

# Estudios de coordinación de las protecciones en base a herramientas computacionales aplicables a la subestación alborada 2

Cabrera Basurto Juan José, León Meléndrez Gabriel Enrique, Suárez Vargas Alex Marcelo  
 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  
 Juanjoc\_10@hotmail.com, alexkuki\_84@hotmail.com, [gabriel.leon.m@hotmail.com](mailto:gabriel.leon.m@hotmail.com)  
 Juan Saavedra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ingeniero Eléctrico Especialidad Potencia,  
[jsaavedra@hidronacion.org](mailto:jsaavedra@hidronacion.org)

**Resumen – El Objetivo principal de este trabajo es Coordinar el Sistema de Protecciones de la Subestación Alborada 2 por Métodos Computarizados, para lo cual es necesario disponer información de su estado, es decir, conocer el valor de las tensiones e intensidades 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 y capacidades transmitidas de los componentes del sistema bajo operación normal.**

**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. Para nuestro estudio del caso base los ajustes se realizaron en función de la máxima corriente de falla con tiempos de despeje rápido de las fases falladas o con problemas.**

**Finalmente, sabemos que dentro de una instalación eléctrica se pueden producir diversos tipos de fallas, que si persisten, pueden ocasionar daños en los equipos eléctricos y electrónicos, inestabilidad en el sistema o daños al personal encargado de la operación de la instalación; estos eventos son evitados con una óptima Coordinación de Protecciones.**

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

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un país depende de su grado de industrialización y tecnología digital, este a su vez necesita de las fuentes de energía en especial de la energía eléctrica. Por lo que la Protección de Subestaciones de Sistemas Eléctricos de Distribución es de gran importancia ante el crecimiento acelerado de los consumidores (población), de las redes eléctricas y la exigencia de un suministro de energía.

En el Capítulo I, se describen los elementos, equipos y dispositivos de protección que conforman la Subestación Alborada 2, de acuerdo a sus especificaciones técnicas de los fabricantes y proporcionadas por la Empresa Eléctrica de Guayaquil.

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 medidos por la Empresa Eléctrica.

En el Capítulo III, conjunto a la información obtenida en el Capítulo II, se realiza el Estudio de Cortocircuito teórico orientados a los conceptos, cálculos preliminares y recomendaciones generales. Se pretende realizar los cálculos eléctricos involucrados en la protección y determinar los parámetros pertinentes, determinando para los tipos de Fallas Trifásicas y Fallas de Línea a Tierra. Este estudio es de importancia para la futura coordinación de las protecciones eléctricas para las corrientes de falla máxima y mínima en cada punto de interés.

En el Capítulo IV, se tratan los temas de Esquemas de Protección y Coordinación de operación de los mismos en forma simple, todo dentro del marco de la filosofía de las protecciones en sistemas eléctricos. Se estudian en particular los equipos más utilizados por la Empresa Eléctrica para el estudio de coordinación, como son: relés de protección, interruptores de poder, fusibles, reconectores automáticos, pararrayos, y seccionadores motorizados con cuchillas de puesta a tierra.

## II. DESARROLLO

### 1. Descripción de las Instalaciones

La Subestación Alborada II fue construida en el año 2011 en un predio ubicado en la IX etapa de la ciudadela Alborada, sobre la Avenida Isidro Ayora. Este predio es de medidas aproximadas de 20 x 30 m, y colinda hacia el norte y oeste con edificaciones comerciales y residenciales, hacia el sur, con una vía peatonal pública, y hacia el este, con la Av. Isidro Ayora. La Subestación está alimentada por la Subtransmisión Orellana y Cristavid como interconexión a nivel de 69 KV; cuenta con una patio de 69KV en el lado de alta del transformador de 18/24 MVA y en el lado de media tensión una configuración de barras principal y de transferencia a nivel de 13.8 KV. Del patio de 13.8 Kv salen cuatro alimentadoras trifásicas de distribución de las cuales solo 1 esta en uso y lleva el nombre de COMEGUA. De la troncal principal parten derivaciones o ramales que pueden ser trifásicos, bifásicos o monofásicos. Cada una de las distintas

alimentadoras está protegida a través de un reconectador el cual permitirá el flujo de corriente en condiciones normales de funcionamiento. Cabe recalcar que las alimentadoras, así como cada elemento de la subestación se encuentran protegidos por seccionador de aire con cuchillas de tierra, interruptor en gas SF6, fusibles y pararrayos.

