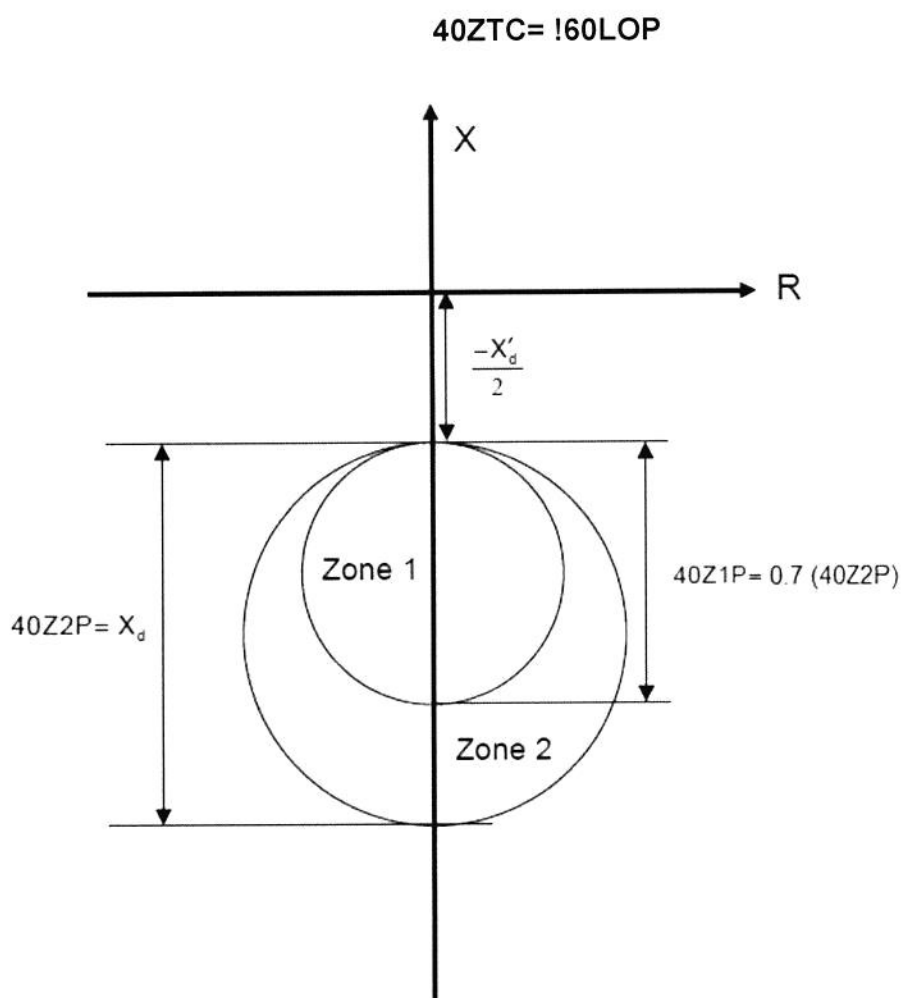


Figura 4.6 Características de Funcionamiento del Elemento de Pérdida de Campo.



4.3.1.4 Función 46 “Elemento de Sobrecorriente de Secuencia Negativa”.

4.3.1.4.1 Descripción del Elemento.

Las corrientes desbalanceadas del generador causan un alto calentamiento al rotor. El generador deberá ser capaz de soportar sin daño, el efecto de una corriente des balanceada continua correspondiente a una corriente de secuencia negativa, en términos de I_2^2t .

El SEL-300G proporciona un elemento de sobrecorriente de secuencia negativa de tiempo definido, apropiado para aplicarse en una alarma y un elemento de sobrecorriente-tiempo I_2^2t para disparar por desbalanceo de corriente.

4.3.1.4.2 Descripción de los Ajustes.

Se habilita la protección de sobrecorriente de secuencia negativa (Y, N).

E46= Y

Operación de sobrecorriente de secuencia negativa del nivel 1 (2-100%, OFF).

46Q1P= 4%

Retardo de tiempo de sobrecorriente de secuencia negativa del nivel 1(0.02-999.90 s).

46Q1D= 5.0 seg.

El nivel 1 del elemento es típicamente aplicado como una alarma por desbalanceo. La operación es definida en por ciento de la corriente nominal de fase. Para agregar un retardo se debe usar el 46Q1D.

Operación de sobrecorriente de secuencia negativa del nivel 2 (2-100%, OFF).

46Q2P= 8%

Dial de tiempo de sobrecorriente-tiempo de secuencia negativa del nivel 2(1-100 s).

46Q2K= 10 seg.

El elemento de sobrecorriente de secuencia negativa opera con una característica de tiempo I_2^2t . Ajuste el valor de operación igual al mínimo por ciento de corriente nominal para la cual el elemento debe responder.

Ajuste a 46Q2K igual al valor de I_2^2t del generador que es una capacidad definida de fábrica.

Control de Torque del Elemento 46Q (control de ecuaciones SELogic).

46QTC= 1

4.3.1.4.3 Disparo de Sobrecorriente de Secuencia Negativa.

Generalmente el disparo de sobrecorriente de secuencia negativa es aplicado únicamente al interruptor principal del generador.

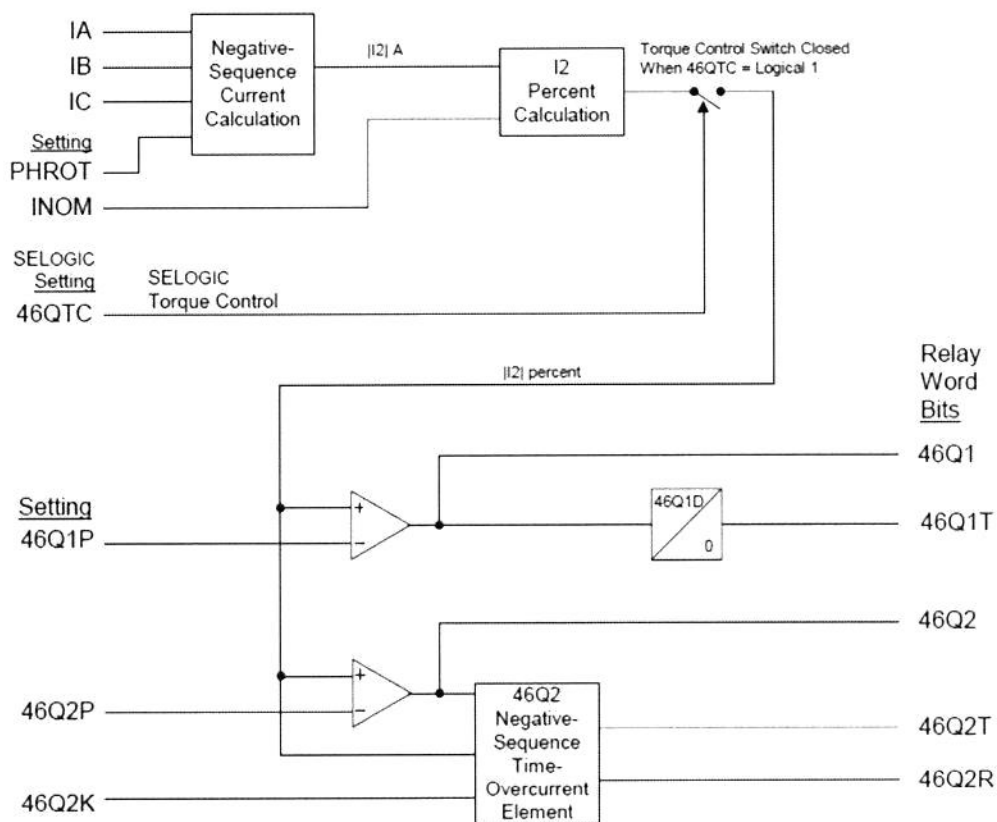


Figura 4.7 Diagrama Lógico del Elemento de Sobrecorriente de Secuencia Negativa.

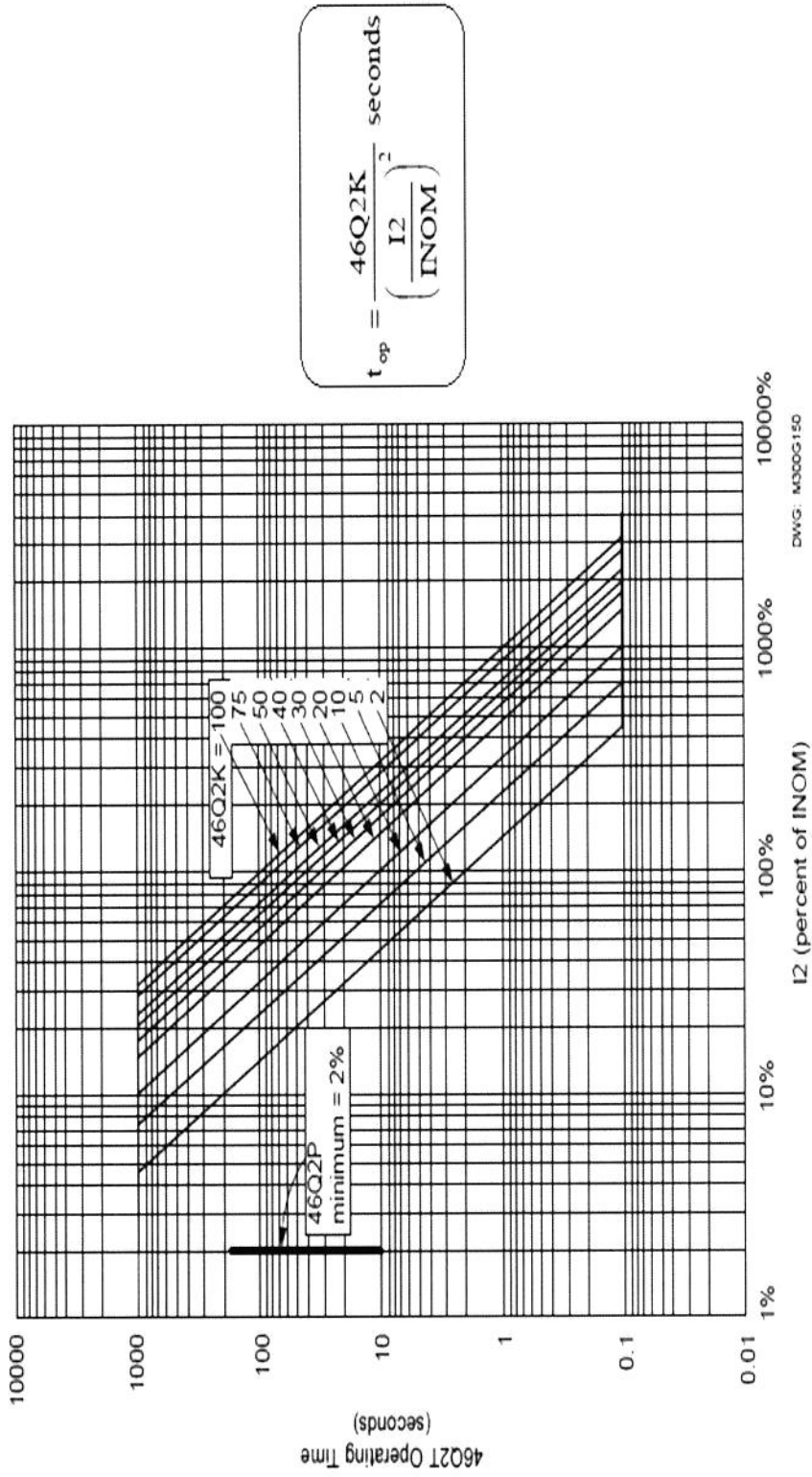


Figura 4.8 Característica de Operación del Tiempo de Sobrecorriente de Secuencia Negativa.

4.3.1.5 Función 51 “Elemento de Sobrecorriente”.

4.3.1.5.1 Descripción del Elemento.

La protección de respaldo del sistema como es aplicada a la protección de generadores consiste de protección con retardo de tiempo para condiciones de falla línea a tierra y multifase. Los ajustes del relé para respaldo deben ser lo suficientemente sensitivos para detectar las mismas.

La protección para fallas entre fases es dada por los relés 21, 51 ó 51V. La protección de falla a tierra es dada por el relé 51N conectado en el neutro del lado de alta tensión del transformador elevador. Los transformadores de corriente para protección de fallas entre fases son normalmente del lado neutro del generador para proporcionar protección adicional de respaldo para el generador.

Los transformadores de potencial son conectados de lado de la barra del generador. La protección de respaldo es con retardo de tiempo para asegurar la coordinación con los relés primarios del sistema. El grupo más usado de relés de respaldo de sobrecorriente de fase son los relés de sobrecorriente controlados o restringidos por tensión (51V).



Estos relés permiten ajustes menores de la corriente de carga del generador para proporcionar mayor sensibilidad para fallas en el sistema. El relé de sobrecorriente controlado con tensión deshabilita el disparo por sobrecorriente hasta que la tensión cae abajo del nivel ajustado. Si las tensiones de falla en el generador para fallas remotas están bien abajo de los niveles de tensión de operación normal del generador, la función de sobrecorriente puede ser restringida seguramente por la unidad de tensión del relé de sobrecorriente con control de tensión.

El relé de sobrecorriente con restricción de tensión cambia el pickup de la unidad de sobrecorriente en proporción a la tensión, lo cual desensibiliza el relé para corrientes de carga mientras que incrementa la sensibilidad para fallas las cuales abaten la tensión y permite el pickup del relé.

4.3.1.5.2 Curva Tiempo-Sobrecorriente.

La información describe el tiempo para la curva y del time-dial ajustado para el elemento de sobrecorriente.

Las curvas Tiempo – Corriente del relé son de acuerdo a la IEEE C38.11-1996 IEEE Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Overcurrent Relays.

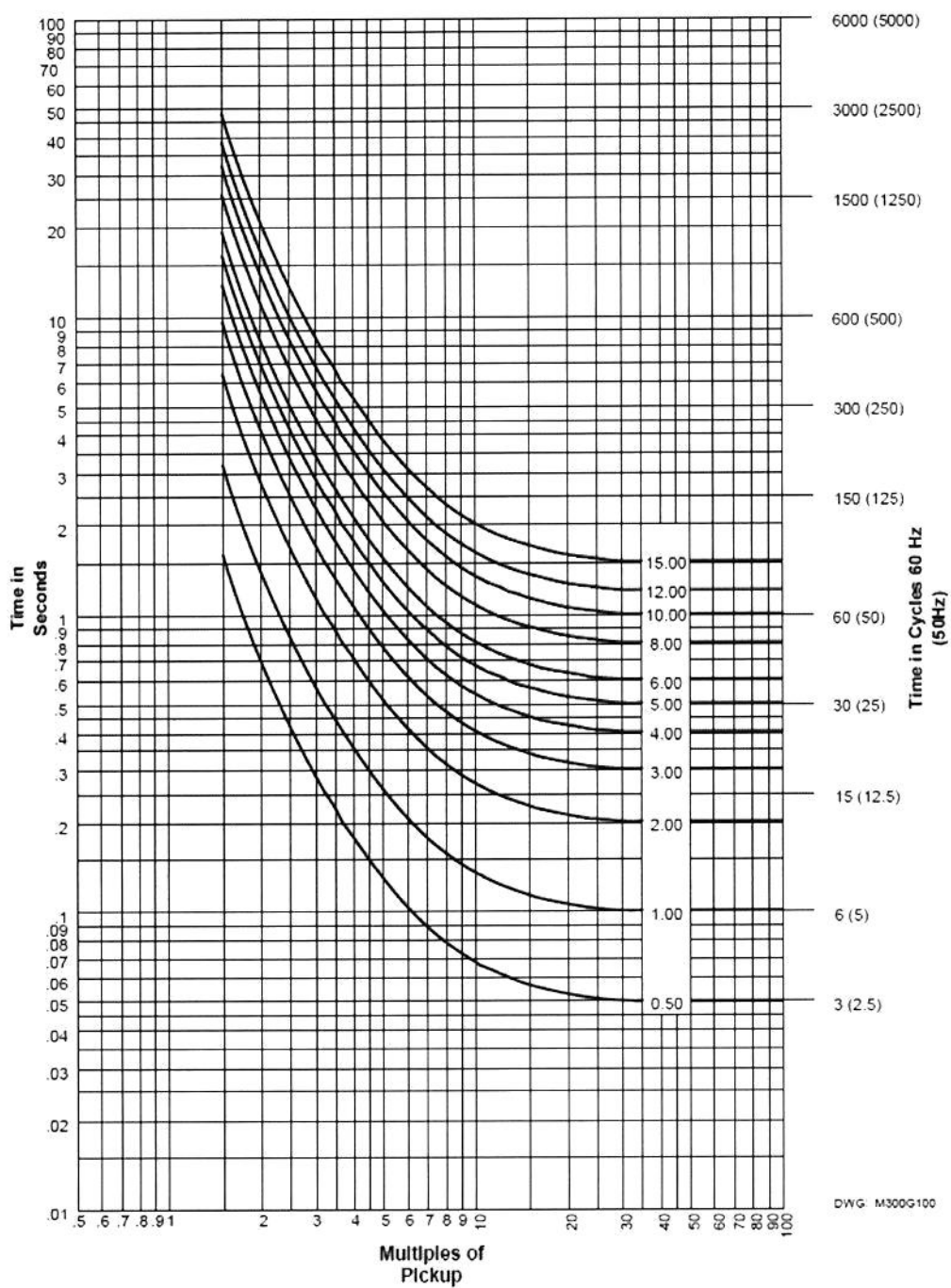


Figura 4.9 Curva muy inversa: U3.

$$t_p = TD * \left(0.0963 * \frac{3.88}{(M^2 - 1)} \right)$$

$$t_r = TD * \left(\frac{3.88}{(1 - M^2)} \right)$$

Dónde:

t_p = Tiempo de operación.

t_r = Disco de inducción electromecánica de emulación de tiempo de reposición (si es que se realiza la configuración de restablecimiento electromecánico).

TD = Ajuste del time – dial.

M = Múltiplo de la corriente pickup (para operación (t_p), $M > 1$;
para tiempo de reposición (t_r), $M \leq 1$).

4.3.1.5.3 Descripción de los Ajustes.

Habilitar el sistema de protección de respaldo (N, D, DC, V, C).

EBUP = C

EBUP=C para habilitar el 51C, elemento de sobrecorriente controlado con tensión, tiempo – corriente inverso.

Si se ajusta EBUP=V, habilita el 51V, elemento de sobrecorriente con restricción de tensión, tiempo - corriente.

Voltaje – Tiempo controlado – O/C Pickup (OFF, 0.50-16.00 A {5 A Model}; OFF, 0.10-3.20 A {1 A Model}).

51CP=1.88

Voltaje – Tiempo controlado – O/C Curva (U1 – U5, C1 – C5).

51CC=U3

Voltaje – Tiempo controlado – O/C Time Dial (0.50 – 15.00, U curves) (0.05 – 1.00, C curves).

51CTD=4.00

Voltaje – Tiempo controlado – O/C EM Reset (Y, N).

51CRS=N

Control de Torque del Elemento 51C (SELogic ecuación).

