



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“Estudio de la Coordinación de las Protecciones por Métodos  
Computarizados Aplicados al Centro Comercial Riocentro  
Norte”**

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACIÓN POTENCIA**

Presentado por:

**Ismenia Patricia Ochoa Agila**

**David Patricio Pozo Medina**

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2009 - 2010

# AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres por todo el esfuerzo, bendiciones y apoyo que nos ayudaron para culminar la carrera y a todas aquellas personas que de una manera u otra colaboraron con su presencia, conocimientos, dedicación, para la realización de este proyecto que es la culminación de una nueva meta alcanzada en nuestras vidas.

Nos gustaría agradecer sinceramente a nuestro instructor de la materia de graduación Ing. Juan Saavedra, el esfuerzo, su calidad de enseñanza, entrega de conocimientos y su gran orientación para que este documento de trabajo final de grado se haya cumplido en su total finalidad.

También nos gustaría agradecer todos los conocimientos, enseñanzas y más que todos los consejos recibidos a lo largo de los últimos años por otros profesores de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación.

# DEDICATORIA

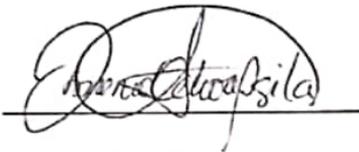
**Ismenia.-** Dedico este proyecto primeramente a Dios, Quien es mi aliento de vida y mi fortaleza para seguir adelante, a mis padres Gustavo y Rosaura, quienes con su sacrificio, esfuerzo y amor constante me han formado y me han apoyado siempre, a mis hijos quienes son el motor de mi vida y fuerza, y a mi esposo Luciano por apoyarme con su amor, paciencia y dedicación.

**David.-** Dedico el presente proyecto a Dios, a mis padres, a María Gabriela y al Pueblo Ecuatoriano, por ser parte fundamental de mi formación.

# DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este trabajo final de graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Ismenia Patricia Ochoa Agila



David Patricio Pozo Medina

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

Ing. Juan Saavedra  
Profesor de la Materia de Graduación



---

Ing. José Layana Chanca  
Delegado del Decano

# RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata sobre la coordinación de las protecciones eléctricas en un sistema industrial tipo Centro Comercial. Lo cual nos garantizará una alta confiabilidad en los sistemas eléctricos de distribución.

Este estudio consiste en la coordinación de las protecciones desde la Subestación Principal 69KV / 13.8KV hasta las barras de carga a 480 y 220V. A nivel de 69KV y hasta la barra principal a 13.8KV la protección se la realiza mediante relés (SEL 587 a nivel de 69KV y Cutler Hammer a nivel de 13.8KV), mientras que cada una de las alimentadoras que salen de la barra principal a 13.8KV se las protege con Fusibles SIBA y las barras a 480 y 220V se las protegen con Disyuntores General Electric Regulables (4 ajustes).

## ÍNDICE GENERAL

### INTRODUCCIÓN

CAPITULO 1.- DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	1
CAPITULO 2.- ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA.....	6
2.1 Criterios adoptados para el estudio.....	6
2.1.1 Flexibilidad Operacional.....	6
2.1.2 Niveles de Confiabilidad.....	6
2.1.3 Niveles de sobrecarga.....	6
2.1.4 Regulación de Voltaje.....	7
2.2 Análisis de casos.....	7
2.3 Datos del Sistema.....	7
2.3.1 Datos de barras de carga.....	8
2.3.2 Datos de líneas y conductores.....	9
2.3.3 Datos de Transformadores de Fuerza.....	9
2.4 Resultados de los Estudios de Flujo de Carga.....	12
2.4.1 Casos base. ....	13
2.4.1.1 Voltajes en barras.....	13
2.4.1.2 Consumo y Factor de Potencia.....	14

2.4.1.3	Carga en barra de entrega de la CATEG.....	15
2.4.1.4	Carga de Conductores y transformadores.....	15
2.4.2	Caso Optimizado.....	16
2.5	Conclusiones del Estudio del Flujo de Carga	16
2.5.1	Caso base.....	16
2.5.2	Caso optimizado.....	16
CAPITULO 3.- ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.....		17
3.1	Alcance de los estudios de Corto Circuito.....	18
3.2	Datos del Sistema.....	18
3.2.1	Impedancias Equivalentes en el Punto de Entrega de la CATEG.....	19
3.2.1.1	MVA de Corto Circuito.....	19
3.2.1.2	Impedancias Equivalentes.....	19
3.2.2	Datos de Conductores. ....	20
3.2.3	Datos de Transformadores de Fuerza.....	20
3.3	Resultados de los Estudios de Corto Circuito.....	20
3.3.1	Caso base.....	21
3.3.1.1	Corriente de Falla en cada barra.....	21
3.3.1.2	Capacidad de Interrupción.....	22
3.4	Conclusiones y recomendaciones.....	24
CAPITULO 4.- COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES.....		26

4.1 Esquemas de Protecciones.....	26
4.1.1 Esquemas de Protección de la subestación.....	26
4.1.2 Esquemas de protección de Barras.....	27
4.1.2.1 Barra “Principal 13.8KV”.....	27
4.1.2.2 Barra “CINES”.....	27
4.1.2.3 Barra “TMI”.....	28
4.1.2.4 Barra “TMLD”... ..	28
4.1.2.5 Barra “ TDP” ... ..	29
4.1.2.6 Barra “HIPER_AA_480” ... ..	29
4.1.2.7 Barra “HIPER_SG_220” ... ..	30
41	
4.1.2.8 Barra “TDI”... ..	30
4.1.2.9 Barra “TDD” ... ..	31
4.2 Ajuste y Coordinación de las Protecciones.....	31
4.2.1 Protección de la Subestación Principal de lado de 13.8 KV.....	32
4.2.2 Protección de Barras de carga a 480 V y 220 V.....	36
4.2.2.1 Protección de la Barra “CINES” .....	37
4.2.2.2 Protección de la Barra “TMI” .....	40
4.2.2.3 Protección de la Barra “TMLD” .....	43
4.2.2.4 Protección de la Barra “TDP” .....	46
4.2.2.5 Protección de la Barra “HIPER_AA_480” .....	49
4.2.2.6 Protección de la Barra “HIPER_SG_220”.....	52

4.2.2.5 Protección de la Barra "TDI" .....	55
4.2.2.5 Protección de la Barra "TDD" .....	58
4.3 Resumen de Ajustes.....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
ANEXOS	
BIBLIOGRFIA	

# INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a un proyecto final de graduación “Estudio de la Coordinación de las Protecciones por Métodos Computarizados Aplicados al centro Comercial Riocentro Norte”.

El primer capítulo describe en forma general las instalaciones eléctricas existentes en el Centro Comercial.

En el capítulo dos se muestra el estudio de flujo de carga en el estado actual (caso base), considerando que el Centro Comercial está en fase de ampliación, el estudio de carga se basará en los datos teóricos del diseño. El caso optimizado difiere en el caso base en las protecciones del lado de alta de la Subestación, ya que el estudio original considera como protección fusibles, sin embargo nosotros consideraremos disyuntores.

En el capítulo tres, conjunto a los datos obtenidos en el capítulo 2, se hará el estudio de cortocircuito teórico para el Centro Comercial, este estudio es de importancia para la futura coordinación de las protecciones eléctricas para las corrientes de falla máxima y mínima en cada barra.

En el capítulo 4 muestra ya la coordinación de los equipos de protección para corrientes de falla en cada barra ya con sus ajustes y correctivos a tomar

## **CAPITULO 1.- DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES.**

El centro comercial RIOCENTRO NORTE se encuentra ubicado en la Avenida Francisco de Orellana y la Ave. Guillermo Pareja Rolando diagonal a la ciudadela “El Cóndor”.

El centro comercial es alimentado por la ELECTRICA DE GUAYAQUIL a nivel de 69 KV con 3 # 4/0 ACSR, tiene una subestación principal de 69 KV / 13.8 KV con seccionador de 1200 amperios en alta, la cual alimenta a la barra “principal 13.8 KV mediante una línea subterránea: 3 # 4/0 15 KV. Tiene un transformador de potencia de 5MVA,  $\Delta / Y$ , OA, con OFA 7MVA, protegido con un relé SEL 587 y con medición indirecta en baja clase 20 con 13 terminales.

De la barra “principal 13.8 KV” saldrán 6 alimentadoras cada una protegida mediante una celda de protección con seccionador fusible, todos los fusibles son de marca SIBA.

El centro comercial tiene 4 cuartos eléctricos o centros de carga (2 existentes, 2 en construcción), 4 generadores (1 existente, 3 proyectados) para respaldo por sectores y 6 Transformadores trifásicos (2 existentes, 4 proyectados):

**Cuartos eléctricos:**

1. Cuarto eléctrico del hipermercado principal existente.
2. Cuarto eléctrico del hipermercado existente derecha
3. Cuarto eléctrico principal del centro comercial.
4. Cuarto eléctrico cines.

**Generadores de respaldo:**

1. Gen # 1: Caterpillar, trifásico, 600 KVA, 208/120 V. está proyectado para área de cines.
2. Gen # 2: Caterpillar, trifásico, 630 KVA, 208/120 V. está proyectado para el ala derecha del centro comercial.
3. Gen # 3: Caterpillar, trifásico, 630 KVA, 208/120 V. está proyectado para el ala izquierda del centro comercial.
4. Gen # 3: Caterpillar, trifásico, 1000 KVA, 208/120 V. para servicio del Hipermarket.

**Transformadores:**

1. TR-0: trifásico, 5000 KVA, 69 / 13.8 KV.
2. TR-1: trifásico, 630 KVA, 13.2 KV / 208/110 V (Cines).
3. TR-2: trifásico, 1000 KVA, 13.2 KV / 208/110 V (Locales Izquierda).

4. TR-3: trifásico, 1000 KVA, 13.2 KV / 208/110 V (Locales Derecha).
5. TR-4: trifásico, 1000 KVA, 13.2 KV / 208/110 V (Servicios Generales Centro Comercial).
6. TR-5: trifásico, 1500 KVA, 13.2 KV / 208/110 V (Servicios Generales Hipermarket)
7. TR-6: trifásico, 1500 KVA, 13.2 KV / 480/110 V (Aires Acondicionados Hipermarket)

A continuación se describe brevemente cada una de las 5 alimentadoras radiales a 13.8 KV que tiene el centro comercial:

- **Alimentadora # 1:** 3 # 2 Cu 15 KV que sale de la celda QM-6 y llega a la celda QM10 (60m) y alimenta a los cines mediante el transformador TR-1, ubicado en el cuarto de cines. A nivel de 208/110 V se alimentan a todas las centrales de aire, alumbrado y tomas generales. El transformador es del tipo sumergido en aceite, trifásico de 630 KVA, 13.2 KV / 208 – 120 V. Los Cines tienen un generador, Gen 1, con transferencia automática y que toma parte de la carga más importante cuando hay un corte de energía por parte de la ELECTRICA DE GUAYAQUIL.
- **Alimentadora # 2:** 3 # 2 Cu 15 KV, Sale de la celda QM3 y llega a la celda QM7 (200 m) y alimenta a la barra TMLI mediante el transformador TR-2, ubicado en el cuarto eléctrico principal del centro comercial. La barra TMLI alimenta al ala izquierda del centro comercial, todos los locales comerciales

tiene su transferencia automática conectada al generador Gen # 3, que toma la carga de cada uno de los locales en caso de que falle la energía por parte de la ELECTRICA DE GUAYAQUIL.

- **Alimentadora # 3:** 3 # 2 Cu 15 KV, Sale de la celda QM4 y llega a la celda QM8 (275 m) y alimenta a la barra TMLD1 y TMLD2 mediante el transformador TR-3, ubicado en el cuarto eléctrico principal del centro comercial. La barra TMLD1 y TMLD2 alimenta al ala derecha del centro comercial, todos los locales comerciales tiene su transferencia automática conectada al generador Gen # 2, que toma la carga de cada uno de los locales en caso de que falle la energía por parte de la ELECTRICA DE GUAYAQUIL.
- **Alimentadora # 4:** 3 # 2 Cu 15 KV, Sale de la celda QM5 y llega a la celda QM9 (300 m) y alimenta a la barra TDP mediante el transformador TR-4, ambos ubicados en el cuarto eléctrico principal del centro comercial, la barra TDP alimenta los sistemas de climatización, iluminación general, tomacorrientes generales y área administrativa del centro comercial y parte de la carga tiene su transferencia automática repartida entre los generadores conectada al Gen # 2 y Gen # 3.
- **Alimentadora # 5:** 3 # 2 Cu 15 KV, Sale de la celda QM3 y llega a la celda Hipermarket AA (210 m) y alimenta a la barra Hiper\_AA\_480 mediante el transformador TR-6, ambos ubicados en el cuarto eléctrico existente en el

Hipermarket, la barra Hiper\_AA\_480 alimenta los sistemas de climatización y bombeo del Hipermarket.

- **Alimentadora # 6:** 3 # 2 Cu 15 KV, Sale de la celda QM4 y llega a la celda Hipermarket SG (210 m) y alimenta a la barra Hiper\_SG\_220 mediante el transformador TR-6, ambos ubicados en el cuarto eléctrico existente en el Hipermarket, la barra Hiper\_SG\_220 alimenta los sistemas de iluminación general, tomacorrientes generales y área administrativa del Hipermarket y la carga tiene su transferencia automática con generadores conectada al Gen # 4.

## **CAPITULO 2. ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA.**

### **2.1 Criterios adoptados para el estudio.**

#### 2.1.1 Flexibilidad Operacional

El sistema podrá funcionar alimentado por la Empresa Eléctrica o por medio de los Generadores de Emergencia con la restricción de dar servicio a las cargas críticas

#### 2.1.2 Niveles de Confiabilidad.

El sistema debe proveer la continuidad del servicio y la alimentación a las instalaciones del Centro Comercial en forma prioritaria, luego al área de cines e hipermercado, ante la existencia de falla de un elemento un del Sistema.

#### 2.1.3 Niveles de sobrecarga.

No se aceptan sobrecarga en los cables 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 Análisis de casos

- Caso Base

El análisis del caso se lo hará posteriormente en este mismo capítulo en el programa POWER WORLD versión 14. Para ingresar los datos de impedancias de líneas y de transformadores se lo debe de hacer en por unidad referidas a una determinada base, por lo que para nuestro estudio se escogió la base de 1 MVA, por lo tanto los datos de impedancias de líneas y transformadores listados mas adelante en este mismo capítulo, estarán referidos a la base del sistema (1 MVA), independientemente de la base los resultados serán los mismos.

### 2.3 Datos del Sistema.

Los datos de carga en cada barra se los obtuvieron de los estudios teóricos de diseño., los datos de carga teórico en cada barra se los muestra en la tabla 2.1

Para la obtención de las impedancias de los conductores se recurrió a unas tablas de la IEEE, las cuales se muestran en el Anexo 1, Tabla A2-5 y A2-6, las tablas muestran la impedancia de la línea en  $\Omega/1000\text{pies}$  pero para ingresarlas al programa se las transformó en por unidad con respecto a la base del sistema (1 MVA), las impedancias de líneas se las muestra en la tabla 2-3

Igualmente para la obtención de las impedancias de los transformadores se recurrió a tablas de la IEEE que son estándares para instalaciones comerciales, las tablas se las muestran en el Anexo 1: Tablas A2-1, A2-2, A2-3 y A2-4, igualmente se refirieron las impedancias a la base del sistema (1 MVA), las impedancias de los transformadores se las muestran en la tabla 2-5.