2. Estudio de Flujo de Carga

El Estudio Eléctrico de Flujo de Potencia es de suma importancia en la planeación y diseño de Sistemas Eléctricos de Potencia, determinándola condición óptima de operación de sistemas planificados o existentes. El flujo de Carga nos proporciona información sobre la corriente y el voltaje de las barras, que necesitan estar dentro de los valores nominales de los equipos e instalaciones. Hoy en día gracias al desarrollo de herramientas computacionales podemos simplificar el Estudio de Flujo de Carga, en nuestro análisis utilizamos el Simulador PowerWorld en su versión número 12. El Diagrama Unifilar de la Subestación Alborada 2 se muestra a continuación.

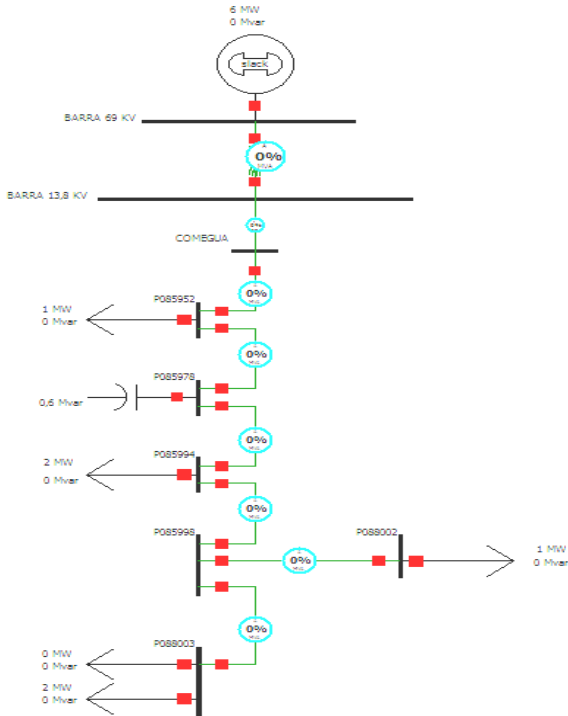


Fig. 1. Diagrama Unifilar de la Subestación Alborada 2 [1]

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

	Z%	Marca	Capacidad (MVA) OA/FA	V <sub>1</sub> /V <sub>2</sub>	Conexión
Transformador	7.20	SIEMENS	18/24	69/13.8 KV	Δ - Y aterrizada

2.2.2. Datos de las Líneas

TABLA II  
Datos de las Líneas

Líneas	Desde	Hasta	Distancia M	Resistencia			
				Ohms		pu	
			r	X	r	x	
Línea 69 Kv	Transformador		20	0,00406064	0,00560224	8,52896E-05	0,000118
Transformador	Reconectador		7	0,002856472	0,002417688	0,001394913	0,00127
Reconectador	Salida de s/e		35	0,004305	0,0091266	0,002260555	0,004792
Salida de s/e	Derivación troncal		786	0,112919904	0,209855712	0,059294216	0,110195
Derivación troncal	Capacitores		173	0,024853872	0,046189616	0,013050762	0,024254
Banco capacitores	1er punto		416	0,059764224	0,111068672	0,03138218	0,058322
1er punto	Poste esquinero		66	0,009481824	0,017621472	0,004978904	0,009253
Poste esquinero	2do punto		25	0,0035916	0,0066748	0,001885948	0,003505
Poste esquinero	3er punto		89	0,012786096	0,023762288	0,006713976	0,012478