51CTC=27PP2*!60LOP



CIB - ESPOL

4.3.1.5.4 Características Operativas del Elemento.

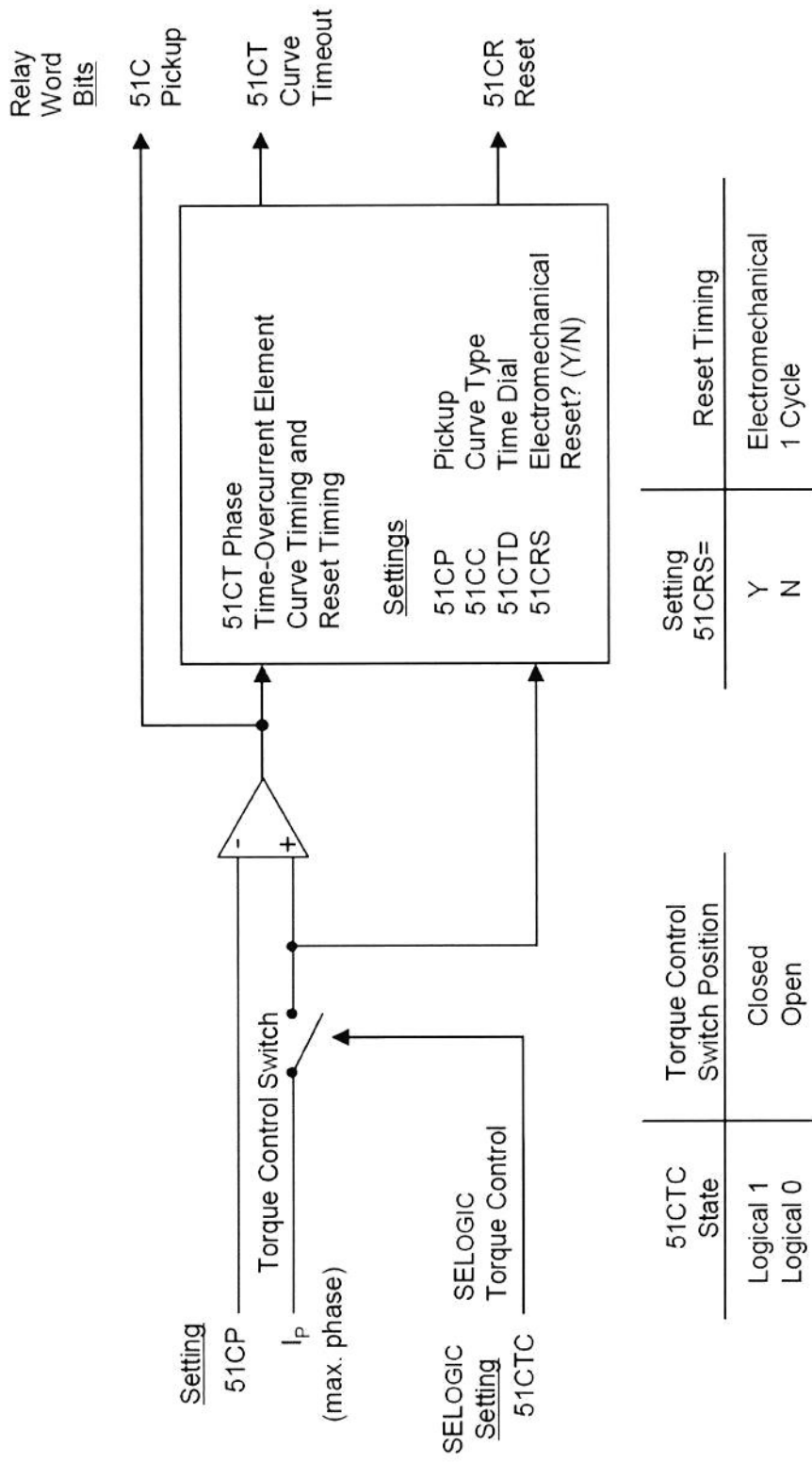


Figura 4.10 Voltaje – Tiempo controlado de fase – Elemento de sobrecorriente 51CT.

4.3.1.6 Función 64 “Elemento de Protección a Tierra al 100% del Estator”.

4.3.1.6.1 Descripción del Elemento.

La falla de aislamiento es la causa más frecuente de la mayoría de las fallas en un generador. Estas pueden comenzar como fallas entre espiras y posteriormente convertirse en fallas a tierra; o empezar directamente como falla a tierra, para que la protección a tierra opere lo más rápido posible.

La protección de una falla a tierra en un generador se complica cuando el generador se aterriza con un transformador de distribución. En este sistema de potencia es aterrizado a través de una resistencia igual o ligeramente menor que la capacitancia total del sistema. Esto trae como consecuencia que la corriente sea muy pequeña y que las sobretensiones transitorias sean menores de 2.5 veces el valor de la cresta normal a tierra.

4.3.1.6.2 Descripción de Funcionamiento.

El relé SEL 300G provee una función de dos zonas diseñadas para detectar fallas a tierra en el devanado del estator, en generadores con puesta a tierra con resistencia y alta impedancia. El elemento de la zona 1, 64G1, usa un elemento de sobretensión al neutro de

frecuencia fundamental que es sensitivo a fallas en la mitad o porciones superiores de los devanados. El elemento de zona 2, 64G2, usa una tensión de tercera armónica con función diferencial para detectar fallas en las porciones superior e inferior del devanado. Por el uso de las dos zonas, juntas, el relé provee el 100% del estator.

Cuando una falla a tierra ocurre en la parte alta del devanado de un generador aterrizado con resistencias o una alta impedancia, una tensión aparece en el neutro del generador.

La magnitud de la tensión al neutro durante la falla es proporcional a la localización de la falla dentro del devanado.

Si una falla ocurre en el 85% de la parte alta del devanado desde el punto neutro, la tensión al neutro es el 85% de la tensión nominal al neutro del generador. El relé SEL-300G acierta el 64G1 cuando la tensión es más grande que el ajuste 64G1P.

Esta función detecta fallas a tierra del estator en casi todo el devanado, no así en la parte baja del 5 al 10% del devanado; ya que la tensión al neutro no tiene valor significativo. Para detectar fallas en la parte alta (95%-98%) del devanado del generador usamos la siguiente ecuación.

$$64G1P = \left(1 - \frac{95\%}{100\%}\right) \times \left(\frac{Kv * 1000}{1.732 * ptrn}\right) V$$

4.3.1.6.3 Información Necesaria.

- ✓ Tensión nominal del generador.
- ✓ Relación del transformador de puesta a tierra a 1 (use 1 si la máquina tiene resistencia de puesta a tierra).
- ✓ Relación del transformador de potencial del neutro del generador a 1 (use 1 si el relé está conectado directamente al devanado secundario del transformador de puesta a tierra).
- ✓ Tensión al neutro del generador durante una falla a tierra (esta tensión es causada por el acoplamiento capacitivo en el transformador elevador del generador). Si esta tensión no es conocida, la coordinación puede ser hecha en bases del tiempo.
- ✓ Ajustes del relé PTR, PTRN, DELTA_Y.

4.3.1.6.4 Descripción de Ajustes.

Habilitar la protección a tierra del estator al 100% (Y, N).

E64=Y



CIB - ESPOL

Elementos 64G

Operación de los elementos de sobre/baja tensión del neutro de la Zona 1 (0.1-150, OFF).

64G1P=14

Retardo de tiempo de la Zona 1 (0.00-400.00s).

64G1D=1.00

Tensión diferencial de la Zona 2 (OOF, 0.1-20.0V).

64G2P=2.5

Retardo de tiempo de la Zona 2 (0.00-400.00s).

64G2D=0.08

Control de Torque del Elemento 64G (SELogic ecuación).

64GTC=1.0

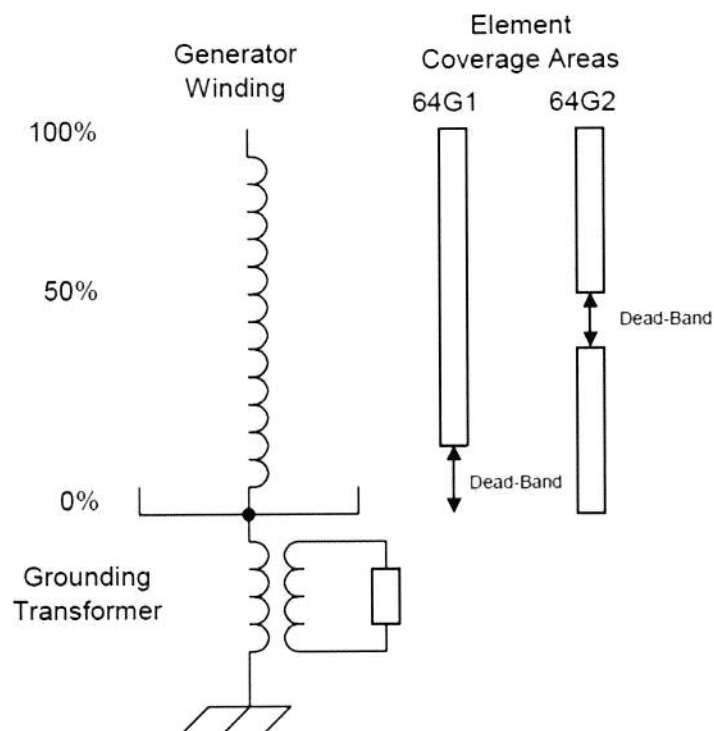


Figura 4.11 Característica de Operación del Elemento 64G

4.3.1.7 Función 81 “Elemento de Protección de Frecuencia”.

4.3.1.7.1 Descripción del Elemento.

Cuando se presenta una pérdida de generación, pérdida de carga o la acción de los relés fuera de paso, causa una diferencia que se presenta entre la carga y la generación en un sistema de potencia, o en parte del sistema de potencia. Los generadores se aceleran cuando la generación está en exceso, o se frenan cuando la carga es mayor. En la condición de frenado, los generadores deben ser

protegidos de alcanzar peligrosas velocidades bajas de operación, las cuales pueden causar fallas en los alabes de la turbina. La frecuencia de resonancia mecánica de los alabes está cerca de la frecuencia normal de operación. Para un turbogenerador de 60 Hz, una resonancia puede existir alrededor de 57 Hz, por lo que serios daños pueden ser causados a los alabes de las turbinas. Los motores de los servicios auxiliares, también pueden resultar dañados con esta operación a bajas frecuencias.

Es por lo tanto imperativo que el decaimiento de la frecuencia en un sistema sea detenido, antes de que los aparatos de protección aislen la planta del sistema, y se provoque un problema más serio. Es función de los relés de baja frecuencia de tiro de carga, detectar el decaimiento de la frecuencia del sistema, y desconectar cantidades apropiadas de carga conectada al sistema, para que la generación y la carga estén balanceadas y el sistema de potencia pueda retornar a su frecuencia normal de operación, sin desconectar ningún generador del sistema.

Los esquemas de tiro de carga han sido muy importantes en los sistemas actuales, donde la carencia de márgenes adecuados de reserva rodante y márgenes adecuados de capacidad de las líneas de enlace para preparar la pérdida de generación por la

importancia de grandes bloques de energía desde las líneas de enlace.

Los relés de tiro de carga pueden ser electromecánicos, de estado sólido, o microprocesadores. El elemento de medición censa una frecuencia igual a su ajuste, y operará después de un cierto tiempo después de que la frecuencia pasó a través de su ajuste en su decaimiento. El tiempo del relé, el tiempo de retardo, y el tiempo de apertura del interruptor, todos sumados hacen un retardo de 10 ciclos o más. Si la relación de cambio de frecuencia puede ser estimada, entonces la frecuencia en la cual la carga es disparada puede ser determinada. El ajuste del siguiente paso del relé de tiro de carga puede ser ajustado con un cierto margen de seguridad.

4.3.1.7.2 Descripción de Funcionamiento.

El SEL-300G provee seis pasos de elementos de sobre frecuencia/baja frecuencia. Cada elemento puede operar como un elemento de sobre o baja frecuencia, dependiendo de su ajuste de operación. Si el ajuste de operación del elemento es menor que el ajuste de la frecuencia nominal de la máquina, FNOM, el elemento opera como un elemento de baja frecuencia, operando si la medición de la frecuencia es menor que el valor de ajuste. Si el ajuste de operación del elemento es mayor que el ajuste de la

frecuencia nominal de la máquina, FNOM, el elemento opera como un elemento de sobre frecuencia, operando si la medición de la frecuencia es mayor que el valor de ajuste.

4.3.1.7.3 Información Necesaria.

- ✓ Frecuencia de disparo de la protección de frecuencia anormal deseada o requerida.
- ✓ Frecuencias de tipo de carga baja / sobre frecuencia del generador. Tensión nominal del generador.

4.3.1.7.4 Descripción de Ajustes.

Habilitar los elementos de frecuencia (N, 1-6).

E81=6 Ajustar E81 habilita hasta seis elementos de sobre/baja frecuencia.

Cuando E81=N, los elementos de frecuencia están deshabilitados y sus ajustes son escondidos y no necesitan ser introducidos.

Elementos 81 Ajustes

Bloqueo a bajas tensiones de fase (V) (20.00 – 150.00).

27B81P= 20.00

Operación del nivel 1 (OFF, 20.00-70.00 Hz).

81D1P= 58.50

Retardo de tiempo nivel 1 (0.03-400.00 s).

81D1D= 3.00

Operación del nivel 2 (OFF, 20.00-70.00 Hz).

81D2P= 57.90

Retardo de tiempo nivel 2 (0.03-400.00 s).

81D2D= 1.00

Operación del nivel 3 (OFF, 20.00-70.00 Hz).

81D3P= 57.50

Retardo de tiempo nivel 3 (0.03-400.00 s).

81D3D= 0.10

Operación del nivel 4 (OFF, 20.00-70.00 Hz).

81D4P= 60.50

Retardo de tiempo nivel 4 (0.03-400.00 s).

81D4D= 5.00

Operación del nivel 5 (OFF, 20.00-70.00 Hz).

81D5P= 63.00

Retardo de tiempo nivel 5 (0.03-400.00 s).

81D5D= 5.00

Operación del nivel 6 (OFF, 20.00-70.00 Hz).

81D6P= 63.60

Retardo de tiempo nivel 6 (0.03-400.00 s).

81D6D= 5.00

Los elementos de frecuencia son deshabilitados mientras cualquier tensión de fase sea menor que el 2781P. En los ajustes mostrados anteriormente está habilitado un elemento de baja frecuencia.

4.3.1.8 Función 87G “Elemento Diferencial”.

4.3.1.8.1 Descripción del Elemento.

Los relés SEL-300G proporcionan dos elementos de tiempo definido de retraso de corriente diferencial de tierra, son diseñados para detectar fallas a tierra en la resistencia a tierra y generadores conectados directamente a tierra. Debido a que estos elementos están basados en corrientes, estos no pueden proporcionar una cobertura de falla a tierra del 100 % de los devanados del estator.

Estos, sin embargo, ofrecen una protección selectiva de falla a tierra, ya que no responden a las fallas a tierra más allá de las fases de los transformadores de corriente del generador.

Esta cualidad hace que el elemento sea adecuado para proteger a los generadores conectados a las barras de unidades múltiples, o para los generadores conectados a una barra de carga, tales como se pueden encontrar en una instalación industrial.

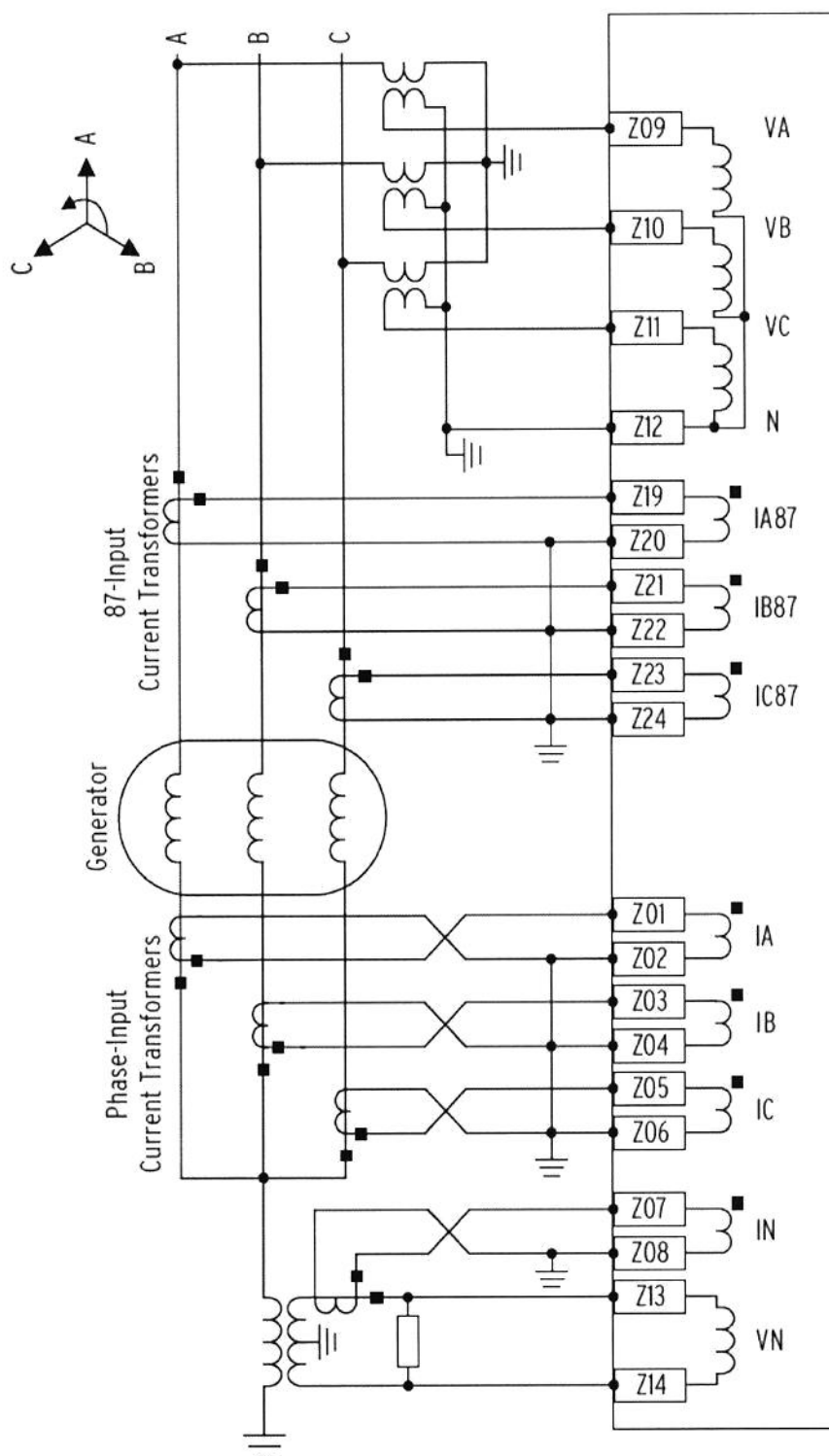


Figura 4.12 Relé SEL-300G AC – Ejemplo de conexión de alta impedancia de tierra del generador con protección diferencial de corriente.

4.3.1.8.2 Revisión Global del Elemento.

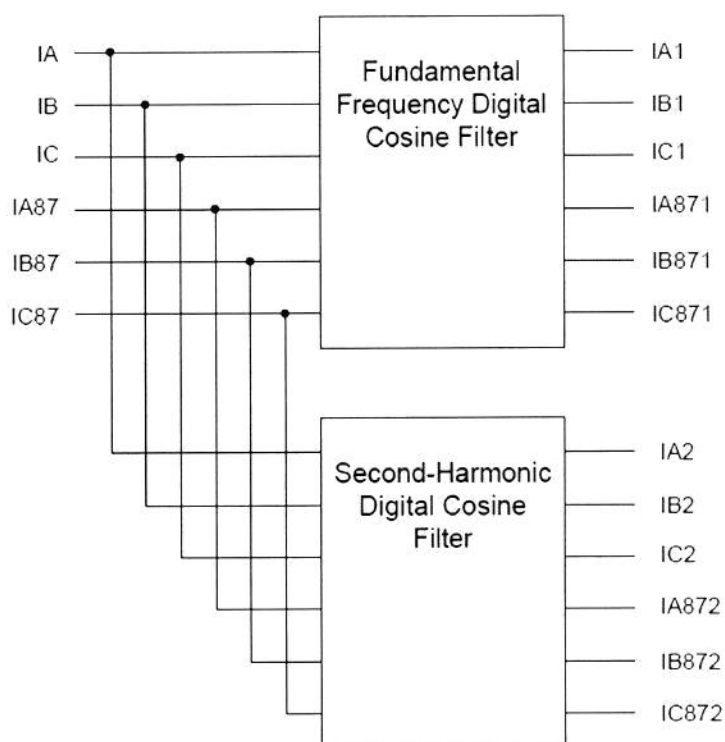
Para simplificar el proceso de ajuste para la mayoría de las aplicaciones, el elemento diferencial de relé SEL-300G es habilitado ajustando E87 igual a G o T. Cuando E87=G, algunos de los ajustes del elemento diferencial son fijados a valores predeterminados, dejan únicamente tres ajustes a considerar.

Ajusta E87= G cuando la protección del generador es el único aparato en la zona del diferencial. Cuando E87=T, un ajuste adicional es disponible para compensar la inclusión de un transformador elevador del generador a la zona diferencial.

Cuando E87= G o T, la función de protección diferencial incluye una sensibilidad, un elemento diferencial de porcentaje diferencial y elemento libre que debe ser ajustado con menos sensibilidad.

Cuando E87= G o T, el relé mide la frecuencia fundamental de las corrientes desde la entradas de fase (IA, IB, e IC) y las entradas del diferencial (IA87, IB87, e IC87). El relé también mide las corrientes de segundo armónico para cada ajuste de entrada. El relé compensa matemáticamente las mediciones de las corrientes, tomando en cuenta las corrientes de las conexiones del transformador, las conexiones del transformador de potencia (si E87= T), y los ajustes del TAP.

Usando las corrientes de compensación, el relé después calcula las cantidades de operación (IOP1, IOP2, e IOP3), las cantidades de restricción (IRT1, IRT2, e IRT3), y las cantidades de bloqueo de segundo armónico (I1F2, I2F2, e I3F2).



