

# Estudio de Coordinación de Las Protecciones En Base a Herramientas Computacionales Aplicable a La Subestación de Distribución Carolina

Jonathan Boris Molina Jiménez, Paola Elizabeth Luque Tigrero, Gabriel Antonio Pincay Díaz  
 Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
 Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863 Guayaquil-Ecuador  
 boris275191@hotmail.com, luly\_pelt@live.com, gapd17@hotmail.com  
 Juan Saavedra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ingeniero Eléctrico Especialidad Potencia,  
 jsaavedra@hidronacion.org

**Resumen** – El Objetivo principal de este trabajo es Coordinar el Sistema de Protecciones de la Subestación Carolina ubicada en la península de Santa Elena haciendo uso de Métodos Computarizados, para lo cual es necesario disponer de información para conocer su estado de operación, es decir, conocer el valor de los niveles de tensiones e intensidades de corriente en cada punto de análisis del sistema.

El Estudio de Flujo de Carga nos proporcionó información sobre los niveles de voltaje en las barras, consumos de demanda y capacidades requeridas de los equipos para no exceder los niveles de cargabilidad bajo operación, lo cual nos da una idea del estado real, para realizar las correcciones oportunas para un buen desempeño.

Una parte fundamental del ajuste de las protecciones es el Estudio de Cortocircuito, proporcionando las Corrientes de Falla Trifásica y de Línea a Tierra Máximas y Mínimas debido a que son las corrientes más severas a las que puede estar expuesto un sistema ya que por lo general la corriente trifásica es la mayor de todas pero hay sus excepciones donde la corriente de falla de línea a tierra supera a la trifásicas muy a menudo se da este caso en subestaciones debido a la presencia de generación.

Para nuestro estudio del caso base los ajustes se realizaron en función de la máxima corriente de falla.

**Palabras Claves:** Flujo de Carga, Cortocircuito, Corrientes de Falla.

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la sociedad en un país implica el crecimiento de la matriz energética, siendo la energía eléctrica el ente principal que impulsa el avance en tecnología, industria, medicina e infraestructura.

Este progreso constante implica un crecimiento en las tendencias de consumo de energía eléctrica y con ello una óptima calidad y frecuencia de servicio. Para solventar las exigencias del mundo moderno las empresas distribuidoras deben disponer de subestaciones de distribución que cumplan estas exigencias, para lo cual se dota a las subestaciones con elementos de protección que coordinados adecuadamente garanticen el cumplimiento de estos estándares de servicio.

Para el presente trabajo se ha considerado a la Subestación Carolina por su constante interrupción en la distribución del servicio y debido a la importancia del entorno a la cual da servicio como son hospitales, clínicas, centro comercial y oficinas públicas.

Con este antecedente se procedió al análisis de los elementos que constituyen esta Subestación, a establecer indicativos que nos ayuden a realizar una correcta coordinación de las protecciones incluyendo dispositivos con mayor tecnología que satisfagan los requerimientos de los usuarios sin dejar de lado la simplicidad, selectividad, sensibilidad y seguridad que son los principios básicos para el funcionamiento de las protecciones.

En el Capítulo I, se describen los elementos, equipos y dispositivos de protección existentes, que conforman la Subestación Carolina, de acuerdo a las especificaciones técnicas de sus fabricantes y proporcionadas por CNEL Regional Santa Elena.

En el Capítulo II, se muestra el Estudio de Flujo de Carga en Estado Estable, determinando los voltajes en las barras y las corrientes que fluyen en las diferentes alimentadoras y ramales, para los casos bases de máxima y mínima carga. Este análisis se realizó utilizando los datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Local.

En el Capítulo III, se realiza el Estudio de Cortocircuito del sistema eléctrico de la subestación en cuestión, para determinar el efecto de las corrientes de falla y realizar el ajuste de las protecciones para una protección óptima.

En el Capítulo IV, se analiza el Esquema de Protección de la Subestación Carolina, se estudia particularmente la protección del transformador de potencia mediante el ajuste del relé 87 y otros relés importantes que forman parte del sistema de protección de la Subestación.



Fig 1 Transformador de Potencia de la S/E Carolina.

II. DESARROLLO

1. Descripción de las Instalaciones

Subestación Carolina tiene origen debido al crecimiento comercial de la península de Santa Elena, al crearse el centro comercial Paseo Shopping La Península, una de las principales plazas comerciales de esta provincia, en Diciembre del año de 2003.

Subestación Carolina se ubica en el cantón de La Libertad en la Av 12 y entre las calles 8 y 9, en la Zona de la Vía Punta Carnero, detrás del Nuevo Municipio de La Libertad. Con un área de construcción de 611 m2.