### 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

Niveles de Voltaje				
Barra	Nom (Kv)	Volt (pu)	Volt (Kv)	Angulo(Grados)
BARRA 69 KV	69	1	69	0
BARRA 13,8 KV	13,8	0,99922	13,789	-0,25
COMEGUA	13,8	0,99912	13,788	-0,25
P085952	13,8	0,99419	13,72	-0,62
P085978	13,8	0,99366	13,712	-0,67
P085994	13,8	0,99202	13,69	-0,8
P085998	13,8	0,99181	13,687	-0,81
P088003	13,8	0,99176	13,686	-0,81
P088002	13,8	0,99172	13,686	-0,82

#### 2.3.2. Consumo en las Barras

**TABLA IV**  
Consumo en las Barras

DATOS DE CONSUMO				
Barras	Cargas MW	Cargas MVAR	Cargas MVA	Corriente (Amp)
P085952	0,77	0,54	0,85	34,43
P085978	0	-0,58	-0,1	-4,35
P085994	2,01	0,18	1,99	83,3
P085998	0	0	-0,05	-1,89
P088003	0,75	0,5	0,90	38,07
P088002	2,30	0,51	2,36	99,46
Total	5,83	1,15	5,95	244,02

#### 2.3.3. Capacidades Transmitidas en transformador y líneas

**TABLA V**  
Capacidades Transmitidas en Transformador y Líneas – Máxima Carga

Capacidades Transmitidas en Transformador y Líneas									
De Barra	A Barra	MW	MVAR	MVA	Lim MVA	% MVA Limit (Max)	MW Perdidas	MVAR Perdidas	I(Amp)
Barra 69 KV	Barra 13,8 KV	6,04	1,1	6,14	24	25,58	0	0,027	256,88
Barra 13,8 KV	Comegua	6,04	1,07	6,14	0	0	0,001	0	256,88
Comegua	P085952	6,04	1,07	6,13	12	51,12	0,023	0,043	256,88
P085952	P085978	4,01	0,04	4,01	12	33,38	0,002	0,004	168,55
P085978	P085994	4,01	0,63	4,06	12	33,83	0,005	0,01	170,92
P085994	P085998	3,01	0,64	3,07	12	25,61	0	0,001	129,59
P085998	P088003	2	0,48	2,06	12	17,18	0	0	86,95
P085998	P088002	1	0,16	1,01	12	8,44	0	0	42,73

**TABLA VI**  
Capacidades Transmitidas en Transformador y Líneas – Mínima Carga

Capacidades Transmitidas en Transformador y Líneas									
De Barra	A Barra	MW	MVAR	MVA	Lim MVA	% MVA Limit (Max)	MW Perdidas	MVAR Perdidas	I(Amp)
Barra 69 KV	Barra 13,8 KV	2	-0,18	2,01	18	11,16	0	0,003	84,05
Barra 13,8 KV	Comegua	2	-0,18	2,01	0	0	0	0	84,02
Comegua	P085952	2	-0,18	2,01	7	28,72	0,002	0,005	84,02
P085952	P085978	1	-0,39	1,07	7	15,33	0	0	44,93
P085978	P085994	1	0,21	1,02	7	14,6	0	0,001	42,79
P085994	P085998	0,8	0,21	0,83	7	11,81	0	0	34,64
P085998	P088003	0,6	0,14	0,62	7	8,8	0	0	25,8
P085998	P088002	0,2	0,07	0,21	7	3,03	0	0	8,87

### 3. Estudio de Cortocircuito

#### 3.1. Alcance de los Estudios de Cortocircuito

Considerando que el Sistema de Alborada 2, 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. Impedancias Equivalentes en el punto de entrega de la Empresa Eléctrica

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 Alborada 2. La información ha sido trasladada a la base de 100MVA y 69KV

#### 3.3. Impedancias Equivalentes

**TABLA VII**  
Impedancias Equivalentes en Mínima Generación

Tipo de Falla	Magnitud p.u.	R + jX Ohmios	R + jX pu	X/R
ZQQ-1	0,197	1,2107 +J 9,3039	0,0254299 +J 0,1954190	7,6846
ZQQ-0	0,427	2,0240 +J 20,2070	0,0425120 +J 0,4244283	9,9837