*Figura 4.13 Filtros de la Componente Fundamental y Segunda Armónica;
Proveen Entradas de Corrientes a los Elementos Diferenciales.*

4.3.1.8.3 Descripción de los Ajustes.

Para aplicación de corriente diferencial a generadores, el relé del SEL-300G ofrece una protección sencilla diferencial de generador, cuya configuración se describe a continuación:

Valor del TAP de la entrada de fase.

$$\mathbf{TAP1 = \text{cantidad deducida (3.8)}}$$

Valor del TAP de la entrada del 87.

$$\mathbf{TAPD = \text{cantidad deducida (2.96)}}$$

Nivel máximo de la corriente de operación (1.0-20.0).

$$\mathbf{U87P = 10.0}$$

Nivel mínimo de corriente requerido para operación (0.04-1.0).

$$\mathbf{O87P = 0.30}$$

Por ciento de restricción de la pendiente 1 (5-100%).

$$\mathbf{SLP1 = 10\%}$$

4.3.1.8.4 Operación del Elemento Diferencial sin Restricción.

El elemento diferencial sin restricción está propuesto para detectar corrientes diferenciales muy grandes que claramente indican una falla interna. Este elemento responde únicamente a la frecuencia fundamental de las componentes de las corrientes de operación del diferencial y no es afectado por la función de porcentajes de restricción.

Este ajuste debería ser bastante alto para no responder a las falsas corrientes diferenciales causadas por las diferencias en TCs (transformadores de corriente) desempeñadas por medio de severas fallas. Ajusta $U_{87P}=10.0$ segundos generalmente proporcionar una ejecución satisfactoria. Operación del elemento diferencial restringido, O_{87P} .

Se ajusta la corriente de operación del elemento restringido a un mínimo valor para incrementar la sensibilidad, este opera bastante alto para evitar la operación incorrecta debido a algún error en los TCs. Un O_{87P} ajustado de 0.3 proporciona generalmente una ejecución satisfactoria.

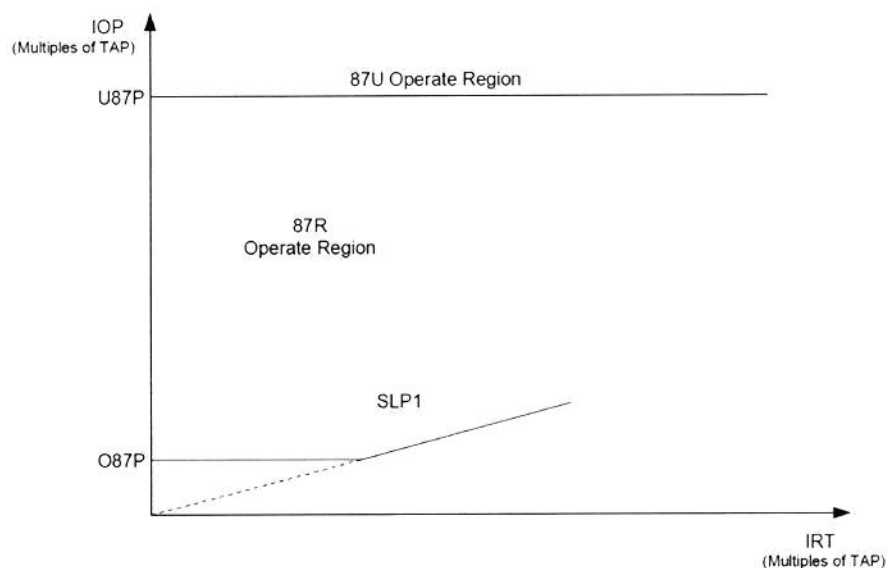


Figura 4.14 Características de los elementos diferenciales en funcionamiento.

4.3.2 Protección del Transformador de 142 MVA.

4.3.2.1 Función 50, 51 “Elemento Sobrecorriente”.

4.3.2.1.1 Características de Operación.

	Elemento de Tiempo Definido	Elemento Instantáneo	Elemento de Tiempo Inverso
Fase (Ia, Ib, y Ic)			
Devanado 1	50P11	50P12, 50P13, 50P14	51P1
Devanado 2	50P21	50P22, 50P23, 50P24	51P2
Devanado 3	50P31	50P32, 50P33, 50P34	51P3
Combinado (Devanados 1 y 2)			51PC1

Tabla 4.1 Característica de Operación del Elemento de Sobrecorriente.

Los elementos sombreados son aquellos que están activados en el relé SEL-387E, solo a estos elementos señalados se muestran los ajustes.

4.3.2.1.2 Elementos de Tiempo Definido por Fase “50Pn1”.

La figura 4.16 muestra la lógica para el elemento 50Pn1. La lógica compara las magnitudes de las corrientes de fase de la entrada IAWn, IBWn y ICWn para el ajuste del pickup del 50Pn1P.



Si una o más magnitudes de corriente exceden el nivel de arranque, un 1 lógico afirma en el centro de una compuerta "AND". El torque de control SELOGIC del control de la ecuación 50Pn1TC determina la entrada de la otra compuerta "AND". Si 50PnTC es verdadero, el bit de palabra del relé 50Pn1, afirma y se inicia el temporizador, después del tiempo especificado de retardo de 50Pn1D.

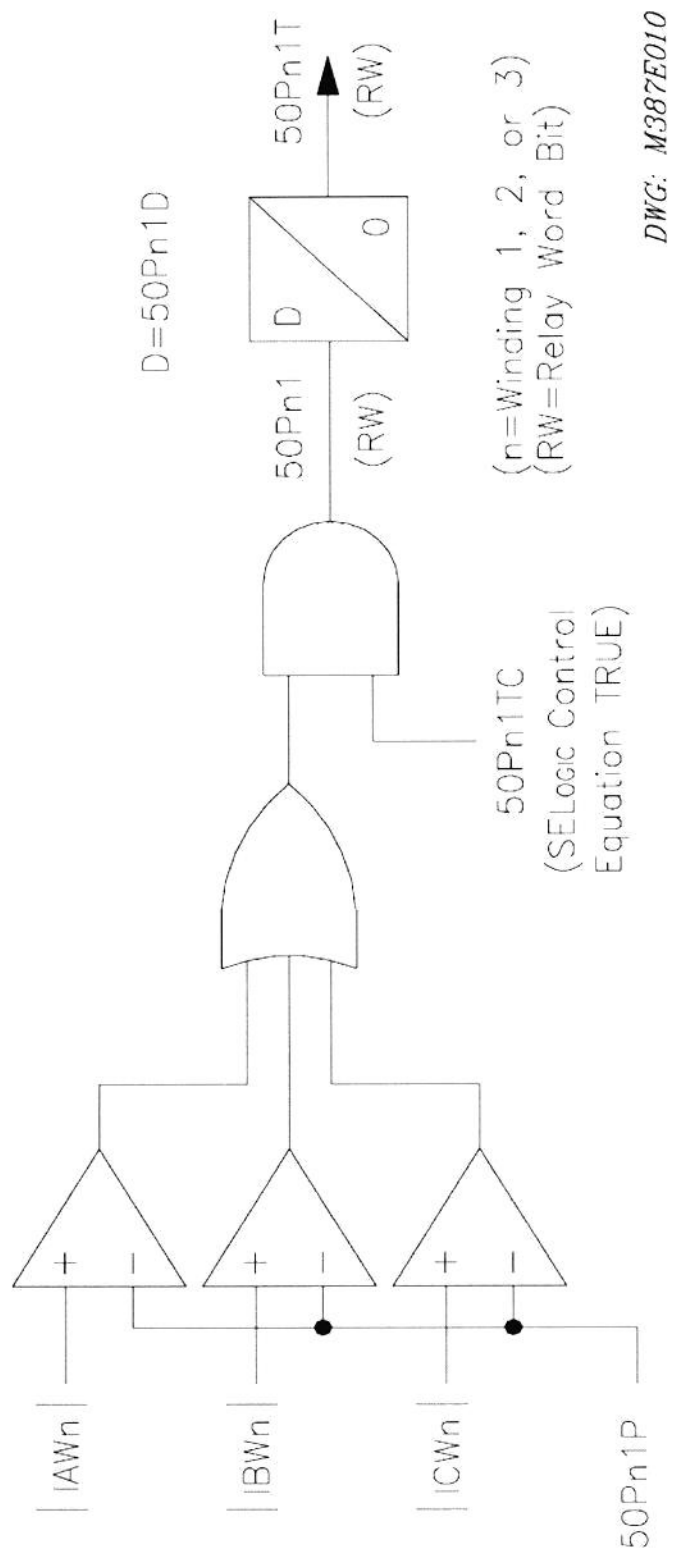


Figura 4.15. 50Pn1 – Elemento de tiempo definido por fase, torque controlado.

4.3.2.1.3 Ajustes del elemento de Tiempo Definido.

Ajuste del pickup del elemento de tiempo definido de fase
(OFF,0.25-100A,seg).

$$50Pn1P = 50P31P = 10.00$$

Torque de control de la ecuación SELOGIC.

$$50Pn1TC = 50P31TC = 1$$

Ajuste del retardo de tiempo del elemento de tiempo definido
(0.00-16000.00cyc).

$$50Pn1D = 50P31D = 5.00$$

4.3.2.1.4 Elemento de Fase de Tiempo Inverso “51Pn”

La figura 4.17 Muestra la lógica para el elemento 51Pn. La lógica compara las magnitudes de entrada de corrientes de fase IAWn, IBWn y ICWn del ajuste del pickup del 51PnP. Si una o más magnitudes de corriente exceden el nivel del pickup, un 1 lógico afirma en el centro de la entrada a la puerta “AND”.

El torque de control SELOGIC del control de la ecuación 51PnTC determina la entrada de la otra compuerta “AND”. Si 51PnTC es

verdadero, el bit de palabra del relé 51Pn, afirma y la curva inversa comienza a cronometrar.

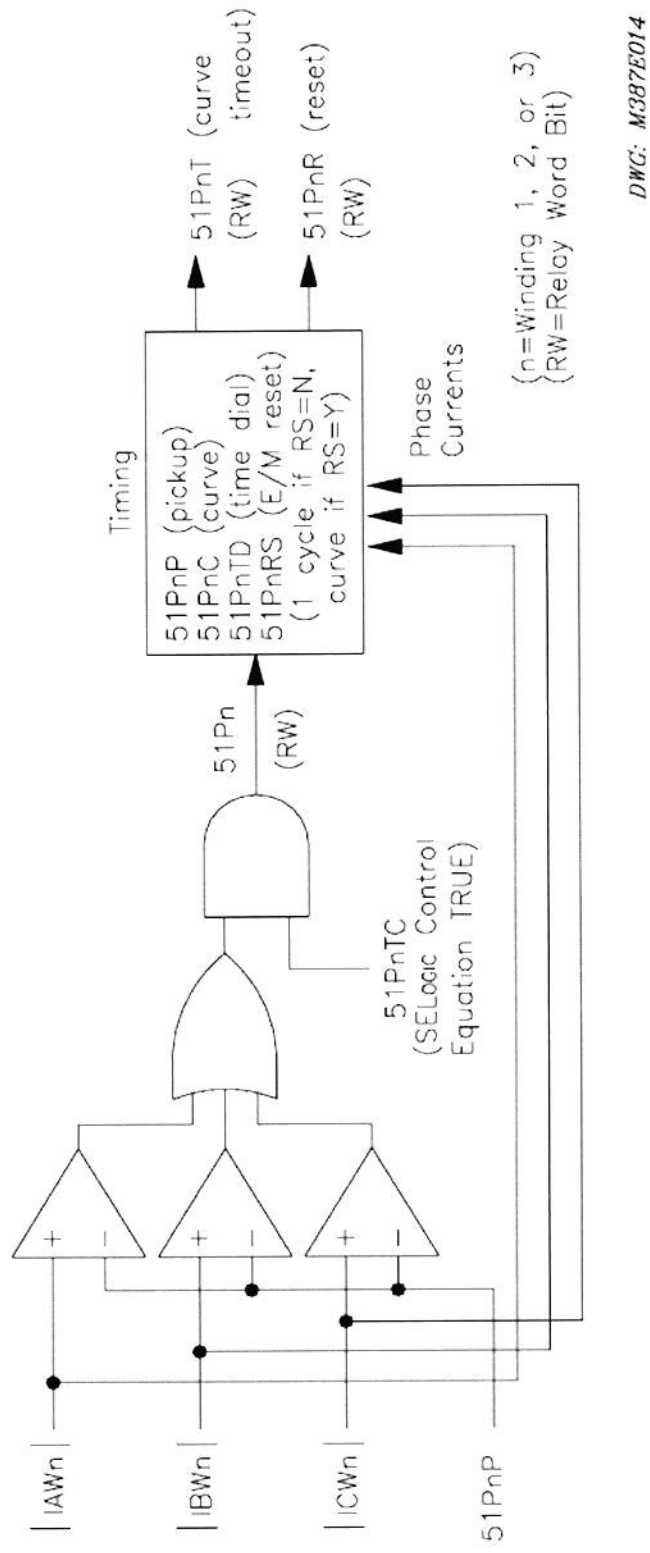


Figure 4.16. Elemento de fase de tiempo inverso O/C, Torque Controlado.

Cuatro ajustes definen la curva de tiempo inverso: el ajuste del pickup, 51PnP, actúa como un factor de escala horizontal, debido a que la fórmula de la curva usa múltiplos de la corriente como entrada; el ajuste de la curva, 51PnC, define la ecuación de la curva en particular; el ajuste del time-dial, 51PnTD, define el dial de tiempo, las escalas de la curva en dirección vertical para variar el tiempo de salida de un determinado múltiplo de pickup; y el ajuste del Reset, 51PnRS, define si se restablece la curva lentamente como un disco electromecánico o de forma instantánea cuando la corriente cae por debajo de la pickup.

La curva de fase de tiempo inverso mira a las tres magnitudes de corriente de fase y los tiempos en base a la mayor corriente de las tres. Se actualiza esta selección a la fase actual máxima en cada cuarto ciclos.

4.3.2.1.5 Ajuste del Elemento de Tiempo Inverso.

Ajuste del pickup del elemento de tiempo inverso de fase (OFF, 0.50-16.00A, seg).

$$51PnP = 51P3P = 2.00$$

Ajuste de la curva del elemento de tiempo inverso (U1-U5, C1-C5).

$$51PnC = 51P3C = U3$$

Ajuste del time-dial del elemento de tiempo inverso (0.50-15.00).

$$51PnTD = 51P3TD = 2.5$$

Ajuste del Reset del elemento de tiempo inverso (Y, N).

$$51PnRS = 51P3RS = Y$$

Torque de control "Ecuación SELogic" para el elemento de tiempo inverso.

$$51PnTC = 51P3TC = 1$$

4.3.2.1.6 Información de Referencia de la Curva Tiempo – Sobrecorriente.

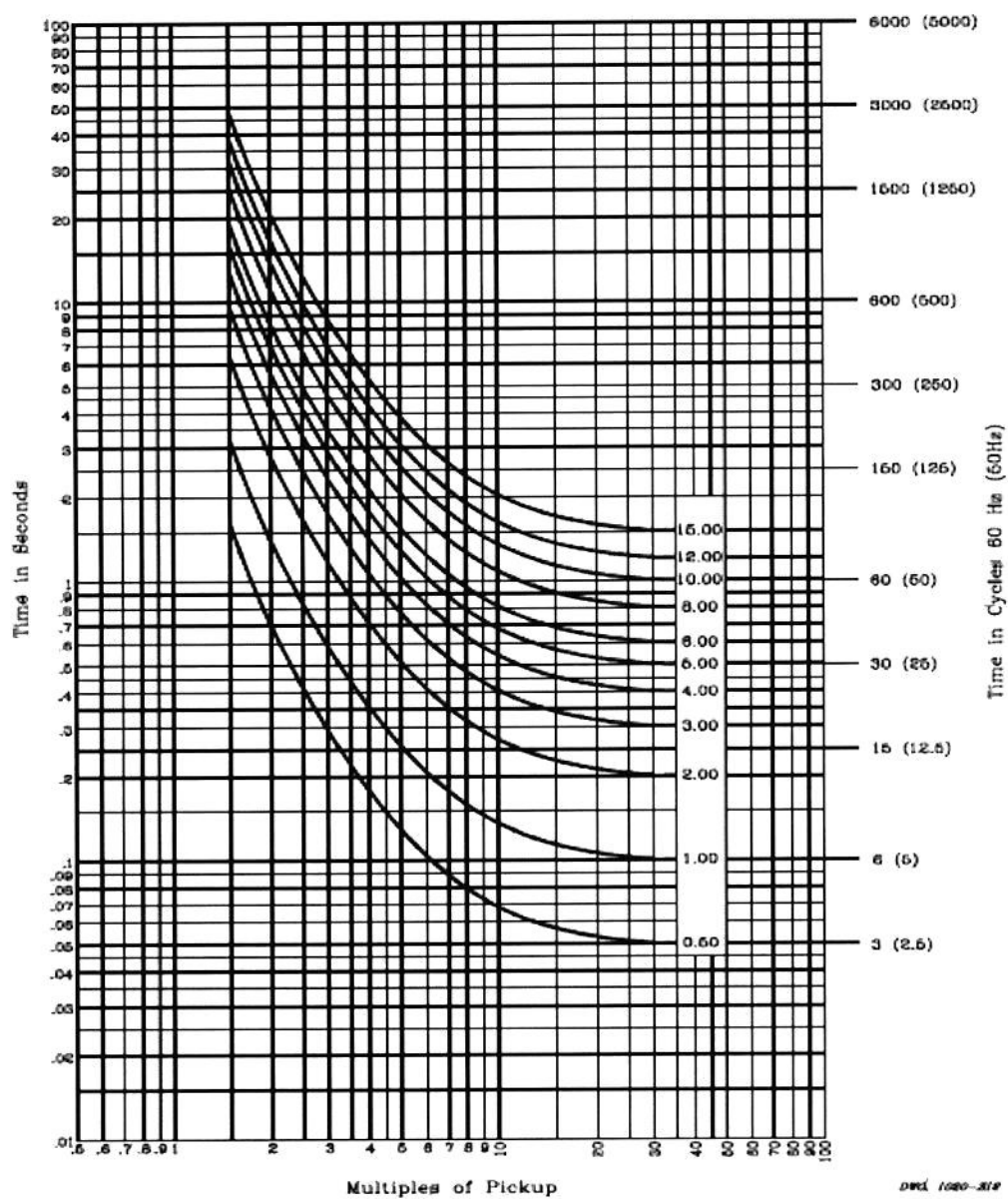


Figura 4.17. Curva muy inversa: U3.

$$t_p = TD * \left[0.0963 * \frac{3.88}{M^2 - 1} \right]$$

$$t_r = TD * \left[\frac{3.88}{1 - M^2} \right]$$

t_p = Tiempo de operación.

t_r = Emulación del disco de inducción electromecánica de tiempo de reposición (si es que se realiza la configuración de restablecimiento electromecánico).

TD= Ajuste del time – dial.

M = Múltiplo de la corriente pickup (para operación (t_p), $M > 1$;
para tiempo de reposición (t_r), $M \leq 1$).

4.3.2.2 Función 87 “Elemento Diferencial”.

4.3.2.2.1 Aplicación del Elemento.

Protección del equipo con doble pendiente para la protección diferencial de porcentaje. La protección diferencial proporciona una protección más sensible y segura que la protección diferencial tradicional, la característica de doble pendiente compensa los desajustes de relación del CT, tipo de conexiones incorrectas, saturación de CT, y los errores debido a la corriente cambiante.

El relé proporciona la posibilidad de elegir entre el bloqueo de armónico y armónico de restricción, proporcionando estabilidad en condiciones de energización del transformador. Armónicos pares (segundo y cuarto), mientras que el bloqueo del quinto armónico proporciona seguridad para las condiciones de sobreexcitación.

4.3.2.2.2 Características de Operación.

El relé SEL-387E consta de tres elementos diferenciales (87R-1, 87R-2 y 87R-3). Estos elementos empleados para operación (IOP) y restricción (IRT) utilizan cantidades calculadas a partir de las corrientes de entrada de los devanados. La figura 4.12 muestra la característica de relé.

Se puede configurar la característica, ya sea de una sola pendiente o de doble pendiente de la característica diferencial de porcentaje. El disparo se produce si el valor de operación es mayor que el valor de la curva para la cantidad de restricción. Los cuatro parámetros que definen la característica son las siguientes:

O87P = Nivel mínimo IOP requerido para operación.

SLP1 = Pendiente inicial, inicia en el origen e intercepta a O87P en

$IRT = O87P * 100 / SLP1$.

IRS1 = Límite de IRT para la operación de SLP1; inicia donde intercepta a SLP2.

SLP2 = Segunda pendiente; debe ser mayor o igual que SLP1.