### 2.3.1 Datos de barras de carga

Barra No.	Barra nombre	Voltaje (KV)	Carga Activa ( MW )	Carga Reactiva ( MVAR )	Inyección Reactivos ( MVAR)
1	Subestación 69 KV	69	0	0	0
2	Subestación 13,8 KV	13,8	0	0	0
3	Principal 13,8 KV	13,8	0	0	0
4	Hiper_AA_13.8	13.8	0	0	0
5	Hiper_SG_13.8	13.8	0	0	0
6	QM10	13,8	0	0	0
7	QM 7	13,8	0	0	0
8	QM 9	13,8	0	0	0
9	QM 8	13,8	0	0	0
10	AA Cines	0,208	0,225	0,165	0.20
11	Salas Cines	0,208	0,109	0,045	0
12	Local Cines	0,208	0,083	0,024	0
13	TMLI	0,208	0,587	0,364	0
14	TMLD	0,208	0,587	0,364	0
15	TDP	0,208	0,100	0,070	0.20
16	Hiper_AA_480	0,480	0,731	0,491	0.20
17	Hiper_SG_208	0.208	0,425	0,200	
18	TDI	0,208	0,150	0,096	0
19	TDD	0,208	0,150	0,096	0

Tabla 2.1

### 2.3.2 Datos de líneas y conductores

Línea	Desde Barra	Hasta Barra	Calibre del conductor AWG o MCM	conductor es por fase	Distancia (m)
	Subestación 13,8				
1	KV	Principal 13,8 KV	1 / 0 AWG	1	30
2	Principal 13,8 KV	QM 10	2 AWG	1	60
3	Principal 13,8 KV	QM 7	2 AWG	1	200
4	Principal 13,8 KV	QM 9	2 AWG	1	300
5	Principal 13,8 KV	QM 8	2 AWG	1	275
6	Principal 13,8 KV	Hiper_AA_13.8	2 AWG	1	210
7	Principal 13,8 KV	Hiper_SG_13.8	2 AWG	1	60
8	TDP	TDI	500 MCM	3	50
9	TDP	TDD	500 MCM	3	20

Tabla 2.2

Línea	Longitud de la Línea ( m )	Imp en $\Omega$ /1000 ft por conductor		Imp. En pu de la Línea referida a la base del sistema	
		R ( $\Omega$ )	X ( $\Omega$ )	R ( pu )	X ( pu )
1	30	0,0534	0,0413	0,00002759	0,00002132
2	60	0,1640	0,0505	0,00016952	0,00005200
3	200	0,1640	0,0505	0,00056507	0,00017400
4	300	0,1640	0,0505	0,00084760	0,00026100
5	275	0,1640	0,0505	0,00077697	0,00023925
6	210	0,1640	0,0505	0,00059304	0,00018249
7	210	0,1640	0,0505	0,00059304	0,00018249
8	50	0,0244	0,0279	0,03335521	0,03813976
9	20	0,0244	0,0279	0,01334208	0,01525591

Tabla 2.3

### 2.3.3 Datos de Transformadores de Fuerza.

Transformador	Potencia (KVA)	Voltaje (KV)	Voltaje (KV)
	OA	Alta	Baja
TR0	5000	69	13,8
TR1	630	13,8	0,208
TR2	1000	13,8	0,208
TR3	1000	13,8	0,208
TR4	750	13,8	0,208
TR5	1500	13,8	0,208
TR6	1500	13,8	0,480

Tabla 2.4

Transformador	Imp. del Trafo en base a su Potencia nominal		Imp. del Trafo referida a la Base del sistema.		Ubicación
	R (pu)	X (pu)	R (pu)	X (pu)	
TR0	0,0058	0,0697	0,00116	0,01395	S/E
TR1	0,0116	0,0563	0,01547	0,07507	Cines
TR2	0,0165	0,0565	0,01480	0,07860	Centro Comercial
TR3	0,0165	0,0565	0,01480	0,07860	Centro Comercial
TR4	0,0116	0,0563	0,01547	0,07507	Comercial
TR5	0,0960	0,0567	0,0064	0,0378	Hierpmarket
TR6	0,0960	0,0567	0,0064	0,0378	Hipermarket

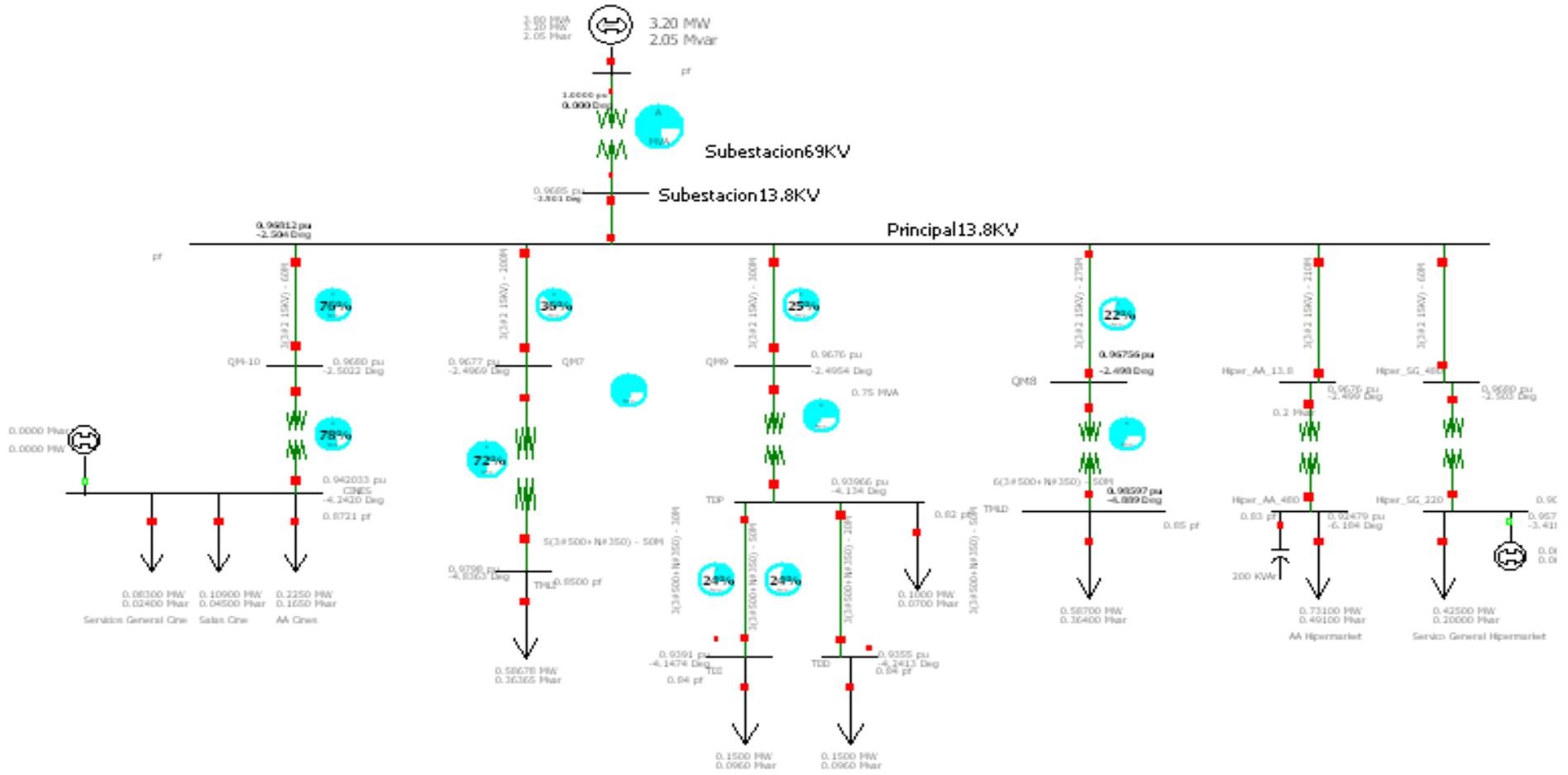
Tabla 2.5

Con los datos mostrados en las tablas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5 se procedió a dibujar el sistema eléctrico del centro comercial en el programa POWER WORLD versión 12, el cual permite hasta 42 Barras,.

Para esta simulación se consideró la instalación del centro comercial como esta diseñada y el proyecto esta dentro de los parámetros considerados en la sección 2.1.

El sistema eléctrico del centro comercial representado en el programa POWER WORLD para el caso base se lo muestra a continuación.

### Caso Base



#### **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 grafica y relacionar la configuración del sistema, condiciones operativas y resultados.

El análisis del flujo de carga muestra lo siguiente:

1. Voltaje en barras.
2. Consumo del Centro Comercial y factor de potencia.
3. Consumo total y factor de potencia en el punto de entrega de energía por parte de la ELECTRICA DE GUAYAQUIL.
4. Carga sobre todos los conductores y transformadores, verificar que la carga este dentro de la capacidad de transmisión para condiciones normales y contingencias operativas.

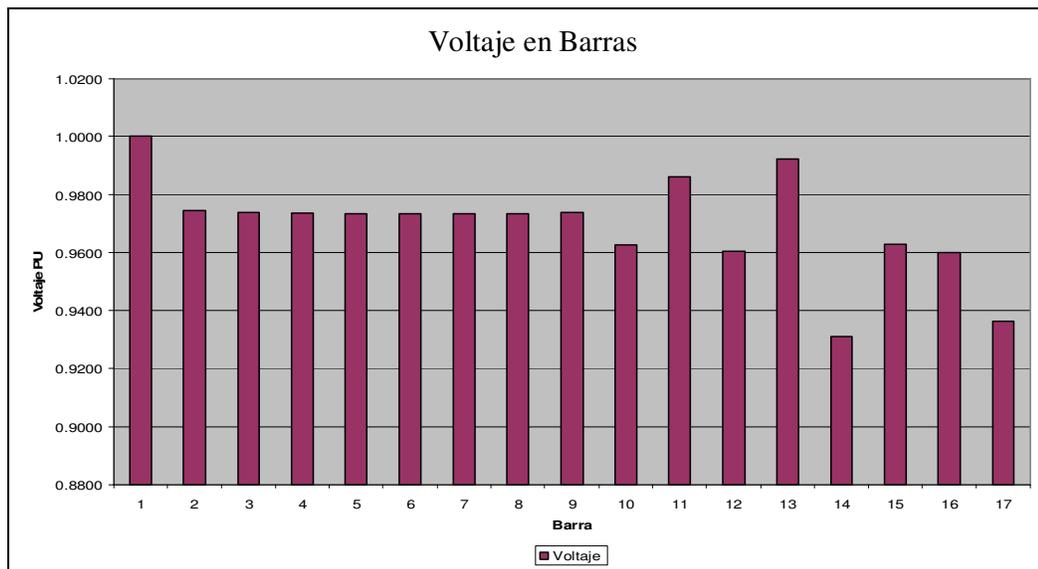
### 2.4.1 Caso base.

A continuación se describen los resultados del caso base con sus respectivos gráficos:

#### 2.4.1.1 Voltajes en barras.

Barra No.	Nombre Barra	Nominal (KV)	Voltaje (pu)	Angulo (deg)	Voltaje (KV)	Reg. Vol +/- 2,5%
1	Subestación 69 KV	69	1.0000	0	69	no
2	Subestación 13,8 KV	13.8	0.9743	-2.510	13.8	no
3	Principal 13,8 KV	13.8	0.9739	-2.516	13.8	no
4	QM10	13.8	0.9737	-2.517	13.8	no
5	QM 7	13.8	0.9734	-2.509	13.8	no
6	QM 9	13.8	0.9734	-2.518	13.8	no
7	QM 8	13.8	0.9733	-2.509	13.8	no
8	Hiper_AA_13.8KV	13.8	0.9733	-2.510	13.8	no
9	Hiper_SG_13.8KV	13.8	0.9736	-2.513	13.8	no
10	Cines	0.21	0.9627	-4.384	0.208	no
11	TMLI	0.21	0.9860	-4.819	0.208	no
12	TMLD	0.21	0.9923	-4.873	0.208	no
13	TDP	0.21	0.9604	-4.286	0.208	no
14	Hiper_AA_480	0.48	0.9311	-6.153	0.480	no
15	Hiper_SG_208	0.21	0.9628	-3.417	0.208	no
16	TDI	0.21	0.9599	-4.289	0.208	no
17	TDD	0.21	0.9563	-4.389	0.208	no

Tabla 2.6



#### 2.4.1.2 Consumo y factor de potencia teórico.

Barra No.	Nombre Barra	Voltaje (KV)	Carga Act. MW	Carga Rea. MVar	Factor Potencia	Inyección Reactivos
1	Subestación 69 KV	69				
2	Subestación 13,8 KV	13.8				
3	Principal 13,8 KV	13.8				
4	QM10	13.8				
5	QM 7	13.8				
6	QM 9	13.8				
7	QM 8	13.8				
8	Hiper_AA 13.8KV	13.8				
9	Hiper_SG 13.8KV	13.8				
10	Cines	0.208	0.417	0.234	0.87	0.2
11	TMLI	0.208	0.567	0.364	0.85	
12	TMLD	0.208	0.587	0.364	0.85	
13	TDP	0.208	0.100	0.070	0.82	0.2
14	Hiper_AA_480	0.480	0.731	0.491	0.83	0.2
15	Hiper_SG_208	0.208	0.425	0.200	0.90	
16	TDI	0.208	0.150	0.096	0.84	
17	TDD	0.208	0.150	0.096	0.84	

Tabla 2.7

2.4.1.3 Carga Total y factor de potencia teórico en la barra de entrega de energía de la ELECTRICA DE GUAYAQUIL.

	Carga [KW]	Carga [KVAR]	Factor de Potencia
<b>Consumo Total Riocentro Norte</b>	3127	1315	0,92

Tabla 2.8

2.4.1.4 Carga de Conductores y transformadores.

Carga de conductores.

Línea	Desde Barra	Hasta Barra	MVA	MVA LIN	% CARGA
1	Subestación 13,8 KV	Principal 13,8 KV	5	3.50	70.00
2	Principal 13,8 KV	QM 10	2	0.42	21.20
3	Principal 13,8 KV	QM 7	2	0.72	35.90
4	Principal 13,8 KV	QM 9	2	0.41	20.70
5	Principal 13,8 KV	QM 8	2	0.67	33.70
6	Principal 13,8 KV	Hiper_AA_13.8	2	0.83	41.60
7	Principal 13,8 KV	Hiper_SG_13.8	2	0.48	23.80
8	TDP	TDI	0.22	0.05	23.80
9	TDP	TDD	0.22	0.05	23.90

Tabla 2.9

Carga de Transformadores Teórica.

Transformador	Potencia (KVA) OA	Potencia Cargada (KVA)	Carga %
TR0	5000	3595.00	71.90
TR1	630	424.62	67.40
TR2	1000	717.00	71.70
TR3	1000	552.00	55.20
TR4	750	505.50	67.40
TR5	1500	832.50	55.50
TR6	1500	475.50	31.70

Tabla 2.10

#### **2.4.2 Caso Optimizado.**

Como se definió anteriormente el caso optimizado es el cambio de la protección en alta de la subestación de fusibles por disyuntores.

### **2.5 Conclusiones del Estudio del Flujo de Carga.**

#### **2.5.1 Caso Base:**

Se puede observar que el Centro Comercial cumple con todos los requerimientos listados en la sección 2.1, los transformadores están funcionando al 70% de su carga y las líneas están funcionando al 40% de carga como se puede apreciar en el flujo de carga.

#### **2.5.2 Caso Optimizado:**

El caso optimizado consiste en cambiar la protección del primario de la subestación de fusibles por disyuntores.

### **CAPITULO 3.- ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.**

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.

El Centro Comercial “Riocentro Norte” requiere realizar estudios de Corto Circuito para resolver las situaciones críticas señaladas, y obtener la información básica para la coordinación de las protecciones. Los estudios se realizaran con los siguientes objetivos:

- Determinar la magnitud 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.
- Determinar el ajuste de los equipos de protección, los cuales son establecidos considerando el sistema bajo condiciones de falla.

### **3.1 Alcance de los estudios de Corto Circuito.**

Considerando que el Sistema del Centro Comercial “Riocentro Norte” 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 sistemas, la mas severa de todas, por ello es costumbre 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.

### **3.2 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.

### 3.2.1. Impedancias Equivalentes en el Punto de Entrega de Energía de la ELECTRICA DE GUAYAQUIL

La Empresa Eléctrica nos ha entregado los MVA de Corto Circuito y las Impedancias de Thévenin en la barra de Interconexión del Centro Comercial con la empresa eléctrica, la información ha sido trasladada a la base de 100MVA y 69KV y se indican en las tablas 3,1 y 3,2.

#### 3.2.1.1 MVA de Corto Circuito.

Prefalla [KV]	Tipo de falla	Potencia de falla [MVA]	Ia [KA]	Ia [Deg]	Ib [KA]	Ib [Deg]	Ic [KA]	Ic [Deg]	In [KA]
69	LLL	940	7,87	-81,61	7,87	158,39	7,87	38,39	0,00
69	LG	790	6,61	-81,53	0,00	0,00	0,00	0,00	6,61
69	LL	814	0,00	0,00	6,81	-171,61	6,81	8,39	0
69	LLG	884	0,00	180,00	7,39	165,71	7,38	31,11	5,70

Tabla 3.1

#### 3.2.1.2 Impedancias Equivalentes.

Secuencia	R (pu)	X (pu)	X/R
Positiva	0,0155215	0,1052001	6,7777
Negativa	0,0155215	0,1052001	6,7777
Cero	0,0248945	0,1651237	6,6329

Tabla 3.2

Estas Impedancias se aplicaran para los cálculos de la Corriente Momentánea y la corriente a interrumpir debido a que la Empresa Eléctrica es considerada siempre como una barra infinita que se caracteriza por no tener decremento AC.

### **3.2.2 Datos de Conductores.**

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

### **3.2.3 Datos de Transformadores de Fuerza.**

Igual que en el caso de los conductores 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. 3 Resultados de los Estudios de Corto Circuito.**

Las corrientes de cortocircuito han sido calculadas considerando los criterios técnicos indicados en la sección 3.1. La falla Trifásica a tierra y línea a tierra se aplica a cada barra del sistema.

### 3.3.1 Caso base.

A continuación se resumen los resultados del estudio de cortocircuito:

#### 3.3.1.1 Corriente de Falla en cada barra.

En la tabla 3.3 se muestran las corrientes de falla trifásica para cada barra en por unidad y en amperios.