**TABLA VIII**  
Impedancias Equivalentes en Máxima Generación

Tipo de Falla	Magnitud p.u.	R + jX Ohmios	R + jX pu	X/R
ZQQ-1	0,183	1,1538 +J 8,6463	0,0242337 +J 0,1816064	7,494
ZQQ-0	0,427	2,0240 +J 20,2070	0,0425120 +J 0,4244284	9,984

#### 3.4. MVA de Cortocircuito

**TABLA IX**

MVA de Cortocircuito en Mínima Generación

Tipo de Falla	Falla (p.u.)	I. Falla (Amp)	MVA de CortoCircuito
Trifásica	5.075	4246.73	507.533
Línea-Tierra	3.79	3059.37	365.630

**TABLA X**

MVA de Cortocircuito en Máxima Generación

Tipo de Falla	Falla (p.u.)	I. Falla (Amp)	MVA de Corto Circuito
Trifásica	5.478	4583.54	547.785
Línea-Tierra	3.79	3171.57	379.039

3.5. Resultados del Estudio de Cortocircuito

**TABLA XI**

Corrientes de Falla para Máxima y Mínima Generación

Barras	Máxima Generación		Mínima Generación	
	Ifalla (Trifásica)	Ifalla ( Línea a Tierra)	Ifalla (Trifásica)	Ifalla ( Línea a Tierra)
BARRA 69 KV	4583,54	3171,57	4246,73	3059,37
BARRA 13,8 KV	5930,62	8466,08	5752,81	8223,56
Comegua	5919,3	8450,61	5742,03	8208,79
P085952	5064,14	7226,19	4925,75	7038,83
P085978	4909,86	6766,19	4779,53	6604,99
P085994	4574,4	5860,26	4460,73	5745,27
P085998	4524,91	5737,25	4413,77	5628,12
P088003	4506,31	5691,84	4396,2	5584,91
P088002	4458,87	5578,32	4351,66	5477,03

4. Estudio de Coordinación

Los Estudios de Flujo de Carga y Cortocircuito de la Subestación Alborada 2 son la base para el ajuste y coordinación de las Protecciones del Sistema.

4.1. Esquema de Protección de la Subestación

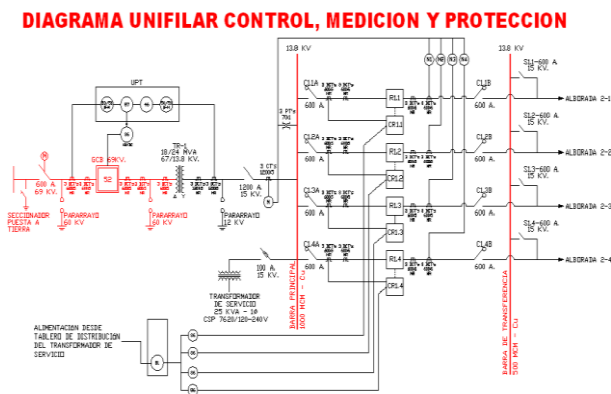


Fig. 2. Esquema de Protecciones de la Subestación Alborada 2 [2]

4.2. Protección de la Subestación

Del lado de 69K:

Seccionador de Aire con Cuchillas de puesta a Tierra.-

Marca TURNER - Corriente continua de 600A - Corriente De interrupción instantánea de 40KA - BIL de 350KV

Pararrayos.-

60KV nominales - Corriente directa máxima de 32KA - MCOV de 48KV

Caja Portafusible.-

Fusible tipo SMD-1A 200E - Característica extremadamente Inversa

Interruptor en Gas SF6 marca ALSTOM.-

Corriente continua 600A - Corriente de interrupción máxima de 40 KA - BIL de 350KV.

Trasformador de Poder:

Protegido en el lado de alta por pararrayos de marca SIEMENS de 60KV nominales - 65KA de interrupción - MCOV de 48KV Del lado de baja tensión tiene pararrayo de marca SIEMENS de 10KV nominales - 65KA de interrupción - MCOV de 8.4KV. Protección diferencial, instantánea y de corriente inversa de fase y de tierra proporcionada por el Relé TPU2000R

Del lado de 13.8KV:

Seccionadores de Aire.-

15KV nominales - 1200A de corriente de operación - 61KA de corriente instantánea de interrupción - 110KV de BIL.