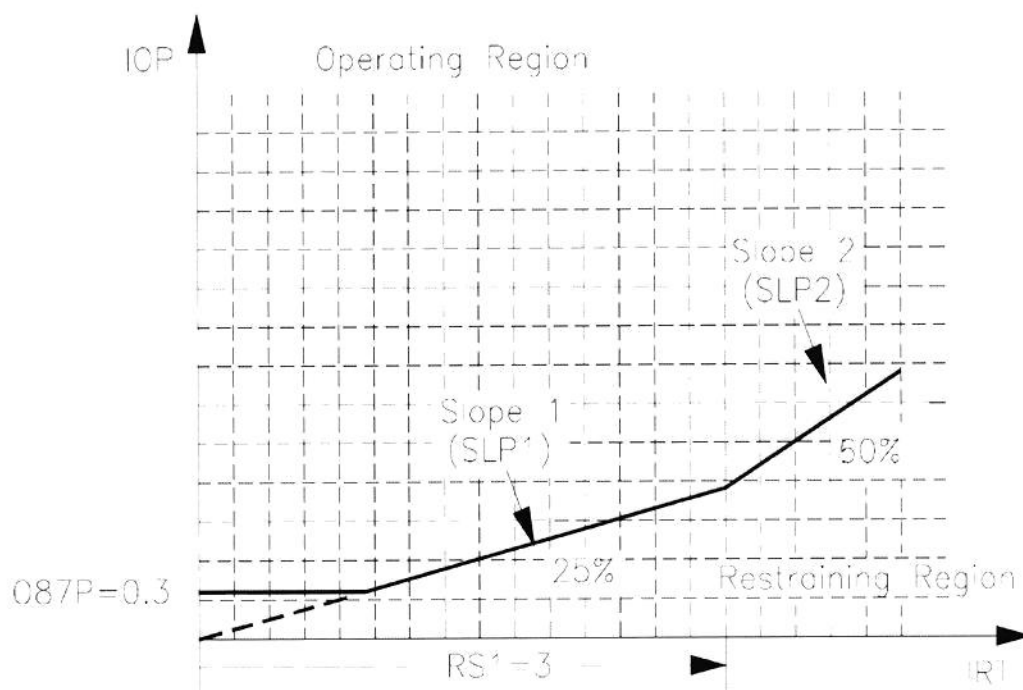


Figure 4.18. Característica Porcentual del Elemento Diferencial.

4.3.2.2.3 Descripción de los Ajustes.

El Relé de SEL-387E tiene tres ajustes de las tres entradas de corriente de fase. Dependiendo de la aplicación, puede que no necesite todos estos ajustes para la zona de protección diferencial.

Ajustes del relé SEL-387E para un transformador de tres devanados. Establecer la apropiada habilitación:

E87W1=Y

E87W1=Y

E87W1=N

Seleccionamos los ajustes de acuerdo con los parámetros de nuestro sistema. Nosotros seleccionamos dos pendientes, característica variable de porcentaje del elemento diferencial para máxima sensibilidad de pequeñas corrientes y mayor tolerancia a la saturación de los CT de altas corrientes de falla. Los ajustes son los siguientes:

Nivel mínimo de corriente requerida para operación (0.10-1.00 TAP).

O87P = 0.3

Primer pendiente del porcentaje de retención (5-100%).

SLP1 = 25

Segunda pendiente del porcentaje de retención (OFF, 25-200%).

SLP2 = 50

Límite de la restricción de corriente de la pendiente 1 (1.0-20.0 TAP).



CIB - ESPOL

$$\mathbf{IRS1 = 0.3}$$

Nivel máximo de la corriente de operación (1-20 TAP).

$$\mathbf{U87P = 10.0}$$

Porcentaje de bloqueo del 2do armónico (OFF, 5-100%).

$$\mathbf{PTC2 = 15}$$

Porcentaje de bloqueo del 5to armónico (OFF, 5-100%).

$$\mathbf{PTC5 = 35}$$

4.4 Coordinación de las Protecciones.

La información básica para el ajuste y coordinación de las protecciones provienen de los estudios de flujo de carga, Cortó circuito y los esquemas de Protección indicados en la sección anterior.

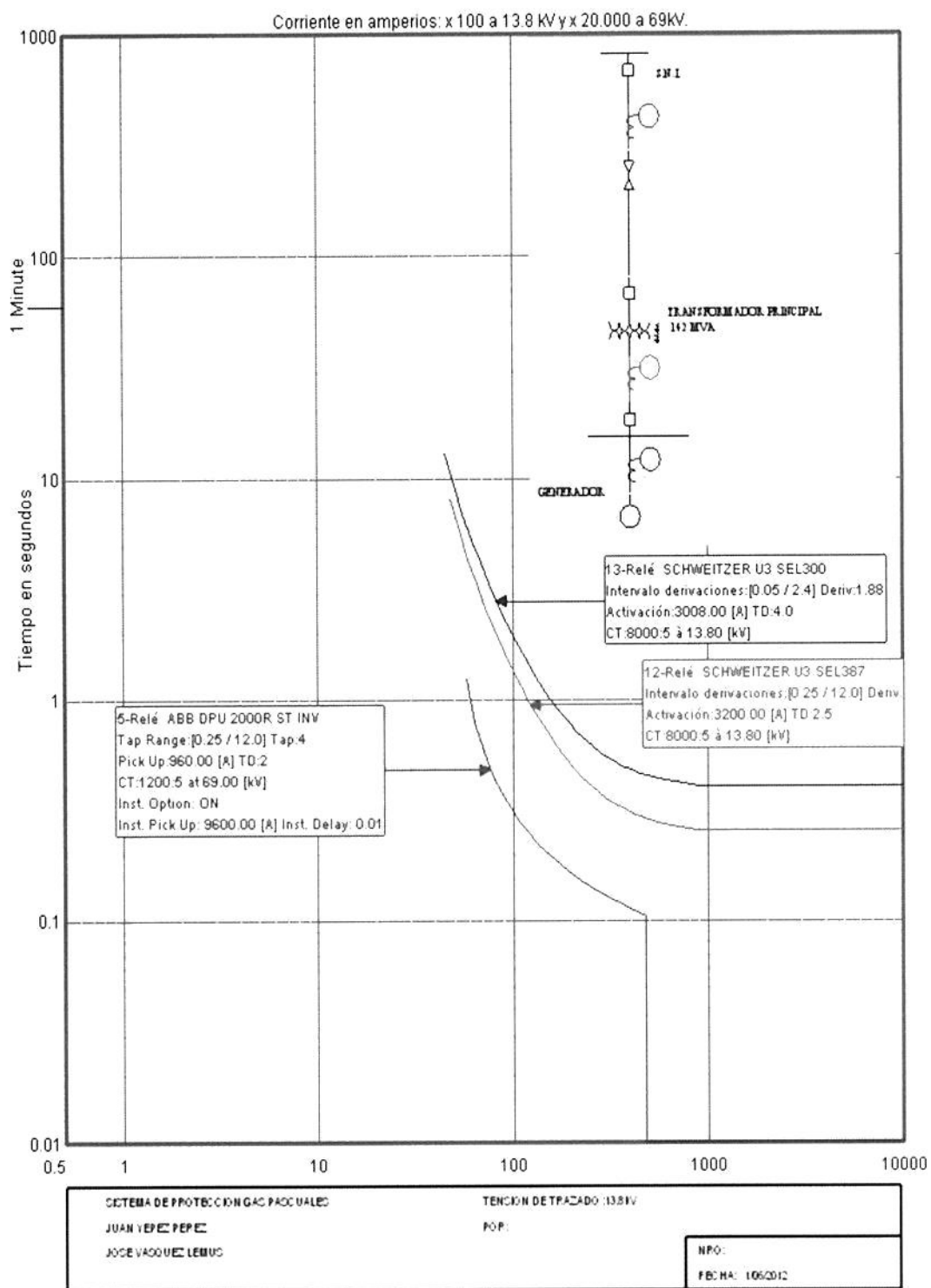


Figura 4.19. Coordinación de las Protecciones de la Central con el SNI.

4.5 Resumen de Ajustes.

El ajuste de la protección de los relés mencionados en la coordinación se resume en las siguientes tablas:

4.5.1 El ajuste de la Protección del Generador se Incluyen en la Siguiete Tabla:

SEL 300G

27	27V1P Pickup de secuencia positiva de bajo voltaje (V)	OFF
	27PP1 Pickup Nivel 1 de fase a fase de bajo voltaje (V)	109.3
	27PP2 Pickup Nivel 2 de fase a fase de bajo voltaje (V)	92.0
32	32P1P Umbral de potencia de nivel 1 (pu)	-0.0300
	32P1D Retardo de Tiempo de Potencia de Nivel 1 (seg)	2.00
	32P2P Umbral de Potencia de Nivel 2 (pu)	-0.0800
	32P2D Retardo de Tiempo de Potencia de Nivel 2 (seg)	9.00
	32PTC Control de Torque del Elemento 32	!60LOP
40	40Z1P Diámetro de los Mho de la zona 1 (Ω)	20.3
	40XD1 Desplazamiento de la reactancia de la zona 1 (Ω)	-1.9
	40Z1D Operación de retardo de tiempo de la zona 1 (seg)	0.10
	40Z2P Z Diámetro de los Mho de la zona 2 (Ω)	29.1
	40XD2 Desplazamiento de la reactancia de la zona 2 (Ω)	-1.9

	40Z2D Operación de retardo de tiempo de la zona 2 (seg)	0.60
	40ZTC Control de Torque del Elemento 40Z	!60LOP
46	46Q1P Operación de sobrecorriente de secuencia negativa del nivel 1 (%)	4
	46Q1D Retardo de tiempo de sobrecorriente de secuencia negativa del nivel 1 (seg)	5.00
	46Q2P Operación de sobrecorriente de secuencia negativa del nivel 2 (%)	8
	46Q2K Retardo de tiempo de sobrecorriente de secuencia negativa del nivel 2 (seg)	10
	46QTC Control de Torque del Elemento 46Q	1
51	51CP Voltaje – Tiempo controlado – O/C Pickup(A)	1.88
	51CC Voltaje – Tiempo controlado – O/C Curva	U3
	51CTD Voltaje – Tiempo controlado – O/C Time Dial	4.00
	51CRS Voltaje – Tiempo controlado – O/C EM Reset	N
	51CTC Control de Torque del Elemento 51C	27PP2*!60L OP
59	59QP Pickup de secuencia negativa de sobre voltaje (V)	OFF
	59V1P Pickup de secuencia positiva de sobre voltaje (V)	OFF
	59PP1 Pickup Nivel 1 de fase a fase de sobre voltaje (V)	126.5
	59PP2 Pickup Nivel 2 de fase a fase de sobre voltaje (V)	138.0
64	64G1P Operación de los elementos de sobre/baja tensión del neutro de la Zona 1 (V)	14.0
	64G1D Retardo de tiempo de la Zona 1 (seg)	1.00
	64G2P Tensión Diferencial de la Zona 2 (V)	2.5
	64G2D Retardo de Tiempo de la Zona 2 (seg)	0.08
	64GTC Control de Torque del Elemento 64G	1

	27B81P Bloqueo a Bajas Tensiones de Fase (V)	20.00
	81D1P Operación del nivel 1 (Hz)	58.50
	81D1D Retardo de tiempo nivel 1(seg)	3.00
	81D2P Operación del nivel 2 (Hz)	57.90
	81D2D Retardo de tiempo nivel 2(seg)	1.00
	81D3P Operación del nivel 3 (Hz)	57.50
81	81D3D Retardo de tiempo nivel 3 (seg)	0.10
	81D4P Operación del nivel 4 (Hz)	60.50
	81D4D Retardo de tiempo nivel 4(seg)	5.00
	81D5P Operación del nivel 5 (Hz)	63.00
	81D5D Retardo de tiempo nivel 5 (seg)	5.00
	81D6P Operación del nivel 6 (Hz)	63.60
	81D6D Retardo de tiempo nivel 6 (seg)	0.50
	U87P Múltiplo de TAP de la operación del elemento sin restricción	10.0
87	O87P Múltiplo de TAP de la operación del elemento restringido	0.30
	SLP1 Porcentaje de Restricción de la Pendiente 1 (%)	10

Figura 4.2. Ajustes del Generador.

4.5.2 El Ajuste de la Protección del Transformador Principal Incluye en la Siguiete Tabla:

SEL 387E

50	50Pn1P= 50P31P Ajuste del pickup del elemento de tiempo definido de fase (seg)	10.00
	50Pn1d= 50P31d Ajuste del retardo de tiempo del elemento de tiempo definido (ciclo)	5.00
	50Pn1TC= 50P31TC Torque de control de la ecuación SELOGIC	1
51	51PnP= 51P3P Ajuste del pickup del elemento de tiempo inverso de fase (seg)	2.00
	51PnC= 51P3C Ajuste de la curva del elemento de tiempo inverso	U3
	51PnTD= 51P3TD Ajuste del time-dial del elemento de tiempo inverso	2.5
	51PnRS= 51P3RS Ajuste del Reset del elemento de tiempo inverso	Y
	51PnTC= 51P3TC Torque de control "Ecuación SELogic" para el elemento de tiempo inverso	1
87	O87P Nivel mínimo de corriente requerida para operación	0.30
	SLP1 Primer pendiente del porcentaje de retención (%)	25
	SLP2 Segunda pendiente del porcentaje de retención (%)	50
	IRS1 Límite de la restricción de corriente de la pendiente 1	0.30
	U87P Nivel máximo de la corriente de operación	10.0
	PTC2 Porcentaje de bloqueo del 2do armónico (%)	15.0
	PTC5 Porcentaje de bloqueo del 5to armónico (%)	35

Figura 4.3. Ajustes del Transformador.

4.5 Conclusiones de la Coordinación de las Protecciones.

Para el estudio de coordinación se consideró como base la condición de máxima carga.

1. Los parámetros de los setting de los relés SEL-300G y SEL-387E presentados en este estudio de coordinación son de acuerdo a los setting de los relés de la Central Térmica Dr. Enrique García.
2. Los parámetros presentados para cada tipo de protección de este estudio fueron tratados de una manera cuidadosa debido a que estos tipos de relés son numéricos y conllevan para su operación funciones lógicas.
3. Existen cálculos para algunas protecciones, para otras protecciones el relé de manera autónoma censa las corrientes secundarias que le llegan de los CT's y realiza un ajuste automático de los parámetros esa protección.
4. Existen ciertos elementos de protección como el elemento de pérdida de campo; en la zona 2, la protección fue calculada de acuerdo al manual del fabricante del relé pero en la zona 1 esta fue calculada con el 70% de la zona 2.
5. Existen parámetros de ciertos elementos de protección en los relés que fueron ajustados de acuerdo a pruebas y no estrictamente al

manual del relé, esto es debido a que se realizaron ciertos ajuste en algunas protecciones haciendo coincidir los parámetros actuales con los antiguos, los relés anteriores eran relés electromecánicos de marca BASLER-ELECTRIC los cuales fueron remplazados por los SEL-300G y SEL-387E.

6. Otros parámetros para el ajuste de las protecciones que brindan los relés fueron tomadas de los valores recomendados por el fabricante del relé, generalmente estas son funciones lógicas.
7. De acuerdo a la figura 4.16 se presenta la coordinación de los elementos de sobrecorriente (SEL-300G y SEL-387E) con el SNI, esto nos permite observar la correcta coordinación de nuestro sistema de protecciones de la central térmica con el SNI, así se cumple el criterio de confiabilidad.
8. La curva de coordinación con el SNI presentada en la figura 4,16 está a un nivel de tensión de 69 kV, para una mejor comprensión de la gráfica, esta curva hay que referirla a 13,8 kV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para el estudio de Flujo de Carga del sistema eléctrico de la Central a Gas Enrique García, el nivel de voltaje de operación en la barra de generación G PASCUALES 13.8KV tiene presente un nivel de 1.00 [p.u.], el cual ha sido regulado mediante la generación de reactivos. Esta regulación asegura que dichos valores se encuentren dentro de los rangos establecidos. Las barras de carga "BARRA 4.16KV AUX 1, BARRA 480V AUX 2 y la BARRA 480V BOP, poseen un voltaje de operación de 1.013 [p.u.], 0.995 [p.u.] y 0.999 [p.u.] respectivamente. Para el caso de la BARRA 4.16KV AUX 1 fue posible su regulación por medio del TAP del transformador auxiliar 1 en -2.5% "TAP 4" ubicado en el lado de alto voltaje.

2. Para estudio de Corto Circuito del sistema eléctrico de la Central Enrique García se consideró los tipos de falla trifásica a tierra y de línea a tierra. La corriente de falla de línea a tierra en la barra G Pascuales 13.8KV fue limitada por medio de la instalación de una resistencia aterrizada, elevada mediante un transformador en el generador, en el caso de las barra de generación en condiciones de falla, se observan depresiones de voltaje considerables, cuando existe circunstancias de fallas en las barras de carga, solo se muestra una depresión de voltaje en la barra fallada, mientras que en las otras barras del sistema permanecen dentro de los límites de regulación de voltaje.

3. Para el estudio de coordinación de la Central Enrique García, los parámetros presentados para cada tipo de protección fueron tratados de una manera cuidadosa debido a que estos tipos de relés son numéricos y conllevan para su operación funciones lógicas; Existen parámetros de ciertos elementos de protección en los relés que fueron ajustados de acuerdo a pruebas y no estrictamente al manual del relé, esto es debido a que se realizaron ciertos ajuste en algunas protecciones haciendo coincidir los parámetros actuales con los antiguos, los relés anteriores eran relés electromecánicos de marca BASLER-ELECTRIC los cuales fueron remplazados por los SEL-300G y SEL-387E

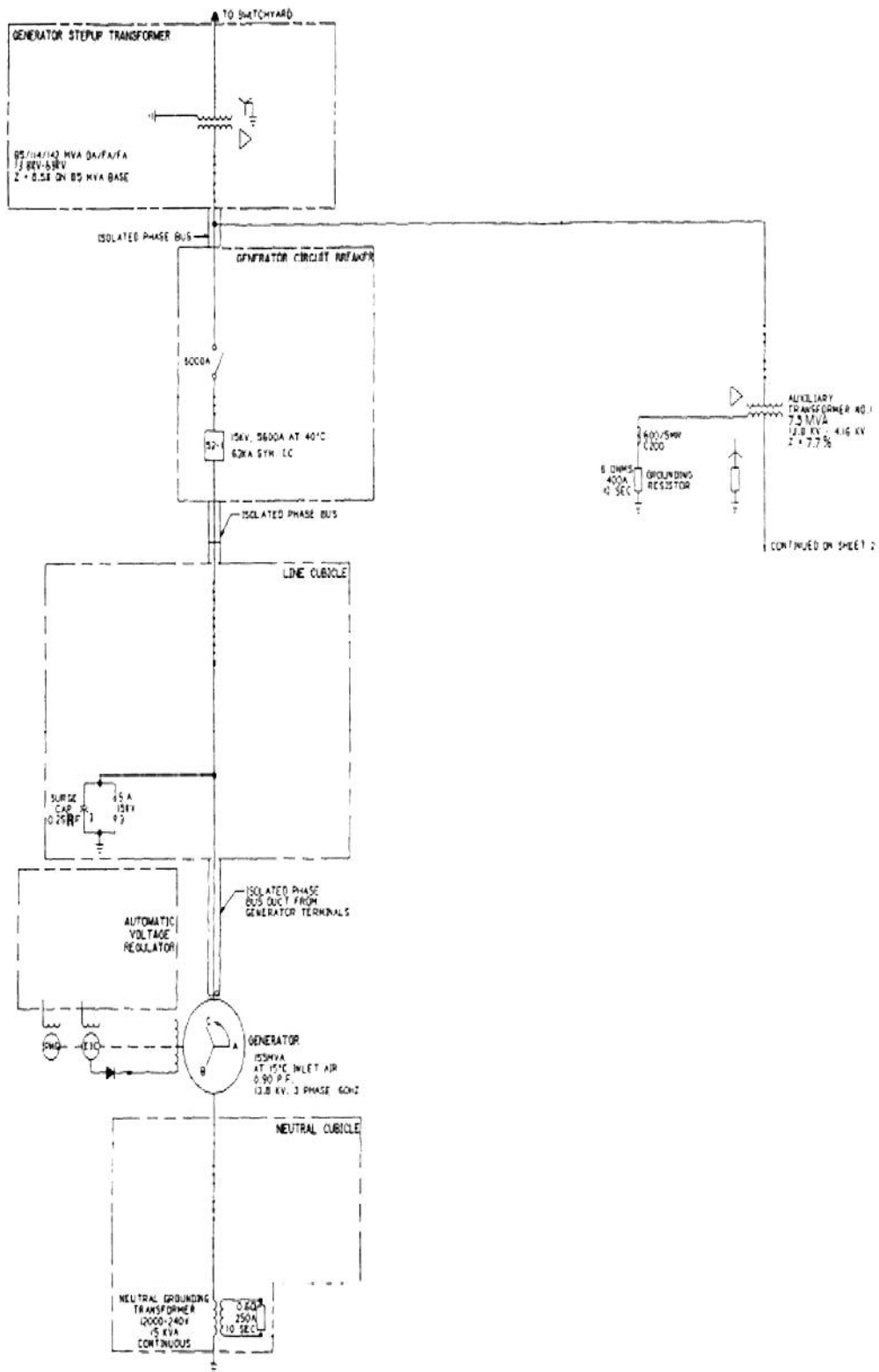


4. La curva de coordinación con el SNI presentada en la figura 4,16 está a un nivel de tensión de 69 kV, para una mejor comprensión de la gráfica, esta curva hay que referirla a un nivel de tensión de 13,8 kV.
5. Del estudio realizado está basado en un estudio exclusivo para central de Generación Térmica Dr. Enrique García, no está de más mencionar la siguiente recomendación, el sistema de protecciones deberá proveer un despeje rápido para el caso de falla más severo que se puede producir en la central, es decir una falla trifásica en la barra de la subestación, ya que las depresiones de voltaje son presentadas en todo el sistema eléctrico de la central.