<b>Barra No.</b>	<b>Nombre Barra</b>	<b>Falla LLL (PU)</b>	<b>Falla LLL (A)</b>	<b>Falla LLL (Deg)</b>
1	Subestación 69 KV	942.49	7,886.20	-81.43
2	Subestación 13,8 KV	66.55	2,784.30	-84.81
3	Principal 13,8 KV	66.21	2,769.99	-84.50
4	QM10	65.64	2,745.97	-83.47
5	QM 7	65.11	2,724.07	-82.51
6	QM 9	64.30	2,690.19	-81.16
7	QM 8	64.64	2,704.50	-81.69
8	Hiper_AA_13.8KV	65.07	2,721.31	-82.36
9	Hiper_SG_13.8KV	65.88	2,720.70	-82.36
10	Cines	10.66	29,598.70	-80.99
11	TMLI	10.68	30,839.10	-81.57
12	TMLD	10.66	30,767.10	-81.42
13	TDP	10.63	30,684.50	-80.63
14	Hiper_AA_480	9.68	11,179.00	-82.30
15	Hiper_SG_208	18.32	52,887.50	-82.50
16	TDI	10.32	28,647.50	-79.98
17	TDD	8.55	23,492.10	-76.28

Tabla 3.3

En la tabla 3.4 se muestran las corrientes de falla línea a tierra en por unidad y en amperios.

Barra No.	Nombre Barra	Falla LG (PU)	Falla LG (A)	Falla LG (Deg)
1	Subestación 69 KV	791.16	6,619.97	-81.43
2	Subestación 13,8 KV	67.56	2,826.36	-85.76
3	Principal 13,8 KV	67.19	2,811.11	-85.44
4	QM10	66.09	2,764.65	-83.88
5	QM 7	65.50	2,740.51	-82.41
6	QM 9	64.26	2,688.67	-80.40
7	QM 8	65.95	2,759.18	-83.17
8	Hiper_AA_13.8KV	65.42	2,735.93	-82.19
9	Hiper_SG_13.8KV	65.39	2,735.72	-82.19
10	Cines	10.63	29,526.10	-81.78
11	TMLI	10.53	30,412.90	-82.48
12	TMLD	10.57	30,520.20	-82.62
13	TDP	10.57	30,523.20	-81.20
14	Hiper_AA_480	9.53	11,002.00	-83.71
15	Hiper_SG_208	18.33	52,718.60	-82.84
16	TDI	10.12	28,082.00	-83.23
17	TDD	7.72	21,209.50	-75.24

Tabla 3.4

### 3.3.1.2 Capacidad de Interrupción.

Interruptor	Ubicación	I <sub>rms</sub> Nominal [A]	I <sub>rms</sub> Momentáneo [KA]
Principal 69 KV S&C	S/E Principal	1200	64
Principal 13,8 KV Cutler Hammer	S/E Principal	1200	16
Respaldo 13,8 KV Cutler Hammer	Cuarto Eléctrico Princ.	1200	16
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Princ. QM-1	100	63
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Princ. QM-2	100	63
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Princ. QM-3	100	63
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Princ. QM-4	100	63

Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Princ. QM-5	100	63
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Princ. QM-6	80	63
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Cines QM-10	50	63
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Centro Comercial. QM-9	63	63
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Centro Comercial. QM-8	80	63
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Centro Comercial. QM-7	80	63
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Hipermarket. AA	80	63
Fusible 13,8 KV SIBA	Cuarto Eléctrico Hipermarket. SG	80	63
Disyuntores G.E 220 V Mod. MS31F20	Cuarto Eléctrico Cines	2000	50
Disyuntores G.E 220 V Mod. MS32F32	Cuarto Eléctrico Riocentro Norte QM8	3200	50
Disyuntores G.E 220 V Mod. MS32F32	Cuarto Eléctrico Riocentro Norte QM7	3200	50
Disyuntores G.E 220 V Mod. MS31F25	Cuarto Eléctrico Riocentro Norte QM9	2500	50
Disyuntores G.E 480 V Mod. MS32F32	Cuarto Eléctrico Hipermarket	3200	50
Disyuntores G.E 220 V Mod. MS32F32	Cuarto Eléctrico Hipermarket	3200	50

Tabla 3.5

### **3.4 Conclusiones del Estudio de Corto Circuito.**

El presente estudio de Corto Circuito preparado para el Centro Comercial “Río Centro Norte” ha permitido cumplir 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.
- Determinar las zonas del sistema en donde la falla puede resultar en depresión inaceptable de voltajes.

El estudio de corto circuito considera los siguientes tipos de falla:

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

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). Las fallas Trifásica a tierra y línea a tierra fueron aplicadas a cada barra del sistema, los resultados se muestran en el Anexo 3.

El ajuste de los equipos de protección, los cuales son determinados considerando el sistema bajo condiciones de falla, será estudiada en el siguiente capítulo, relacionado con la coordinación de las protecciones.

## CAPITULO 4.- COORDINACION DE LAS PROTECCIONES.

Los estudios de flujo de carga y Corto Circuito del Centro Comercial “Rio Centro Norte” son la base para el ajuste y coordinación de las Protecciones del Sistema.

La descripción de las protecciones de cada barra del sistema se hará en el numeral

4.2. Los estudios se realizarán 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 propiamente con la protección del Sistema de la Empresa Eléctrica.
- La aplicación del Estudio permitirá el despeje oportuno y selectivo de las fallas del sistema.

### 4.1 Esquemas de Protecciones.

#### 4.1.1 Esquemas de protección de la Subestación.

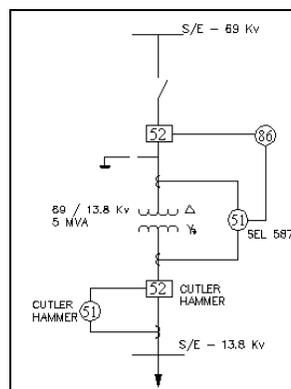


Fig. 4.1

## 4.1.2 Esquemas de Protección de Barras.

### 4.1.2.1 Barra 13.8 KV.

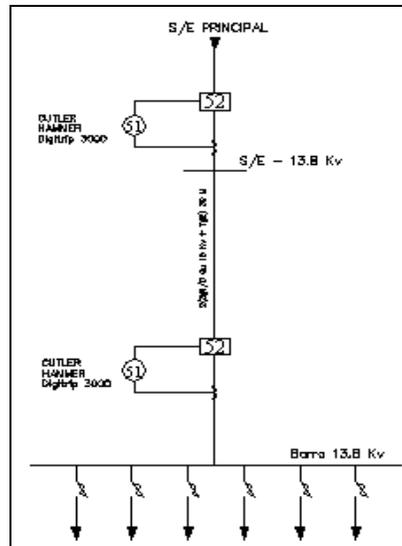


Fig. 4.2

### 4.1.2.2 Barra Cines.

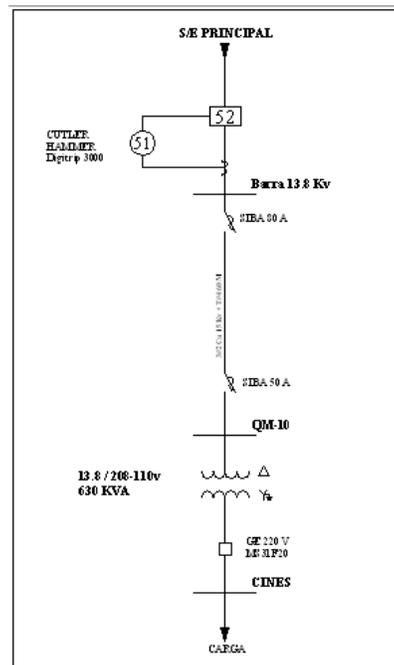


Fig. 4.3

4.1.2.3 Barra TMLI

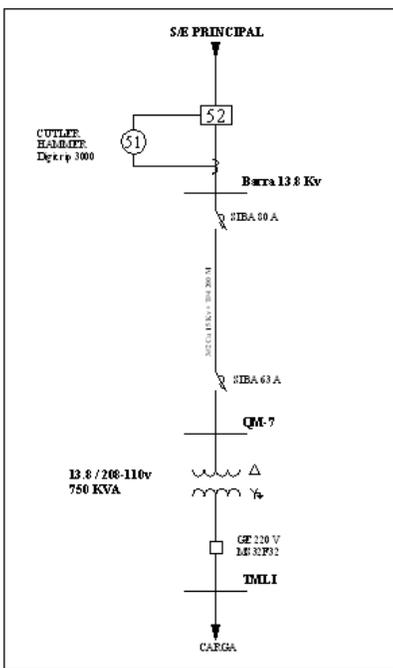


Fig. 4.4

4.1.2.4 Barra TMLD

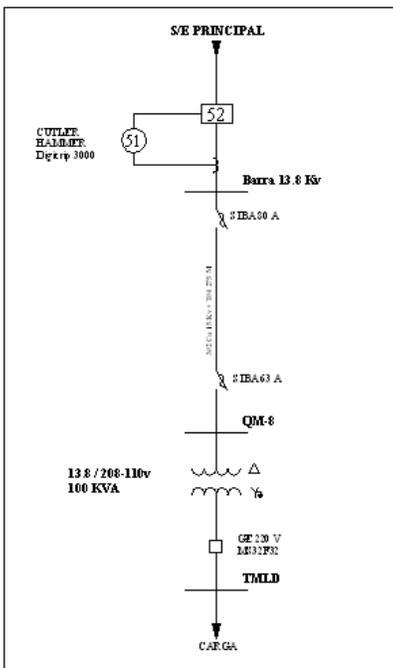


Fig. 4.5

## 4.1.2.5 Barra TDP

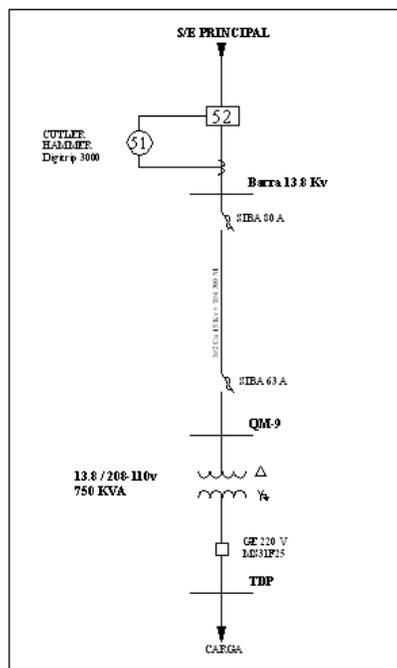


Fig. 4.6

## 4.1.2.6 Barra HIPER\_AA\_480

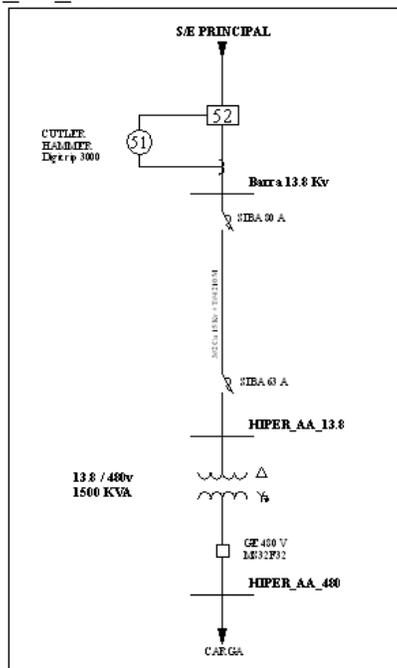


Fig. 4.7

## 4.1.2.7 Barra HIPER\_SG\_220

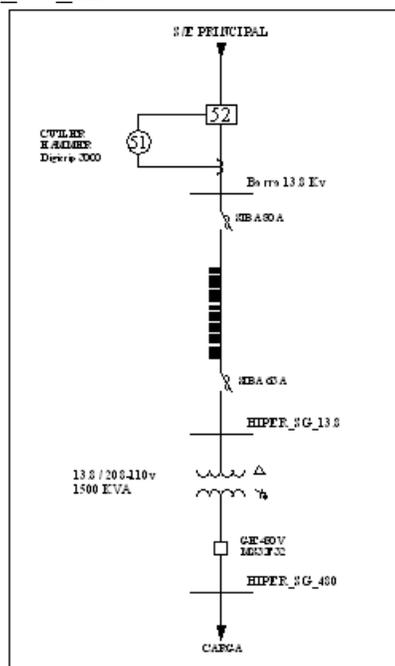


Fig. 4.7

## 4.1.2.8 Barra TDI

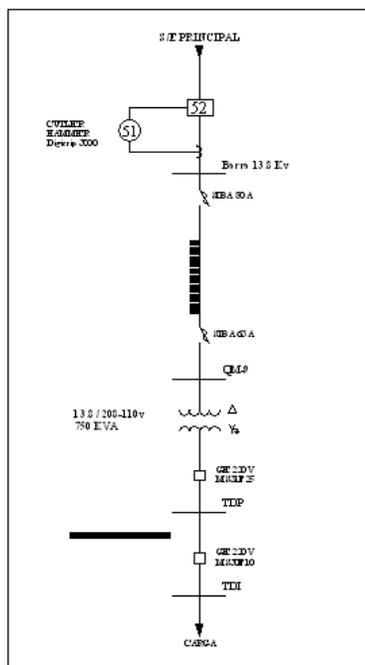


Fig. 4.7

#### 4.1.2.9 Barra TDD

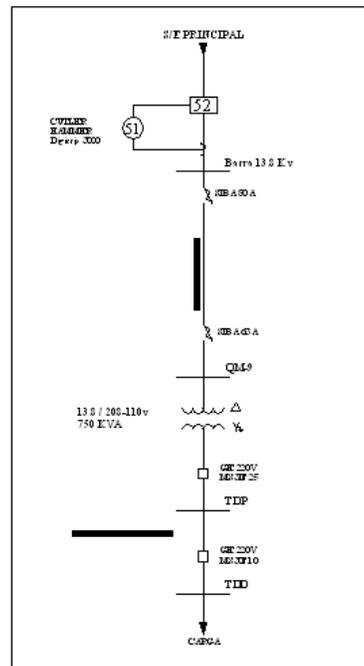


Fig. 4.9

#### 4.2 Ajuste y Coordinación de las Protecciones.

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

En la siguiente tabla se muestran las corrientes de falla máxima y mínima en las barras a proteger.

Barra No.	Nombre Barra	I MAX FALLA (A)	TIPO FALLA	I MIN FALLA (A)	TIPO FALLA
1	Subestación 69 KV	7,886.20	LLL	5,704.10	LLG
2	Subestación 13,8 KV	2,868.88	LLG	2,411.28	LL
3	Principal 13,8 KV	2,852.67	LLG	2,398.88	LL
4	QM10	2,803.78	LLG	2,378.08	LL
5	QM 7	2,757.14	LLG	2,359.11	LL
6	QM 9	2,690.19	LLL	2,329.77	LL
7	QM 8	2,814.11	LLG	2,342.17	LL
8	Hiper_AA_13.8KV	2,750.69	LLG	2,356.73	LL
9	Hiper_SG_13.8KV	2,750.90	LLG	2,356.19	LL
10	Cines	29,598.70	LLL	25,633.20	LL
11	TMLI	30,839.10	LLL	26,707.40	LL
12	TMLD	30,767.10	LLL	26,645.10	LL
13	TDP	30,684.50	LLL	26,573.60	LL
14	Hiper_AA_480	11,179.00	LLL	9,681.26	LL
15	Hiper_SG_208	52,887.50	LLL	45,802.00	LL
16	TDI	28,647.50	LLL	24,809.50	LL
17	TDD	23,492.10	LLL	19,326.50	LLG

Tabla 4.1

Donde: (LLL): Falla trifásica

(LLG): Falla de dos fases a tierra.

(LL): Falla de línea a línea.

#### 4.2.1 Protección la Subestación Principal de lado de 13.8KV

Para la protección del transformador principal y la barra principal 13.8 KV se han utilizado unidades de sobre corriente que cumplen los siguientes criterios:

Selectividad: cada Relé o elemento de protección opera en su zona protegida.

Respaldo: los Relés dan protección primaria en la zona protegida y protección de respaldo a la zona adyacente

Tiempo de operación: el tiempo de operación se ha ajustado para cumplir los criterios de selectividad y respaldo.

Simplicidad: La protección cumple este criterio, evitando la redundancia de la protección en las zonas protegidas.

A nivel de 69 KV se tiene un Relé SEL 587, este se coordina con 2 Relés Cutler Hammer Digitrip 3000 a nivel de 13.8 KV.

A continuación en la figura 4.8 se muestran las curvas de protección principal y de respaldo del transformador TR0 y de la barra "Principal 13.8 KV". Se puede apreciar que la corriente de magnetización del transformador TR0 no afecta a un posible disparo innecesario del SEL 587. Los 2 relés Cutler Hammer por estar solo separados a 60 mts de distancia se los seteó con los mismos parámetros.