Las alimentadoras:

Cuchillas seccionadoras.-

600A de corriente de operación.- 40KA de corriente instantánea - 110KV de BIL. Cada una posee un reconectador Marca COOPER- 24.9 Kv Nominales - 560A de corriente de operación - 12 KA de corriente de interrupción- 110KV de BIL. Aguas debajo de las alimentadoras posee elementos como fusibles tipo "K".

4.3. Ajuste de las Protecciones

4.3.1. Valores de Puesta en trabajo

- Lado de alta del Transformador de Poder: 1.3\*In
- Lado de baja del Transformador de Poder: 1.3\* In
- Red de Distribución: 1.5\* In
- Disparo Instantáneo de Sobrecorriente: I Falla Máx
- Ajuste de tierra: 20% Inominal
- Fusibles: I Falla Máx

4.3.2. Ajuste del Transformador de Poder – 87T

**TABLA XII**

Determinación de la Pendiente del Relé Diferencial

Restricciones	Porcentaje	Norma
Error de CT'S	5%	IEC 60044
Mismatch	3.69%	Blackburn
Inrush	5%	ANSI C57.110
Tap	10%	IEC 60044
Suma:	23.69%	

4.3.3. Ajuste del Relé 46

La corriente de secuencia negativa I2 es igual a **58%** de la corriente en alta y baja, lo cual se establece según la norma ANSI C50.13.

4.3.4. Ajuste del Relé 81

El ajuste de este relé se lo fijó a 57 Hz con un tiempo de retardo de 0.16 s. (10 ciclos) según recomienda la norma IEEE Std. 1547-2003.

4.4. Resumen de la Coordinación

Cabe recalcar que la curva Rápida del reconectador escogida para la alimentadora Sta. Cecilia es 104, por motivos de una óptima coordinación en las demás alimentadoras la curva rápida del reconectador escogida fue la curva 101.

Resumen de la Coordinación de las Protecciones

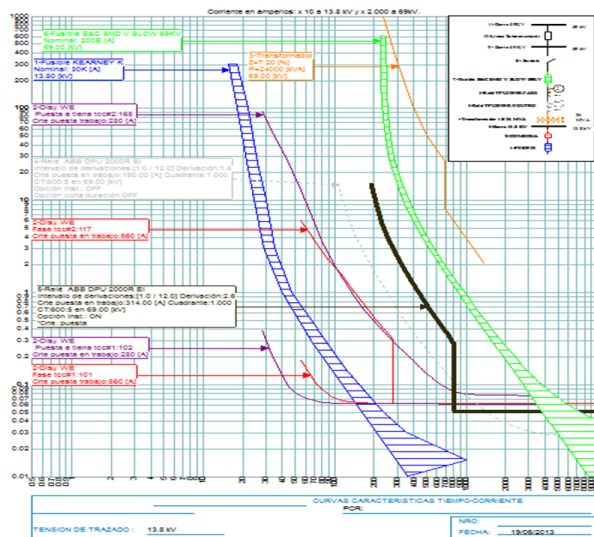


FIG. 2. ESQUEMA DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES TIEMPO VS CORRIENTE A ESCALA DE LA RAMA 1 SUBESTACIÓN ALBORADA 2[3]