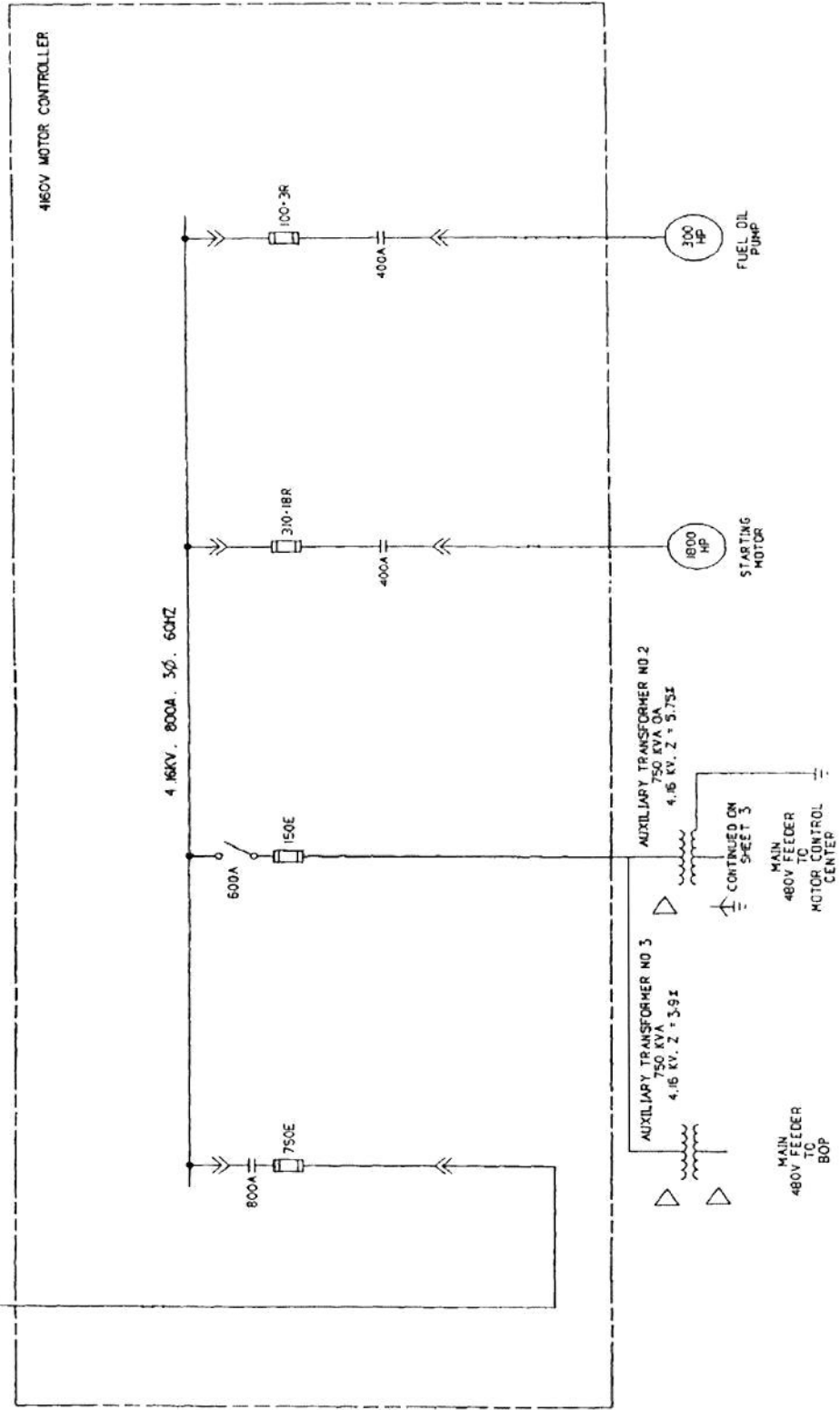
ANEXOS

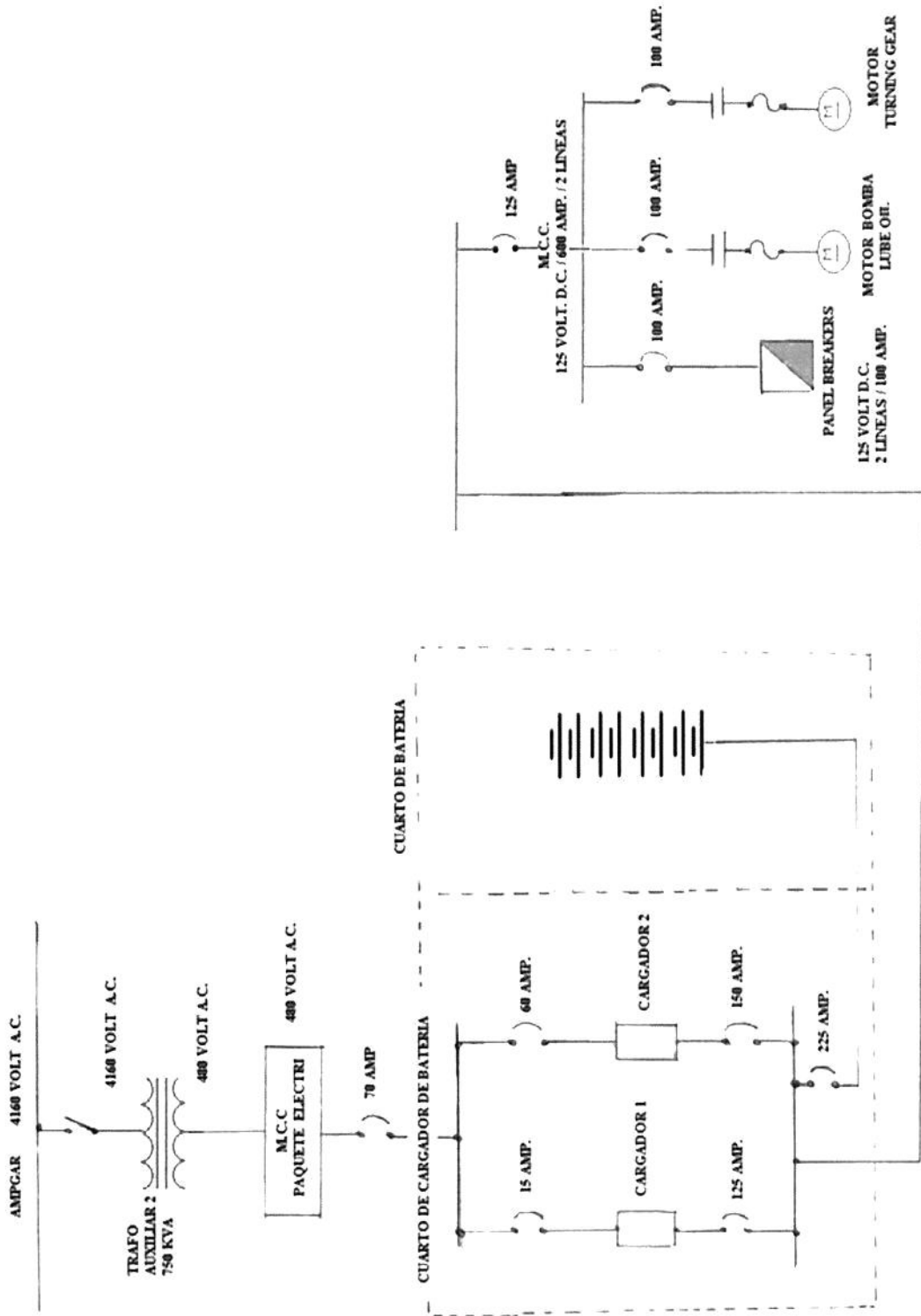
ANEXO 1

**DIAGRAMA UNIFILAR DE LA CENTRAL
DR. ENRIQUE GARCÍA**



CONTINUED FROM
SHEET 1





AMPGAR 4160 VOLT A.C.

4160 VOLT A.C.

TRAFIO
AUXILIAR 2
7.50 KVA

480 VOLT A.C.

M.C.C.
PAQUETE ELECTRI

480 VOLT A.C.

70 AMP

CUARTO DE BATERIA

CUARTO DE CARGADOR DE BATERIA

15 AMP.

60 AMP.

CARGADOR 1

CARGADOR 2

125 AMP.

150 AMP.

225 AMP.

125 AMP

M.C.C.
125 VOLT D.C. / 600 AMP. / 2 LINEAS

100 AMP.

100 AMP.

100 AMP.

PANEL BREAKERS

125 VOLT D.C.
2 LINEAS / 100 AMP.

MOTOR BOMBA
LUBE OIL.

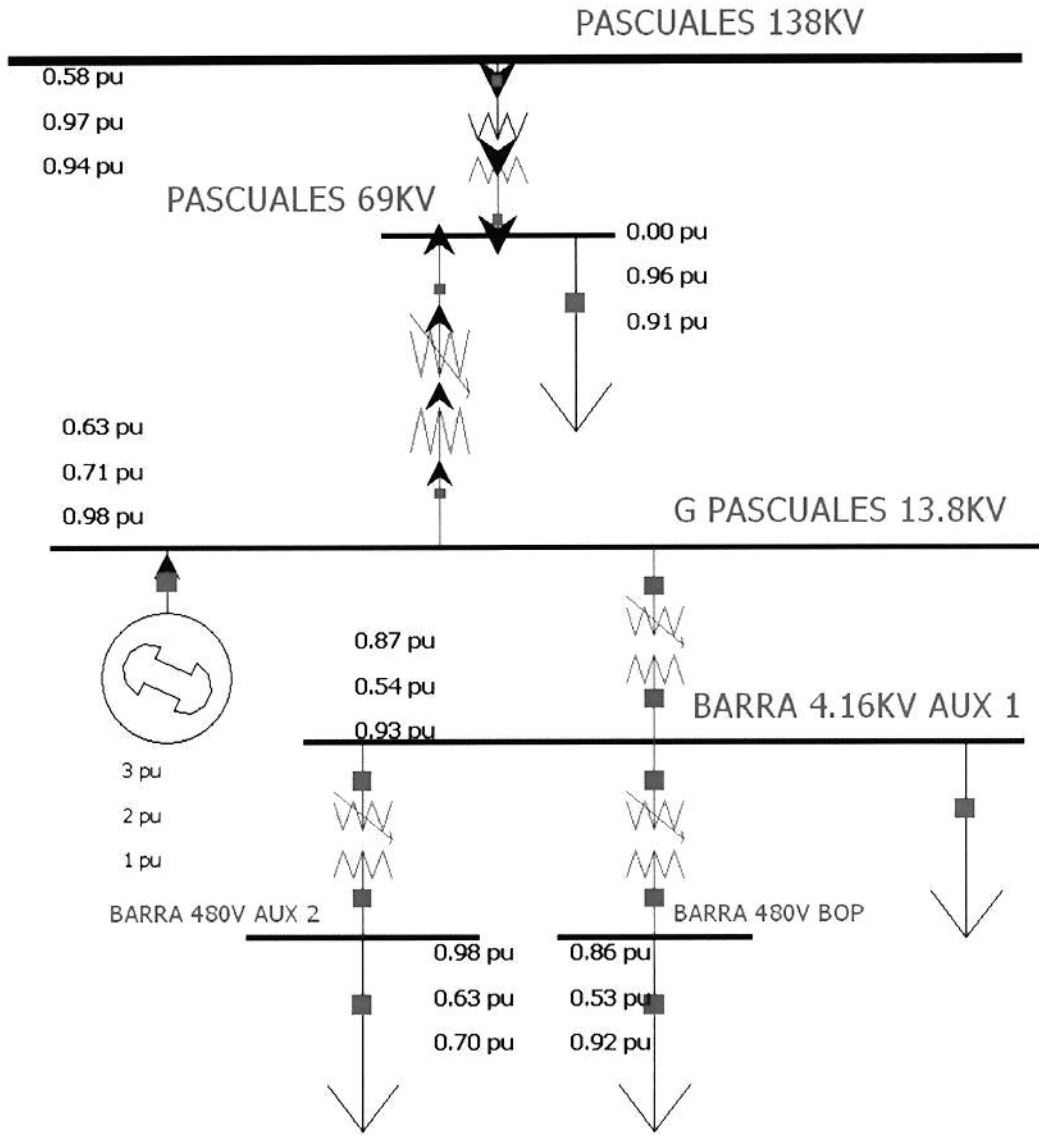
MOTOR
TURNING GEAR

ANEXO 2

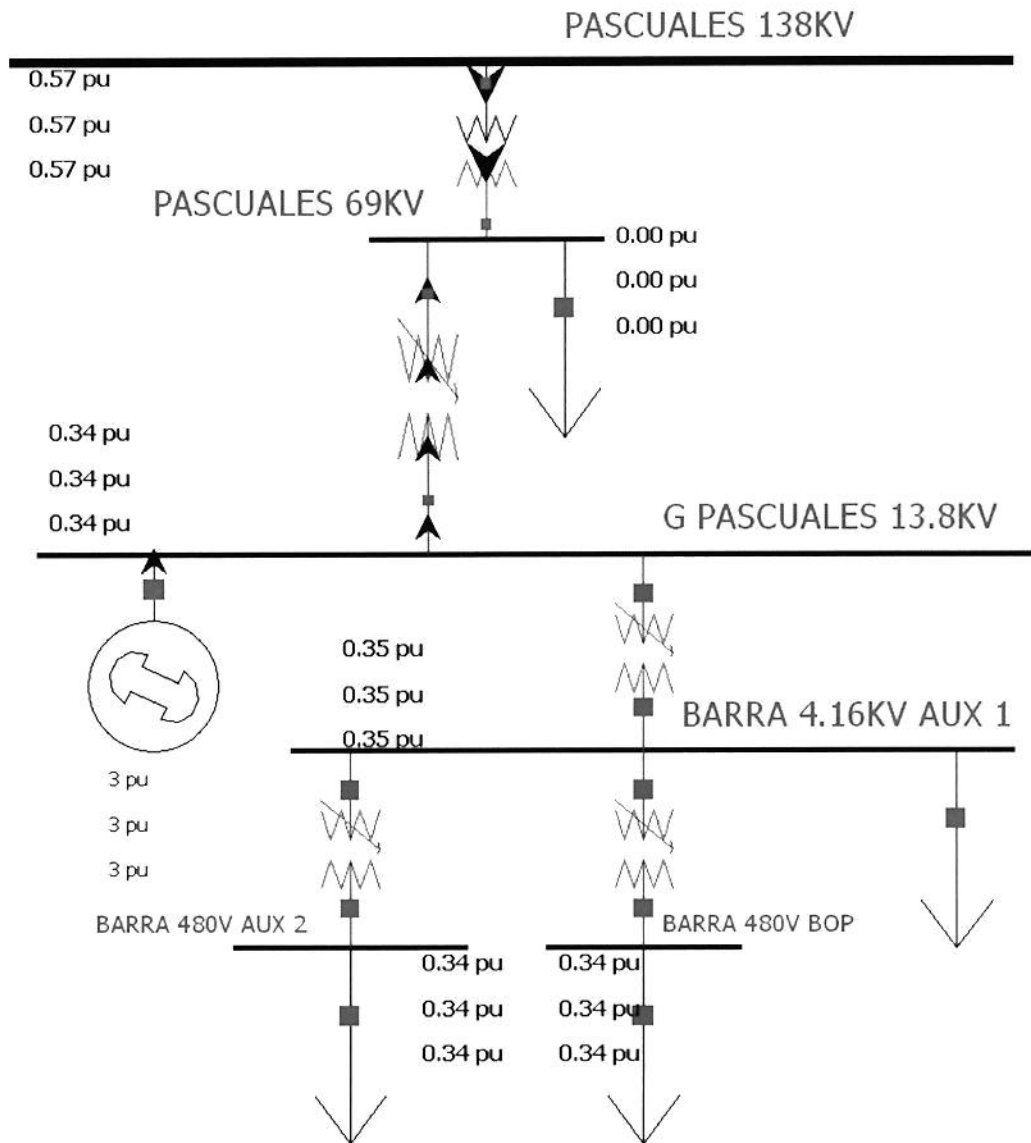
ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO

BARRA G PASCUALES 69KV

FALLA DE LÍNEA A TIERRA

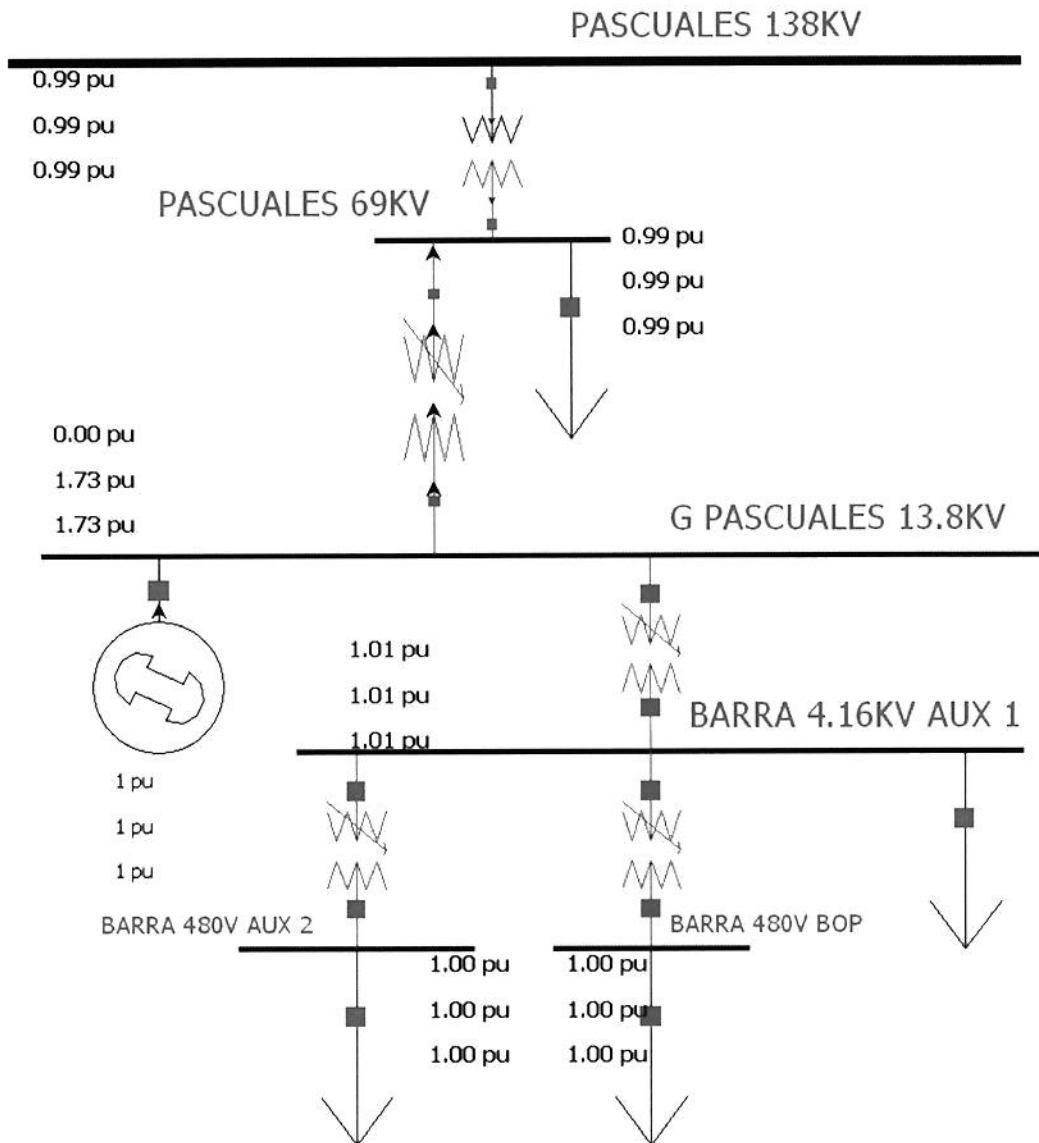


FALLA TRIFÁSICA

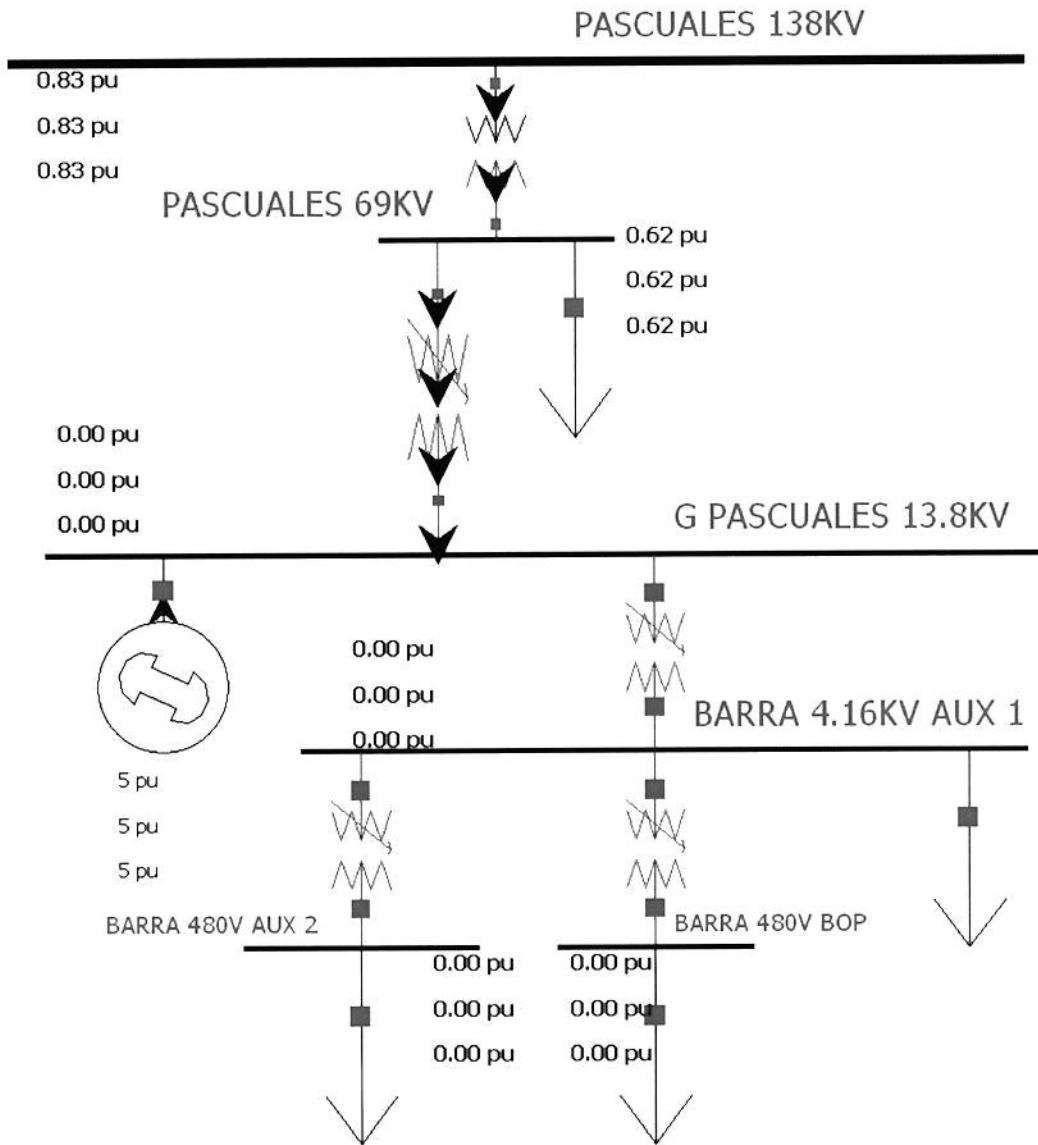


BARRA G PASCUALES 13.8KV

FALLA DE LÍNEA A TIERRA

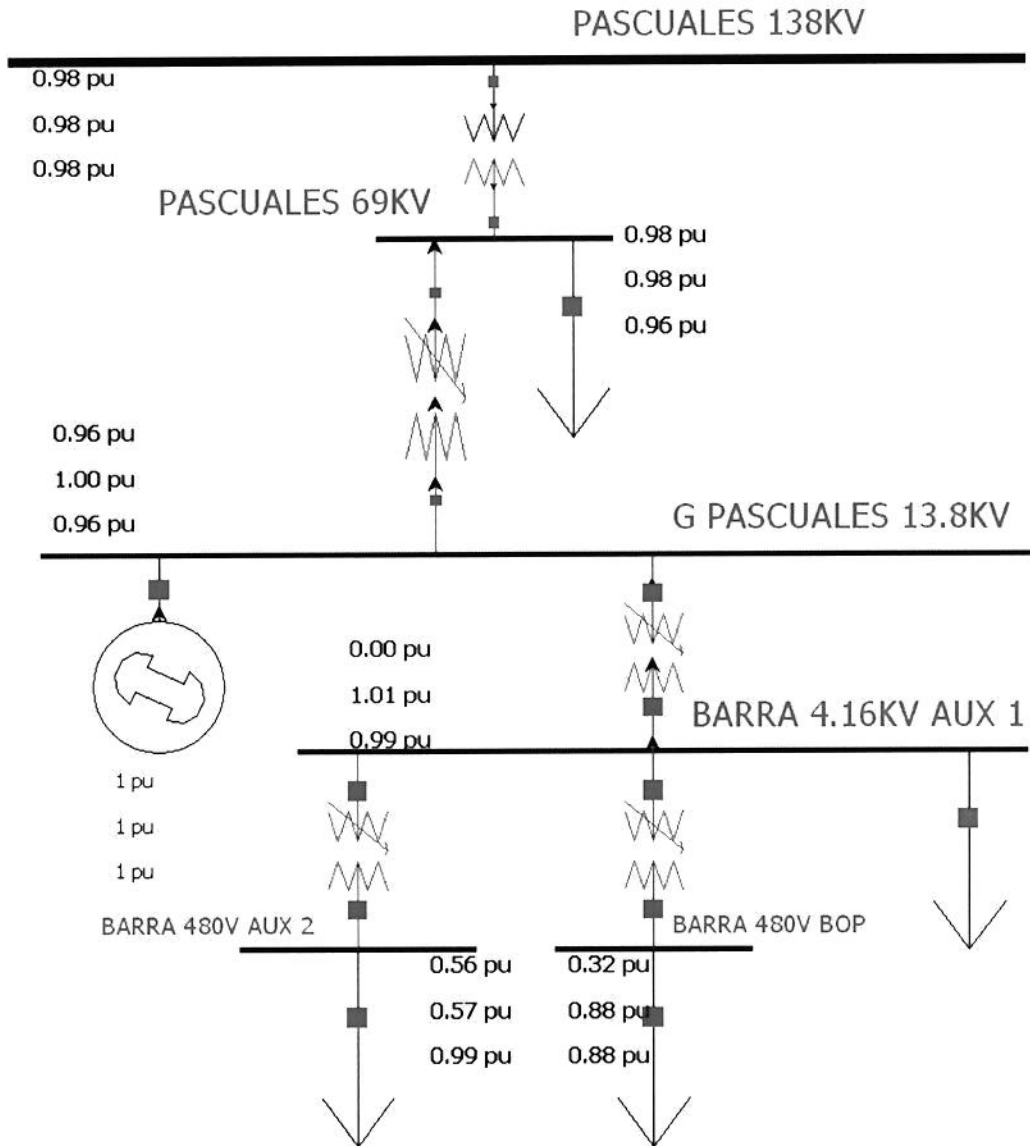


FALLA TRIFÁSICA

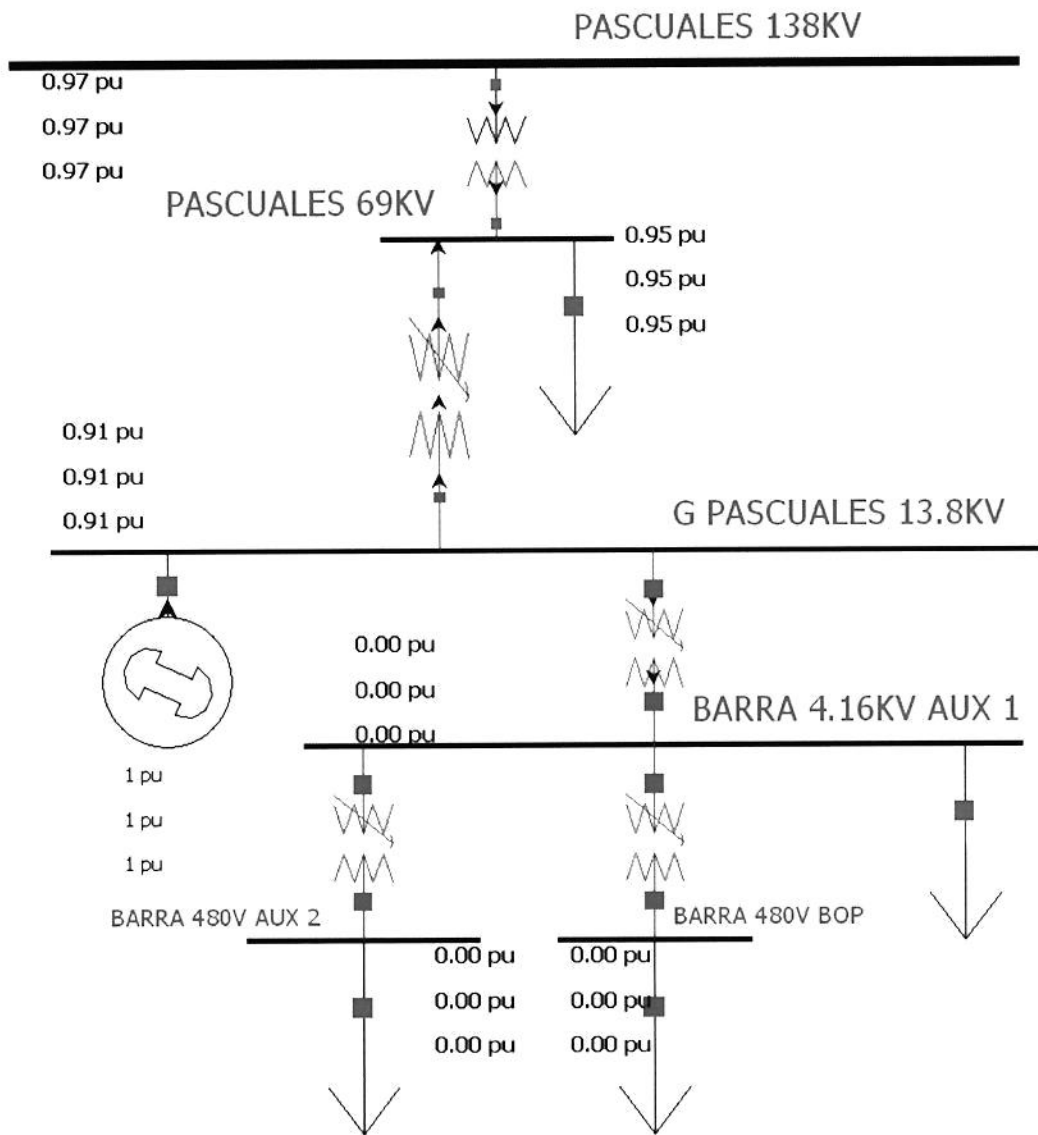


BARRA 4.16KV AUX 1

FALLA DE LÍNEA A TIERRA

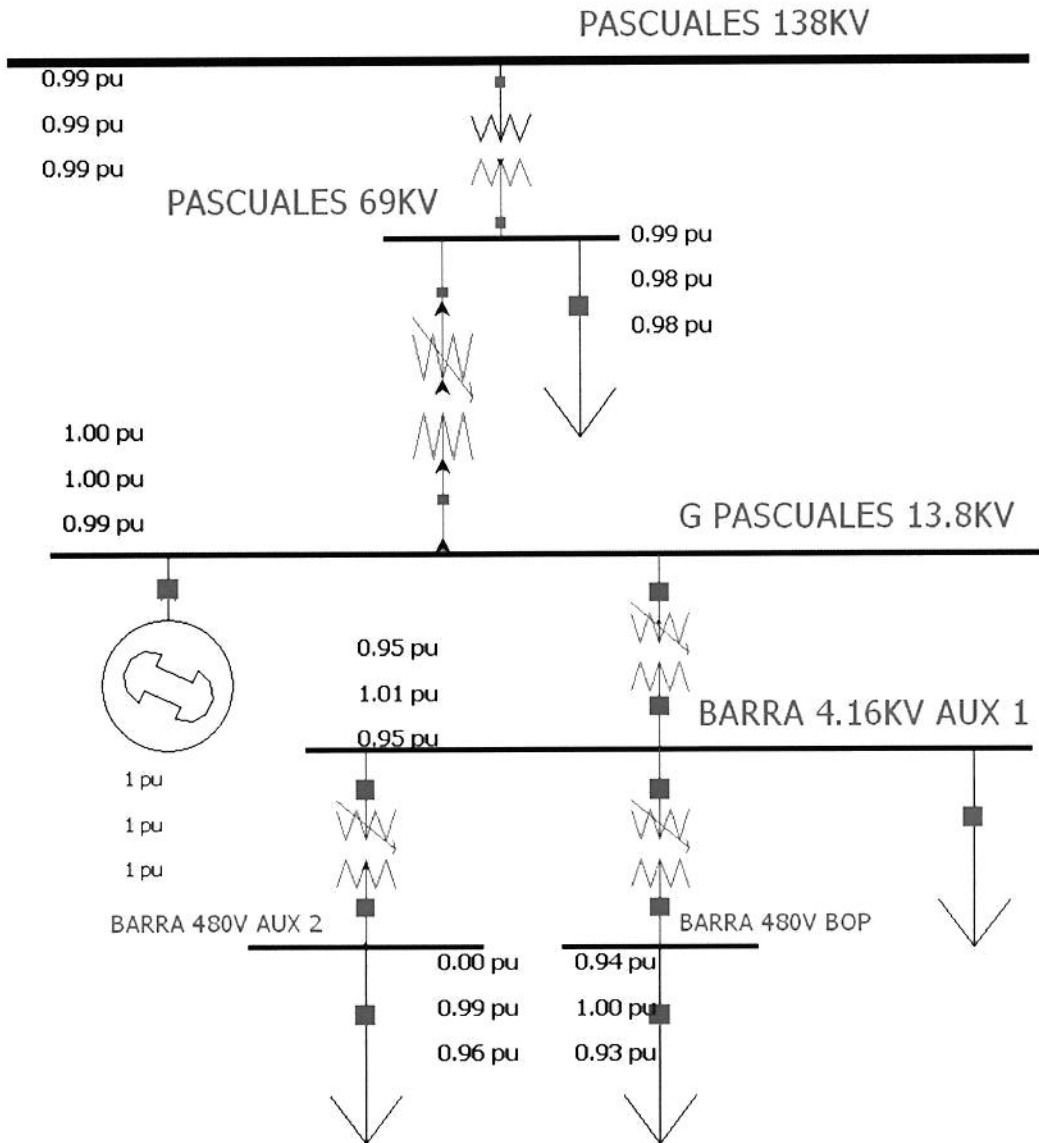


FALLA TRIFÁSICA

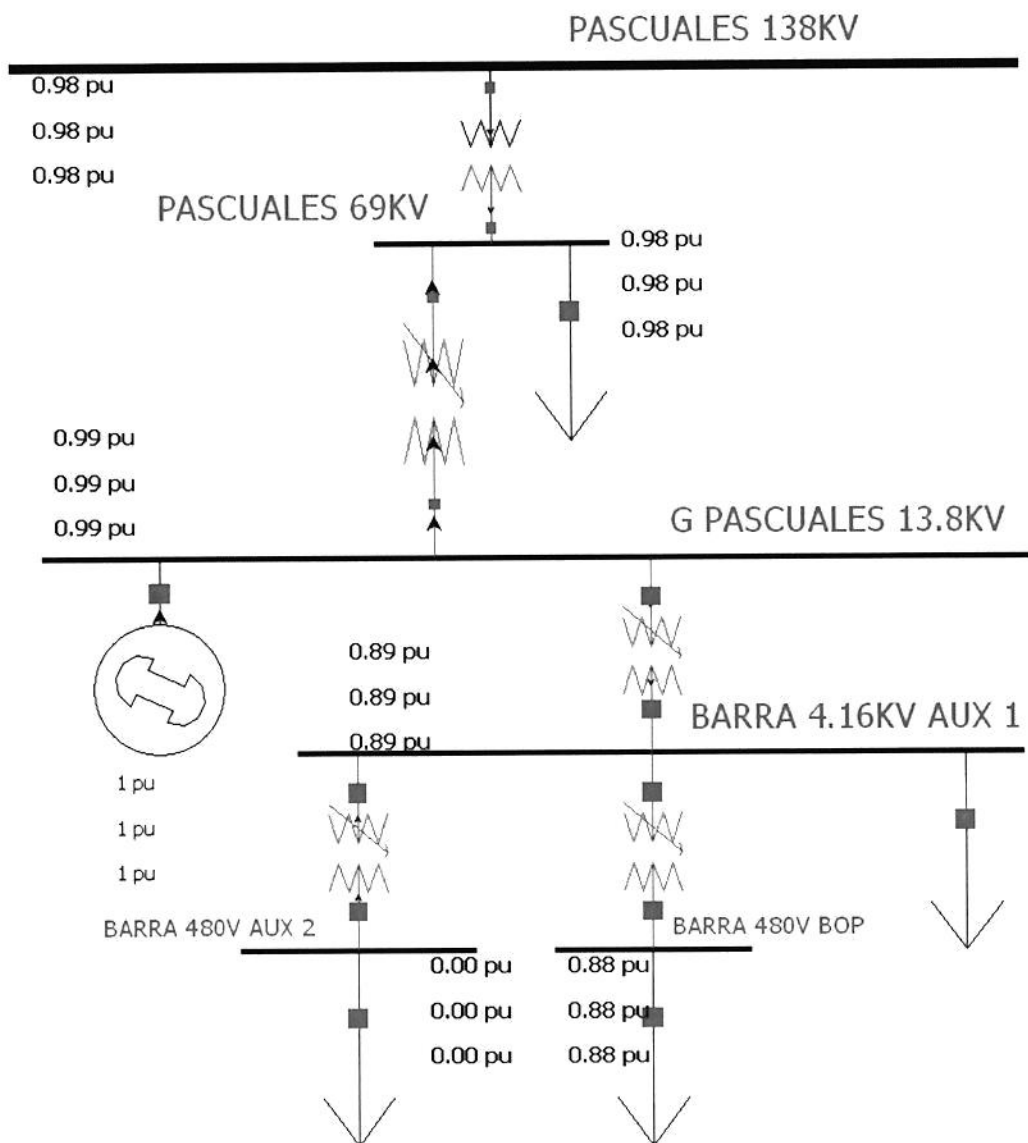


BARRA 480V AUX 2

FALLA DE LÍNEA A TIERRA



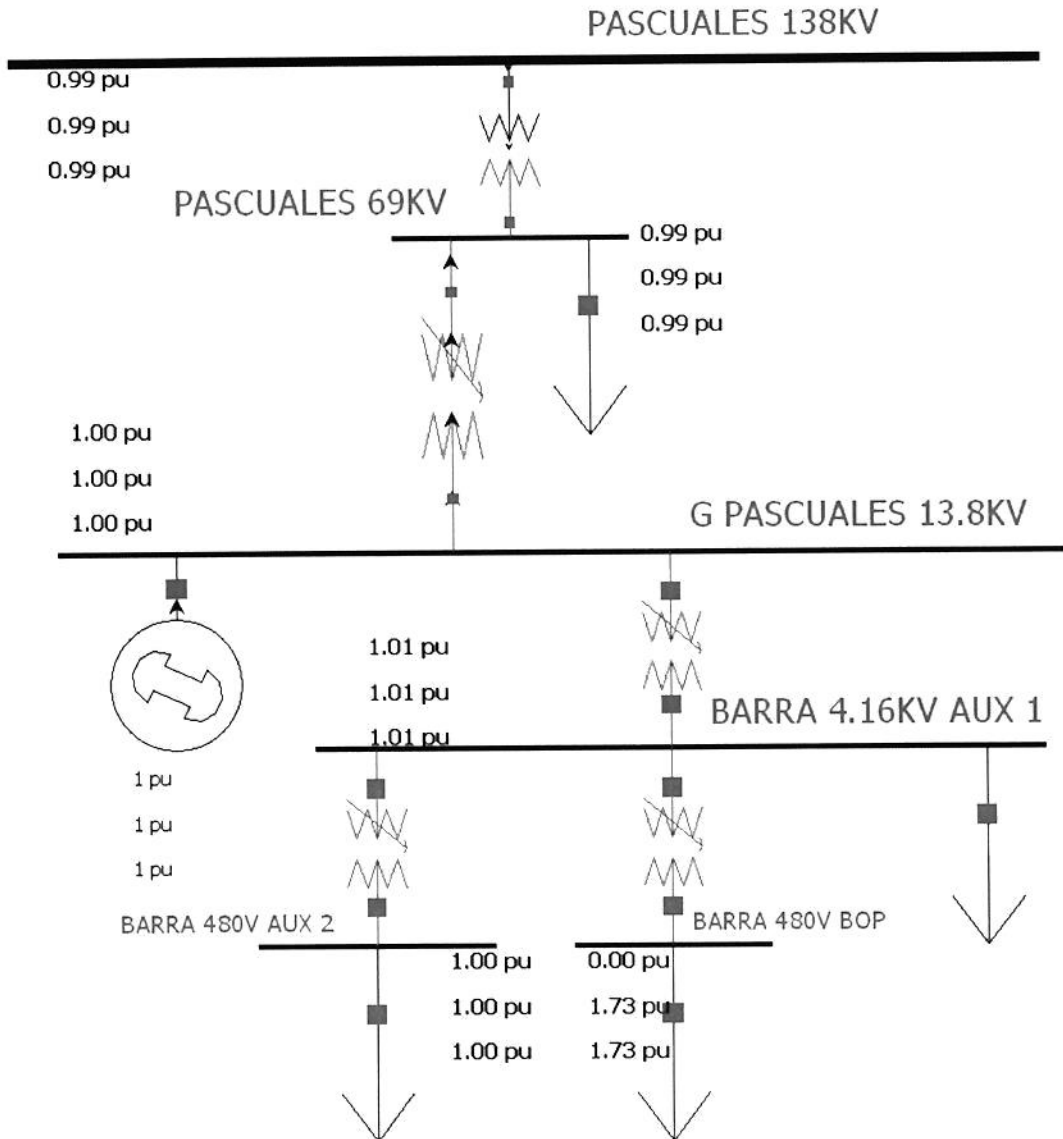
FALLA TRIFÁSICA



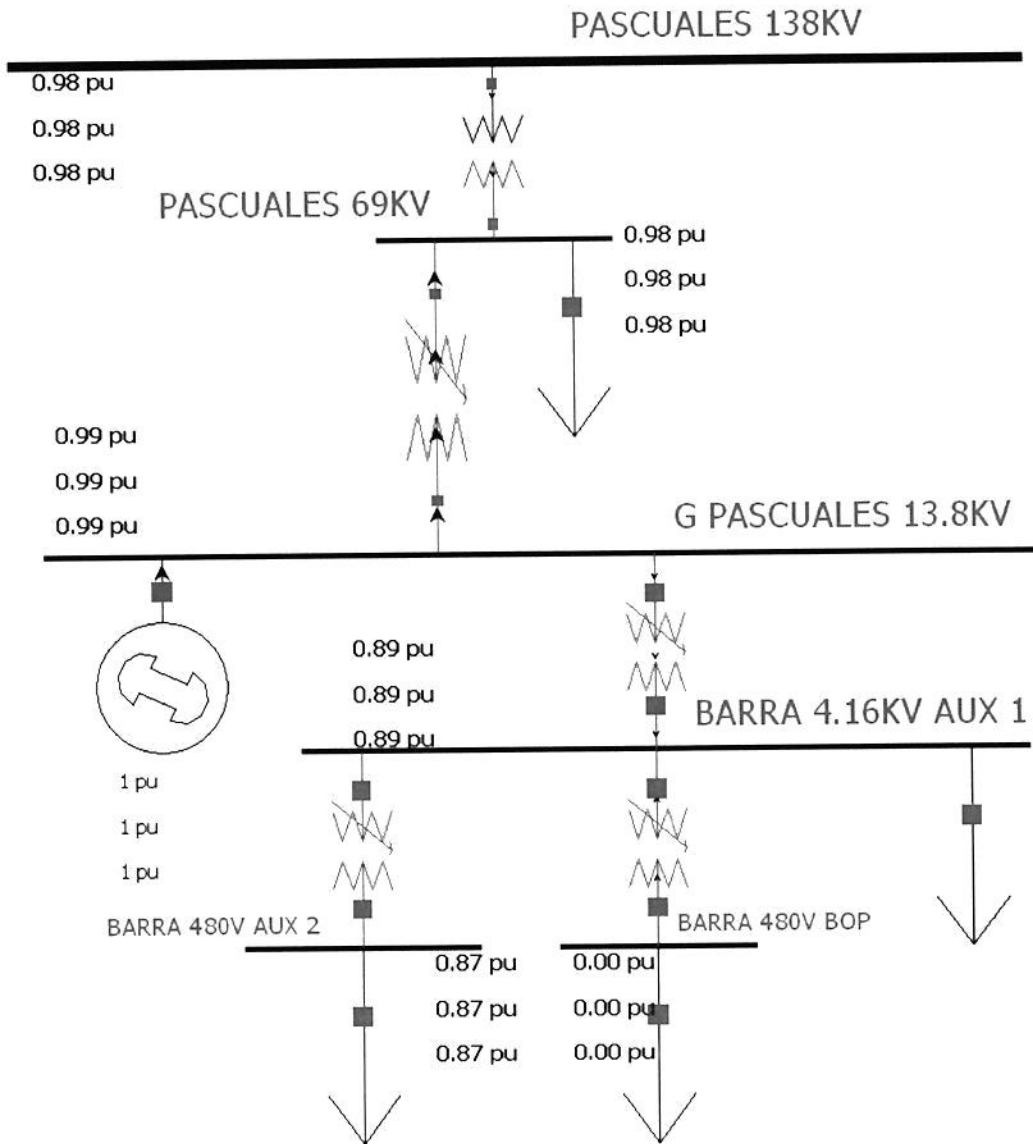
CIB - ESPOL

BARRA 480V BOP

FALLA DE LÍNEA A TIERRA



FALLA TRIFÁSICA



ANEXO 3

CARGABILIDAD DE LOS TRANSFORMADORES



CIB - ESPOL

G PASCUALES 13.8KV

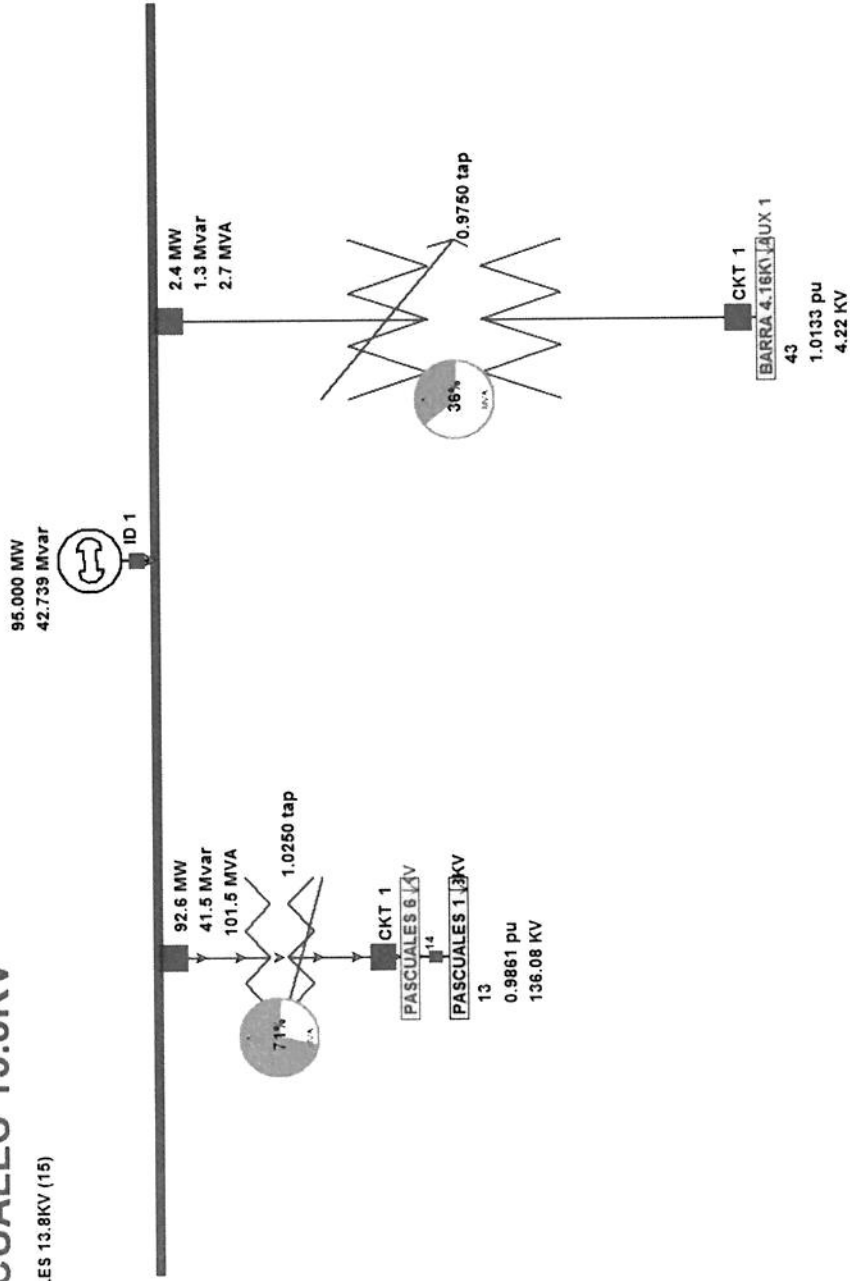