A nivel de 69 KV, subestación Carolina es alimentada a través de una interconexión con la subestación La Libertad, que a su vez está alimentada por subestación Santa Elena, que se conecta a nivel de 138 KV con subestación Pascuales. Adicionalmente Carolina sirve como interconexión para llegar a la subestación Santa Rosa

La subestación en estudio tiene un esquema de barra simple, que a nivel de 69 KV se tiene un transformador de capacidad 10/12.5 MVA; En niveles de 13.8 KV, Carolina cuenta con una sala de tableros donde se distribuyen las 4 alimentadoras radiales que son: Paseo, Carolina, Punta Carnero, y Municipio, alimentadora que entró en funcionamiento en Marzo del 2013. El esquema general de subestación Carolina e interconexiones asociadas se muestra en la figura 2

Los elementos de la subestación se encuentran protegidos por seccionador de aire con cuchillas de puesta a tierra, fusibles, interruptor en gas SF6, pararrayos y sistemas de relés de protección.

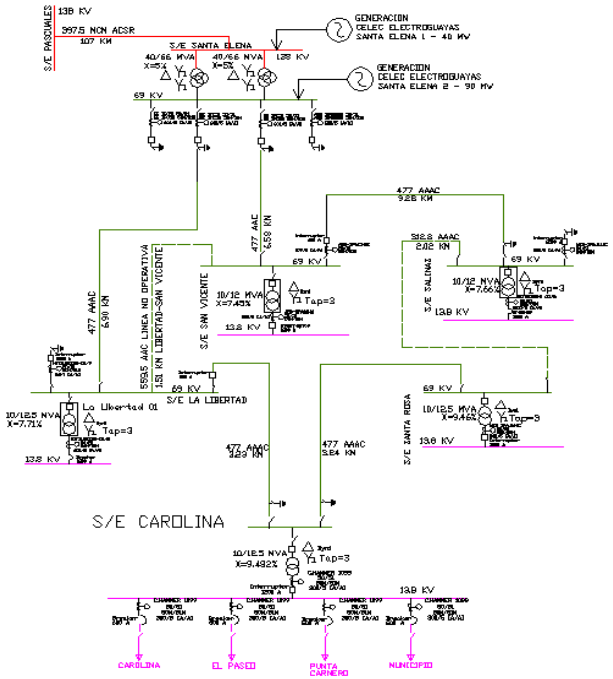


Fig 2 Esquema general de subestación Carolina e interconexiones asociadas

2. Estudio de Flujo de Carga

El Estudio Eléctrico del Flujo de Carga nos permite determinar los flujos de potencia activa, reactiva y los voltajes en las barras del sistema, a la vez que nos permite conocer el estado de operación de los diferentes elementos del sistema. En la actualidad existen varios paquetes computacionales como el Simulador Paladin Design Base y el Simulador PowerWorld 17 GS que ha sido empleado en la realización de nuestro estudio para facilitar nuestro análisis. El Diagrama Unifilar de la Subestación Carolina se muestra a continuación.

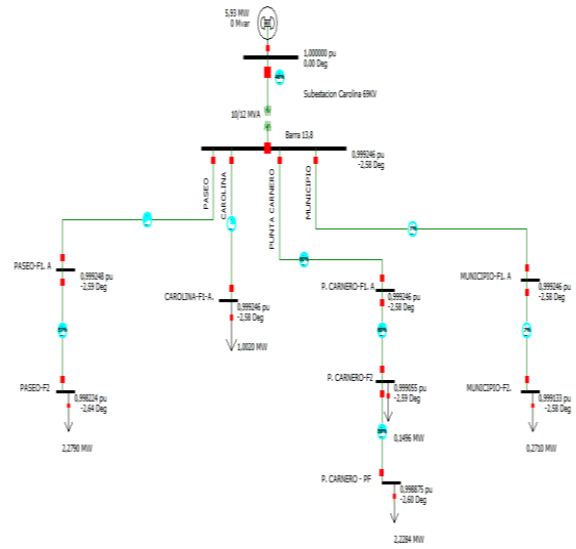


Fig. 3. Diagrama Unifilar de la Subestación Carolina

2.1. Criterios adoptados para el Estudio

2.1.1. Flexibilidad Operacional

El sistema podrá funcionar alimentado por la Empresa Eléctrica sin ninguna restricción ante cualquier evento.

2.1.2. Niveles de confiabilidad

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

2.1.3. Niveles de sobrecarga

No se aceptan sobrecarga en los Elementos de Distribución 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 OA.

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. Datos del Sistema

## 2.2.1. Datos del Transformador

**TABLA I**  
Datos del Transformador de Poder

PARAMETROS DE TRANSFORMADOR DE 2 DEVANADOS		
Subestación	CAROLINA	
Potencias		
Potencia OA	10/12.5	MVA
Potencia FOA	10/12.5	MVA
Voltaje Nominal		
Alta	69	kV
Baja	13,8	kV
Grupo de Conexión		
Alta	D	
Baja	Yn	
Indicativo*30° /Fase	1	
Impedancias		
Impedancia de Cortocircuito	9,48	%
Pérdidas de cobre	-	kW
Ubicación de los Taps		
Alta	X	
Baja		
TAPS (Especificar)	3	
Posición Actual del Tap	69000 V	