TABLA XIII

Tensión del disp.	Id Disp.	Tipo de protección	Option	Ajustes	Límites
<b>1-Fusible KEARNEY K</b>					
13.80	P08592	Fase/A tierra	Nominal:	30.00 [A]	
<b>2-Disy. WE</b>					
13.80	COMEGUA	Fase/A tierra			
		Elemento de fase	Umbral de disparo:	560 [A]	
			Rápido:	101	
			Lento:	117	
			Accionar primer TCC:	1	
			Accionar bloqueo TCC:	3	
			Ajuste rápido (100p):	Adic. tiempo const.(102)	[s]
				Multiplicador(103):	[cycle]
				Tiempo Resp. Mí.(104):	
			Disparo por sobrecorriente Fase(130):	TCC#1	ON
				TCC#2	ON
			Mult. disparo sobrecorriente(132):	5	
				Tiempo disparo por sobrecorriente(133):	1 [cycle]
		Elemento de tierra	Umbral de disparo:	280 [A]	
			Rápido:	102	
			Lento:	165	
			Accionar primer TCC:	1	
			Accionar para bloquear TCC:	3	
		Secuencia	Tiempo de reposición	10.00 [s]	
			Tiempo de reconexión	15.0 / 30.0 / 30.0 [s]	
<b>3-T transformador</b>					
69.00	TRANSFORMADOR	N/A	P1:	24000 [kVA]	
			Z1:	7.20 [%]	
			FLA:	1004.09 [A]	
<b>4-Relé ABB DPU 2000R E1</b>					
69.00	TPU-N	A tierra	Cuadrante:	1.000	
			Intervalo de derivaciones:	[1.0 / 12.0]	
			Derivación:	1.5	
			CT:	600 :5	
			Puesta en trabajo:	180.00 [A]	
<b>5-Relé ABB DPU 2000R E1</b>					
69.00	TPU-N	Fase	Cuadrante:	1.000	
			Intervalo de derivaciones:	[1.0 / 12.0]	
			Derivación:	2.6	
			CT:	600 :5	
			Puesta en trabajo:	314.00 [A]	
			Opción inst.:	ON	
			Derivación:	0.5 / 4.0 (INST)	
			Puesta en trabajo:	1625.00 [A]	
			Tiempo puesta en trabajo:	0.05 [s]	
<b>6-Fusible S/C SHD V SLOW 69KV</b>					
69.00	FUSIBLE 69KV	Fase	Nominal:	200.0 [A]	

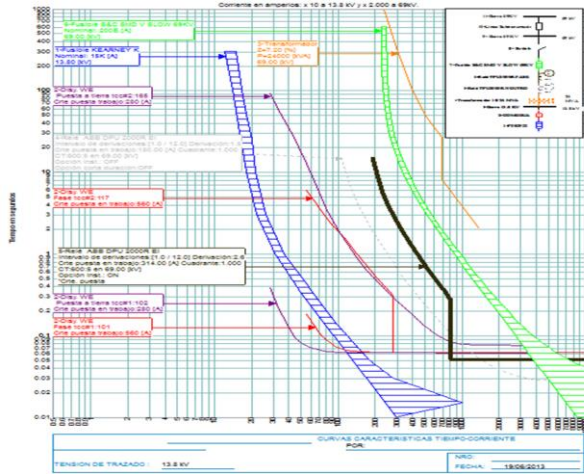


Fig. 3. Esquema de Coordinación de Protecciones tiempo vs corriente a escala de la rama 2 Subestación Alborada 2[3]

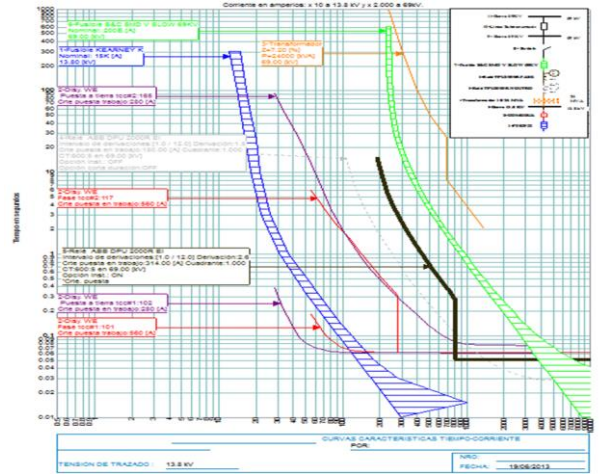


Fig. 4. Esquema de Coordinación de Protecciones tiempo vs corriente a escala de la rama 3 Subestación Alborada 2[3]