Bus: G PASCUALES 13.8KV (15)

Nom KV: 13.80

Area: 1 (1)

Zone: 1 (1)

1.0000 pu
13.80 KV
5.33 Deg
0.00 \$/MWh



95.000 MW
42.739 Mvar



2.4 MW
1.3 MVar
2.7 MVA



1.0250 tap



CKT 1

PASCUALES 6KV

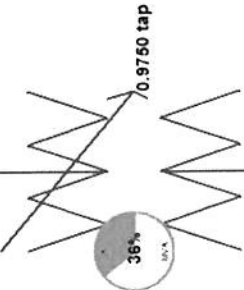
14

PASCUALES 13KV

13

0.9861 pu

136.08 KV



0.9750 tap



CKT 1

BARRA 4.18KV

AUX 1

43

1.0133 pu

4.22 KV

BARRA 4.16KV AUX 1

Bus: BARRA 4.16KV AUX 1 (43)

Nom KV: 4.16

Area: 1 (1)

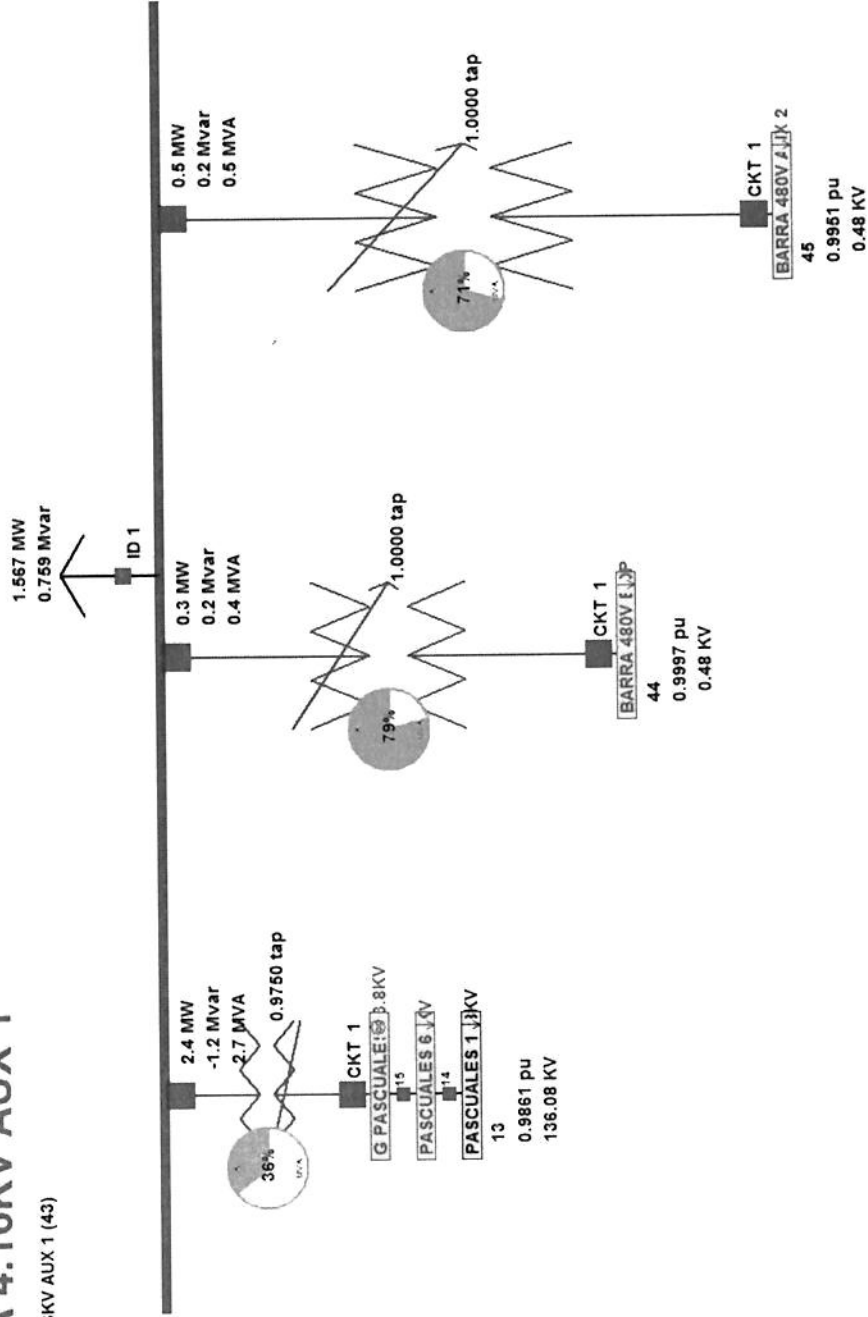
Zone: 1 (1)

1.0133 pu

4.22 KV

3.98 Deg

0.00 \$/MWh



BARRA 480V AUX 2

Bus: BARRA 480V AUX 2 (45)

Nom KV: 0.48

Area: 1 (1)

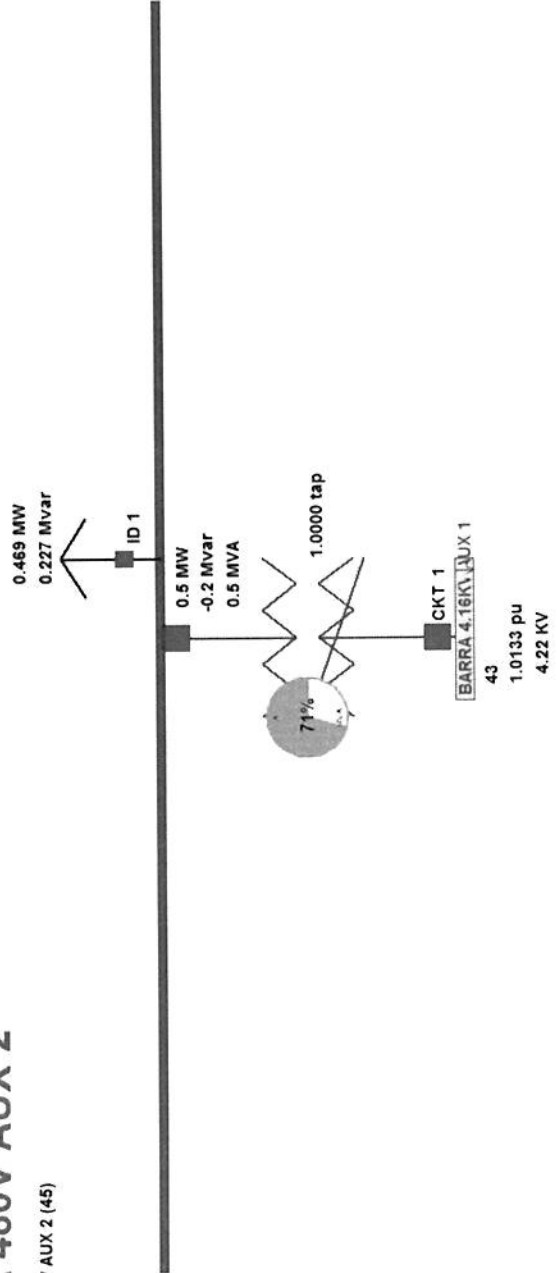
Zone: 1 (1)

0.9951 pu

0.48 KV

1.92 Deg

0.00 S/MWh



BARRA 480V BOP

Bus: BARRA 480V BOP (44)

Nom KV: 0.48

Area: 1 (1)

Zone: 1 (1)