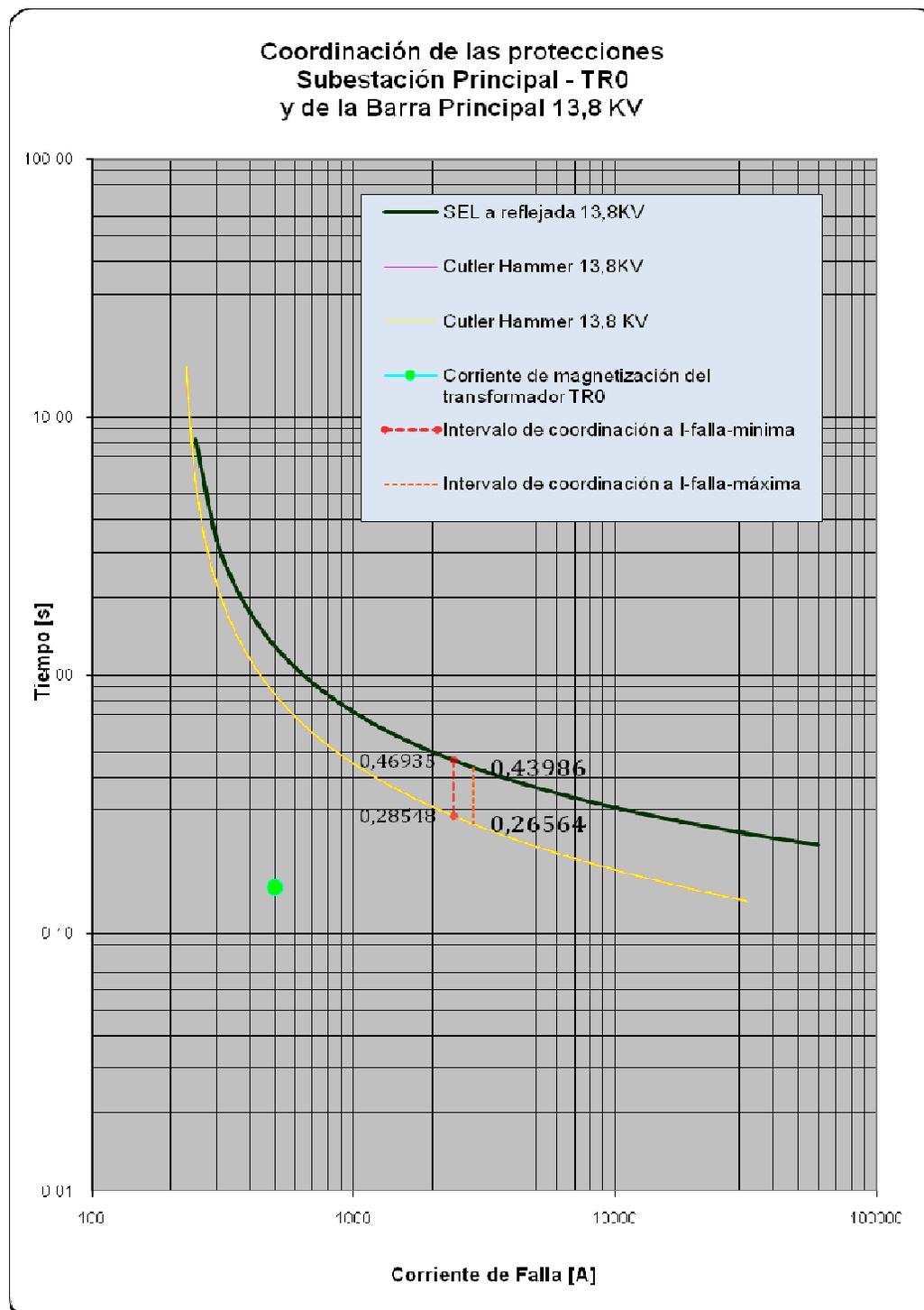


Fig. 4.8

En la tabla 4.1 se puede observar que la corriente mas alta en la barra a 69 KV se produce para una falla trifásica, esta corriente es de 7886,20 A, para la coordinación en la barra principal de 13.8KV como se puede observar en la fig. 4.8 la curva de corriente del SEL a 69kv está referida a 13.8 KV al multiplicar por un factor de 5 para graficarla.

En la tabla 4.2 se muestran los ajustes de estos 3 Relés para la protección contra sobre corriente del Transformador principal TR0 y de la barra Principal 13.8 KV.

	<b>SEL 587</b>	<b>Cutler Hammer Digitrip 3000</b>	<b>Cutler Hammer Digitrip 3000</b>
Voltaje L-L [KV]	69	13,8	13,8
Corriente Nominal Prim. [A]	30	150	150
Corriente Pick Up Prim. [A]	60	300	300
Relación CT	50/5	200/5	200/5
Factor CT	10	40	40
Corriente Nominal Sec. [A]	3	3,75	3,75
Corriente Pick Up Sec. [A]	6	7,5	7,5
Protección	51	51	51
Tipo de Curva	U.S Moderadamente Inversa. U1	IEC Standard Inversa. C1	IEC Standard Inversa. C1
TD de Selección	2	0,2	0,2
Tiempo de coordinación	0,19 [s]	0,26 [s]	0,26 [s]

Tabla 4.2

#### 4.2.2 Protección de barras de carga a 480 V y 220 V.

Desde la barra “Principal 13.8 KV” salen 6 alimentadoras protegidas con Fusibles marca SIBA, cada una de estas alimentan a un transformador 13.8 KV / 480V para el caso de la barra Hyper\_AA\_13.8 KV y de 13.8 KV / 220V, para el resto de barras; cada una de estas barras a 480V o 220V de lado de la carga están protegidas por Disyuntores General Electric.

En el Anexo 4 se muestran las curvas de despeje de fallas (Tiempo – Corriente) para los fusibles SIBA y los Disyuntores General Electric. Las curvas para los fusibles son únicas, es decir no se las pueden cambiar, mientras que las curvas de los Disyuntores si son ajustables, tienen 4 ajustes que se los detallan a continuación:

LT: 0.4 – 0.5 – 0.6 – 0.7 – 0.8 – 0.9 – 1.0 la corriente nominal [In].

ST: 1.5 – 2 – 3 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12 la corriente máxima de operación [Ir].

STD: 0.1 – 0.2 – 0.4 – 0.5 – 0.6 – 0.8 – 1.0 segundos [s].

RELEASE-----50 [KA]

El significado de estos ajustes se los puede ver en el Anexo 4.

#### **4.2.2.1 Protección de la Barra CINES (220 V).**

Para la protección de las barras de aquí en adelante se considerarán los mismos criterios de protección que se consideraron para la protección del transformador TR0 y de la barra "Principal 13.8 KV".

Para la protección de esta barra se tiene un Fusible SIBA 80 A, uno a la salida de la barra "Principal 13.8 KV" y un Fusible SIBA 50 A en la alimentación del transformador TR1 630 KVA, 13.8 KV / 220 V del CINE y un Disyuntor G.E regulable 220 V, 2000 A a la entrada de la barra a proteger, la corriente de falla que van a ver ambos fusibles se va a asumir que es la misma para falla en la barra CINES debido a que la línea que los une es muy corta (60 Mts) y además sobredimensionada.

De la Tabla 4.1 se obtienen la máxima y mínima corriente de falla en la barra CINES para la coordinación del Disyuntor y los fusibles en ese rango de corrientes. El rango de corrientes de fallas es desde 25,633.20 A hasta 29,598.70 A.

En la figura 4.9 se puede observar que el Disyuntor y los fusibles si coordinan para máxima y mínima corriente de falla, además tampoco se tiene problema con la corriente de magnetización del transformador.

Las curvas de coordinación se las muestran en el siguiente gráfico.

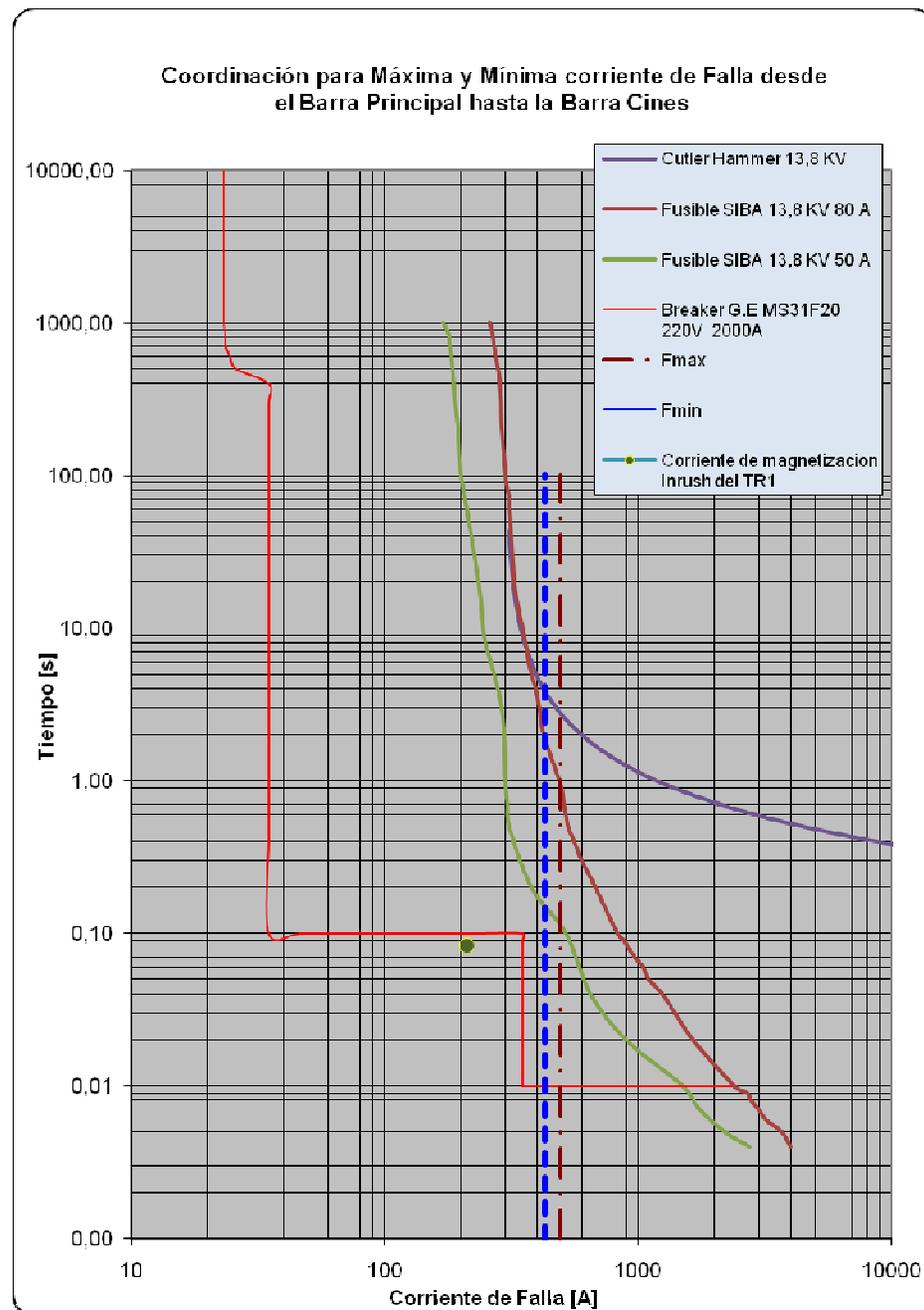


Fig. 4.9

En la siguiente tabla se muestran los ajustes para la protección de la barra CINES (220 V).

	Fusible SIBA 80 A	Fusible SIBA 63 A	Breaker G.E MS31F20
Voltaje L-L [KV]	13,8	13,8	0,208
Corriente Nominal Prim. [A]	<u>47</u>	<u>47</u>	1327
Corriente Pick Up Prim. [A]	<u>200</u>	<u>200</u>	1400
Relación CT	—	—	—
Factor CT	—	—	—
Corriente Nominal Sec. [A]	—	—	—
Corriente Pick Up Sec. [A]	—	—	—
Protección	sobre corriente	sobre corriente	sobre corriente M - PRO Plus
Tipo de Curva	Curva única	Curva única	Frame 1 \$ Frame 2
TD de Selección	—	—	—
Tiempo de coordinación	0,15	0,15	0,01

Tabla 4.3

Los ajustes para el Disyuntor GE MS31F20 se los muestra a continuación:

Curva	LT	ST	STD	Making Current
M-PRO Plus Frame 1 & Frame 2	0,7*In	1,5*Ir	0,1[s]	50 KA

Tabla 4.4

#### 4.2.2.2 Protección de la barra TMLI.

Para la protección de esta barra se tiene un Fusible SIBA 80 A, uno a la salida de la barra "Principal 13.8 KV" y un Fusible SIBA 63 A en la alimentación del transformador TR2 1000 KVA, 13.8 KV / 220 V. La entrada a la barra TMLI esta protegido por un Disyuntor G.E regulable 220 V, 3200 A, la corriente de falla que van a ver ambos fusibles se va a asumir que es la misma para falla en la barra TMLI debido a que la línea que los une es muy corta (300 Mts) y además sobredimensionada.

Como se puede observar en la figura 4.10 la corriente de magnetización del transformador no produce operación innecesaria en la curva del fusible.

De la Tabla 4.1 se obtienen la máxima y mínima corriente de falla en la barra TMLI (Locales Izquierda) para la coordinación del Disyuntor y los fusibles en ese rango de corrientes. El rango de corrientes de fallas es desde 26,707.40 A hasta 30,839.10 A.

En la figura 4.10 se muestran las curvas de coordinación para falla en la barra TMLI (Locales Izquierda).

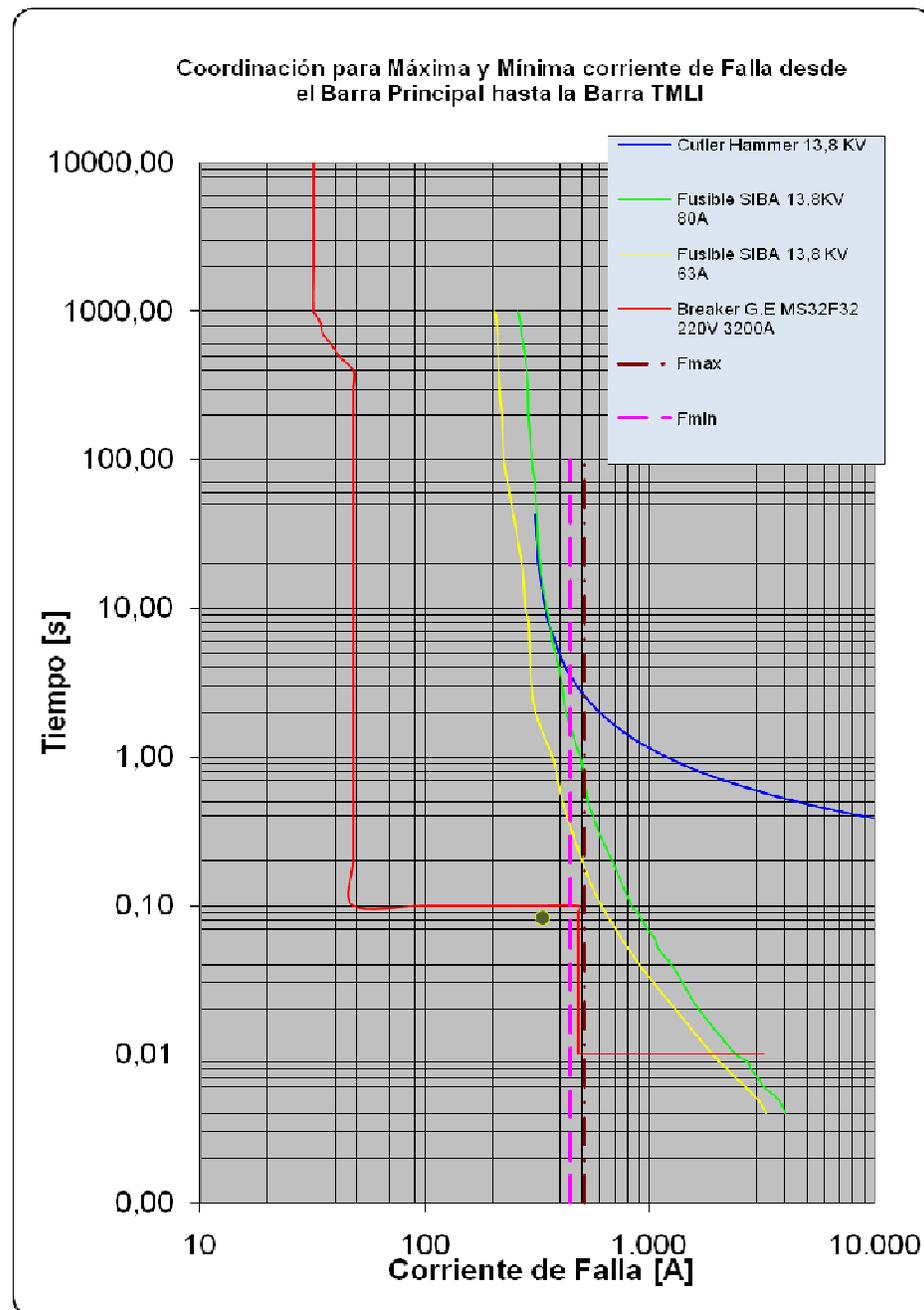


Fig 4.10

En la siguiente tabla se muestran los ajustes para la protección de la barra TMLI ( Locales Izquierda ).

	<b>Fusible SIBA 80 A</b>	<b>Fusible SIBA 63 A</b>	<b>Breaker G.E MS32F32</b>
Voltaje L-L [KV]	13,8	13,8	0,208
Corriente Nominal Prim. [A]	<u>47</u>	<u>47</u>	1900
Corriente Pick Up Prim. [A]	<u>200</u>	<u>200</u>	1920
Relación CT	—	—	—
Factor CT	—	—	—
Corriente Nominal Sec. [A]	—	—	—
Corriente Pick Up Sec. [A]	—	—	—
Protección	sobre corriente	sobre corriente	sobre corriente M - PRO Plus
Tipo de Curva	Curva única	Curva única	Frame 1 \$ Frame 2
TD de Selección	—	—	—
Tiempo de coordinación	0,15	0,15	0,01

Tabla 4.5

Los ajustes para el Disyuntor G.E se los muestra a continuación, la tabla 4.6:

<b>Curva</b>	<b>LT</b>	<b>ST</b>	<b>STD</b>	<b>Making Current</b>
M-PRO Plus Frame 1 & Frame 2	0,6*In	1,5*Ir	0,1[s]	50 KA

Tabla 4.6

#### 4.2.2.3 Protección de la barra TMLD.

Para la protección de esta barra se tiene un Fusible SIBA 80 A, uno a la salida de la barra "Principal 13.8 KV" y un Fusible SIBA 63 A en la alimentación del transformador TR3 1000 KVA, 13.8 KV / 220 V. La entrada a la barra TMLD esta protegido por un Disyuntor G.E regulable 220 V, 3200 A, la corriente de falla que van a ver ambos fusibles se va a asumir que es la misma para falla en la barra TMLD debido a que la línea que los une es muy corta (30 Mts) y además sobredimensionada.

Como se puede observar en la figura 4.11 la corriente de magnetización del transformador no produce operación innecesaria en la curva del fusible.

De la Tabla 4.1 se obtienen la máxima y mínima corriente de falla en la barra TMLD (Locales Derecha) para la coordinación del Disyuntor y los fusibles en ese rango de corrientes. El rango de corrientes de fallas es desde 26,645.10 A hasta 30,767.10 A.

En la figura 4.11 se muestran las curvas de coordinación para falla en la barra TMLD (Locales Derecha).

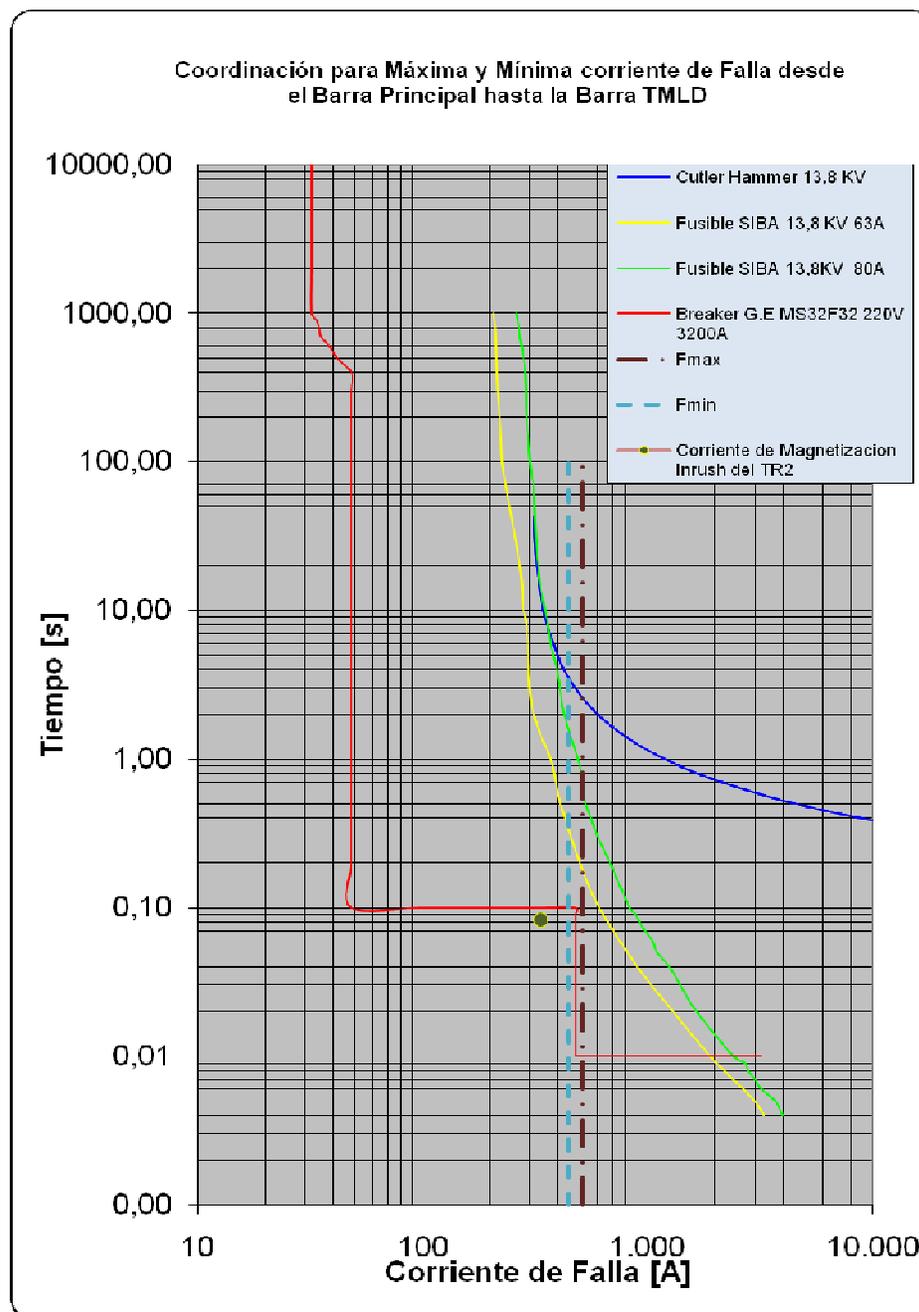


Fig. 4.11

En la siguiente tabla se muestran los ajustes para la protección de la barra TMLD (Locales Derecha).

	<b>Fusible SIBA 80 A</b>	<b>Fusible SIBA 63 A</b>	<b>Breaker G.E MS32F32</b>
Voltaje L-L [KV]	13,8	13,8	0,208
Corriente Nominal Prim. [A]	<u>47</u>	<u>47</u>	1900
Corriente Pick Up Prim. [A]	<u>200</u>	<u>200</u>	1920
Relación CT	—	—	—
Factor CT	—	—	—
Corriente Nominal Sec. [A]	—	—	—
Corriente Pick Up Sec. [A]	—	—	—
Protección	sobre corriente	sobre corriente	sobre corriente M - PRO Plus
Tipo de Curva	Curva única	Curva única	Frame 1 \$ Frame 2
TD de Selección	—	—	—
Tiempo de coordinación	0,15	0,15	0,01

Tabla 4.7

Los ajustes para el Disyuntor G.E se los muestran a continuación, la tabla 4.8:

<b>Curva</b>	<b>LT</b>	<b>ST</b>	<b>STD</b>	<b>Making Current</b>
M-PRO Plus Frame 1 & Frame 2	0,6*In	1,5*Ir	0,1[s]	50 KA

Tabla 4.8

#### 4.2.2.4 Protección de la barra TDP.

Para la protección de esta barra se tiene un Fusible SIBA 80 A, uno a la salida de la barra "Principal 13.8 KV" y un Fusible SIBA 63 A en la alimentación del transformador TR4 750 KVA, 13.8 KV / 220 V. La entrada a la barra TPD esta protegido por un Disyuntor G.E regulable 220 V, 2500 A, la corriente de falla que van a ver ambos fusibles se va a asumir que es la misma para falla en la barra TDP debido a que la línea que los une es muy corta (30 Mts) y además sobredimensionada.

Como se puede observar en la figura 4.12 la corriente de magnetización del transformador no produce operación innecesaria en la curva del fusible.

De la Tabla 4.1 se obtienen la máxima y mínima corriente de falla en la barra TDP (Servicios Generales) para la coordinación del Disyuntor y los fusibles en ese rango de corrientes. El rango de corrientes de fallas es desde 26,573.60 A hasta 30,684.50 A.

En la figura 4.12 se muestran las curvas de coordinación para falla en la barra TDP (Servicios Generales).

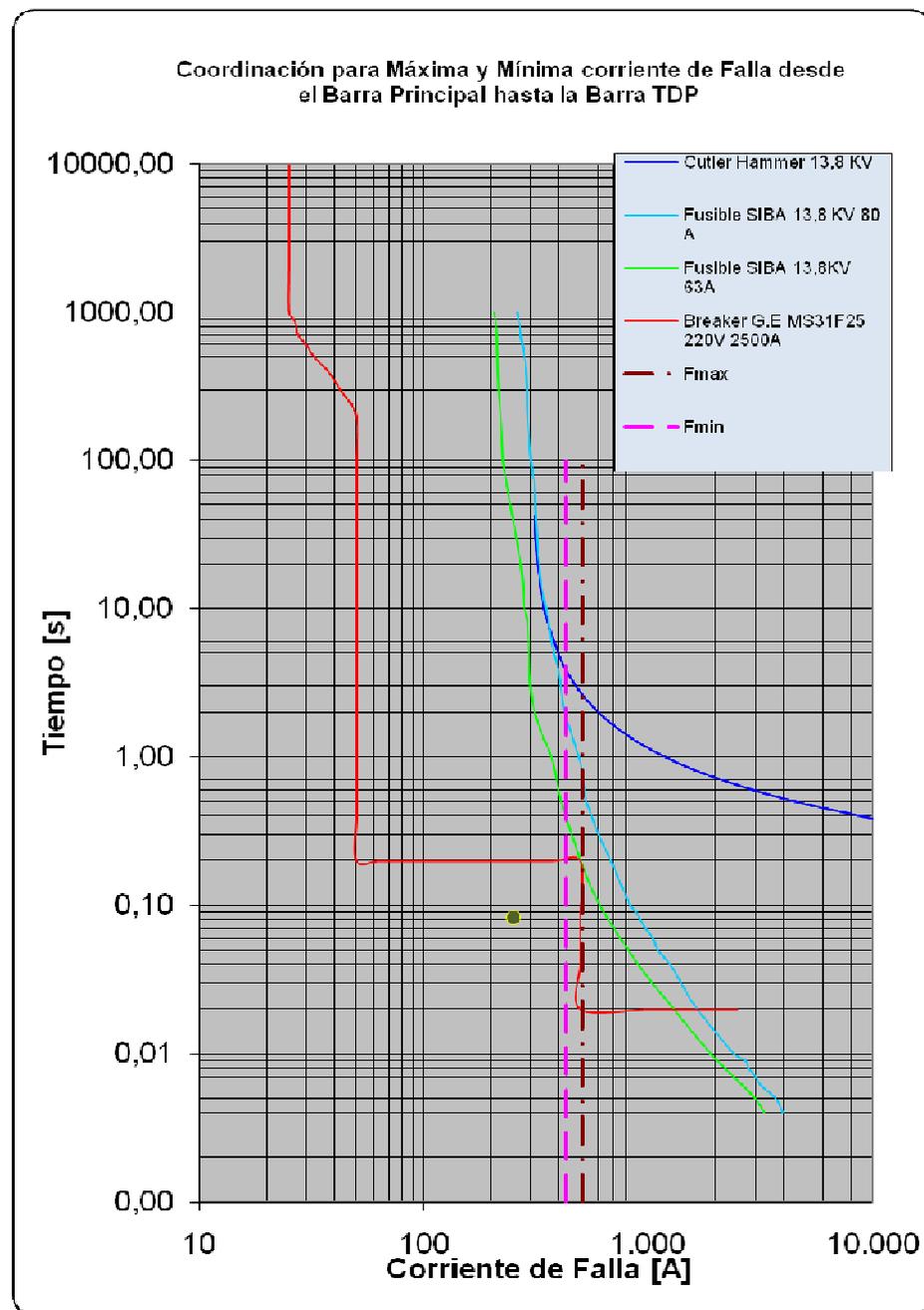


Fig. 4.12

En la siguiente tabla se muestran los ajustes para la protección de la barra TDP (Servicios Generales).

	<b>Fusible SIBA 80 A</b>	<b>Fusible SIBA 63 A</b>	<b>Breaker G.E MS31F25</b>
Voltaje L-L [KV]	13,8	13,8	0,208
Corriente Nominal Prim. [A]	<u>47</u>	<u>47</u>	1300
Corriente Pick Up Prim. [A]	<u>200</u>	<u>200</u>	1500
Relación CT	—	—	—
Factor CT	—	—	—
Corriente Nominal Sec. [A]	—	—	—
Corriente Pick Up Sec. [A]	—	—	—
Protección	sobre corriente	sobre corriente	sobre corriente M - PRO Plus
Tipo de Curva	Curva única	Curva única	Frame 1 \$ Frame 2
TD de Selección	—	—	—
Tiempo de coordinación	0,15	0,15	0,01

Tabla 4.9

Los ajustes para Disyuntor GE MS31F25 se muestra a continuación, tabla 4.10:

<b>Curva</b>	<b>LT</b>	<b>ST</b>	<b>STD</b>	<b>Making Current</b>
M-PRO Plus Frame 1 & Frame 2	0,6*In	2*Ir	0,2[s]	50 KA

Tabla 4.10

#### **4.2.2.5 Protección de la barra Hiper\_AA\_480.**

Para la protección de esta barra se tiene un Fusible SIBA 80 A, uno a la salida de la barra "Principal 13.8 KV" y un Fusible SIBA 63 A en la alimentación del transformador TR5 1000 KVA, 13.8 KV / 480 V. La entrada a la barra Hiper\_AA\_480 esta protegido por un Disyuntor G.E regulable 220 V, 3200 A, la corriente de falla que van a ver ambos fusibles se va a asumir que es la misma para falla en la barra Hiper\_AA\_480 debido a que la línea que los une es muy corta (30 Mts) y además sobredimensionada.

Como se puede observar en la figura 4.13 la corriente de magnetización del transformador no produce operación innecesaria en la curva del fusible.

De la Tabla 4.1 se obtienen la máxima y mínima corriente de falla en la barra Hiper\_AA\_480 (Aires Hipermarket) para la coordinación del Disyuntor y los fusibles en ese rango de corrientes. El rango de corrientes de fallas es desde 9,681.26 A hasta 11,179.00 A.

En el siguiente gráfico se muestran las curvas de coordinación para falla en la barra Hiper\_AA\_480.

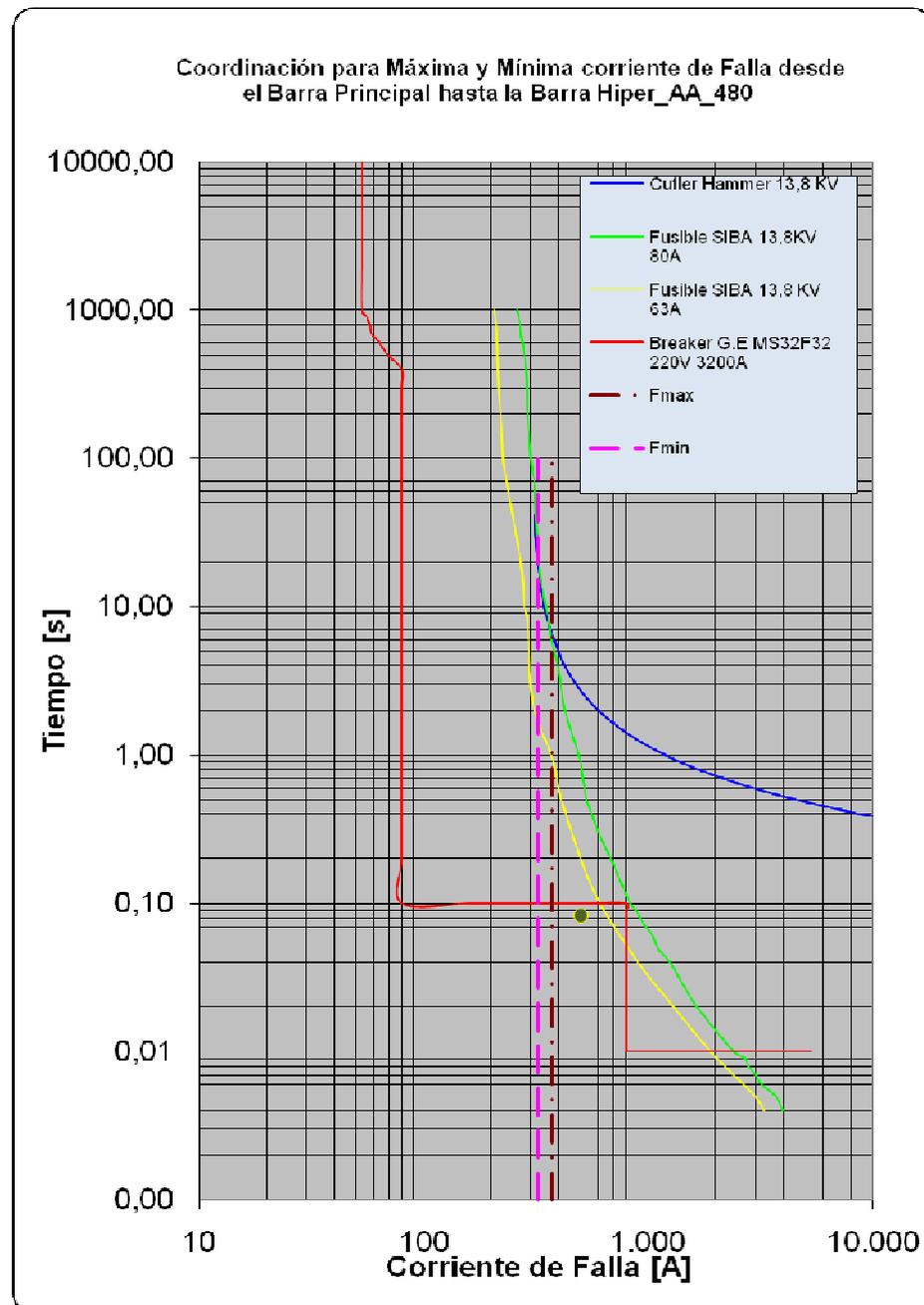


Fig. 4.13

En la tabla 4.11 se muestran los ajustes de la protección de la barra Hiper\_AA\_480.

	<b>Fusible SIBA 80 A</b>	<b>Fusible SIBA 63 A</b>	<b>Breaker G.E MS32F32</b>
Voltaje L-L [KV]	13,8	13,8	0,480
Corriente Nominal Prim. [A]	<u>47</u>	<u>47</u>	1100
Corriente Pick Up Prim. [A]	<u>200</u>	<u>200</u>	1600
Relación CT	—	—	—
Factor CT	—	—	—
Corriente Nominal Sec. [A]	—	—	—
Corriente Pick Up Sec. [A]	—	—	—
Protección	sobre corriente	sobre corriente	sobre corriente M - PRO Plus
Tipo de Curva	Curva única	Curva única	Frame 1 \$ Frame 2
TD de Selección	—	—	—
Tiempo de coordinación	0,15	0,15	0,01

Tabla 4.11

Los ajustes para el Disyuntor G.E MS31F25 se los muestra a continuación:

<b>Curva</b>	<b>LT</b>	<b>ST</b>	<b>STD</b>	<b>Making Current</b>
M-PRO Plus Frame 1 & Frame 2	0,5*In	1,5*Ir	0,1[s]	50 KA

Tabla 4.12

#### **4.2.2.6 Protección de la barra Hiper\_SG\_220.**

Para la protección de esta barra se tiene un Fusible SIBA 80 A, uno a la salida de la barra "Principal 13.8 KV" y un Fusible SIBA 63 A en la alimentación del transformador TR6 1000 KVA, 13.8 KV / 220 V. La entrada a la barra Hiper\_SG\_220 esta protegido por un Disyuntor G.E regulable 220 V, 3200 A, la corriente de falla que van a ver ambos fusibles se va a asumir que es la misma para falla en la barra Hiper\_SG\_220 debido a que la línea que los une es muy corta (30 Mts) y además sobredimensionada.

Como se puede observar en la figura 4.14 la corriente de magnetización del transformador no produce operación innecesaria en la curva del fusible.

De la Tabla 4.1 se obtienen la máxima y mínima corriente de falla en la barra Hiper\_SG\_220 (Servicios Generales Hipermarket) para la coordinación del Disyuntor y los fusibles en ese rango de corrientes. El rango de corrientes de fallas es desde 45,802.00 A hasta 52,887.50 A.

En el siguiente gráfico se muestran las curvas de coordinación para falla en la barra Hiper\_SG\_220.

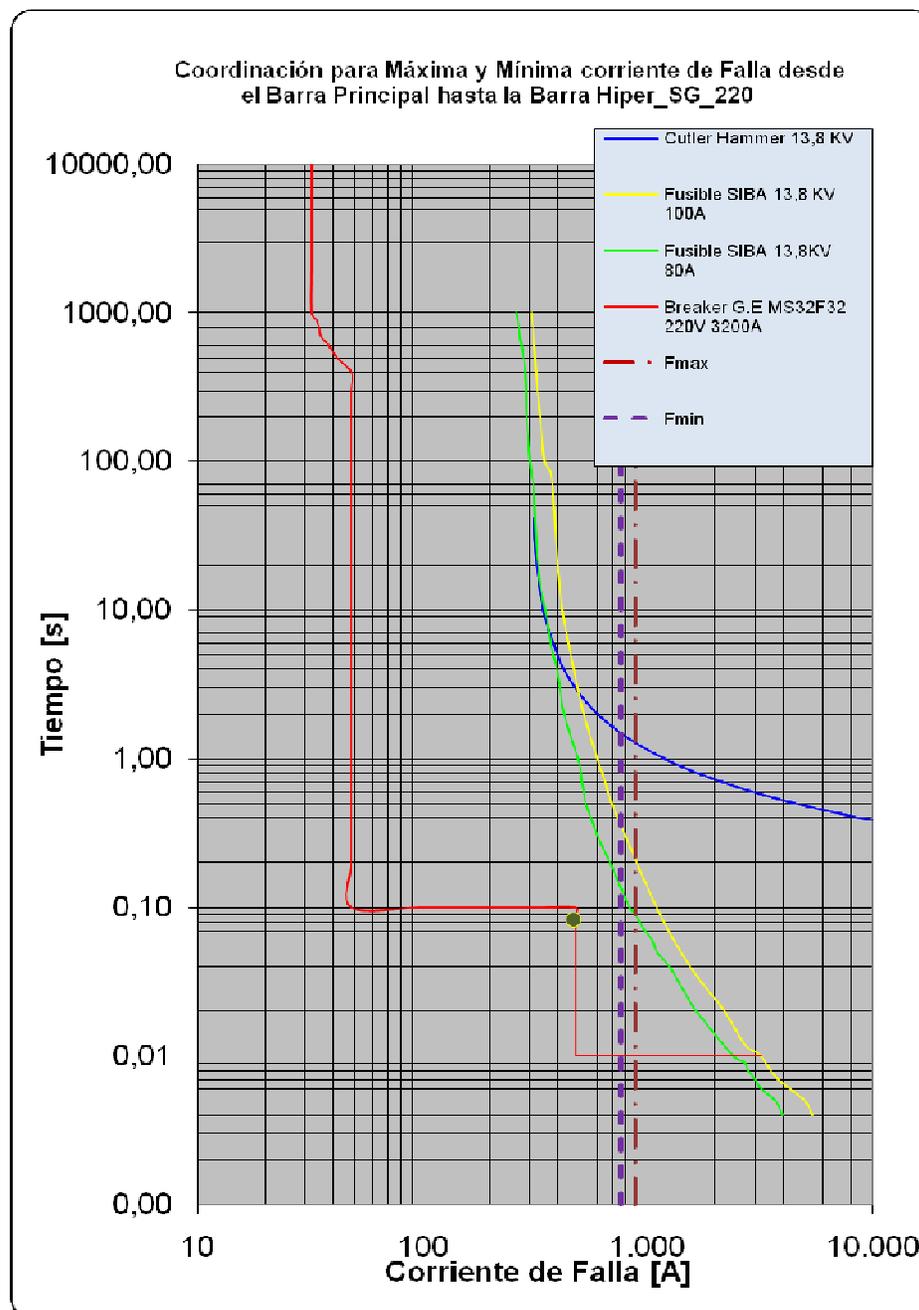


Fig. 4.14

En la tabla 4.11 se muestran los ajustes de la protección de la barra Hiper\_AA\_220.

	<b>Fusible SIBA 80 A</b>	<b>Fusible SIBA 63 A</b>	<b>Breaker G.E MS32F32</b>
Voltaje L-L [KV]	13,8	13,8	0,208
Corriente Nominal Prim. [A]	<u>47</u>	<u>47</u>	1300
Corriente Pick Up Prim. [A]	<u>200</u>	<u>200</u>	1600
Relación CT	—	—	—
Factor CT	—	—	—
Corriente Nominal Sec. [A]	—	—	—
Corriente Pick Up Sec. [A]	—	—	—
Protección	sobre corriente	sobre corriente	sobre corriente M - PRO Plus
Tipo de Curva	Curva única	Curva única	Frame 1 \$ Frame 2
TD de Selección	—	—	—
Tiempo de coordinación	0,15	0,15	0,01

Tabla 4.13

Los ajustes para el Disyuntor G.E MS31F25 se los muestra a continuación:

<b>Curva</b>	<b>LT</b>	<b>ST</b>	<b>STD</b>	<b>Making Current</b>
M-PRO Plus Frame 1 & Frame 2	0,5*In	1,5*Ir	0,1[s]	50 KA

Tabla 4.14

#### **4.2.2.7 Protección de la barra TDI.**

Para la protección de esta barra se tiene un Fusible SIBA 80 A, uno a la salida de la barra "Principal 13.8 KV" y un Fusible SIBA 63 A en la alimentación del transformador TR4 750 KVA, 13.8 KV / 220 V. La entrada a la barra TDP esta protegido por un Disyuntor G.E regulable 220 V, 3200 A, la barra TDI esta protegida por un Disyuntor G.E regulable 220 V, 1500 A, la corriente de falla que van a ver ambos fusibles se va a asumir que es la misma para falla en la barra TDI debido a que la línea que los une es muy corta (30 Mts) y además sobredimensionada.

Como se puede observar en la figura 4.15 la corriente de magnetización del transformador no produce operación innecesaria en la curva del fusible.

De la Tabla 4.1 se obtienen la máxima y mínima corriente de falla en la barra TDI para la coordinación de los Disyuntor y los fusibles en ese rango de corrientes. El rango de corrientes de fallas es desde 24,809.50 A hasta 28,647.50 A.

En el siguiente gráfico se muestran las curvas de coordinación para falla en la barra TDI.

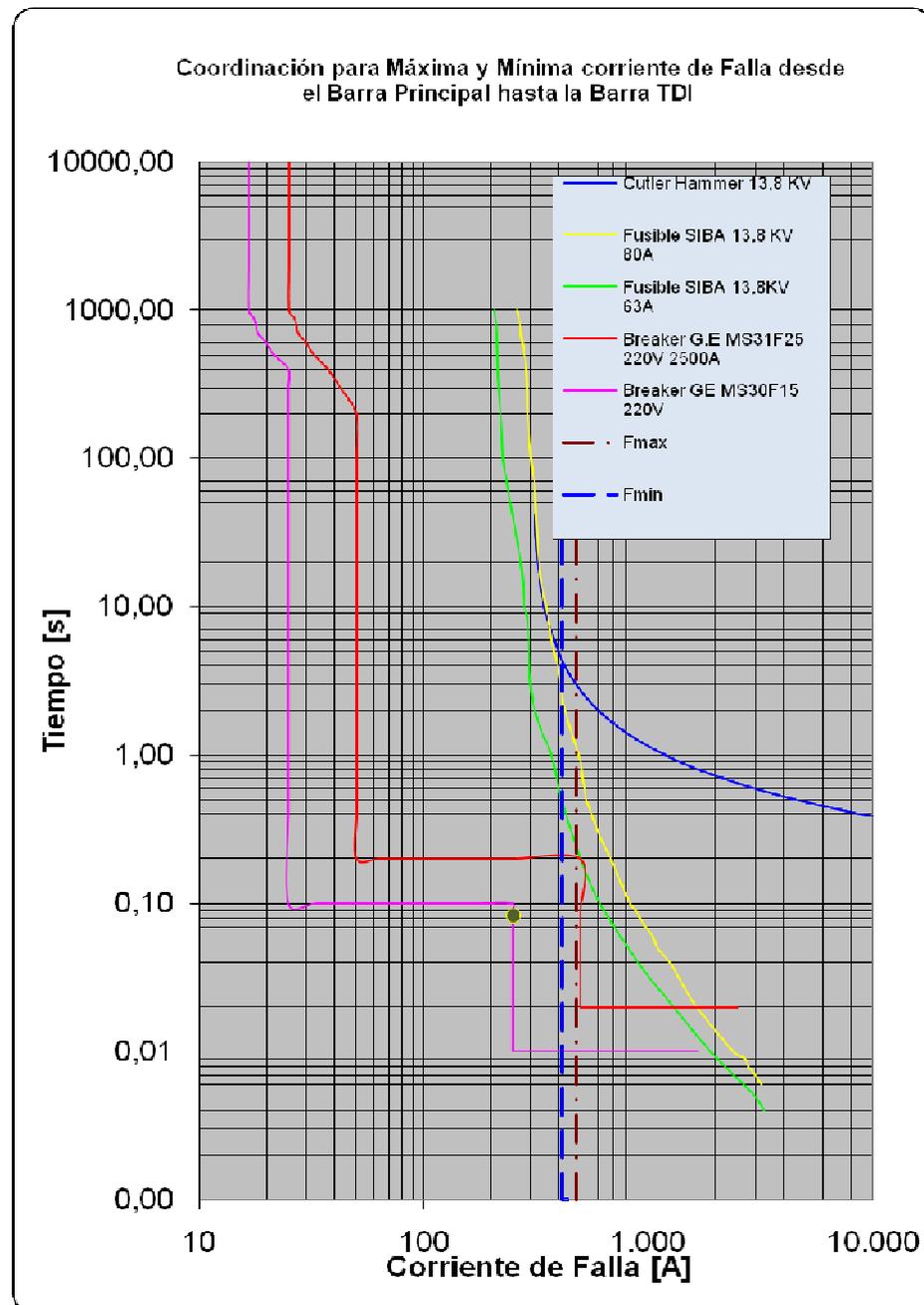


Fig. 4.15

En la tabla 4.15 se muestran los ajustes de la protección de la barra TDI.

	Fusible SIBA 80 A	Fusible SIBA 63 A	Breaker G.E MS31F25	Breaker G.E MS30F15
Voltaje L-L [KV]	13,8	13,8	0,208	0,208
Corriente Nominal Prim. [A]	<u>47</u>	<u>47</u>	500	500
Corriente Pick Up Prim. [A]	<u>200</u>	<u>200</u>	1500	1500
Relación CT	—	—	—	—
Factor CT	—	—	—	—
Corriente Nominal Sec. [A]	—	—	—	—
Corriente Pick Up Sec. [A]	—	—	—	—
Protección	sobre corriente	sobre corriente	sobre corriente M - PRO Plus	sobre corriente
Tipo de Curva	Curva única	Curva única	Frame 1 \$ Frame 2	M - PRO Plus Frame 1 \$ Frame 2
TD de Selección	—	—	—	—
Tiempo de coordinación	0,15	0,15	0,01	0,01

Tabla 4.15

Los ajustes para el Disyuntor G.E MS31F25 se los muestra a continuación:

Curva	LT	ST	STD	Making Current
M-PRO Plus Frame 1 & Frame 2	0,6*In	2*Ir	0,2[s]	50 KA

Tabla 4.16

Los ajustes para el Disyuntor G.E MS30F15 se los muestra a continuación:

Curva	LT	ST	STD	Making Current
M-PRO Plus Frame 1 & Frame 2	1*In	1,5*Ir	0,1[s]	50 KA

Tabla 4.17

#### **4.2.2.8 Protección de la barra TDD.**

Para la protección de esta barra se tiene un Fusible SIBA 80 A, uno a la salida de la barra "Principal 13.8 KV" y un Fusible SIBA 63 A en la alimentación del transformador TR4 750 KVA, 13.8 KV / 220 V. La entrada a la barra TDP esta protegido por un Disyuntor G.E regulable 220 V, 3200 A, la barra TDD esta protegida por un Disyuntor G.E regulable 220 V, 1500 A, la corriente de falla que van a ver ambos fusibles se va a asumir que es la misma para falla en la barra TDD debido a que la línea que los une es muy corta (30 Mts) y además sobredimensionada.

Como se puede observar en la figura 4.16 la corriente de magnetización del transformador no produce operación innecesaria en la curva del fusible.

De la Tabla 4.1 se obtienen la máxima y mínima corriente de falla en la barra TDD para la coordinación de los Disyuntor y los fusibles en ese rango de corrientes. El rango de corrientes de fallas es desde 19,326.50 A hasta 23,492.10 A.

En el siguiente gráfico se muestran las curvas de coordinación para falla en la barra TDD.

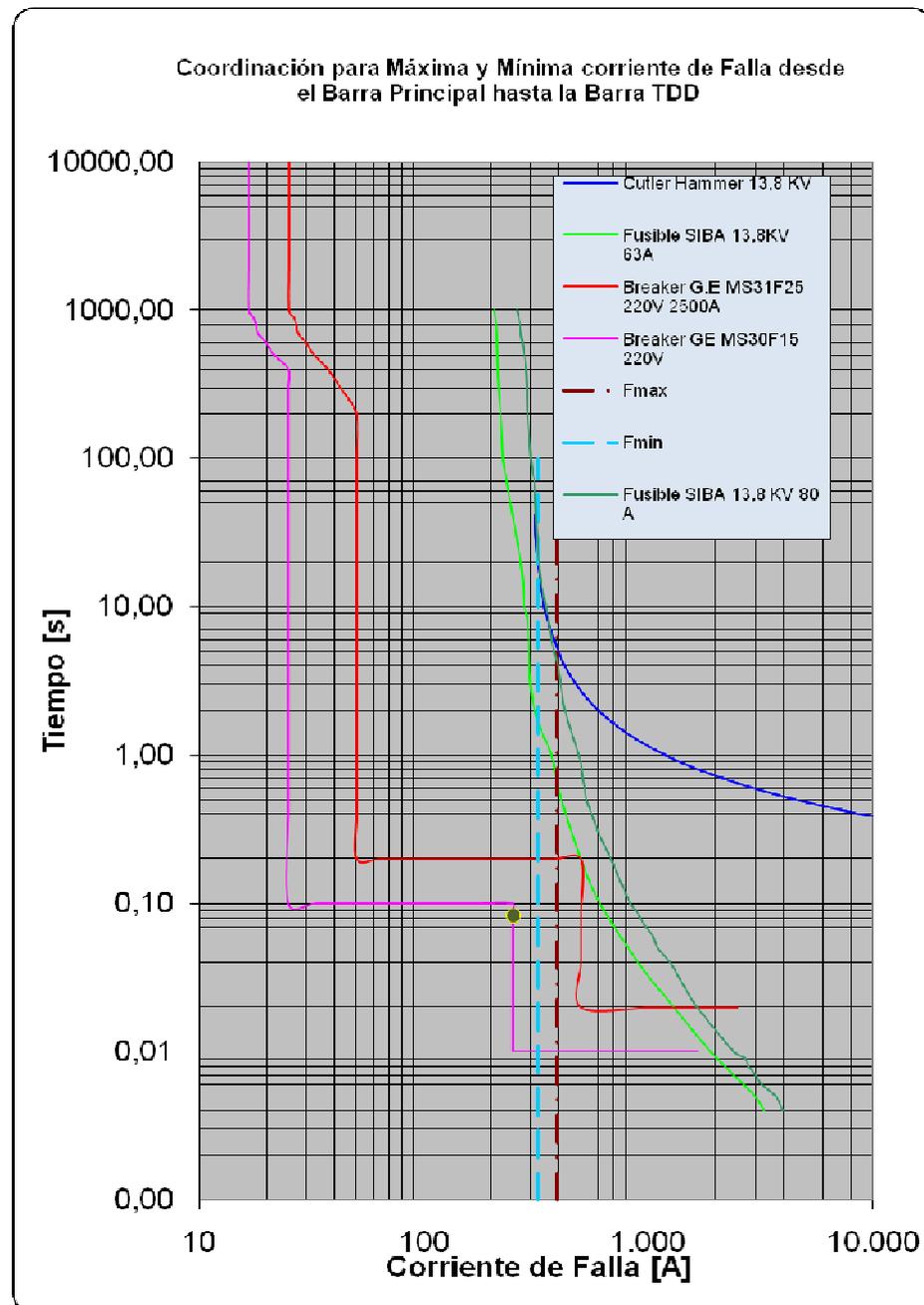


Fig. 4.16

En la tabla 4.18 se muestran los ajustes de la protección de la barra TDD.

	<b>Fusible SIBA 80 A</b>	<b>Fusible SIBA 63 A</b>	<b>Breaker G.E MS31F25</b>	<b>Breaker G.E MS30F15</b>
Voltaje L-L [KV]	13,8	13,8	0,208	0,208
Corriente Nominal Prim. [A]	<u>47</u>	<u>47</u>	500	500
Corriente Pick Up Prim. [A]	<u>200</u>	<u>200</u>	1500	1500
Relación CT	—	—	—	—
Factor CT	—	—	—	—
Corriente Nominal Sec. [A]	—	—	—	—
Corriente Pick Up Sec. [A]	—	—	—	—
Protección	sobre corriente	sobre corriente	sobre corriente M - PRO Plus	sobre corriente
Tipo de Curva	Curva única	Curva única	Frame 1 \$ Frame 2	M - PRO Plus Frame 1 \$ Frame 2
TD de Selección Tiempo de coordinación	— 0,15	— 0,15	— 0,01	— 0,01

Tabla 4.18

Los ajustes para el Disyuntor G.E MS31F25 se los muestra a continuación:

<b>Curva</b>	<b>LT</b>	<b>ST</b>	<b>STD</b>	<b>Making Current</b>
M-PRO Plus Frame 1 & Frame 2	0,6*In	2*Ir	0,2[s]	50 KA

Tabla 4.19

Los ajustes para el Disyuntor G.E MS30F15 se los muestra a continuación:

<b>Curva</b>	<b>LT</b>	<b>ST</b>	<b>STD</b>	<b>Making Current</b>
M-PRO Plus Frame 1 & Frame 2	1*In	1,5*Ir	0,1[s]	50 KA

Tabla 4.20

### 4.3 Resumen de Ajustes.

Para la protección del transformador principal TR0 y de la barra "Principal 13.8 KV se tienen los relés numéricos: SEL 587 y Cutler Hammer Digitrip 3000. El rele SEL 587 se lo ajustó mediante la curva U.S Moderadamente Inversa U.1, con TD =2 y corriente de PU de 60 A a nivel de 69 KV y el Cutler Hammer mediante la curva I.E.C Standard Inversa C.1, con TD = 0.2 y corriente de PU = 300 A a nivel de 13.8 KV.

Para la protección de transformadores a nivel de 13.8 KV se tienen fusibles marca SIBA y para la protección de las barras de carga a 480 y 220 V se tienen Disyuntores G.E regulables con curvas que tienen 4 regulaciones como se lo mencionó en la sección 4.2.2.

Al momento de la coordinación lo dio problema fue la coordinación de la barra TDD porque la corriente de mínima falla no coordina el Cutler Hammer con el fusible SIBA 80 A pero esta fusible es el tercer respaldo por cuanto esta como respaldo el disyuntor GE MS31F25 de 2500 A y el fusible SIBA de 63 A.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

1. Se puede concluir que los ajustes permiten condiciones transitorias normales de operación como las corrientes de magnetización de cada uno de los 7 transformadores.
2. Los tiempos de coordinación para la protección de respaldo en cada una de las barras están dentro del rango establecido por la norma IEC que dice que el tiempo de coordinación debe de estar entre 0.15 y 0.25 segundos, estos tiempos de coordinación se los obtuvieron de las curvas de los dispositivos de protección para máxima corriente de falla.

# *Anexo 1*

**Tablas para el cálculo de Impedancias de Líneas y de Transformadores**

## Tablas para el cálculo de Impedancias de Líneas y de Transformadores.

Typical Range of Per-Unit R and X Values for Indoor. Open Dry-Type 150 °C Rise Three-Phase Transformers.

(480 V delta primary, 208 V wye secondary).

KVA	HV ( V )	LV ( V )	% Z	X/R	R	X
15	480	208Y 120	4,5	0,41	0,0416	0,0171
500	480	208Y 120	5,9	2,09	0,0255	0,0532

From IEEE Std 241 - 1990, "IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings.

Tabla A2-1

Typical Per-Unit R and X Values for Liquid - Filled 55/65 °C Rise Three Phase Power Transformers.

( Delta or wye primaries, wye or delta secondaries ).

KVA	HV ( KV )	HV BIL ( KV )	LV ( KV )	LV BIL ( KV )	% Z	X/R	R	X	
112,5	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	2,00	1,9	0,0095	0,0176
150	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	2,00	2,2	0,0083	0,0182
225	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	2,00	2,6	0,0071	0,0187
300	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	4,50	2,9	0,0145	0,0425
500	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	4,50	4,3	0,0103	0,0438
750	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	5,75	4,9	0,0116	0,0563
1000	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	5,75	5,3	0,0165	0,0565
1000	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	8,00	5,3	0,0148	0,0786
1500	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	5,75	5,9	0,0096	0,0567
2000	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	5,75	6,3	0,0090	0,0568
2500	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	5,75	6,7	0,0085	0,0569
3000	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	5,75	7,0	0,0082	0,0569
3750	2,4 - 13,8	36 - 110	120 - 600		10	5,75	10,8	0,0053	0,0573

From IEEE Std 241 - 1990, "IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings.

Tabla A2-2

Typical X/R Values for Liquid-Filled 55/65 °C or 65 °C Rise Three-Phase Power Transformers.

Primary Substation Transformer X/R ratios			
KVA	X/R	KVA	X/R
750	4,9	12000	17,9
1000	5,3	15000	19,6
1500	5,9	20000	21,9
2000	6,3	25000	23,8
2500	6,7	30000	25,4
3000	7	50000	30,2
3750	10,8	75000	34,2
5000	12	100000	37,2
7500	14,1	200000	44,6
10000	15,9		

Tabla A2-3

Typical Impedance Values for Liquid Filled 55/65 or 65 °C Rise Three-Phase Power Transformers.

( Delta or wye primaries, wye or delta secondaries ).

Primary substation transformer impedances.						
HV (KV)	HV BIL (KV)	LV (KV)	LV BIL (KV)	% Z	R pu	X pu
13,8	110	2,4	60	5,5	*	!
		4,16	75	5,5	*	!
		7,2	95	5,5	*	!
22,9	150	2,4	60	5,5	*	!
		4,16	75	5,5	*	!
		7,2	95	5,5	*	!
34,5	200	13,8	110	5,5	*	!
		2,4	60	6,0	*	!
		4,16	75	6,0	*	!
43,8	250	7,2	95	6,0	*	!
		13,8	110	6,0	*	!
		22,9	150	6,5	*	!
43,8	250	2,4	60	6,5	*	!
		4,16	75	6,5	*	!
		7,2	95	6,5	*	!
43,8	250	13,8	110	6,5	*	!
		22,9	150	6,5	*	!
		34,5	200	7,0	*	!

67	350	2,4	60	7,0	*	!
		4,16	75	7,0	*	!
		7,2	95	7,0	*	!
		13,8	110	7,0	*	!
		22,9	150	7,0	*	!
		34,5	200	7,0	*	!
		43,8	250	7,5	*	!
115	550	13,8	110	8,0	*	!
		22,9	150	8,0	*	!
		34,5	200	8,0	*	!
		43,8	250	9,0	*	!
		67,0	350	9,0	*	!
138	650	13,8	110	8,5	*	!
		22,9	150	8,5	*	!
		34,5	200	8,5	*	!
		43,8	250	9,5	*	!
		67,0	350	9,5	*	!
		115	550	10,5	*	!
161	750	13,8	110	9,0	*	!
		22,9	150	9,0	*	!
		34,5	200	9,0	*	!
		43,8	250	9,0	*	!
		67,0	350	10,0	*	!
		115	550	11,0	*	!
		138	650	11,0	*	!

---

\*  $R_{pu} = (\%Z / 100) * \cos(\text{arc tan}(X/R))$

!  $X_{pu} = (\%Z / 100) * \sin(\text{arc tan}(X/R))$

---

Tabla A2-4

## Tablas para el cálculo de Impedancias de Líneas

Aproximate Impedance Data Insulated conductors in Conduit, 60 Hz (  $\Omega$  / 1000 ft per conductor ).

Size AWG or MCM	Reactance ( 5 KV )				Reactance ( 15 KV )			
	Several 1C		1 Multiconductor		Several 1C		1 Multiconductor	
	Metallic conduit	Nonmetallic conduit	Metallic conduit	Nonmetallic conduit	Metallic conduit	Nonmetallic conduit	Metallic conduit	Nonmetallic conduit
8	0,0733	0,0586	0,0479	0,0417				
6	0,0681	0,0545	0,0447	0,0389	0,0842	0,0674	0,0581	0,0508
4	0,0633	0,0507	0,0418	0,0364	0,0783	0,0626	0,0543	0,0472
2	0,0591	0,0472	0,0393	0,0364	0,0727	0,0582	0,0505	0,0439
1	0,0571	0,0457	0,0382	0,0332	0,0701	0,0561	0,0487	0,0424
1/0	0,0537	0,043	0,0360	0,0313	0,0701	0,0561	0,0487	0,0424
2/0	0,0539	0,0431	0,0350	0,0305	0,0661	0,0529	0,0458	0,0399
3/0	0,0521	0,0417	0,0341	0,0297	0,0614	0,0491	0,0427	0,0372
4/0	0,0505	0,0404	0,0333	0,0290	0,0592	0,0474	0,0413	0,0359
250	0,049	0,0392	0,0324	0,0282	0,0573	0,0458	0,0400	0,0348
300	0,0478	0,0383	0,0317	0,0277	0,0557	0,0446	0,0387	0,0339
350	0,0469	0,0375	0,0312	0,0274	0,0544	0,0436	0,0379	0,0332
400	0,0461	0,0369	0,0308	0,0270	0,0534	0,0427	0,0371	0,0326
500	0,0461	0,0369	0,0308	0,0270	0,0517	0,0414	0,0357	0,0317
600	0,0439	0,0351	0,0290	0,0264	0,0516	0,0413	0,0343	0,0309
750	0,0434	0,0347	0,0284	0,0260	0,0500	0,0400	0,0328	0,0301
1000	0,0421	0,0337	0,0272	0,0255	0,0482	0,0385	0,0311	0,0291

( From IEEE Std 241 - 1990, " IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings".)

Tabla A2-5

Aproximate Impedance Data - Insulated Conductors in Conduit, 60 Hz (  $\Omega$  / 1000 ft per conductor ).

Size AWG or MCM	Resistance ( 25 ° C )				Reactance ( 600 V - THHN )			
	Copper		Aluminium		Several 1/C		1 Multiconductor	
	Metallic Conduit	Nonmetallic Conduit	Metallic Conduit	Nonmetallic Conduit	Metallic Conduit	Nonmetallic Conduit	Metallic Conduit	Nonmetallic Conduit
14	2,5700	2,5700	4,2200	4,2200	0,0493	0,0394	0,0351	0,0305
12	1,6200	1,6200	2,6600	2,6600	0,0468	0,0374	0,0333	0,0290
10	1,0180	1,0180	1,6700	1,6700	0,0463	0,0371	0,0337	0,0293
8	0,6404	0,6404	1,0500	1,0500	0,0475	0,0380	0,0351	0,0305
6	0,4100	0,4100	0,6740	0,6740	0,0437	0,0349	0,0324	0,0282
4	0,2590	0,2590	0,4240	0,4240	0,0441	0,0353	0,0328	0,0285
2	0,1640	0,1620	0,2660	0,2660	0,0420	0,0336	0,0313	0,0273
1	0,1303	0,1290	0,2110	0,2110	0,0427	0,0342	0,0319	0,0277
1/0	0,1040	0,1020	0,1680	0,1680	0,0417	0,0334	0,0312	0,0272
2/0	0,0835	0,0812	0,1330	0,1330	0,0409	0,0327	0,0306	0,0266
3/0	0,0668	0,0643	0,1060	0,1050	0,0400	0,0320	0,0300	0,0261
4/0	0,0534	0,0511	0,0844	0,0838	0,0393	0,0314	0,0295	0,0257
250	0,0457	0,0433	0,0722	0,0709	0,0399	0,0319	0,0299	0,0261
300	0,0385	0,0362	0,0602	0,0592	0,0393	0,0314	0,0295	0,0257
350	0,0333	0,0311	0,0520	0,0507	0,0383	0,0311	0,0388	0,0311
400	0,0297	0,0273	0,0460	0,0444	0,0385	0,0308	0,0286	0,0252
500	0,0244	0,0220	0,0375	0,0356	0,0379	0,0303	0,0279	0,0250
600	0,0209	0,0185	0,0319	0,0298	0,0382	0,0305	0,0278	0,0249
750	0,0174	0,0150	0,0264	0,0301	0,0376	0,0301	0,6271	0,0247
1000	0,0140	0,0115	0,0211	0,0182	0,0370	0,0296	0,0260	0,0243

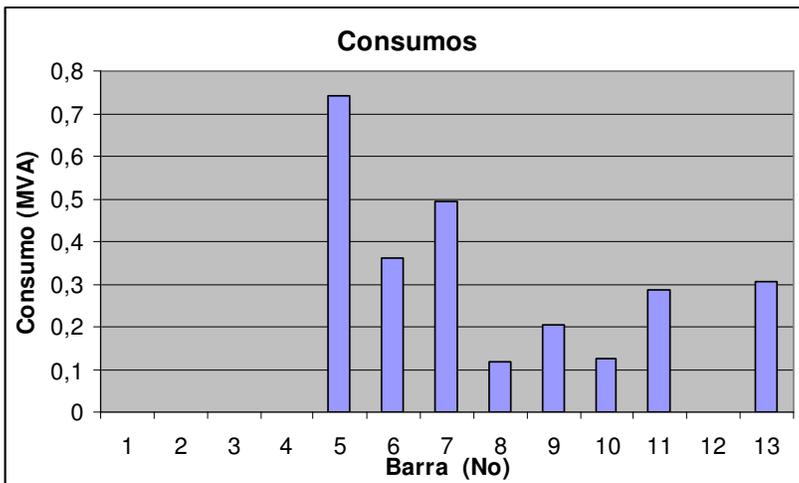
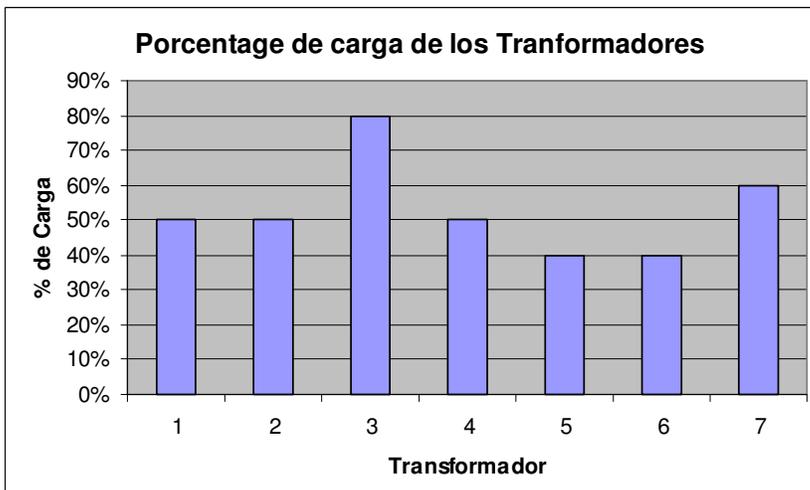
( From IEEE Std 241 - 1990, " IEEE Reconmended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings".)

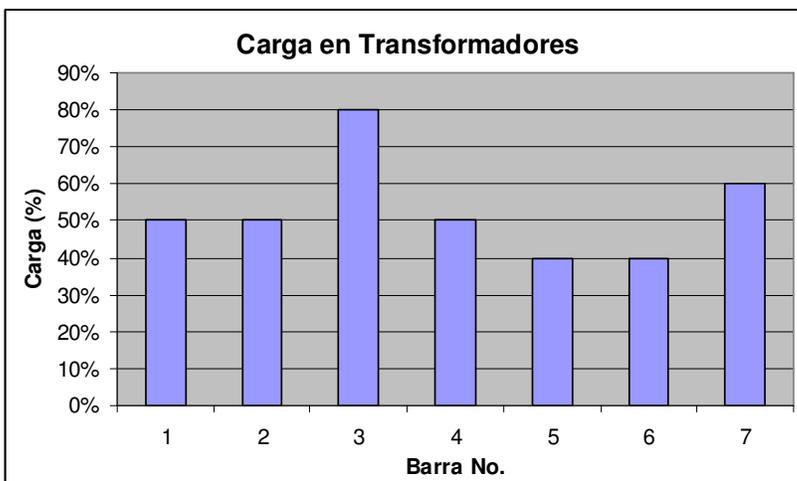
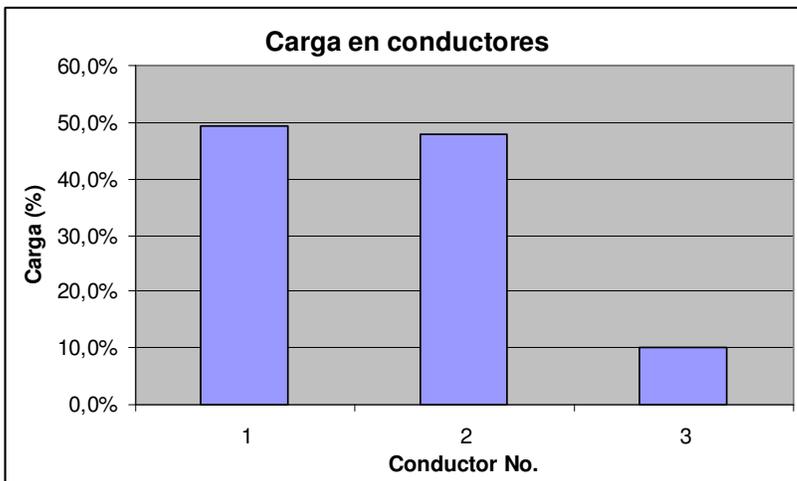
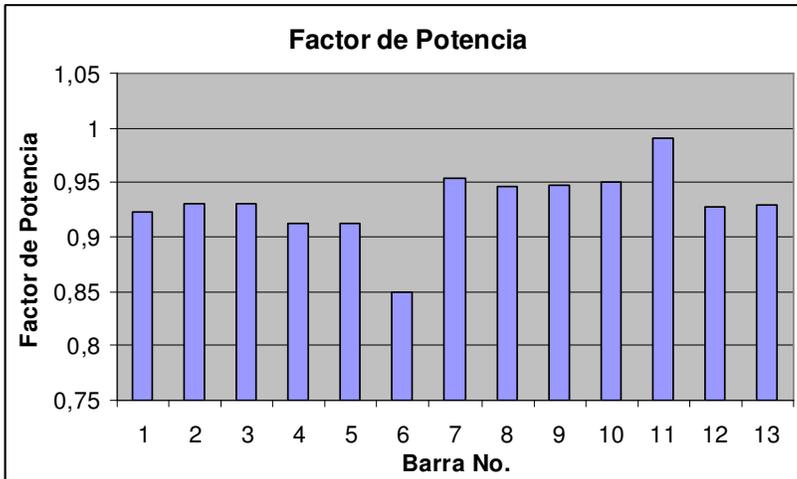
Tabla A2-6

# *Anexo 2*

**Resultados del Flujo de Potencia del Sistema**

## Resultados gráficos del Flujo de carga del Caso Base.





# *Anexo 3*

**Corrientes de falla en las barras del sistema**

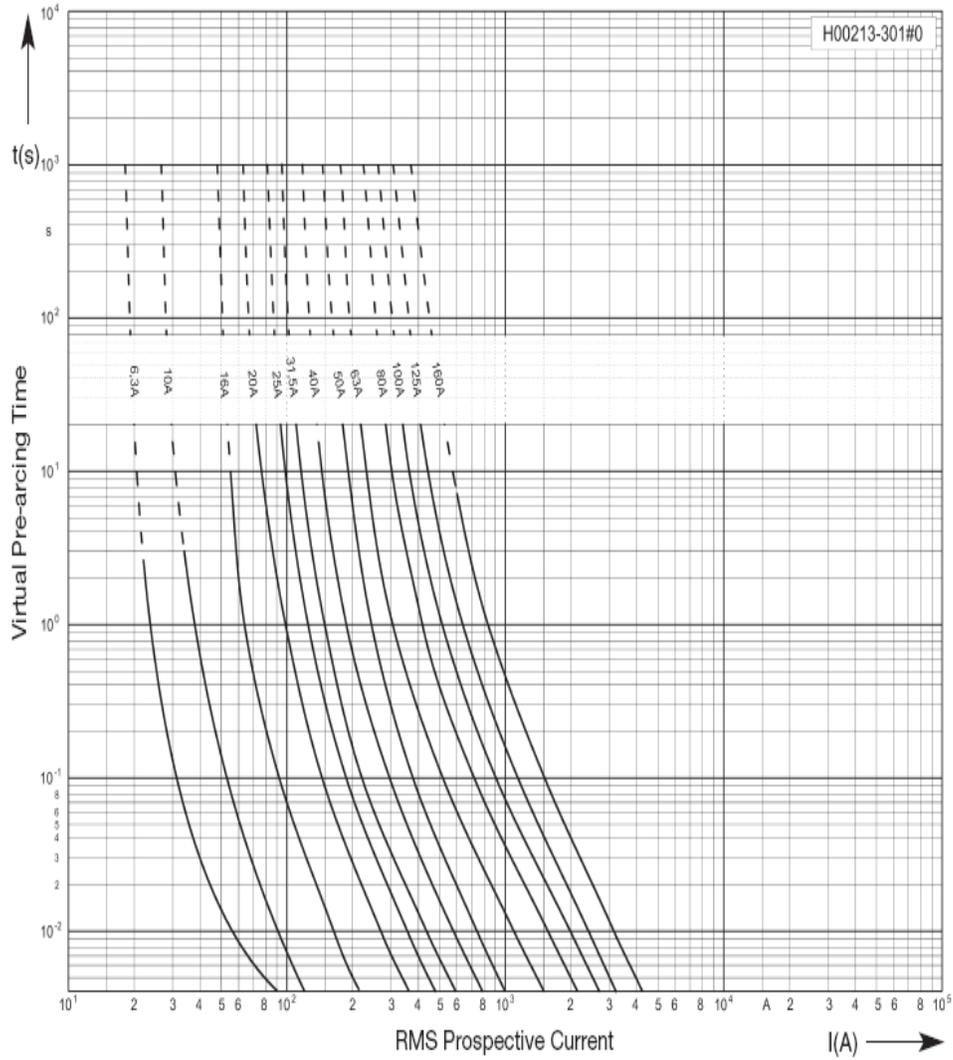
### Corrientes de falla en las barras del sistema Riocentro Norte

Barra		Falla	Falla	Falla	Falla	I MAX	TIPO	I MIN	TIPO
No.	Nombre Barra	LLL (A)	LG (A)	LL (A)	LLG (A)	FALLA (A)	FALLA	FALLA (A)	FALLA
1	Subestación 69 KV	7.886,20	6.619,97	6.829,65	5.704,10	7.886,20	LLL	5.704,10	LLG
2	Subestación 13,8 KV	2.784,30	2.826,36	2.411,28	2.868,88	2.868,88	LLG	2.411,28	LL
3	Principal 13,8 KV	2.769,99	2.811,11	2.398,88	2.852,67	2.852,67	LLG	2.398,88	LL
4	QM10	2.745,97	2.764,65	2.378,08	2.803,78	2.803,78	LLG	2.378,08	LL
5	QM 7	2.724,07	2.740,51	2.359,11	2.757,14	2.757,14	LLG	2.359,11	LL
6	QM 9	2.690,19	2.688,67	2.329,77	2.686,69	2.690,19	LLL	2.329,77	LL
7	QM 8	2.704,50	2.759,18	2.342,17	2.814,11	2.814,11	LLG	2.342,17	LL
8	Hiper_AA_13.8KV	2.721,31	2.735,93	2.356,73	2.750,69	2.750,69	LLG	2.356,73	LL
9	Hiper_SG_13.8KV	2.720,70	2.735,72	2.356,19	2.750,90	2.750,90	LLG	2.356,19	LL
10	Cines	29.598,70	29.526,10	25.633,20	29.448,40	29.598,70	LLL	25.633,20	LL
11	TMLI	30.839,10	30.412,90	26.707,40	29.991,10	30.839,10	LLL	26.707,40	LL
12	TDP	30.684,50	30.523,20	26.573,60	30.360,60	30.684,50	LLL	26.573,60	LL
13	TMLD	30.767,10	30.520,20	26.645,10	30.225,10	30.767,10	LLL	26.645,10	LL
14	Hiper_AA_480	11.179,00	11.002,00	9.681,26	10.824,30	11.179,00	LLL	9.681,26	LL
15	Hiper_SG_208	52.887,50	52.718,60	45.802,00	52.548,90	52.887,50	LLL	45.802,00	LL
16	TDI	28.647,50	28.082,00	24.809,50	27.537,80	28.647,50	LLL	24.809,50	LL
17	TDD	23.492,10	21.209,50	20.344,70	19.326,50	23.492,10	LLL	19.326,50	LLG

# ***Anexo 4***

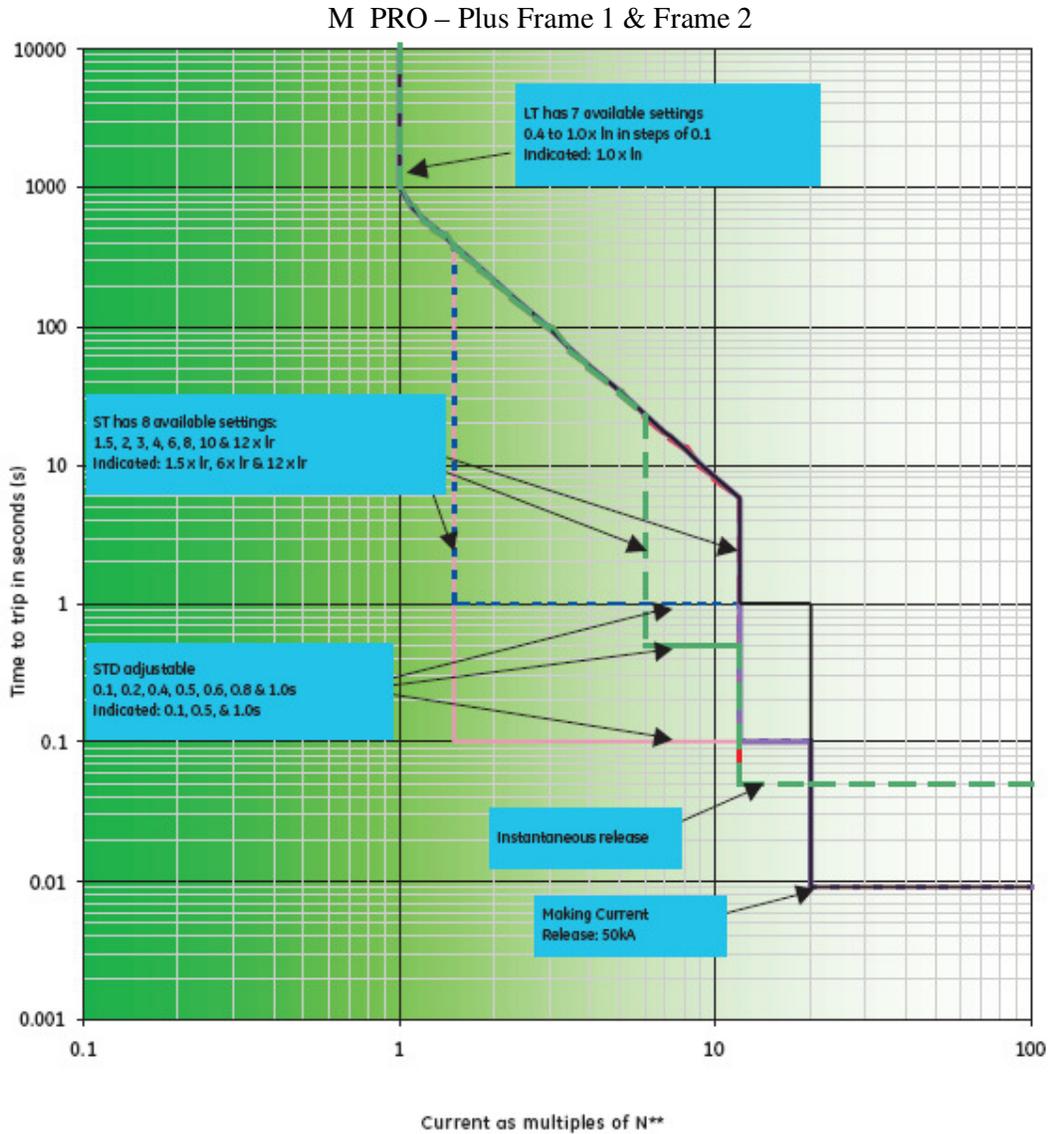
**Curvas de características de despeje de falla**

# Curva Característica Tiempo-Corriente para inicio de fusión de los fusibles SIBA.





**Característica Tiempo-corriente para despeje de fallas en los Disyuntores G.E para los distintos modelos usados en la protección de sobrecorriente del Riocentro Norte.**



# BIBLIOGRAFIA

1. Enriquez Harper, Fundamentos de Protección de Sistemas Eléctricos por Relevadores, Editorial LIMUSA, México 1984.
2. Stevenson William, Análisis de Sistemas de Potencia, Editorial McGRAW-HILL, México 2004.
3. Cutler Hammer, Manual Técnico del Relé CUTLER HAMMER - DIGITRIP 3000,  
<http://www.downloads.eatoncanada.ca/downloads/Metering,%20Relays%20&%20Communications/Instruction%20Bulletins/DT3000.pdf>  
*Septiembre del 2009*
4. General Eléctric, Manual Técnico de Disyuntores G.E MS32F32 220V.  
[http://www.gaius.co.kr/adm/data/catalogue\\_M\\_Pact\\_English\\_ed3.pdf](http://www.gaius.co.kr/adm/data/catalogue_M_Pact_English_ed3.pdf)  
*Septiembre del 2009*
5. Sel, Manual Técnico del Relé SEL 587  
<http://www.selinc.com/SEL-587/>  
*Septiembre del 2009*