TABLA XIV

Tensión del disp.	Id Disp.	Tipo de protección	Option	Ajustes	Límites
<b>1-Fusible KEARNEY K</b>					
13.80	P088003	Fase/A tierra	Nominal:	15.00 [A]	
<b>2-Disy. WE</b>					
13.80	COMEGUA	Fase/A tierra			
		Elemento de fase	Umbral de disparo:	560 [A]	
			Rápido:	101	
			Lento:	117	
			Accionar primer TCC:	1	
			Accionar bloqueo TCC:	3	
			Ajuste rápido (100p):	Adic. tiempo const.(102)	[s]
				Multiplicador(103):	[cycle]
			Disparo por sobrecorriente Fase(130):	TCC#1	ON
				TCC#2	ON
			Multi. disparo sobrecorriente(132):	5	
			Disparo por sobrecorriente(133):	1 [cycle]	
		Elemento de tierra	Umbral de disparo:	280 [A]	
			Rápido:	102	
			Lento:	165	
			Accionar primer TCC:	1	
			Accionar para bloquear TCC:	3	
		Secuencia	Tiempo de reconexión:	10.00 [s]	
			Tiempo de reconexión:	15.0 / 30.0 / 30.0 [s]	
<b>3-Transformador</b>					
69.00	TRANSFORMADOR	N/A	P:	24000 [kVA]	
			Z:	7.20 [%]	
			FLA	1004.09 [A]	
<b>4-Relé ABB DPU 2000R EI</b>					
69.00	TPU-N	A tierra	Cuadrante:	1.000	
			Intervalo de derivaciones:	[1.0 / 12.0 ]	
			Derivación:	1.5	
			CT:	600 :5	
			Puesta en trabajo:	180.00 [A]	
<b>5-Relé ABB DPV 2000R EI</b>					
69.00	TPU-N	Fase	Cuadrante:	1.000	
			Intervalo de derivaciones:	[1.0 / 12.0 ]	
			Derivación:	2.6	
			CT:	600 :5	
			Puesta en trabajo:	314.00 [A]	
			Opción inst.:	ON	
			Derivación:	0.5 / 4.0 (INST)	
			Puesta en trabajo:	1625.00 [A]	
			Tiempo puesta en trabajo:	0.05 [s]	
<b>6-Fusible SRC SHD V SLOW 69KV</b>					
69.00	FUSIBLE 69KV	Fase	Nominal:	200.0 [A]	

TABLA XV

Tensión del disp.	Id Disp.	Tipo de protección	Option	Ajustes	Límites
<b>1-Fusible KEARNEY K</b>					
13.80	P088002	Fase/A tierra	Nominal:	30.00 [A]	
<b>2-Disy. WE</b>					
13.80	COMEGUA	Fase/A tierra			
		Elemento de fase	Umbral de disparo:	560 [A]	
			Rápido:	101	
			Lento:	117	
			Accionar primer TCC:	1	
			Accionar bloqueo TCC:	3	
			Ajuste rápido (100p):	Adic. tiempo const.(102)	[s]
				Multiplicador(103):	[cycle]
			Disparo por sobrecorriente Fase(130):	TCC#1	ON
				TCC#2	ON
			Multi. disparo sobrecorriente(132):	5	
			Disparo por sobrecorriente(133):	1 [cycle]	
		Elemento de tierra	Umbral de disparo:	280 [A]	
			Rápido:	102	
			Lento:	165	
			Accionar primer TCC:	1	
			Accionar para bloquear TCC:	3	
		Secuencia	Tiempo de reconexión:	10.00 [s]	
			Tiempo de reconexión:	15.0 / 30.0 / 30.0 [s]	
<b>3-Transformador</b>					
69.00	TRANSFORMADOR	N/A	P:	24000 [kVA]	
			Z:	7.20 [%]	
			FLA	1004.09 [A]	
<b>4-Relé ABB DPU 2000R EI</b>					
69.00	TPU-N	A tierra	Cuadrante:	1.000	
			Intervalo de derivaciones:	[1.0 / 12.0 ]	
			Derivación:	1.5	
			CT:	600 :5	
			Puesta en trabajo:	180.00 [A]	
<b>5-Relé ABB DPV 2000R EI</b>					
69.00	TPU-N	Fase	Cuadrante:	1.000	
			Intervalo de derivaciones:	[1.0 / 12.0 ]	
			Derivación:	2.6	
			CT:	600 :5	
			Puesta en trabajo:	314.00 [A]	
			Opción inst.:	ON	
			Derivación:	0.5 / 4.0 (INST)	
			Puesta en trabajo:	1625.00 [A]	
			Tiempo puesta en trabajo:	0.05 [s]	
<b>6-Fusible SRC SHD V SLOW 69KV</b>					
69.00	FUSIBLE 69KV	Fase	Nominal:	200.0 [A]	