0.9997 pu

0.48 KV

2.43 Deg

0.00 \$/MWh

0.350 MW
0.169 Mvar

ID 1

0.3 MW

-0.2 Mvar

0.4 MVA

1.0000 tap



CKT 1

BARRA 4.16KV 1

43

1.0133 pu

4.22 KV

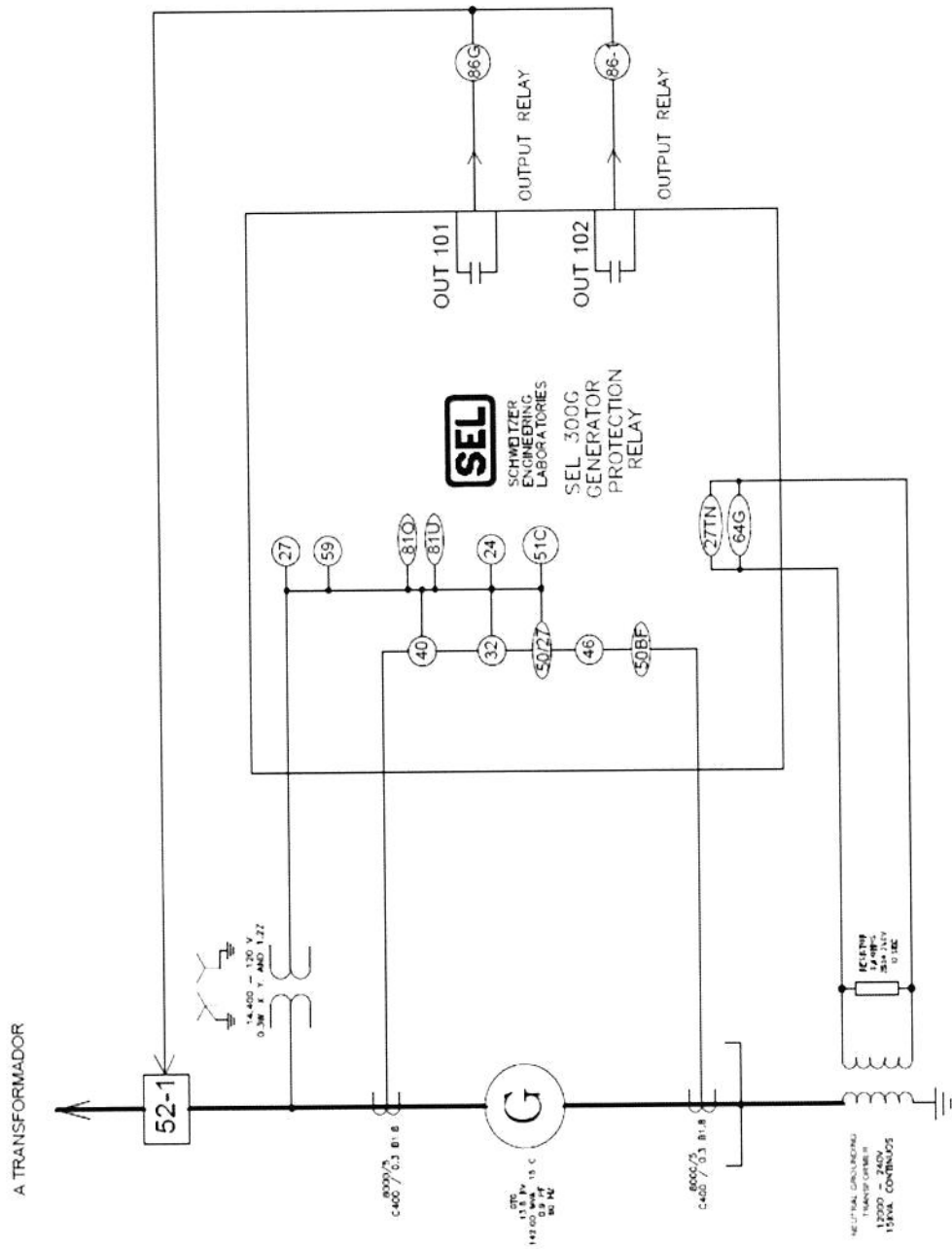
ANEXO 4

ESQUEMAS DE PROTECCIÓN

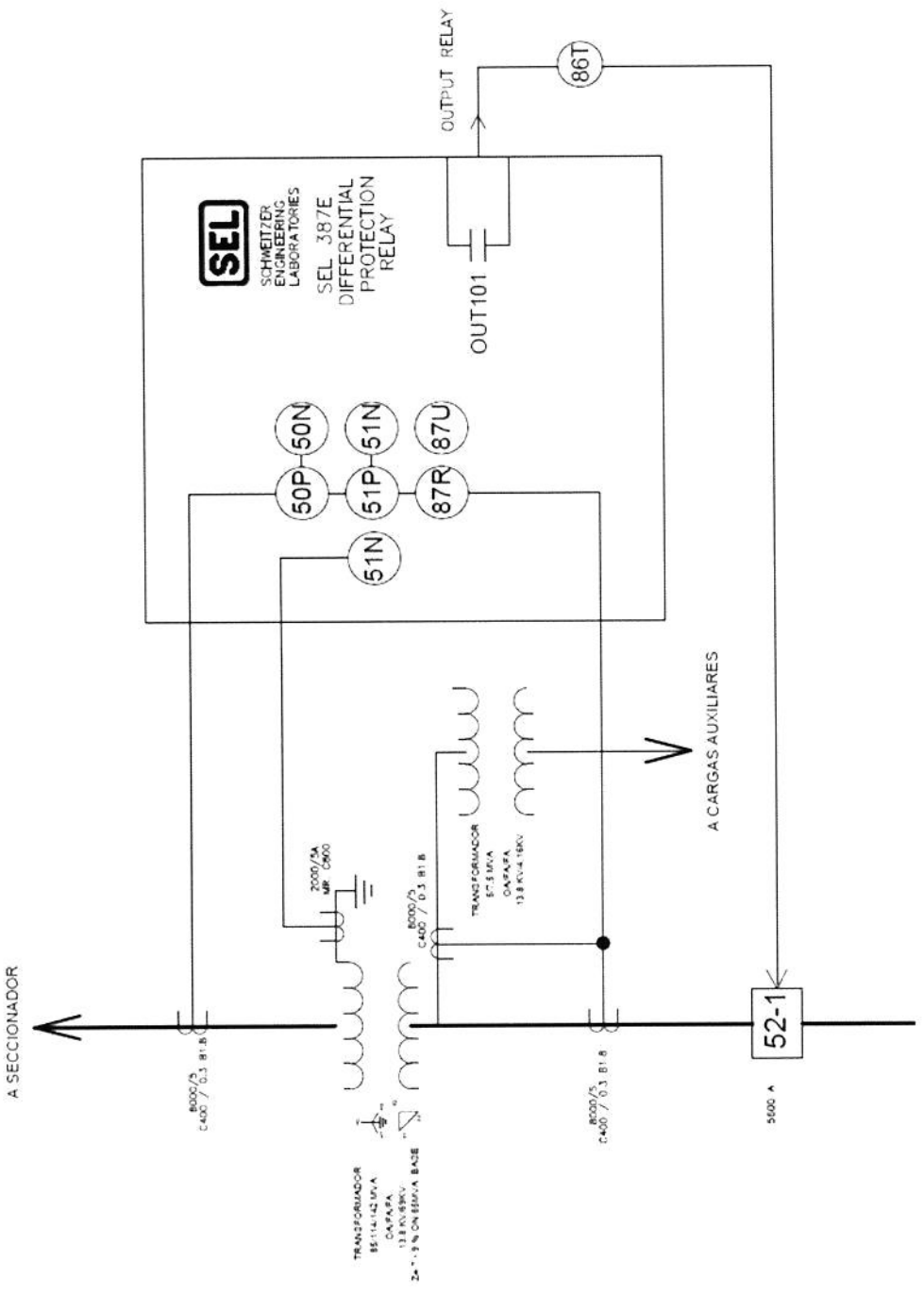


CIB - ESPOL

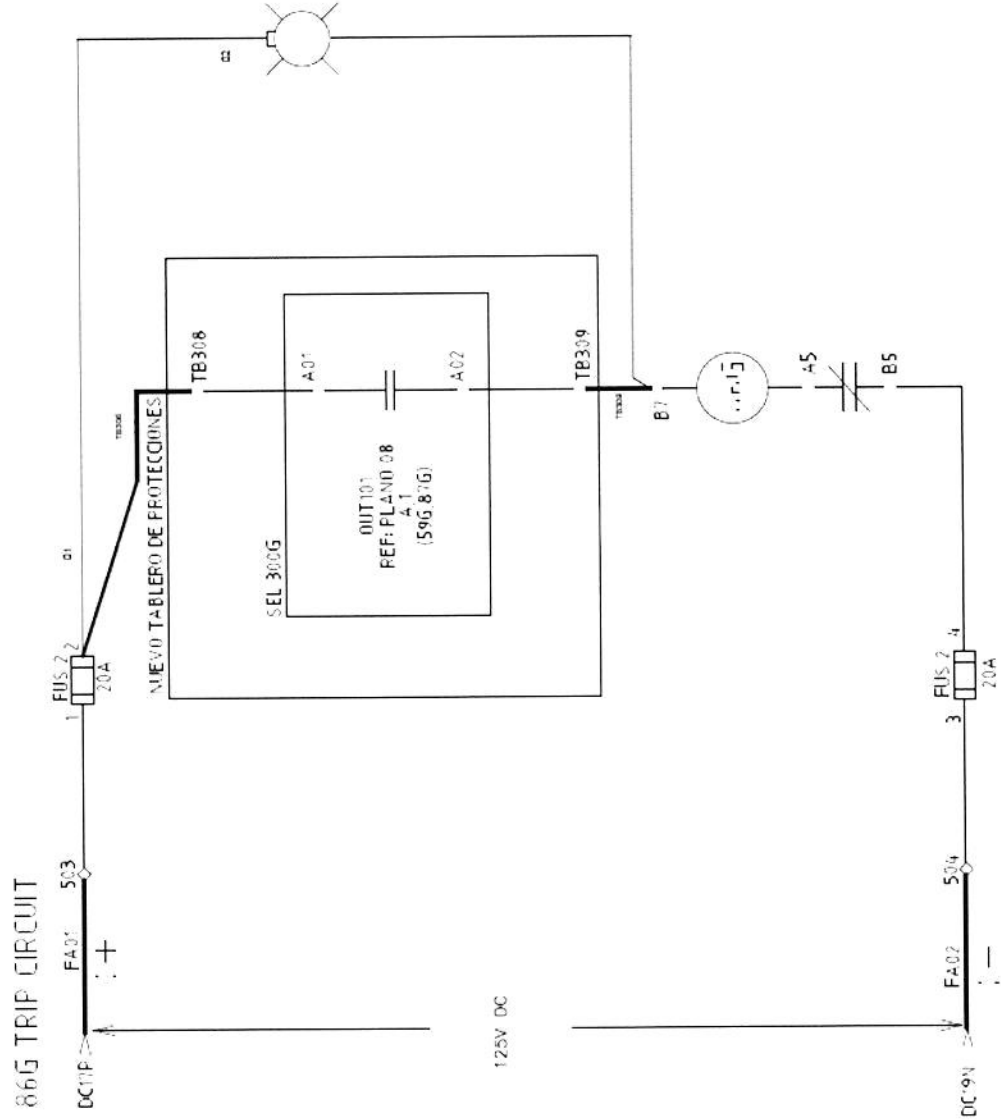
ESQUEMA DE PROTECCIÓN DEL GENERADOR



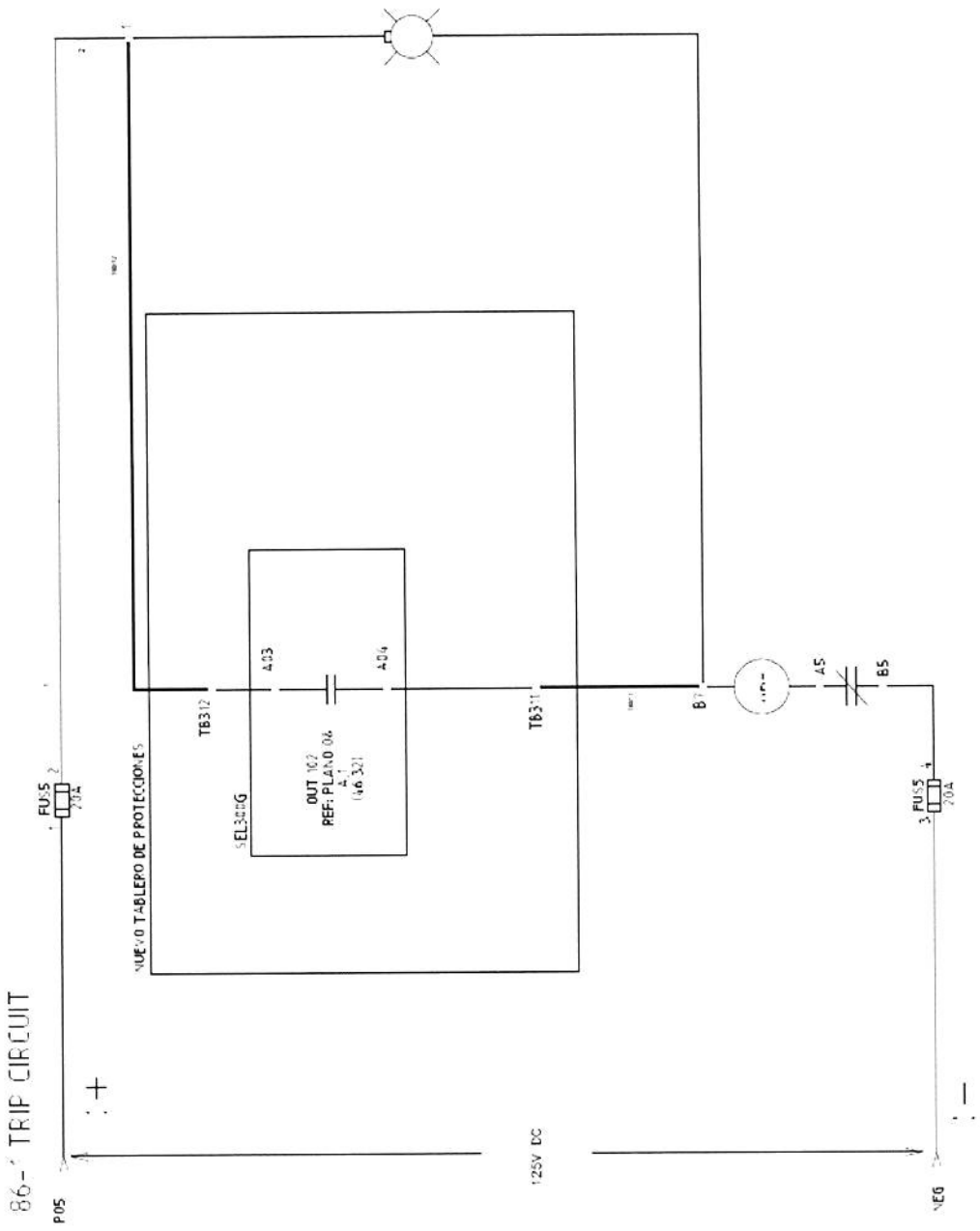
ESQUEMA DE PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR



ESQUEMA DE DISPARO POR PROTECCIÓN DEL GENERADOR



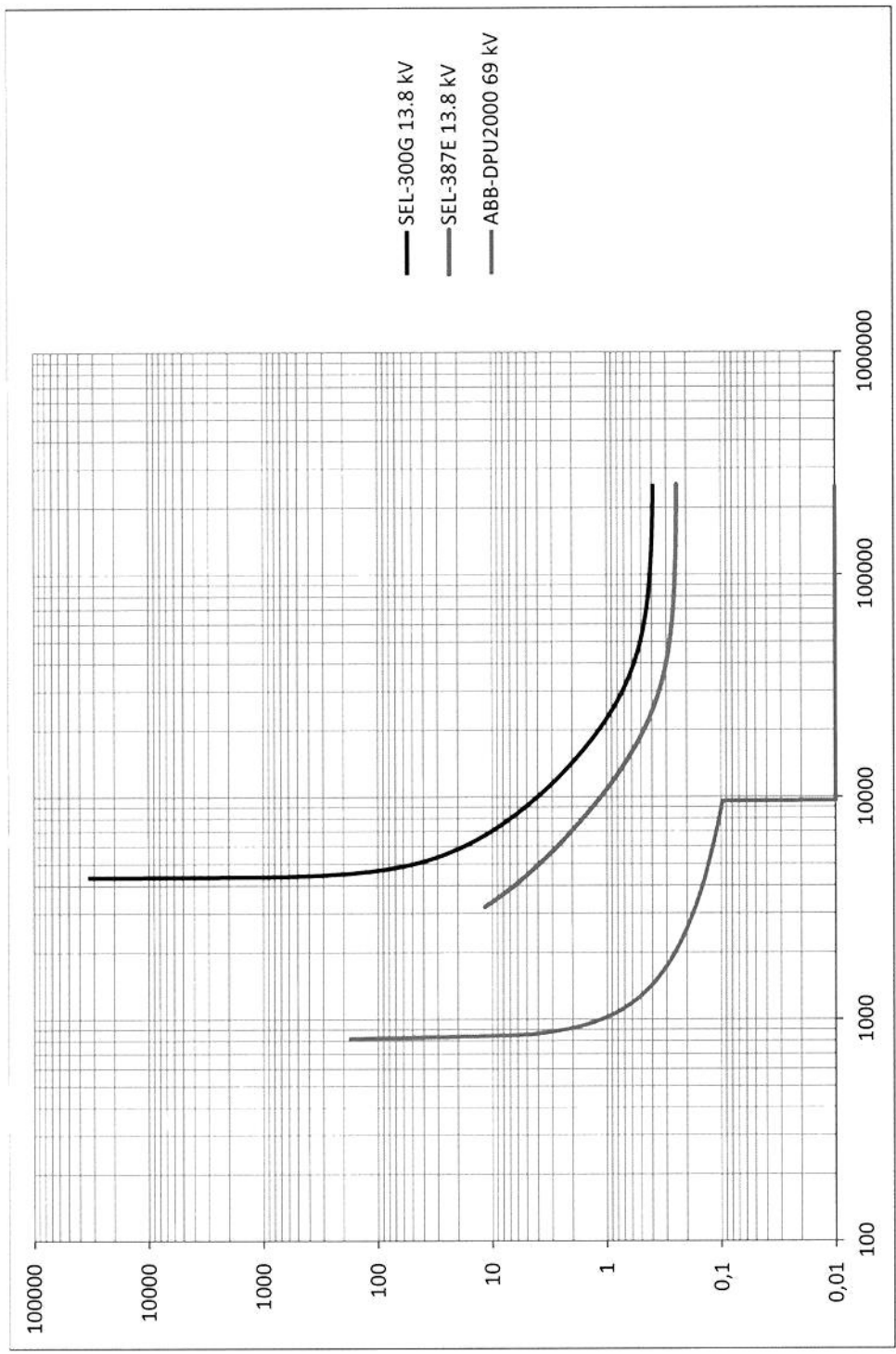
ESQUEMA DE DISPARO POR PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR



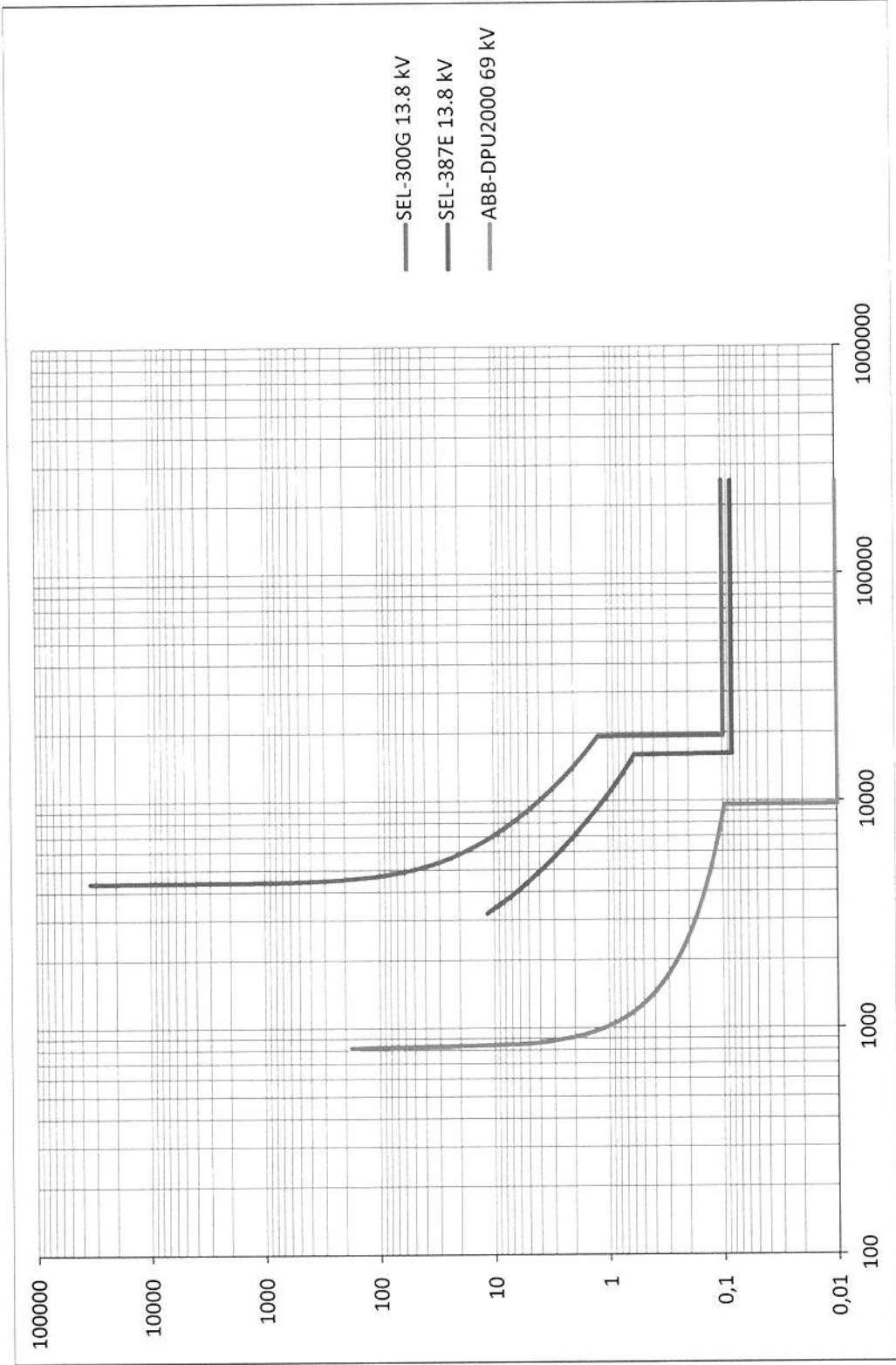
ANEXO 5

COORDINACION EN EXCEL

COORDINACION DE SOBRECORRIENTE CON ELEMENTOS 51



COORDINACION DE SOBRECORRIENTE CON ELEMENTOS 50/51



BIBLIOGRAFÍA

- [1] IEEE, IEEE Std 141 Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants, 1993
- [2] IEEE, IEEE Std C37.010 Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis, 1979.
- [3] IEEE, IEEE Std C37.5 Guide for Calculation of Fault Currents for Application of AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Total Current Basis, 1979.
- [4] IEEE, IEEE Std 242 Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems, 1996.
- [5] IEEE/ANSI, ANSI/IEEE C37.91 Guide for Protective Relay Applications to Power Transformers, 1985.
- [6] IEEE, Tutorial IEEE de Protección de Generadores Síncronos.
- [7] Mason, C. Russel, The Art & Science of Protective Relaying.
- [8] Blackburn, J. Lewis, Protective Relaying Principles and Applications, 2006.
- [9] SEL-300G, Multifunction Generator Relay, Instruction Manual.
- [10] SEL-387E, Current Differential and Voltage Protection Relay, Instruction Manual.