## 2.2.2. Datos de las Líneas

**TABLA II**  
Datos de las Líneas

AR EA DE AL UMI NIO	TREN ZADO	DIAME TRO EXTERI OR (mm.)	G M R Ds (PI ES )	Corrie nte Aprox . (Amp. )	RESISTEN CIA r <sub>s</sub>		REACTANCIA 1 pie separación	
					60 Hz z	60 Hz z	INDUCT IVA x <sub>s</sub> (OHM/M l)	CAPACIT IVA x <sub>s</sub> (MOHM- mi)
#1/ 0	M 105 C 600	7	9,340	0,0 11 61	0,6 14 5	0,680 5	0,5406	0,1239
#2/ 0	M 123 C 300	7	10,100	0,0 12 55	0,5 26 185	0,582 3	0,5311	0,1216
#3/ 0	M 133 C 100	7	10,510	0,0 13 06	0,4 87 205	0,539 5	0,5263	0,1204
#4/ 0	M 155 C 400	7	11,350	0,0 14 11	0,4 17 220	0,461 8	0,5170	0,1181
#3/ 0	M 167 C 800	7	11,780	0,0 14 64	0,3 86 214	0,427 6	0,5124	0,1170
#4/ 0	M 195 C 700	7	12,750	0,0 15 84	0,3 31 260	0,366 7	0,5028	0,1147
#4/ 0	M 211 C 600	7	13,250	0,0 16 47	0,3 06 280	0,339 3	0,4982	0,1135

## 2.3. Resultados del Estudio de Flujo de Carga

El análisis de Flujo de Carga muestra lo siguiente:

## 2.3.1. Voltaje en las Barras

**TABLA III**  
Niveles de Voltaje en las Barras

Barra	Voltaje Nominal	Voltaje en Por Unidad	Voltaje (kV)	Angulo (Grados)
BARRA 69 KV	69	1	69	0
BARRA 13,8 KV	13,8	0,98987	13,660206	-2,61
PASEO-F1. A	13,8	0,989445	13,654341	-2,67
PASEO-F2	13,8	0,988028	13,634786	-2,71
CAROLINA-F1. A	13,8	0,989853	13,659971	-2,61
P. CARNERO-F1. A	13,8	0,98987	13,660206	-2,61
P. CARNERO-F2	13,8	0,989676	13,657529	-2,62
P. CARNERO-PF	13,8	0,989495	13,655031	-2,63
MUNICIPIO-F1. A	13,8	0,98987	13,660206	-2,61
MUNICIPIO-F2. A	13,8	0,989755	13,658619	2,61

## 2.3.2. Consumo en las Barras

**TABLA IV**  
Consumo en las Barras Máxima Carga

Barra	Cargas en MW	Cargas en MVAR	Cargas en MVA	Corrientes (Amp)
PASEO-F2	2,2790	0,8243	2,4245	101,4354
CAROLINA-F1. A	1,0020	0,3270	1,0547	44,1283
P. CARNERO-F2	0,1496	0,0488	0,1575	6,5884
P. CARNERO-PF	2,2884	0,7467	2,4088	100,7816
MUNICIPIO-F2	0,2710	0,0980	0,2883	12,0619
<b>TOTAL</b>	<b>5,9900</b>	<b>2,0449</b>	<b>6,3338</b>	<b>264,9956</b>

**TABLA V**  
Consumo en las Barras Mínima Carga

Barra	Cargas en MW	Cargas en MVAR	Cargas en MVA	Corrientes (Amp)
PASEO-F2	1,7480	0,6323	1,8596	77,8013
CAROLINA-F1. A	0,6960	0,2271	0,7326	30,6520
P. CARNERO-F2	0,1049	0,0342	0,1104	4,6198
P. CARNERO-PF	1,5621	0,5097	1,6443	68,7952
MUNICIPIO-F2	0,0780	0,0282	0,0830	3,4717
<b>TOTAL</b>	<b>4,1890</b>	<b>1,4316</b>	<b>4,4299</b>	<b>185,3400</b>

## 2.3.3. Capacidades Transmitidas en transformador y líneas

**TABLA VI**  
Capacidades Transmitidas en Líneas  
Máxima Carga

CAPACIDADES TRANSMITIDAS EN LINEAS - MÁXIMA CARGA				
De Barra	A Barra	% MVA	Limit MVA	MVA
PASEO F1-A	PASEO F2	57%	4	2,28
S/E	P. CARNERO F1-A	60%	4	2,4
P. CARNERO F1-A	P. CARNERO F2	60%	4	2,4
P. CARNERO F2	P. CARNERO PF	56%	4	2,24
MUNICIPIO F1-A	MUNICIPIO F2	7%	4	0,28

**TABLA VII**  
Capacidades Transmitidas en Líneas  
Mínima Carga

CAPACIDADES TRANSMITIDAS EN LINEAS - MÍNIMA CARGA				
De Barra	A Barra	% MVA	Limit MVA	MVA
PASEO F1-A	PASEO F2	44%	4	1,76
S/E	P. CARNERO F1-A	42%	4	1,68
P. CARNERO F1-A	P. CARNERO F2	42%	4	1,68
P. CARNERO F2	P. CARNERO PF	39%	4	1,56
MUNICIPIO F1-A	MUNICIPIO F2	2%	4	0,08

**TABLA VIII**  
Carga del Transformador

	CAPACIDADES TRANSMITIDAS EN LINEAS				
	De Barra	A Barra	% MVA	Limit MVA	MVA
<b>MÁXIMA CARGA</b>	69 KV	13,8 KV	48%	12	5,76
<b>MÍNIMA CARGA</b>	69 KV	13,8 KV	34%	12	4,08

## 3. Estudio de Cortocircuito

## 3.1. Alcance de los Estudios de Cortocircuito

Considerando que el Sistema de Subestación Carolina, se caracteriza por ser un sistema típicamente aterrizado el estudio de cortocircuito 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

verificará que la Corriente de Falla a Tierra no exceda la corriente trifásica.

## 3.2. Datos del Sistema

La Empresa Eléctrica nos facilitó los MVA de Cortocircuito y las Impedancias de Thevenin en la Barra de Interconexión a 69 KV, de la Subestación de Distribución Carolina. La información ha sido trasladada a la base de 100MVA y 69KV.

## 3.2.1 MVA de Corto Circuito.

**TABLA IX**  
Corrientes y MVA de Corto Circuito a 69 kV

Tipo de Falla	Corriente de Falla p.u.	Angulo	Corriente de Falla Amperios	MVA de Corto Circuito
Trifásica	4.4	-77.15	3719	444
Línea-Tierra	2.3	-75.40	1949	134,5

**TABLA X**  
Corrientes y MVA de Corto Circuito a 13.8 kV

Tipo de Falla	Corriente de Falla p.u.	Angulo	Corriente de Falla Amperios	MVA de Corto Circuito
Trifásica	0.85	-86.50	3570	85
Línea-Tierra	0.91	-87.33	3813	53

## 3.3. Impedancias Equivalentes

**TABLA XI**  
Impedancias Equivalentes

Tipo de Falla	Magnitud p.u.	Angulo (Grados)	R + jX Ohmios	R + jX Pu	X/R
ZQQ-1	0,22	-74,43	10,6931+j38,4620	0,00472+j0,22	3,59
ZQQ-0	0,84	-77,88	2,2488+j10,4743	0,2245+j0,8078	4,66

## 3.4. MVA de Cortocircuito

**TABLA XII**  
Corrientes y MVA de Cortocircuito en a 69 kV

Tipo de Falla	Corriente de Falla p.u.	Angulo	Corriente de Falla Amperios	MVA de Corto Circuito
Trifásica	4.4	-77.15	3719	444
Línea-Tierra	2.3	-75.40	1949	134,5

**TABLA XIII**  
Corrientes y MVA de Cortocircuito a 13.8 kV

Tipo de Falla	Corriente de Falla p.u.	Angulo	Corriente de Falla Amperios	MVA de Corto Circuito
Trifásica	0.85	-86.50	3570	85
Línea-Tierra	0.91	-87.33	3813	53

3.5. Resultados del Estudio de Cortocircuito

**TABLA XIV**  
Corrientes de Falla para Máxima Carga

FALLA	ALTA 69 KV		BAJA 13,8 KV	
	I (Amp)	I (pu)	I (Amp)	I (pu)
I1F-T	1954	2,336	4571	1,093
I3F	3748	4,48	4305	1,029
I2F	3246	3,88	3728	0,891
I2F-T	3340	3,992	4516	1,08

**TABLA XV**  
Corrientes de Falla para Mínima Carga

FALLA	ALTA 69 KV		BAJA 13,8 KV	
	I (Amp)	I (pu)	I (Amp)	I (pu)
I1F-T	1952	2,333	4569	1,092
I3F	3738	4,468	4294	1,026
I2F	3237	3,87	3718	0,889
I2F-T	3333	3,984	4489	1,073

4. Protección de la Subestación de Distribución.

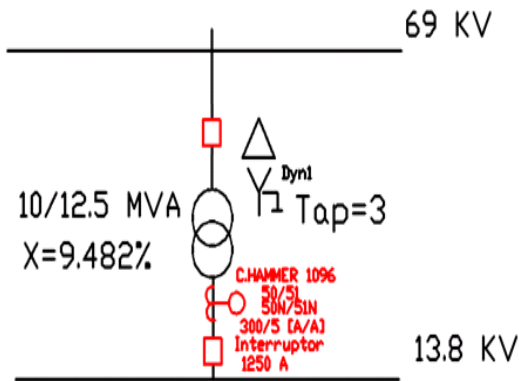


Fig. 4. Esquema Actual de la S/E Carolina

Para efectos de brindar un mejor servicio, los integrantes de la presente Tesina hemos propuesto la aplicación de elementos de protección adicionales para mejorar la confiabilidad.

- Protección diferencial para el transformador del sistema.
- Reconectores tipo poste en cada alimentadora.

Los elementos de protección propuestos para lograr este fin se detallan a continuación:

- TPU 2000R.
- RECONECTADOR ELECTRÓNICO ABB PCD 2000.

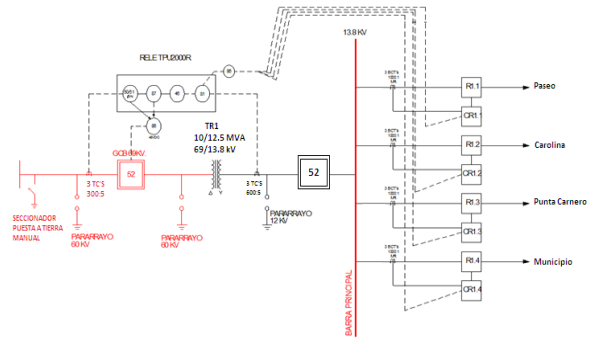


Fig. 5. Esquema de Protecciones de la Subestación Carolina

La protección del Transformador de Potencia se la realizó utilizando el relé TPU2000R de la ABB, el cual es un relé digital orientado para la Administración y protección de Transformadores

Las funciones principales del Relé aplicables para la protección son las siguientes:

- Protección diferencial.
- Sobrecorriente Instantáneo.
- Sobrecorriente de tiempo inverso.

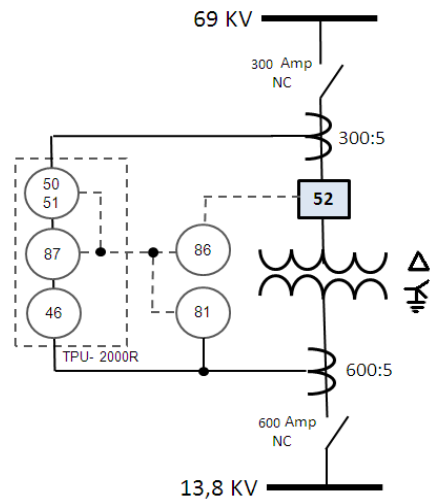


Fig. 6. Esquema del Relé TPU 2000R

## 4.1 Cálculo para el Ajuste del Relé 87T.

Máxima corriente de carga a 12,5 MVA, 13,8KV	Máxima corriente de carga a 12,5 MVA, 69KV
$I_{nL} = \frac{MVA \text{ en FA}}{\sqrt{3} \times V_L}$	$I_{nH} = \frac{MVA \text{ en FA}}{\sqrt{3} \times V_H}$
$I_{nL} = \frac{12500}{\sqrt{3} \times (13,8)}$	$I_{nH} = \frac{12500}{\sqrt{3} \times (69)}$
$I_{nL} = 522,9622 \text{ Amp}$	$I_{nH} = 104,5924 \text{ Amp}$

## 4.2 Relaciones de CT's

Se calculan las corrientes de carga en el secundario del CT con máxima capacidad del transformador a 12,5 MVA.

$I_{H_S} = \frac{I_{nH}}{TC \text{ en Alta}}$	$I_{L_S} = \frac{I_{nL}}{TC \text{ en Baja}}$
$I_{H_S} = \frac{104,5924}{300/5}$	$I_{L_S} = \frac{522,9622}{600/5}$
$I_{H_S} = 1,743$	$I_{L_S} = 4,358$

Corrientes en el lado secundario del CT debido a la corriente máxima de falla.

$I_{H_S} = \frac{I_{f_{30H}}}{TC \text{ en Alta}}$	$I_{L_S} = \frac{I_{f_{30L}}}{TC \text{ en Baja}}$
$I_{H_S} = \frac{3748}{300/5}$	$I_{L_S} = \frac{4571}{600/5}$
$I_{H_S} = 62,46$	$I_{L_S} = 38,092$

Entonces se tiene que el ajuste para la toma 87T-1 para el lado de alta y 87T-2 para el lado de baja es:

$$\begin{aligned} 87T-1 &= 1,7A \\ 87T-2 &= 4,3 A \end{aligned}$$

Con los datos de placa del transformador, se tiene en el lado de alta la relación de CT de 150:5 o 300:5. La corriente de falla a nivel de 69 kV es de 3748A, que nos brinda una relación de CT aceptable.

En el lado de Baja tensión se tiene una relación de CT de 600/5 con una corriente de falla de 4571A.

**TABLA XIV**  
PORCENTAJE DE RESTRICCIONES PARA LA CURVA DE DISPARO DEL RELÉ 87.

PORCENTAJE DE RESTRICCIONES		
ERROR	PORCENTAJE	NORMA
ERROR DE CT's	5,00%	IEC 60044
MISSMATCH	4,07%	BLACKBURN
INRUSH	5,00%	ANSI-C57.110
TAP	10,00%	IEC 60044
<b>SUMA:</b>	<b>24,07%</b>	

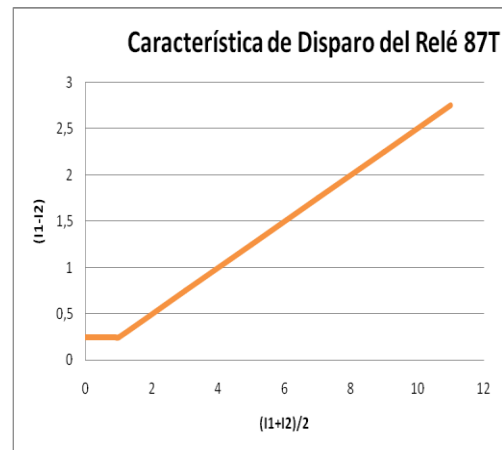


Fig. 7. Esquema del Relé TPU 2000R

## 4.3 Ajuste del Relé 46.

La función de secuencia negativa puede definirse por debajo de la corriente nominal porque las corrientes normales de carga equilibrada no generan corriente de secuencia negativa. Se puede obtener una mayor sensibilidad para las fallas entre fases. En una falla entre fases donde  $I_a = I_b = I_c = 0$ , la corriente de secuencia negativa  $I_2$  es igual a 58% de la corriente en alta y baja, lo cual se establece según la norma ANSI C50.13.

$$I_{ajuste46} = 58\% I_L = 0,58 \times 523,58 = 303,68 \text{ A.}$$

$$I_{ajuste46} = 58\% I_H = 0,58 \times 104,7A = 60,73 \text{ A.}$$

## 4.4 Ajuste del Relé 81.

El relé 81 es el encargado de proteger y controlar equipos contra cambios en la frecuencia del voltaje. Para realizar el ajuste del relé 81 se deben tomar en cuenta las recomendaciones de la norma IEEE Std. 1547-2003. Para el ajuste de este relé se lo fijó a 57 Hz con un tiempo de retardo de 0.16 s. (10 ciclos).

4.5 Aplicación de las protecciones 50 y DPU 2000R

4.5.1 Protección de sobrecorriente de tiempo inverso de fase (51P).

La protección de sobrecorriente de tiempo inverso está definida por el parámetro del nivel de disparo de corriente y el multiplicador de tiempo. El elemento 51P de sobrecorriente de fase temporizado contenido en el DPU2000R se ajusta en base a la corriente secundaria del TC conectada a las entradas de corriente de fase.

4.5.2 Protección de sobrecorriente instantáneo de fase (50P).

La protección de sobrecorriente instantáneo 50P responde a las condiciones de corto circuito. Es similar a la protección de sobrecorriente de tiempo inverso de fase, puesto que se utilizan los parámetros de corriente y tiempo.

La respuesta de esta protección es instantánea ante magnitudes de corrientes elevadas, la función 50P opera cuando el nivel de cualquier corriente de fase excede el nivel de arranque.

4.5.3 Protección de sobrecorriente de tiempo inverso de tierra (51N).

El elemento 51N de sobrecorriente de tierra temporizado contenido en el DPU2000R se ajusta en base a la corriente secundaria del TC (I0) conectada a la entrada de corriente de tierra.

4.5.4 Protección de sobrecorriente instantáneo de tierra (50N).

La función 50N opera cuando el nivel de la corriente de tierra excede el nivel de arranque. Debe ser activada cuando se desee disparo instantáneo de tierra.

4.6 Reconector o Recloser.

Un reconector automático es un dispositivo auto-contenido con la inteligencia necesaria para sensar sobrecorrientes, mide el tiempo e interrumpe la sobrecorriente, para re-cerrar automáticamente y re-energizar la línea. En caso de que la falla sea permanente, el reconector se bloquea en apertura después de un número establecido de operaciones (usualmente tres o cuatro) y aísla la sección fallada desde la parte principal del sistema.

Para nuestro estudio se recomienda, incluir el uso de reconectores para aumentar la eficiencia y calidad del servicio, pero debido a la falta de espacio físico en la subestación y la reestructuración que se tendría que hacer, si se aplicara esta recomendación, se sugiere la colocación de reconectores trifásicos en poste antes de los fusibles de arranques de cada una de las alimentadoras.

5. Protección del Sistema de Distribución.

Los fusibles de subestación Carolina seleccionados para el ajuste de las protecciones son fusibles S&C de 210 Amp, en el arranque de las 4 alimentadoras.

5.1. Coordinación de las Protecciones del Sistema de Distribución.

Para realizar el ajuste y la coordinación de las protecciones del sistema de subestación Carolina, se lo realiza en base a los estudios previos de flujo de carga y cortocircuito; de acuerdo a los esquemas que se presentó en el capítulo anterior.

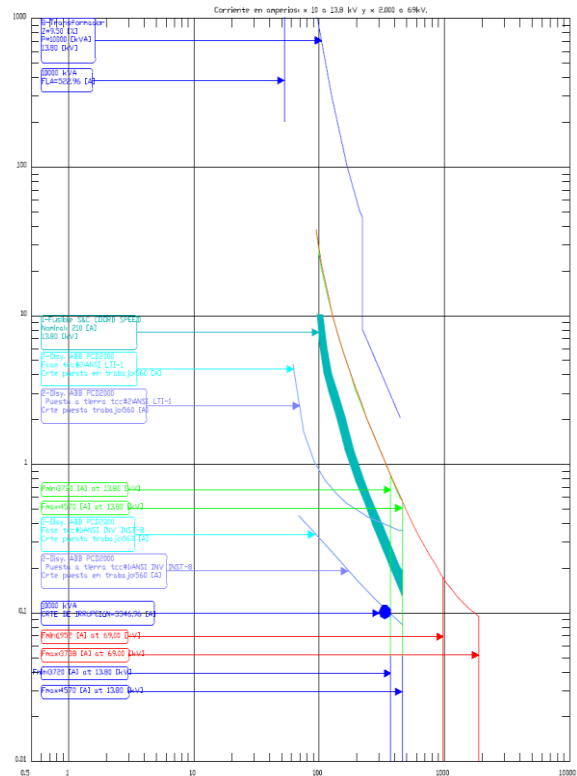


Fig. 8. Esquema de Coordinación de Protecciones de la Subestación Carolina para una Alimentadora Típica. (Paseo)

TABLA XV  
RESULTADOS DE LA COORDINACIÓN DE UNA ALIMENTADORA TÍPICA. (PASEO)

Tensión del disp.	Id Disp.	Tipo de protección	Option	Ajustes	Límites
<b>1-Fusible S&amp;C COORD SPEED</b>					
13.80	F. PASEO	Fase/A tierra	Nominal:	210.0 [A]	
<b>2-Disy. ABB PCD2000</b>					
13.80	Electrónico ABB PCD	Fase/A tierra			
		Elemento de fase	Umbral de disparo:	560 [A]	
			Rápido:	ANSI INV INST-8	
			Lento:	ANSI LTI-1	
			Accionar primer TCC:	2	
			Accionar bloqueo TCC:	4	

Tensión del disp.	Id Disp.	Tipo de protección	Option	Ajustes	Límites
			Ajuste rápido (100p):	Adic. tiempo const.(102)	[s]
				Multiplicador(103):	[cycle]
				Tiempo Resp. Mín.(104):	
		Elemento de tierra	Umbral de disparo:	560 [A]	
			Rápido:	ANSI INV INST-8	
			Lento:	ANSI LTI-1	
			Accionar primer TCC:	2	
			Accionar para bloquear TCC:	4	
		Secuencia	Tiempo de reposición	30.00 [s]	
			Tiempo de reconexión:	2.0 /2.0 /5.0 [s]	
<b>5-Bus Símbolos solamente</b>					
<b>6-Breaker Símbolos solamente</b>					
<b>7-Relé ABB DPU 2000R EI</b>					
13.80		Fase	Cuadrante:	2.000	
			Intervalo de derivaciones:	[2.5 / 10.0 ]	
			Derivación:	9	
			CT:	600 :5	
			Puesta en trabajo:	780.00 [A]	
			Opción inst.:	ON	
			Puesta en trabajo:	4571.00 [A]	
			Tiempo de puesta en trabajo:	0.01 [s]	
<b>8-Transformador</b>					
13.80		N/A	P:	10000 [kVA]	
			Z:	9.50 [%]	
			FLA	522.96 [A]	
<b>9-Relé ABB DPU 2000R EI</b>					
69.00		Fase	Cuadrante:	2.000	
			Intervalo de derivaciones:	[2.5 / 10.0 ]	
			Derivación:	9	
			CT:	300 :5	
			Puesta en trabajo:	157.00 [A]	
			Opción inst.:	ON	
			Derivación:		
			Puesta en trabajo:	10000.00 [A]	
			Tiempo puesta en trabajo:	0.01 [s]	
<b>10-Breaker Símbolos solamente</b>					
<b>11-Bus Símbolos solamente</b>					

### III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

[1] En el flujo de carga desarrollado en el capítulo 2, los niveles de voltajes en operación de máxima y mínima carga están entre 1 y 0.99, que cumple el rango de la regulación de voltaje de  $\pm 2.5\%$ .

[2] El factor de potencia de subestación Carolina es de 0.945, este valor no es tan óptimo como se pudiera esperar, por ser una subestación pequeña, debido a que las alimentadoras poseen distintas cargas reactivas como lo son las centrales de aire de gran capacidad; para el centro comercial, aparatos electrónicos que se utilizan en los hospitales y clínicas. Cabe recalcar que una de las cargas de dichas alimentadoras es un hospital público, y no posee un banco de capacitores para compensar sus reactivos.

[3] La cargabilidad del transformador es de 48% a máxima carga y de 34% para mínima carga, que son valores que permiten tener reserva para incrementos de carga futuras.

[4] A nivel de 13.8 kV, la corriente de falla de línea a tierra resulta mayor que la corriente de falla trifásica a tierra. Las fallas de una fase a tierra pueden generar corrientes de falla cuya magnitud puede supera a la corriente de falla trifásica, sin embargo esto es más frecuente que ocurra en sistema transmisión y distribución a niveles de media tensión.

[5] Los Fusibles ubicados en la troncal de las alimentadoras no se coordinan con los fusibles de ramales radiales que sirven a cargas específicas, debido a que los fusibles ubicados en ramales son muy pequeños comparados con los fusibles de protección ubicados en la troncal.

[6] Las subestaciones en la provincia de Santa Elena están estandarizadas en 10 MVA, que son subestaciones pequeñas en comparación con la de las grandes ciudades, pero se establecen estas capacidades debido a que las cargas de la población no ameritan capacidades mayores.

[7] Se recomienda la instalación una impedancia de puesta a tierra que limite falla de línea a tierra.

[8] Debido a que esta subestación en la actualidad no cuenta con una protección diferencial para protección de transformador, en el capítulo 4 se realizaron los cálculos para la implementación de una protección diferencial y se recomienda TPU 2000R.

[9] Para optimizar el uso del TPU 2000R y debido a que el deterioro de los elementos presentes en los metalclad son evidentes; pese a que la vida de la subestación no justifica el deterioro de los equipos, es conveniente usar las aplicaciones de 50 y 51 que vienen en el paquete de relé ABB, que en el capítulo 5 fueron coordinados.

[10] Como una mejora en la calidad de servicio de la subestación se recomienda la colocación de reconectores trifásicos tipo poste, antes de los fusibles de arranque. Se recomienda que sean tipo poste debido a que el espacio físico en la subestación no permite una adecuación en las instalaciones.



## DATOS BIOGRÁFICOS



**Luque Tigreiro Paola Elizabeth**, Nacida en Salinas-Santa Elena el 05/09/1988. Estudiante de Ingeniería Eléctrica Especialización Potencia de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Practicas Laborales en CELEC-EP Unidad de Negocio Trinitaria, Taller Eléctrico. Ingeniera de Control de Perdidas en CNEL-EP Unidad de Negocios Santa Elena, realizando auditoria a Grandes Clientes, encargada del control de las pérdidas de Subestación Salinas y Chipipe que forman parte del sistema Península (desde 03/10/2012 hasta la actualidad).



**Molina Jiménez Jonathan Boris**, Nacido en Guayaquil-Guayas el 8/06/1985. Estudiante de Ingeniería Eléctrica Especialización Potencia de la Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Ecuador Prácticas laborales en Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil - Departamentos: Distribución y Estudios Eléctricos. Ingeniero del Departamento Técnico de Diseños Eléctricos en COELTEC S.A. : Diseños Eléctricos Residenciales, Comerciales, Industriales, Vías, Iluminación, Subestaciones, Proyectos en general.



**Pincay Díaz Gabriel Antonio**, Nacido en Guayaquil-Guayas el 17/07/1985. Estudiante de Ingeniería Eléctrica Especialización Potencia de la Escuela Superior Politécnica Del Litoral, fue Ayudante Académico del Lab. Maquinarias Electricas FIEC. Pasantías en CELEC E.P. Subestación Nueva Prosperina(febrero 2010) . Diseño de instalaciones electricas hospitalarias y residente electrico ANCASCORP S.A (ago. 2011 - Julio. 2013), Diseño y fiscalización electrica para implementacion de Radio Bases TELPROYEC S.A (Julio 2013- Actualidad).

[http://www.powerworld.com/files/pw110 UserGuide.pdf](http://www.powerworld.com/files/pw110_UserGuide.pdf), fecha de consulta mayo 2013.

[5] Cutler Hammer, Manual Técnico del Relé CUTLER HAMMER - DIGITRIP 300, fecha de consulta junio 2013.

[6]EATON [http://www.downloads.eatoncanada.ca/downloads/Metering,%20Relays 0&%20Communications/Instruction%20Bulletins /DT3000.PDF](http://www.downloads.eatoncanada.ca/downloads/Metering,%20Relays%20&%20Communications/Instruction%20Bulletins /DT3000.PDF)

[7] ABB, Manual Unidad de Protección de Transformadores TPU2000R, USA 2001.

[8] ABB, Manual Unidad de Protección de Transformadores DPU2000R, USA 2001.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] J. Lewis Blackburn- Thomas J. Domin, , Protective Relaying Principles and Applications, Tercera Edición, diciembre 2006.

[2] Corporación Nacional de Electricidad - CNEL Regional Santa Elena Diagrama Unifilar Sistema Subtransmisión - División Península 2013.

[3] Cutler Hammer INC, Relevadores de Protección Digitrip 3000, [http://www.eaton.com/ecm/idcplg?IdcService=GET\\_FILE&allowInterrupt=1&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&noSaveAs=0&Rendition=Primary&dDocName=107777975298](http://www.eaton.com/ecm/idcplg?IdcService=GET_FILE&allowInterrupt=1&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&noSaveAs=0&Rendition=Primary&dDocName=107777975298), fecha de consulta junio 2013

[4] Power World Corporation,