### III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En cuanto al flujo de carga, nos damos cuenta que la Subestación Alborada II trabaja sin sobrecargas, con sus capacidades dentro de los rangos permitidos.

El Estudio de Coordinación se lo realizó para corrientes de fallas máximas obtenidas en el Estudio de Cortocircuito y la selección de los dispositivos de protección en base a las corrientes nominales proporcionadas por el Estudio de Flujo de potencia.

Los ajustes de los relés de protección fueron establecidos de acuerdo a las normas ANSI/IEEE, que obedecen a los criterios de protección para una buena coordinación.

Para que el Sistema sea más selectivo y así brindar una mejor continuidad de servicio de calidad, se debe monitorear constantemente todo el sistema para evitar sobrecargas en los elementos, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas en los capítulos desarrollados.

El uso de programas computacionales aplicados a estudios de Protecciones de Sistemas Eléctricos es de gran utilidad para desarrollo y estudios de proyectos ya realizados, simulando todos los eventos posibles a los que puede estar expuesto el sistema, siendo desarrollados en el menor tiempo posible y sin pérdidas económicas.

#### DATOS BIOGRÁFICOS



**Cabrera Basurto Juan José**, Nacido en Guayaquil-Guayas el 02/01/1990. Estudiante de Ingeniería Eléctrica Especialización Potencia de la Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Ecuador 2008-2013. Del 2008-2012 fue Ayudante Académico del ICM e ICF.

Pasantías en la central térmica Gonzalo Zevallos de la unidad de negocio Electroguayas, en el área de mantenimiento eléctrico. Pasantías en la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, en el área de operación del sistema.

#### DATOS BIOGRÁFICOS



**Suarez Vargas Alex Marcelo**, Nacido en Guayaquil -Guayas el 05/06/1989. Estudiante de Ingeniería Eléctrica Especialización Potencia de la Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Ecuador 2007-2013. Integrante del Proyecto ESPOL de digitalización y levantamiento de la red de distribución

primaria y secundaria de Guayaquil en el sistema GIZ de la empresa eléctrica pública de Guayaquil.

#### DATOS BIOGRÁFICOS



**León Meléndrez Gabriel Enrique**, Nacido en Guayaquil-Guayas el 25/03/1985. Estudiante de Ingeniería Eléctrica Especialización Potencia de la Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Ecuador 2004-2011. Pasantías en EP

Petroecuador en el departamento de proyectos. Actualmente se desempeña como supervisor de proyecto CSA para IIASA Caterpillar.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] J.Lewis Blackburn y Thomas J. Domin, Protective Relaying Principles and Applications, Editorial Taylor & Francis, 2006.

[2] ALSTOM (Firm), Network protection & automation guide, Editorial Levallois-Perret, 2002.

[3] Mason Russell, El Arte y La Ciencia de la Protección por Relevadores, Editorial Continental S.A., 1971

[4] Standard IEEE, Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis, IEEE STD 399-1990.

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

[6] ANSI/IEEE C37.13-1990. Standard for Low-Voltage AC Power Circuit Breakers Used in Enclosures.

[7] ANSI/IEEE C57.110. IEEE Recommended Practice for Establishing Transformer Capability When Supplying Non-sinusoidal Load Currents.

[8] IEC 60044. Electronic current transformers.

[9] ANSI/IEEE C37.102-1995. IEEE Guide for AC Generator Protection.

[10] ANSI/IEEE Std. 1547-2003. Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems.