

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRICA

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LAS PROTECCIONES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PARA LAS CIUDADES DE CAYAMBE Y TABACUNDO

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRICO**

MENCION POTENCIA

DAVID SANTIAGO ANGULO ALMEIDA

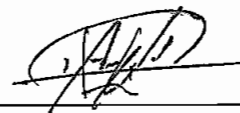
DIRECTOR: ING. PATRICIO GUERRERO M.

QUITO, 25 DE NOVIEMBRE DE 2002

DECLARACIÓN

Yo David Santiago Angulo Almeida, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



David Santiago Angulo Almeida

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por David Santiago Angulo Almeida, bajo mi supervisión.



Ing. Patricio Guerrero M.

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A la prestigiosa Escuela Politécnica Nacional, Institución que con firmeza me formó en valores, en principios y nivel académico; a mis distinguidos maestros, quienes con un alto espíritu de entrega compartieron sus vastos conocimientos y experiencias; a mi Director de Tesis, Ing. Patricio Guerrero, por su gran contingente en la dirección y revisión de este Proyecto. A la Empresa Eléctrica Regional Norte “EMELNORTE S.A.”, en sus dignos representantes, señores Ingenieros: Patricio Granda, Vinicio Hinojosa, Carlos Sotomayor, Miguel Jami y Hernán Pérez, por la acogida y valioso aporte brindado para la culminación de la presente investigación.

DEDICATORIA

Primeramente a Dios y luego a mi madre, por haberme dado conjuntamente la vida y la fortaleza necesaria para realizar mi anhelado sueño; a mi abuelita, que ha sido la sombra bajo la cual siempre he podido descansar; a mi tía Martha que fue la mano extendida para sustentarme en el largo camino de mi carrera; y a toda mi familia y mis amigos, que supieron hacer más liviana la carga para llegar al final de esta etapa de mi vida.

CONTENIDO

CAPITULO I.- OBJETIVOS Y ALCANCE

1.1.- ANTECEDENTES	1
1.2.- OBJETIVOS	2
1.3.- ALCANCE	3

CAPITULO II.- DESCRIPCION DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA EMPRESA ELECTRICA REGIONAL DEL NORTE EMELNORTE S.A.

2.1.- SISTEMA DE GENERACION	5
2.2.- SISTEMA DE SUBTRANSMISION	6
2.3.- SUBESTACIONES	7
2.4.- DEFINICION DEL AREA DE ESTUDIO	8
2.5.- SUBESTACION CAYAMBE	8
2.5.1.- CIRCUITO No. 1	8
2.5.2.- CIRCUITO No. 2	12
2.5.3.- CIRCUITO No. 3	16
2.5.4.- CIRCUITO No. 4	19
2.5.5.- CIRCUITO No. 5	22
2.6.- SUBESTACION TABACUNDO	25
2.6.1.- CIRCUITO No. 1	25
2.6.2.- CIRCUITO No. 2	29
2.6.3.- CIRCUITO No. 3	33
2.7.- ANALISIS Y COMENTARIOS DE LA SITUACION INICIAL	36

CAPITULO III.- TIPOS DE CORTOCIRCUITOS

3.1.- CORTOCIRCUITO TRIPOLAR	42
3.2.- CORTOCIRCUITO BIPOLAR SIN Y CON CONTACTO A TIERRA	42
3.3.- CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO	43
3.4.- PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION	43
3.4.1.- EQUIPAMIENTO	45
3.4.1.1.- Relés de sobrecorriente	45
3.4.1.2.- Reconnectadores	48
3.4.1.3.- Fusibles	51
3.4.1.3.1.- Selección de la corriente nominal	52
3.4.1.3.2.- Selección de la tensión nominal	52
3.4.1.3.3.- Selección de la capacidad de cortocircuito	53
3.4.2.- ANÁLISIS DE PROTECCIONES	53
3.4.2.1.- Coordinación de aparatos de protección	53
3.4.2.2.- Coordinación fusible – fusible	54

3.4.2.3.-	Coordinación reconectador – fusible	55
3.4.2.3.1.-	<i>Fusible del lado de la fuente</i>	56
3.4.2.3.2.-	<i>Fusible del lado de la carga</i>	58
3.4.2.4.-	Coordinación reconectador – reconectador	59
3.4.2.4.1.-	<i>Reconectores hidráulicos</i>	59
3.4.2.4.2.-	<i>Reconectores con control electrónico</i>	60
3.4.2.5.-	Coordinación relé – fusible	61
3.4.2.6.-	Coordinación reconectador – relé	61
3.5.-	MODELACIÓN DIGITAL DEL SISTEMA PRIMARIO	62
3.5.1.-	ANÁLISIS DETALLADO	62
3.5.2.-	ANÁLISIS REDUCIDO	63
3.6.-	DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE COMPUTACIONAL DPA/G™	63
3.6.1.-	BOSQUEJO	64
3.6.2.-	REGISTRO DE SECCIONES	64
3.6.3.-	REGISTRO DE ALIMENTADORES	65
3.6.4.-	DISTRIBUCION DE CARGA	66
3.6.5.-	ANALISIS BALANCEADO	67
3.6.6.-	ANALISIS POR FASE	67
3.6.7.-	ANALISIS DE CORTOCIRCUITOS	67
3.7.-	INFORMACION REQUERIDA PARA EL ANALISIS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION	68
3.7.1.-	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	69
3.7.2.-	INFORMACIÓN DE LA CARGA	69

CAPITULO IV.- CALIBRACION Y COORDINACION DE LAS PROTECCIONES

4.1.-	DESCRIPCION DE PROTECCIONES DE LA S/E CAYAMBE	70
4.1.1.-	AJUSTE Y COORDINACION ALIMENTADOR No. 1 (C1)	71
4.1.2.-	AJUSTE Y COORDINACION ALIMENTADOR No. 2 (C2)	74
4.1.3.-	AJUSTE Y COORDINACION ALIMENTADOR No. 3 (C3)	78
4.1.4.-	AJUSTE Y COORDINACION ALIMENTADOR No. 4 (C4)	80
4.1.5.-	AJUSTE Y COORDINACION ALIMENTADOR No. 5 (C5)	81
4.2.-	DESCRIPCION DE PROTECCIONES DE LA S/E LA ESPERANZA	84
4.2.1.-	AJUSTE Y COORDINACION ALIMENTADOR No. 1 (E1)	87
4.2.2.-	AJUSTE Y COORDINACION ALIMENTADOR No. 2 (E2)	88
4.2.3.-	AJUSTE Y COORDINACION ALIMENTADOR No. 3 (E3)	90
4.2.4.-	AJUSTE Y COORDINACION ALIMENTADOR No. 4 (E4)	91
4.3.-	RESUMEN	93

CAPITULO V.- ANALISIS ECONOMICO DEL SISTEMA DE PROTECCIONES

5.1.-	COSTO DE LA INVERSION	96
5.2.-	COSTO DE ENERGÍA POR DESABASTECIMIENTO	97
5.3.-	RELACIÓN BENEFICIO – COSTO (B/C)	98

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- CONCLUSIONES GENERALES	100
6.2.- CONCLUSIONES ESPECIFICAS	101
6.3.- RECOMENDACIONES	103

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ANEXO 2A.- DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA ELECTRICO DE EMELNORTE S.A.

ANEXO 2B.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE CONCESIÓN DE EMELNORTE S.A.

ANEXO 3A.- METODOLOGIA UTILIZADA EN EL ANALISIS BALANCEADO DE LOS CIRCUITOS

3.A.1.- Pérdidas de la sección.

3.A.2.- Cálculos de Voltaje.

ANEXO 3B.- METODOLOGIA UTILIZADA EN EL ANALISIS POR FASE DE LOS CIRCUITOS

3.B.1.- Pérdidas en la sección.

3.B.2.- Cálculo de caída de voltaje en la sección.

3.B.3.- Simulación de flujos de la S/E Cayambe.

3.B.4.- Simulación de flujos de la S/E La Esperanza.

ANEXO 3C.- METODOLOGIA UTILIZADA EN EL ANALISIS DE CORRIENTE DE FALLAS DEL DPA/GTM

3.C.1.- Definiciones

3.C.2.- Ecuaciones para las corrientes de falla.

3.C.3.- Ecuaciones para valores de componentes de secuencia al final de las secciones

3.C.4.- Formulas de impedancia de secuencia cero para conductores aéreos.

3.C.5.- Simulación de cortocircuitos de la S/E Cayambe.

3.C.6.- Simulación de cortocircuitos de la S/E La Esperanza.

**ANEXO 4A.- TABLA DE COORDINACION ENTRE FUSIBLES
TIPO "T"**

ANEXO 4B.- COORDINACION PARA LA S/E CAYAMBE

- 4.B.1.- Coordinación alimentador C1
- 4.B.2.- Coordinación alimentador C2
- 4.B.3.- Coordinación alimentador C3
- 4.B.4.- Coordinación alimentador C4
- 4.B.5.- Coordinación alimentador C5

ANEXO 4C.- COORDINACION PARA LA S/E LA ESPERANZA

- 4.C.1.- Coordinación alimentador E1
- 4.C.2.- Coordinación alimentador E2
- 4.C.3.- Coordinación alimentador E3
- 4.C.4.- Coordinación alimentador E4

ANEXO 4D.- CURVAS MUY INVERSAS RELES MITSUBISHI

ANEXO 4E.- CURVAS MUY INVERSAS RELES ABB

ANEXO 5.- RESULTADOS DEL ANALISIS ECONOMICO

INTRODUCCIÓN

En el diseño y selección de componentes de un sistema eléctrico de potencia es necesario, de acuerdo con las normas vigentes, no solamente tomar en cuenta los estados de operación continuos normales previstos correspondientes a la tensión y corriente de operación, sino también los eventos de falla o cortocircuito. Un sistema eléctrico de distribución debe anticipar una variedad de situaciones que pueden interferir con la operación normal del sistema.

El manejo o uso de un sistema eléctrico en condiciones normales está entregado a la acción o comando del hombre o de aparatos automáticos que cumplen consignas bien determinadas. En cambio, el comando de un sistema, cuando existen perturbaciones o fallas, es entregado a las protecciones; estas deben operar en fracciones de segundo y en forma coordinada.

Así, el objeto del empleo de las protecciones es evitar o disminuir al máximo los efectos de las perturbaciones o fallas, como también el daño en los equipos y las pérdidas de servicio eléctrico. Ellas deben tener por misión aislar, a la brevedad, la parte del sistema eléctrico que origina éste fenómeno cuando aquel no puede recuperarse por sí mismo.

Generalmente, los disturbios atmosféricos, y en menor magnitud, la interferencia humana y animal son las principales causas de falla y sobre voltaje. Las fallas de línea pueden ser causadas por vientos fuertes que junten a los conductores de fase y ramas de árboles en las líneas.

Un cortocircuito es la desaparición intempestiva de la aislación relativa de dos conductores de tensión diferente, alimentados de la misma fuente, sin la interposición de una impedancia conveniente. El cortocircuito puede ser realizado por contacto directo (cortocircuito metálico) como es el caso de dos conductores que se tocan o el toque de un conductor lanzado a una línea aérea. También puede ser causado por el deterioro o ruptura de la aislación, como es el caso de arcos o fugas que degeneran en cortocircuitos.

Las corrientes de cortocircuito son generalmente de una magnitud muchas veces mayor que las corrientes nominales. Como consecuencia de ello se genera esfuerzos térmicos y mecánicos elevados. En el caso de corrientes de falla a tierra, las mismas pueden resultar de potenciales de contacto inaceptables y procesos de interferencia. Esto puede conducir a la destrucción del equipamiento y daños corporales al personal encargado, si las mismas no han sido tomadas en cuenta en la etapa de diseño.

Las corrientes mínimas de cortocircuito, por otro lado, tienen una importancia fundamental en la selección y ajuste de los dispositivos de protección. Estos deben ser capaces de detectar en forma selectiva las condiciones de falla más tenues, que como por ejemplo es el caso de cortocircuitos con alta impedancia de falla, donde no se producen variaciones importantes del estado de operación.

CAPITULO I

OBJETIVOS Y ALCANCE

1.1.- ANTECEDENTES

En los sistemas de distribución pueden aparecer fallas y regímenes anormales en sus distintos elementos, causando niveles muy elevados de corrientes, cuyos valores dan paso a la operación de dispositivos de protección con la finalidad de evitar en lo posible interrupciones de servicio a los consumidores, reducción de la calidad de servicio y daños en el equipo.

Dentro de las fallas, la más peligrosa y frecuente es el cortocircuito, la misma que origina notables incrementos de corriente y caída de tensión en los elementos del sistema. Las corrientes de cortocircuito son generalmente de una magnitud muchas veces mayor que las corrientes nominales. Estas pueden conducir a la destrucción de equipamiento y daños corporales al personal encargado, si las mismas no han sido tomadas en cuenta en la etapa de diseño.

Por otro lado, las corrientes mínimas de cortocircuito, tienen una importancia fundamental en la selección y ajuste de los dispositivos de protección. Estos deben ser capaces de detectar en forma selectiva, rápida, sensible y confiable las condiciones de falla más tenues.

La función principal de la protección es provocar la desconexión automática del elemento del sistema que ha experimentado una falla o régimen anormal de operación. Una función secundaria del sistema de protección es brindar información sobre el tipo y localización de la falla o régimen anormal, con el objetivo de facilitar al personal de servicio su rápida localización y eliminación.

La Regulación No. CONELEC 004/01 sobre la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución, garantiza a los consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable cuya calidad del servicio se evaluará sobre la base de la frecuencia y la duración total de la interrupción. Esto se lo realizará a través de dos subetapas: en la primera se efectuarán controles en función a Índices Globales para el Distribuidor discriminando por empresa y por alimentador de media tensión; y la segunda, los indicadores se calcularán a nivel de consumidor, de forma tal de determinar la cantidad de interrupciones y la duración total de cada una de ellas que afecten a cada consumidor⁽¹⁾.

La falta de un sistema de protección efectivo en las redes de distribución de las ciudades de Cayambe y Tabacundo han hecho que estas tengan baja confiabilidad. Las demandas por un sistema más confiable son más relevantes cuando los usuarios conectados a las redes son del tipo residencial urbano, rural e industrial ocupando estos últimos el 56.65% del consumo total de energía (total energía consumida: 3'210.998 kW; consumo abonados especiales: 1'819.265 kW)^(*).

Se puede mejorar notablemente la confiabilidad del sistema con alternativas técnico – económicas adecuadas, mediante un sistema de protecciones apropiado en las redes de distribución de las ciudades antes mencionadas, aumentando la capacidad de servicio para las zonas industriales.

1.2.- OBJETIVOS

Se plantean como objetivos de la presente tesis los siguientes:

Mejorar la confiabilidad del sistema planteando alternativas que económicamente sean justificadas.

Realizar un análisis de la situación actual del sistema de protecciones de las ciudades de Cayambe y Tabacundo con la ayuda de paquetes de computación.

⁽¹⁾ Referencia bibliográfica [1].

^(*) Unidad de Control de Pérdidas.

1.3.- ALCANCE

Para cumplir con esos objetivos será necesario realizar un diagnóstico para el sistema de protecciones de las ciudades antes mencionadas; con los resultados del estudio computarizado, se hará una selección y ubicación de los equipos en el sistema de distribución y, por último, se realizará un análisis económico de las alternativas planteadas para mejorar la confiabilidad del sistema.

Con la información de los alimentadores primarios de 13.8kV de las subestaciones Cayambe y Tabacundo proporcionada por la Unidad de Control de Pérdidas de Energía de EMELNORTE S.A., y además, con la actualización en parte y verificación de los mismos, se determinaron las condiciones actuales de operación mediante el programa para análisis de redes DPA/GTM (Distribution Primary Analysis / Graphics) versión 3.12 disponible en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional.

La reconfiguración del área de influencia de los alimentadores primarios para el presente estudio se encuentran detallados en la tesis "Planeamiento de Corto Plazo para la Incorporación de la S/E La Esperanza en el Sistema de EMELNORTE" del Ing. Víctor Tapia. La nueva subestación se encuentra ubicada en Tabacundo, cantón Pedro Moncayo perteneciente a la provincia de Pichincha. Cabe recalcar que la actual subestación Tabacundo sale de servicio.

Para el sistema reconfigurado, se realizó un análisis de protecciones de sobrecorriente de cada uno de los alimentadores primarios. Para esto se propone un esquema de protección que permita aumentar la confiabilidad del sistema de distribución aplicando métodos de protección que permitan identificar de todas las fallas aquellas que son permanentes y, por otro lado, las que tienen naturaleza transitoria.

Por último, en el análisis económico se utiliza la relación beneficio – costo con la finalidad de determinar si el proyecto es económicamente rentable y la recuperación de la inversión sea menor al período de vida útil de la obra.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA EMPRESA ELECTRICA REGIONAL DEL NORTE EMELNORTE S.A.⁽²⁾

El área total a la que sirve la Empresa Eléctrica es de 11.219,5 km² cubriendo las provincias de Carchi, Imbabura, Sucumbios y el Norte de Pichincha con un total de 15 cantones. En la tabla 2.1 se indica el resumen del área de concesión:

PROVINCIA	CANTON
Carchi	Tulcán
	Espejo
	Montúfar
	Mira
	Guaca
	Bolívar
Imbabura	Ibarra
	Otavalo
	Cotacachi
	Antonio Ante
	Pimampiro
	Urcuquí
Sucumbios	Sucumbios
Pichincha	Cayambe
	Pedro Moncayo

Tabla 2.1.- Area de concesión de EMELNORTE S.A.

⁽²⁾ Referencia bibliográfica [2], [3], [4], [5], [6] y [7]

2.1.- SISTEMA DE GENERACION

EMELNORTE posee generación propia, actualmente cuenta con 10 centrales hidráulicas: Ambi con 8 MW, San Miguel de Car con 2.9 MW, La Playa con 1.3 MW, Otavalo con 0.35 MW, Atuntaqui con 0.36 MW, Espejo con 0.23 MW, Cotacachi con 0.38 MW, San Gabriel con 0.22 MW, Buenos Aires con 0.07 MW y La Plata con 0.09 MW. Todas estas centrales suman 13.9 MW de capacidad efectiva. Además cuenta con una central térmica: San Francisco con 1.6 MW que funciona en época de estiaje. Por otro lado también se debe señalar que existe generación privada en el cantón Cayambe, Molinos La Unión y cuenta con 1.6 MW. En la tabla 2.2 se indican las centrales de generación de EMELNORTE:

CENTRAL	TIPO	GRUPOS	TURBINA	POTENCIA (MW)		PROVINCIA
				INS	E FEC	
Ambi	H	2	Turgo	8.000	8.00	Imbabura
San Miguel de Car	H	1	Francis	2.852	2.90	Carchi
La Playa	H	3	Francis	1.320	1.30	Carchi
Atuntaqui	H	2	Francis	0.400	0.36	Imbabura
Cotacachi (1)	H	2	Francis	0.440	0.38	Imbabura
Otavalo (2)	H	1	Francis	0.421	0.35	Imbabura
Espejo (1)	H	2	Pelton	0.272	0.23	Carchi
San Gabriel (1)	H	1	Francis	0.300	0.22	Carchi
Buenos Aires (2)	H	1	Michel Banki	0.155	0.07	Imbabura
La Plata (2)	H	1	Michel Banki	0.136	0.09	Carchi
San Francisco	T			2.500	1.60	Carchi
TOTAL				16.796	15.5	

Tabla 2.2.- Centrales eléctricas de EMELNORTE

- donde:
- H: Central hidráulica.
 - T: Central térmica.
 - (1): Centrales que no están funcionando por daños.
 - (2): Sistemas aislados.

2.2.- SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN

Está compuesto por dos redes de subtransmisión: la primera con 152.6 km de 69 kV (Anexo 2A, Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico de EMELNORTE S.A.) y la segunda con 88.8 km de 34.5 kV, ambas redes reciben energía de la Subestación TRANSELECTRIC – Ibarra de 138/69/34.5 kV con una capacidad instalada de transformación de 63 MVA. En la tabla 2.3 se indican las principales líneas:

LINEA		LONGITUD (Km)	VOLTAJE (kV)	CALIBRE kcm	TIPO
DE	A				
Ibarra	Otavaló	19.4	69	477	Hawk
Ibarra	El Chota	20.6	69	336.4	Linnet
Otavaló	Cayambe	26.5	69	266.8	Partridge
Chota	El Angel	20.5	69	336.4	Linnet
El Angel	San Gabriel	13.8	69	336.4	Linnet
San Gabriel	Tulcán	30.7	69	336.4	Linnet
Tulcán	El Rosal	5.60	69	477	Hawk
EX – INECEL	Tulcán	2.00	69	336.4	Linnet
Ibarra	San Agustín	8.00	69	477 / 266.8	Hawk / Partridge
San Agustín	El Retorno	5.50	69	266.8 / 477	Partridge / Hawk
Ibarra	Alpachaca	3.70	34.5	336.4	Linnet
Alpachaca	El Ambi	5.00	34.5	1/0	Raven
Alpachaca	Diesel	1.30	34.5	2/0	Quail
Alpachaca	Der. Atuntaqui	5.50	34.5	336.4	Linnet
Der. Atuntaqui	San Vicente	5.50	34.5	336.4	Linnet
San Vicente	Tabacundo	26.8	34.5	3/0	Pigeon
Der. Atuntaqui	Atuntaqui	5.00	34.5	2/0	Quail
Ibarra	Selva Alegre	22.0	34.5	477	Hawk
El Rosal	San Miguel de Car	14.0	34.5	2/0	Quail

Tabla 2.3.- Líneas de subtransmisión de EMELNORTE

2.3.- SUBESTACIONES

La Empresa cuenta con 8 subestaciones de 69/13.8 kV: Cayambe, Otavalo, El Retorno, San Agustín, San Gabriel y Tulcán cada una de 10/12.5 MVA, El Chota de 5 MVA y El Ángel de 2.5 MVA. Además existe 1 subestación de 69/34.5 kV: El Rosal de 10/12.5 MVA. El sistema también cuenta con 3 subestaciones de 34.5/13.8 kV: Central Diesel de la ciudad de Ibarra (actualmente sin generación propia) de 12 MVA, Atuntaqui de 9.5 MVA y Tabacundo de 3.75 MVA. La capacidad instalada OA del sistema es de 102.75 MVA. En la tabla 2.4 se indican las principales subestaciones:

SUBESTACION	CANTON	VOLTAJE (kV)	CAPACIDAD (MVA)	
			OA	FA
Cayambe	Cayambe	69/13.8	10.0	12.5
Tabacundo	Pedro Moncayo	34.5/13.8	3.75	
Otavalo	Otavalo	69/13.8	10.0	12.5
Atuntaqui	Antonio Ante	34.5/13.8	2.00	2.5
	Antonio Ante	34.5/13.8	2.50	
	Antonio Ante	34.5/13.8	2.50	
	Antonio Ante	34.5/13.8	2.50	
Diesel	Ibarra	34.5/13.8	4.00	
	Ibarra	34.5/13.8	4.00	
	Ibarra	34.5/13.8	4.00	
	Ibarra	13.8/6.3	3.00	3.75
El Retorno	Ibarra	69/13.8	10.0	12.5
San Agustín	Ibarra	69/13.8	10.0	12.5
El Chota	Ibarra	69/13.8	5.00	
El Ángel	Espejo	69/13.8	2.50	
San Gabriel	Montúfar	69/13.8	10.0	12.5
Tulcán	Tulcán	69/13.8	10.0	12.5
El Rosal	Tulcán	69/34.5	10.0	12.5
La Playa	Tulcán	13.8/6.3	1.50	

Tabla 2.4.- Subestaciones de EMELNORTE

Lo descrito anteriormente se indica en el anexo 2B (Ubicación Geográfica del Sistema Eléctrico de EMELNORTE S.A.).

2.4.- DEFINICION DEL AREA DE ESTUDIO

Como punto de partida es necesario disponer de información detallada de todos los alimentadores primarios que conforman el sistema de distribución de las ciudades de Cayambe y Tabacundo para llevar a cabo dicho diagnóstico.

La recopilación de la información correspondiente a la topología y parámetros técnicos de las redes lo realizó la Unidad de Control de Pérdidas de Energía en el período comprendido entre el 10 de abril del 2000 hasta el 28 de diciembre del 2001. Para tener exactitud en la topología de los alimentadores el levantamiento total de las redes se lo efectuó vía GPS (Global Positioning System), la edición y migración de datos técnicos se realizó en AutoCadMap2000.

Para el presente trabajo, el área de estudio está definida para la parte urbana, comprendida por sectores residencial e industrial en su gran mayoría, y para la parte rural de los cantones de Cayambe y Pedro Moncayo pertenecientes a la provincia de Pichincha.

2.5.- SUBESTACION CAYAMBE

EMELNORTE realiza el suministro de energía eléctrica por medio del Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.) a través de varias subestaciones de reducción 69/13.8 kV. La Subestación Cayambe tiene una capacidad de 10/12.5 MVA y posee 5 alimentadores primarios que cubren su área de concesión. Estos alimentadores se caracterizan por ser de tipo aéreo en postera de hormigón. Las características de los alimentadores primarios se detallan a continuación.

2.5.1.- CIRCUITO No. 1

El alimentador principal sale de la subestación por la calle Mariana de Jesús, 23 de Julio, García Moreno, Ascázubi y luego se dirige por las calles Rocafuerte y Av. Natalia Jarrín con derivaciones hacia las calles Vivar, Libertad, Bolívar, Sucre y Junín. En su trayecto

tiene derivaciones monofásicas en las calles Ascázubi entre Calderón y Argentina, Restauración, Morales, Quiroga, Venezuela, 24 de Mayo y 10 de Agosto. Este circuito abarca la parte céntrica de la ciudad de Cayambe tal como se indica en la figura 2.1.

La carga de este circuito es de tipo residencial urbana y comercial, con una capacidad instalada de 3795 kVA como se indica en la tabla 2.5.

TRANSFORMADORES CAYAMBE CIRCUITO No. 1			
TRANSFORMADORES	CAPACIDAD	CANTIDAD	CAPACIDAD INSTALADA
	kVA	#	kVA
MONOFASICOS	75	4	300
	50	2	100
	37.5	24	900
	25	34	850
	15	13	195
	10	2	20
TRIFASICOS	200	2	400
	100	1	100
	75	1	75
	50	3	150
	45	4	180
	30	16	480
	15	3	45
TOTAL		109	3795

Tabla 2.5.- Capacidad instalada del circuito No. 1

El análisis de este circuito se lo realizó en el programa DPA/GTM (Distribution Primary Analysis / Graphics) versión 3.12 con mediciones tomadas en el mes de marzo del 2002 por medio de un medidor electrónico que almacena la información de demanda: potencias activa y reactiva con un intervalo de tiempo de 15 minutos. Como resultado se obtuvo que la demanda máxima es de 1410.48 kW el 21 de marzo del 2002 a las 19:00 horas con un factor de potencia de 0.95.

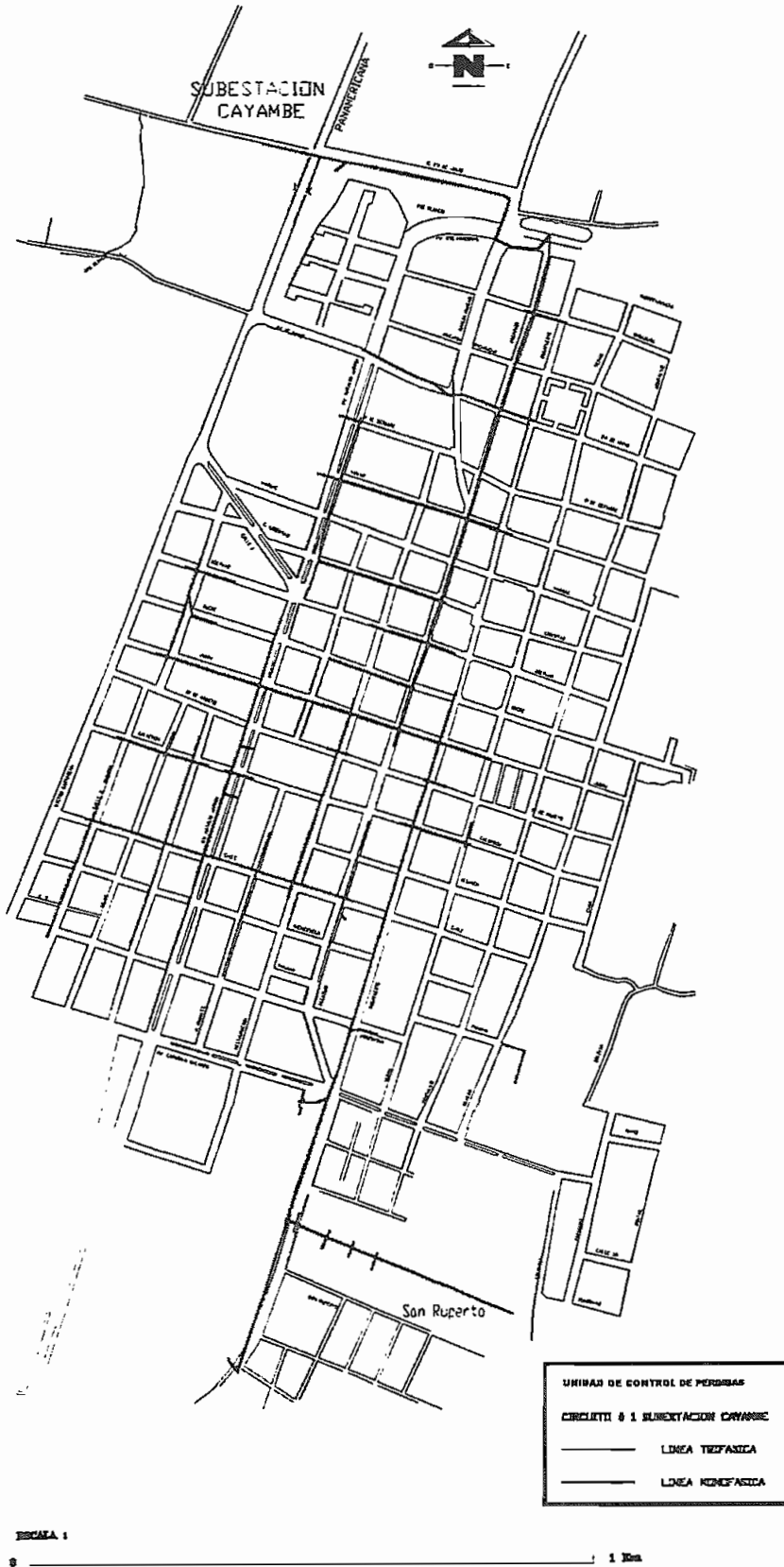


Figura 2.1.- Topología del circuito No. 1

La curva de demanda para el circuito No. 1, correspondiente a la semana donde se obtuvo el máximo valor se indica en la figura 2.2.

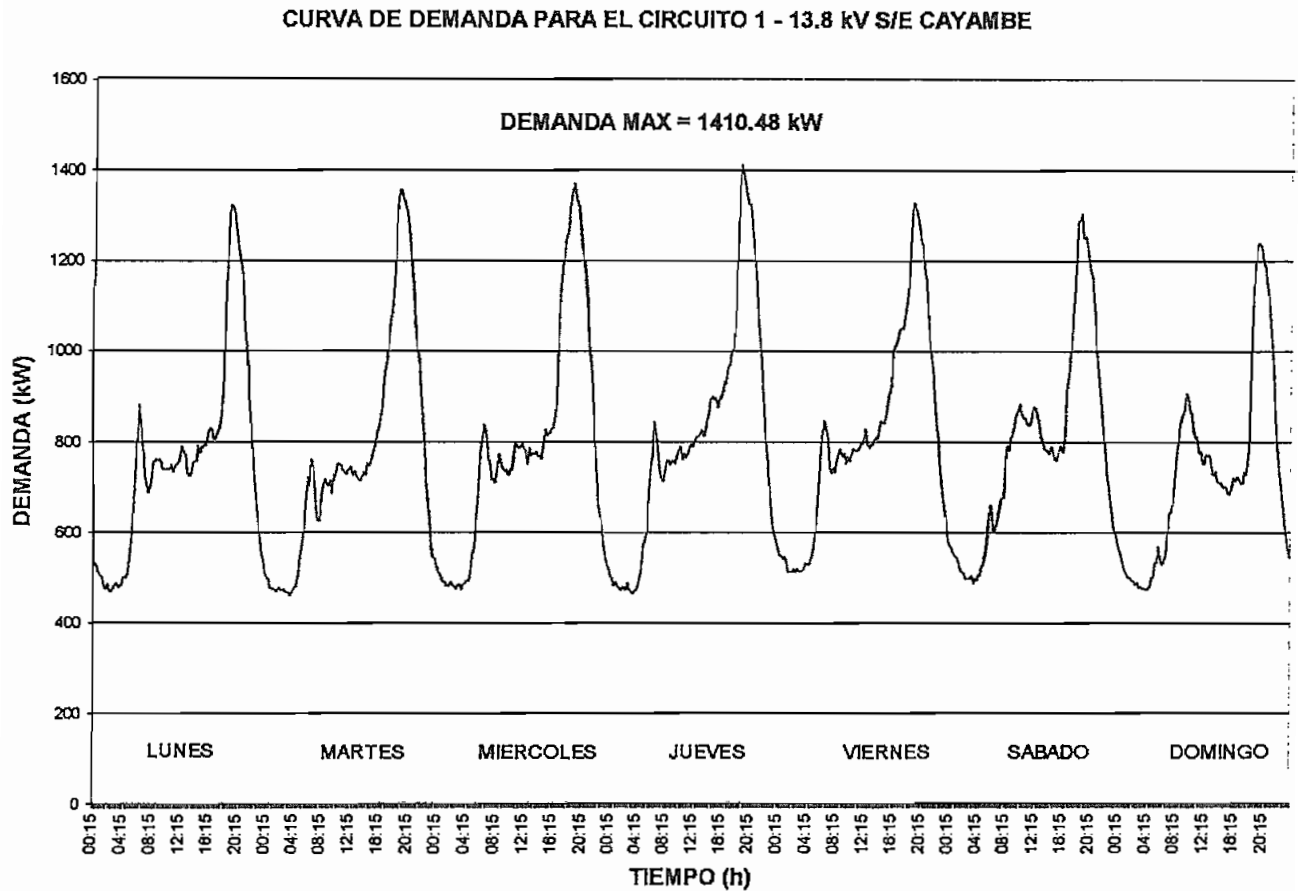


Figura 2.2.- Curva de demanda para el circuito No. 1

Los resultados más relevantes de la corrida de flujos se indican en la tabla 2.6.

Circuito	Demanda				Nombre	Sección	Carga a través de la sección			
	kVA	kW	kVAR	fp			kVA	kW	kVAR	A
C1	1497.7	1415	490.7	0.94	Mariana de Jesús	C1-1	31.2	526	176	72
					23 de Julio	C1-4	30.7	514	175	71
					23 de Julio	C1-6	30.7	511	174	70
					Ascázubi	C1-9	30.3	505	171	69
					Ascázubi	C1-17	29.8	495	167	68

Tabla 2.6.- Resultados de la corrida de flujos del circuito No. 1 a 13.8 kV

2.5.2.- CIRCUITO No. 2

El alimentador principal sale de la subestación por la calle Mariana de Jesús, Av. Víctor Cartagena y luego se dirige por la Av. Córdova Galarza hacia los sectores de Juan Montalvo, Molinos La Unión, Guachalá, Cangahua y La Compañía. Este circuito tiene derivaciones monofásicas hacia los sectores El Sigal, Yasnán, Orongo, San Nicolás, San Ruperto, San Vicente, Cooperativa Primero de Mayo, Loma Larga, Huacho – Huacho, Anacocha, Cochapamba, El Hato, Chita Chaca, Comunidad de Carrera, Porotog, Piemonte, Santa Rosa y Santa Marianita de Pingulmí, Pitana, Josefina, Huaycupata, Yacuventana, La Compañía lotes 1, 2, 3, 4 y Larcachaca. Es el circuito más extenso y cubre la parte sur oriental del Cantón tal como se indica en la figura 2.3.

La carga de este circuito es residencial urbana, industrial y residencial rural, tiene una capacidad instalada de 15587.5 kVA como se indica en la tabla 2.7.

TRANSFORMADORES CAYAMBE CIRCUITO No. 2			
TRANSFORMADORES	CAPACIDAD	CANTIDAD	CAPACIDAD INSTALADA
	kVA	#	kVA
MONOFASICOS	50	14	700
	37.5	32	1200
	25	68	1700
	15	75	1125
	10	168	1680
	7.5	2	15
	5	20	100
TRIFASICOS	1600	1	1600
	400	1	400
	300	1	300
	240	1	240
	200	1	200
	160	1	160
	150	1	150
	125	7	875
	112.5	3	337.5
	100	10	1000
	75	30	2250
	60	2	120
	50	8	400
	45	6	270
30	25	750	
15	1	15	
TOTAL		478	15587.5

Tabla 2.7.- Capacidad instalada del circuito No. 2

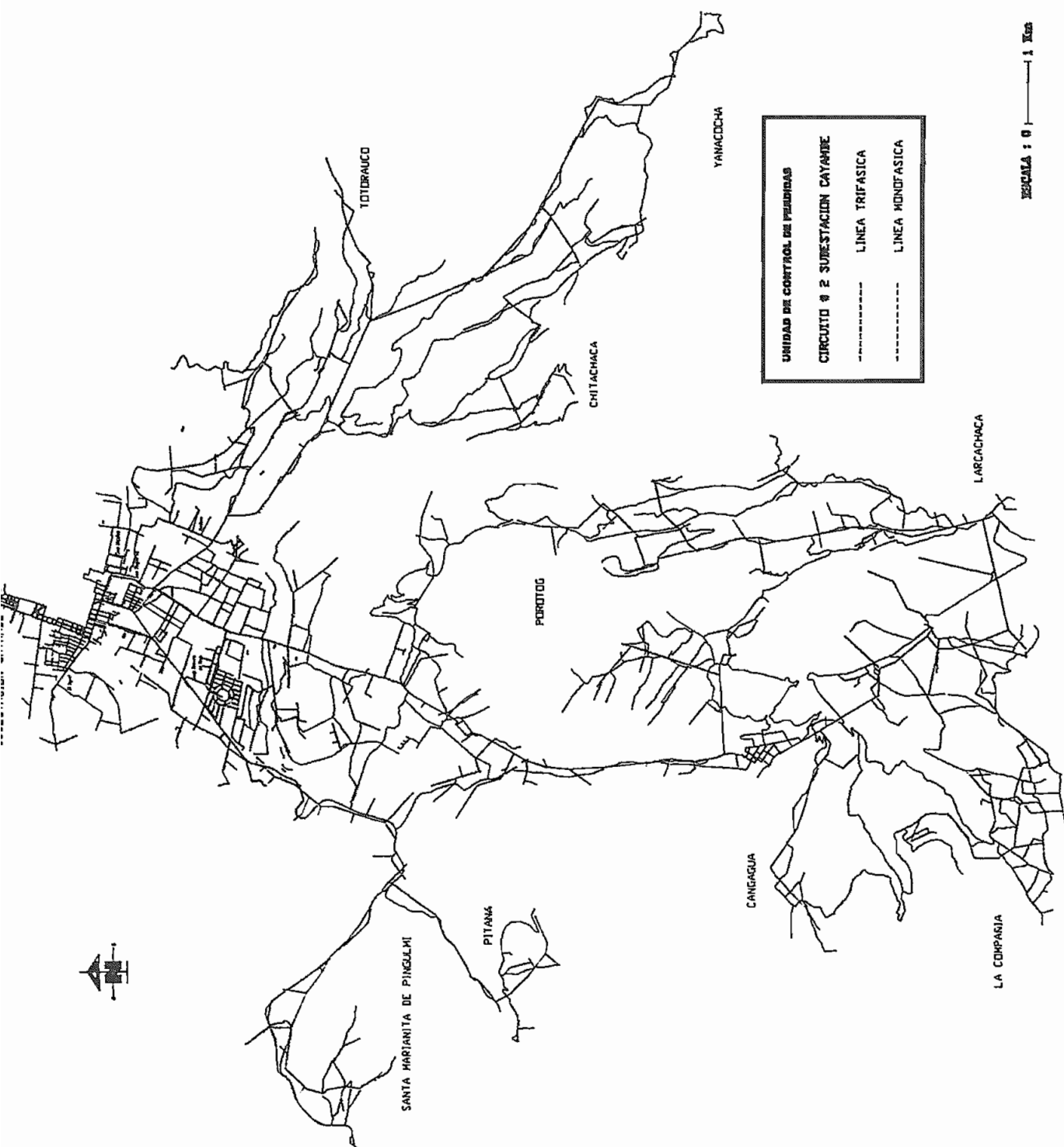


Figura 2.3.- Topología del circuito No. 2

La medición del circuito se realizó en la misma fecha del circuito anterior. Como resultado se obtuvo que la demanda máxima es de 3323.76 kW el 15 de marzo del 2002 a las 19:30 horas con un factor de potencia de 0.96.

La curva de demanda para el circuito No. 2, correspondiente a la semana donde se obtuvo el máximo valor se indica en la figura 2.4.

CURVA DE DEMANDA PARA EL CIRCUITO 2 - 13.8 KV S/E CAYAMBE

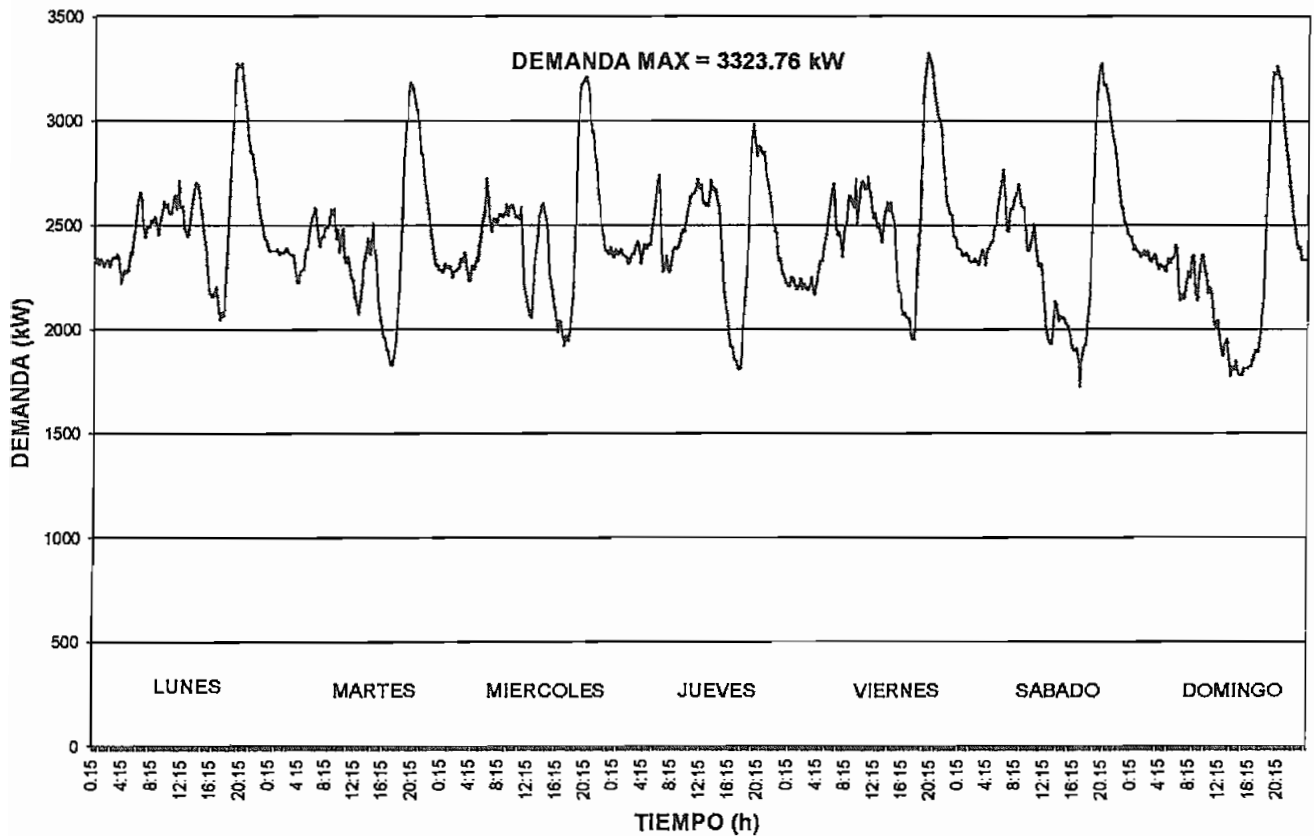


Figura 2.4.- Curva de demanda para el circuito No. 2

Los resultados más relevantes de la corrida de flujos se indican en la tabla 2.8.

Circuito	Demanda				Nombre	Sección	Carga a través de la sección			
	kVA	kW	kVAR	fp			kVA	kW	kVAR	A
C2	3486.3	3151.9	1489.8	0.90	Mariana de Jesús	C2-1	70.7	1156	493	163
					Víctor Cartagena	C2-3	70.6	1140	491	161
					Víctor Cartagena	C2-6	69.1	1118	485	159
					Víctor Cartagena	C2-13	57.6	992	434	142
					Víctor Cartagena	C1-18	56.1	877	383	127

Tabla 2.8.- Resultados de la corrida de flujos del circuito No. 2 a 13.8 kV

2.5.3.- CIRCUITO No. 3

El alimentador principal sale de la subestación dirigiéndose hacia la avenida que une las ciudades de Cayambe y Tabacundo, terminando a 500 m de la "Y". Este circuito se encuentra con el terminal del circuito No. 3 de la subestación Tabacundo sin existir transferencia de carga entre estos dos circuitos. En su trayecto posee varias derivaciones trifásicas hacia Cananvalle y Granobles debido a que estos sectores poseen la mayor cantidad de florícolas; además existen derivaciones bifásicas que se dirigen hacia Tupigachi y derivaciones monofásicas extensas dirigidas hacia Milán, San Isidro, Cajas, Santa Mónica, San Pablito de Agualongo, El Prado, Ugsha y La Cruz. Este circuito posee un recorrido muy desordenado abarcando la parte este del Cantón tal como se indica en la figura 2.5.

La carga de este circuito es industrial y residencial rural, tiene una capacidad instalada de 12135 kVA como se indica en la tabla 2.9.

TRANSFORMADORES CAYAMBE CIRCUITO No. 3			
TRANSFORMADORES	CAPACIDAD	CANTIDAD	CAPACIDAD INSTALADA
	kVA	#	kVA
MONOFASICOS	37.5	21	787.5
	25	19	475
	15	65	975
	10	90	900
	7.5	10	75
	5	20	100
TRIFASICOS	200	3	600
	150	2	300
	125	5	625
	112.5	9	1012.5
	100	12	1200
	75	33	2475
	60	3	180
	50	30	1500
	45	10	450
30	16	480	
TOTAL		348	12135

Tabla 2.9.- Capacidad instalada del circuito No. 3

Como resultado se obtuvo que la demanda máxima es de 3310.56 kW el 4 de marzo del 2002 a las 11:00 horas con un factor de potencia de 0.87.

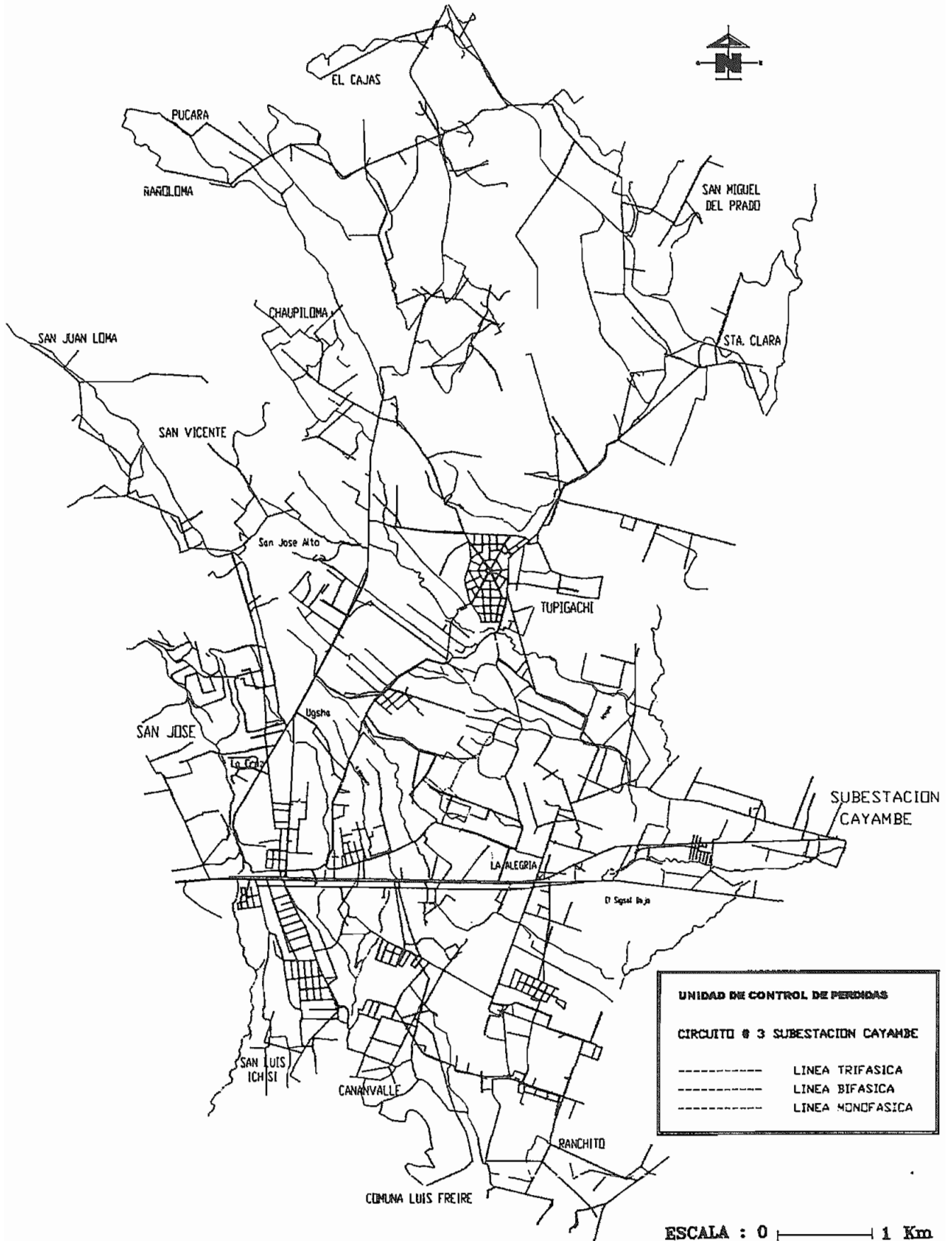


Figura 2.5.- Topología del circuito No. 3

La curva de demanda para el circuito No. 3, correspondiente a la semana donde se obtuvo el máximo valor se indica en la figura 2.6.

CURVA DE DEMANDA PARA EL CIRCUITO 3 - 13.8 kV S/E CAYAMBE

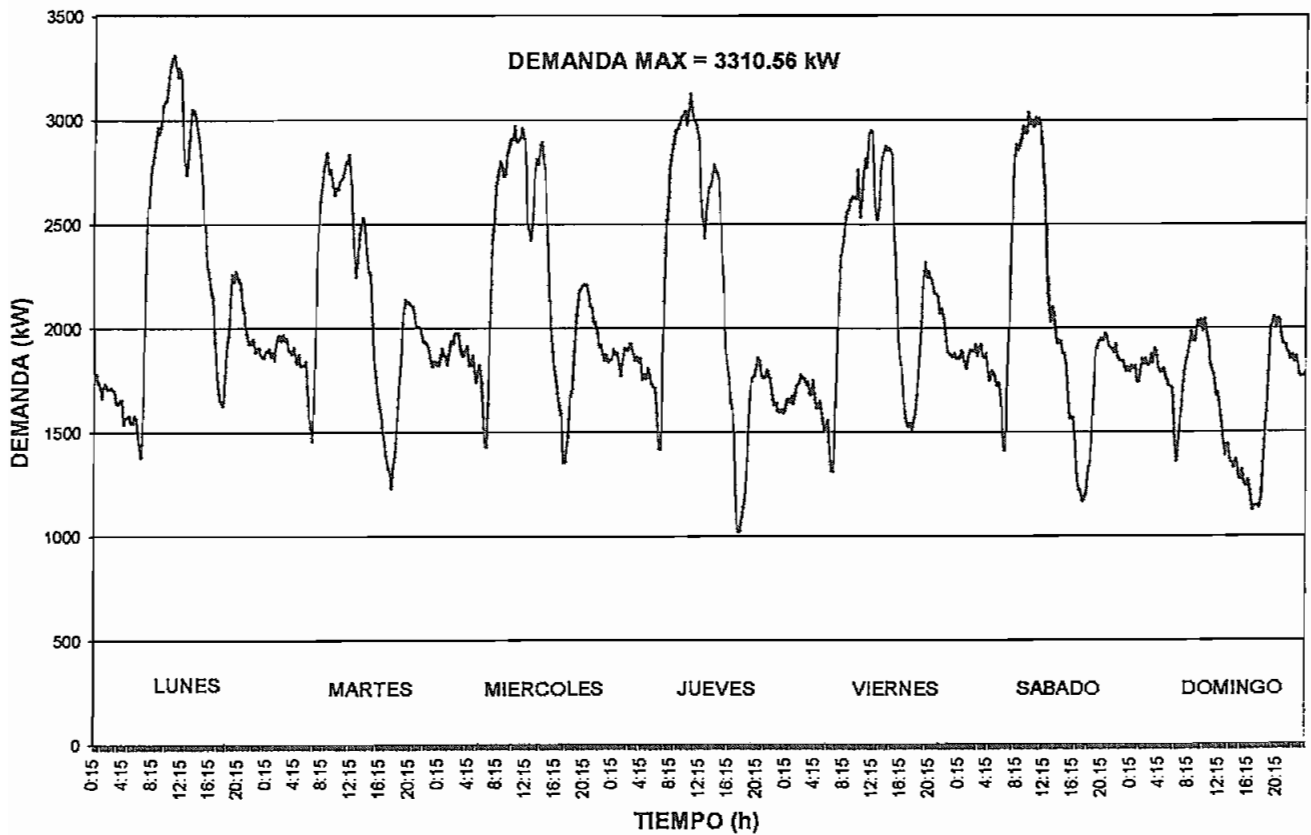


Figura 2.6.- Curva de demanda para el circuito No. 3

Los resultados más relevantes de la corrida de flujos se indican en la tabla 2.10.

Circuito	Demanda				Nombre	Sección	Carga a través de la sección			
	kVA	kW	kVAR	fp			kVA	kW	kVAR	A
C3	4085.9	3660	1816.5	0.90	S/E Cayambe	C3-1	86.3	1376	678	199
					Granobles	C3-2	86.1	1372	676	198
					Granobles	C3-15	85.7	1353	664	197
					Granobles	C3-19	85	1302	632	194
					Granobles	C3-22	82.8	1254	605	190

Tabla 2.10.- Resultados de la corrida de flujos del circuito No. 3 a 13.8 kV

2.5.4.- CIRCUITO No. 4

El alimentador principal sale de la subestación y se dirige por la calle Mariana de Jesús, 23 de Julio, Primero de Mayo y luego por las calles Montalvo y Olmedo con derivaciones hacia las calles Independencia, 24 de Mayo, 9 de Octubre, Vargas, Av. Libertad y Sucre. Tiene derivaciones monofásicas hacia las calles Panamá, Cuba, 12 de Chimborazo, Bellavista, Tnte. Hugo Ortiz, 28 de Julio y Cardenal de la Torre. Este circuito alimenta los sectores de Alvarez Chiriboga, Santo Domingo No. 1, Santo Domingo No. 2 y Puntiaquil. En su recorrido abarca una pequeña parte céntrica de la ciudad y el oeste del Cantón como se indica en la figura 2.7.

La carga de este circuito es residencial urbana, comercial y residencial rural, tiene una capacidad instalada de 2328.5 kVA como se indica en la tabla 2.11.

TRANSFORMADORES CAYAMBE CIRCUITO No. 4			
TRANSFORMADORES	CAPACIDAD	CANTIDAD	CAPACIDAD INSTALADA
	kVA	#	kVA
MONOFASICOS	50	2	100
	37.5	13	487.5
	25	24	600
	15	27	405
	10	17	170
	7.5	1	7.5
	5	4	20
	3.5	1	3.5
TRIFASICOS	125	1	125
	75	2	150
	50	1	50
	30	7	210
TOTAL		100	2328.5

Tabla 2.11.- Capacidad instalada del circuito No. 4

Como resultado se obtuvo que la demanda máxima es de 994.32 kW el 17 de agosto del 2002 a las 19:45 horas con un factor de potencia de 0.96.

La curva de demanda para el circuito No. 4, correspondiente a la semana donde se obtuvo el máximo valor se indica en la figura 2.8.

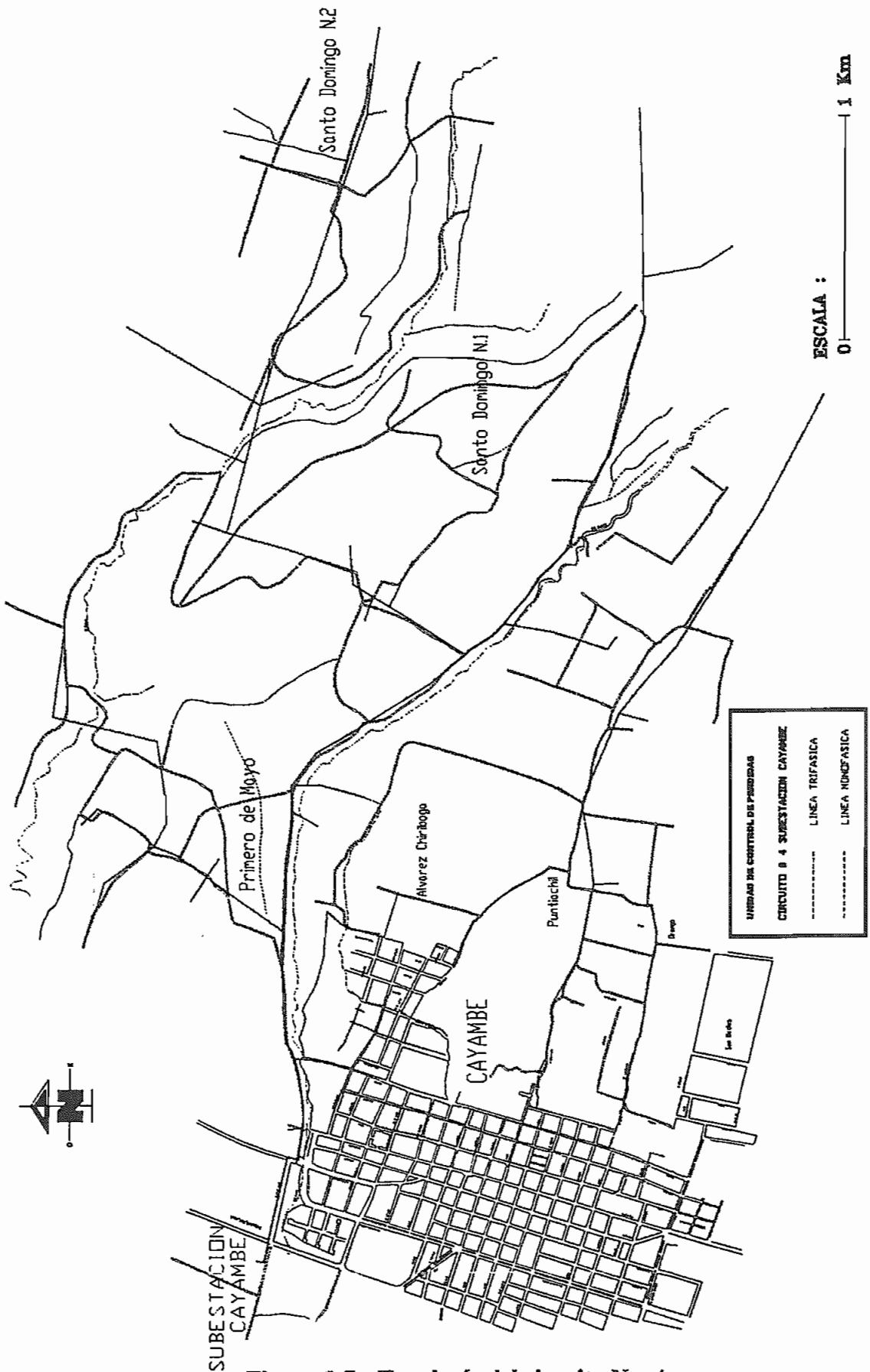


Figura 2.7.- Topología del circuito No. 4

CURVA DE DEMANDA PARA EL CIRCUITO 4 - 13.8 kV S/E CAYAMBE

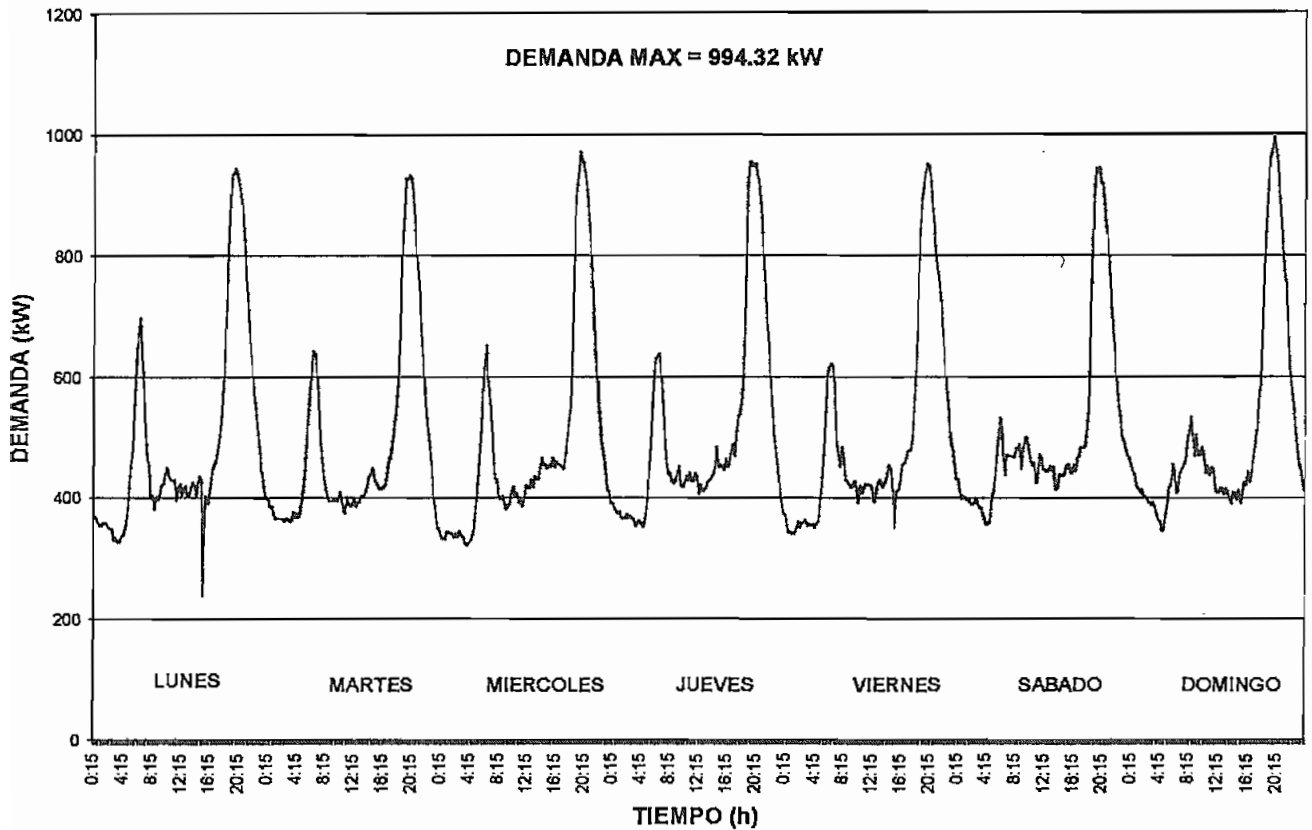


Figura 2.8.- Curva de demanda para el circuito No. 4

Los resultados más relevantes de la corrida de flujos se indican en la tabla 2.12.

Circuito	Demanda				Nombre	Sección	Carga a través de la sección			
	kVA	kW	kVAR	fp			kVA	kW	kVAR	A
C4	1039.6	998.9	287.8	0.96	Mariana de Jesús	C4-1	27.3	468	130	63
					Olmedo	C4-7	27.8	371	96	50
					Independencia	C4-14	19.1	255	67	34
					Montalvo	C4-33	16.5	219	58	30
					Montalvo	C4-32	16.4	216	58	29

Tabla 2.12.- Resultados de la corrida de flujos del circuito No. 4 a 13.8 kV

2.5.5.- CIRCUITO No. 5

El alimentador principal sale de la subestación y se dirige por la calle Mariana de Jesús, 23 de Julio hacia los sectores de Ayora y Nuevos Horizontes. En su trayecto tiene derivaciones trifásicas hacia los sectores de Florecal, Nápoles, Paquistancia, Cariacu, Tajamar y Rosamont. También posee ramificaciones monofásicas hacia Santa Rosa de Ayora, Muyurco, Caucho Alto, Chaupi, San Esteban, La Compañía, San Francisco, Santa Clara y La Tola. Este circuito alimenta a zonas rurales al norte del Cantón como se indica en la figura 2.9.

La carga de este circuito es industrial, residencial urbana y residencial rural, tiene una capacidad instalada de 6970.5 kVA como se indica en la tabla 2.13.

TRANSFORMADORES CAYAMBE CIRCUITO No. 5			
TRANSFORMADORES	CAPACIDAD	CANTIDAD	CAPACIDAD INSTALADA
	kVA	#	kVA
MONOFASICOS	50	2	100
	37.5	12	450
	25	28	700
	15	50	750
	10	66	660
	7.5	9	67.5
	5	10	50
	3	1	3
TRIFASICOS	500	1	500
	250	2	500
	160	2	320
	100	5	500
	125	9	1125
	75	11	825
	50	6	300
	30	4	120
TOTAL		218	6970.5

Tabla 2.13.- Capacidad instalada del circuito No. 5

Como resultado se obtuvo que la demanda máxima es de 1527.84 kW el 27 de marzo del 2002 a las 19:15 horas con un factor de potencia de 0.92.

La curva de demanda para el circuito No. 5, correspondiente a la semana donde se obtuvo el máximo valor se indica en la figura 2.10.

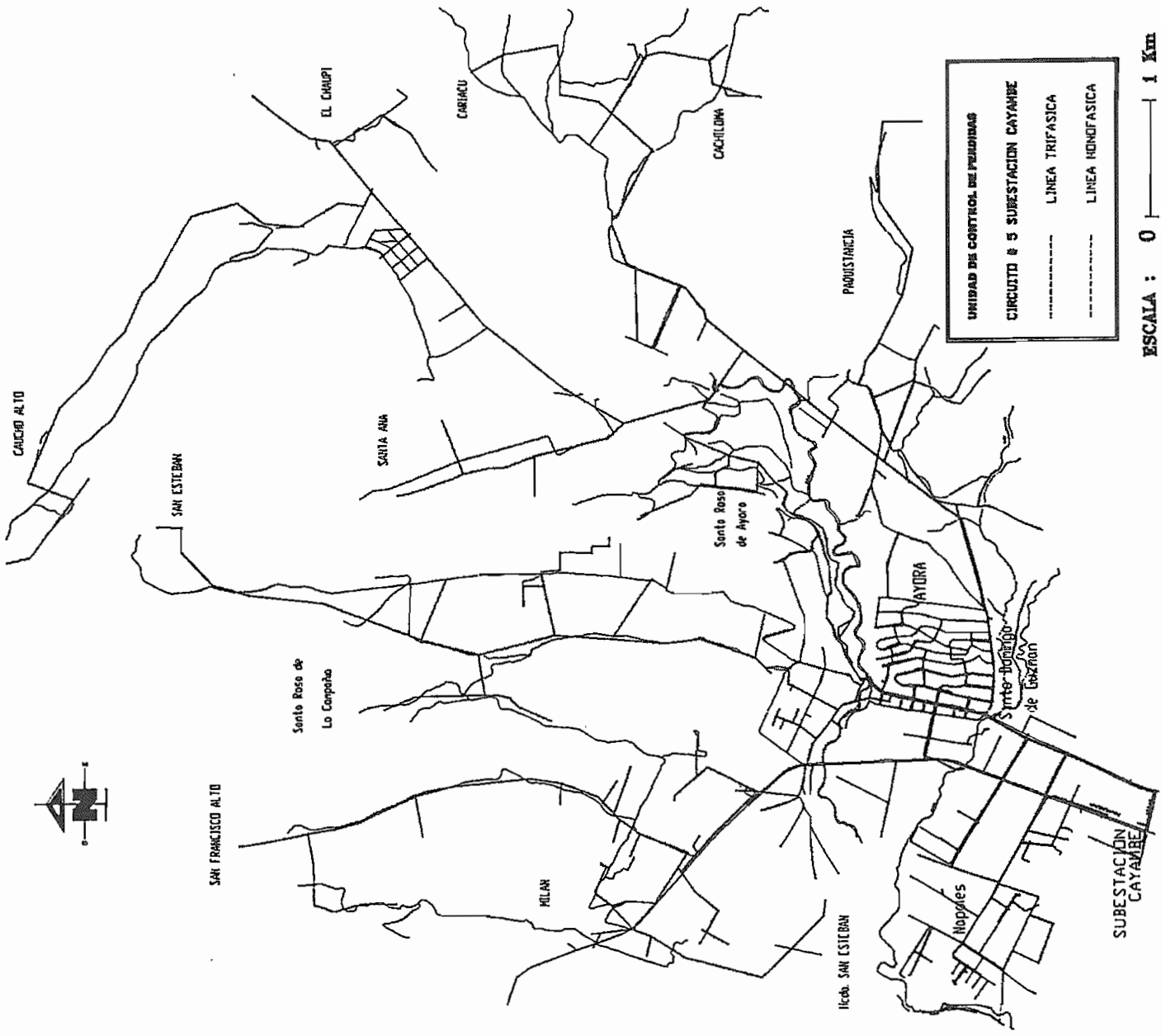


Figura 2.9.- Topología del circuito No. 5

CURVA DE DEMANDA PARA EL CIRCUITO 5 - 13.8 KV S/E CAYAMBE

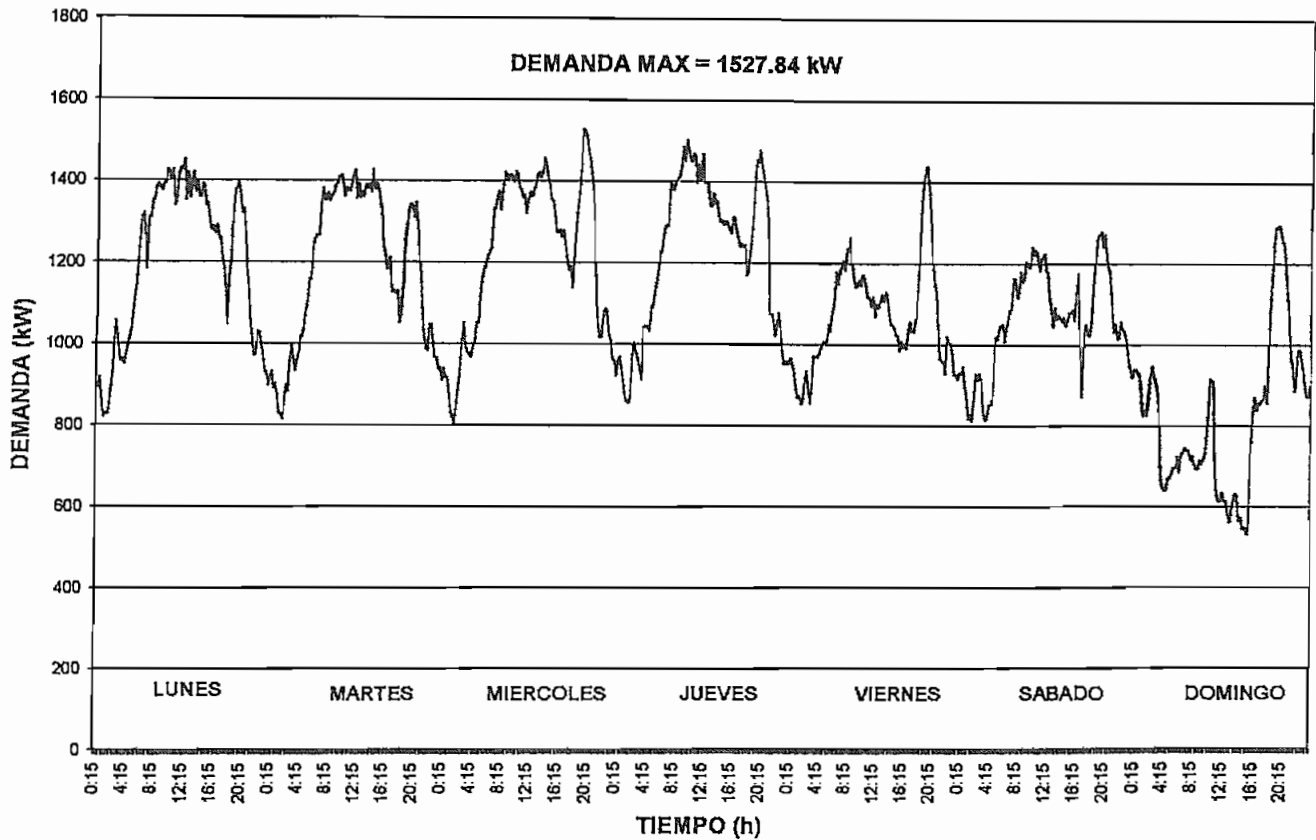


Figura 2.10.- Curva de demanda para el circuito No. 5

Los resultados más relevantes de la corrida de flujos se indican en la tabla 2.14.

Circuito	Demanda				Nombre	Sección	Carga a través de la sección			
	kVA	kW	kVAR	fp			kVA	kW	kVAR	A
CS	1668.1	1535.5	651.7	0.92	Mariana de Jesús	C5-1	32.6	534	225	75
					Vía Ayora	C5-2	32.1	513	214	72
					Florícolas	C5-3	11.6	141	66	20
					Florícolas	C5-7	9.8	122	57	18
					Florícolas	C5-11	8.8	109	51	16

Tabla 2.14.- Resultados de la corrida de flujos del circuito No. 5 a 13.8 kV

2.6.- SUBESTACION TABACUNDO

La Subestación Tabacundo tiene una capacidad de 3.75 MVA y posee 3 alimentadores primarios que cubren su área de concesión. Para esta subestación se debe trabajar con potencias instantáneas debido a que los circuitos no poseen medición en cada una de las salidas. Las características de los alimentadores primarios se detallan a continuación.

2.6.1.- CIRCUITO No. 1

El alimentador principal sale de la subestación por las calles Juan Montalvo, González Suárez, Bolívar y luego se dirige por la calle Plaza Gutiérrez hacia los sectores de San José Alto, San Joaquín, San José Chico y Aviflor. Tiene derivaciones hacia las calles Sucre, Freile, García Moreno y Rocafuerte hacia el sector El Calvario. El circuito cubre la parte céntrica de la ciudad y la parte occidental del cantón de Pedro Moncayo, como se indica en la figura 2.11.

Este circuito posee carga de tipo residencial urbana, rural y comercial con una capacidad instalada de 972.5 kVA como se indica en la tabla 2.15.

TRANSFORMADORES TABACUNDO CIRCUITO No. 1			
TRANSFORMADORES	CAPACIDAD	CANTIDAD	CAPACIDAD INSTALADA
	kVA	#	KVA
MONOFASICOS	37.5	6	225
	25	16	400
	15	8	120
	10	6	60
	7.5	1	7.5
	5	2	10
TRIFASICOS	50	3	150
TOTAL		42	972.5

Tabla 2.15.- Capacidad instalada del circuito No. 1

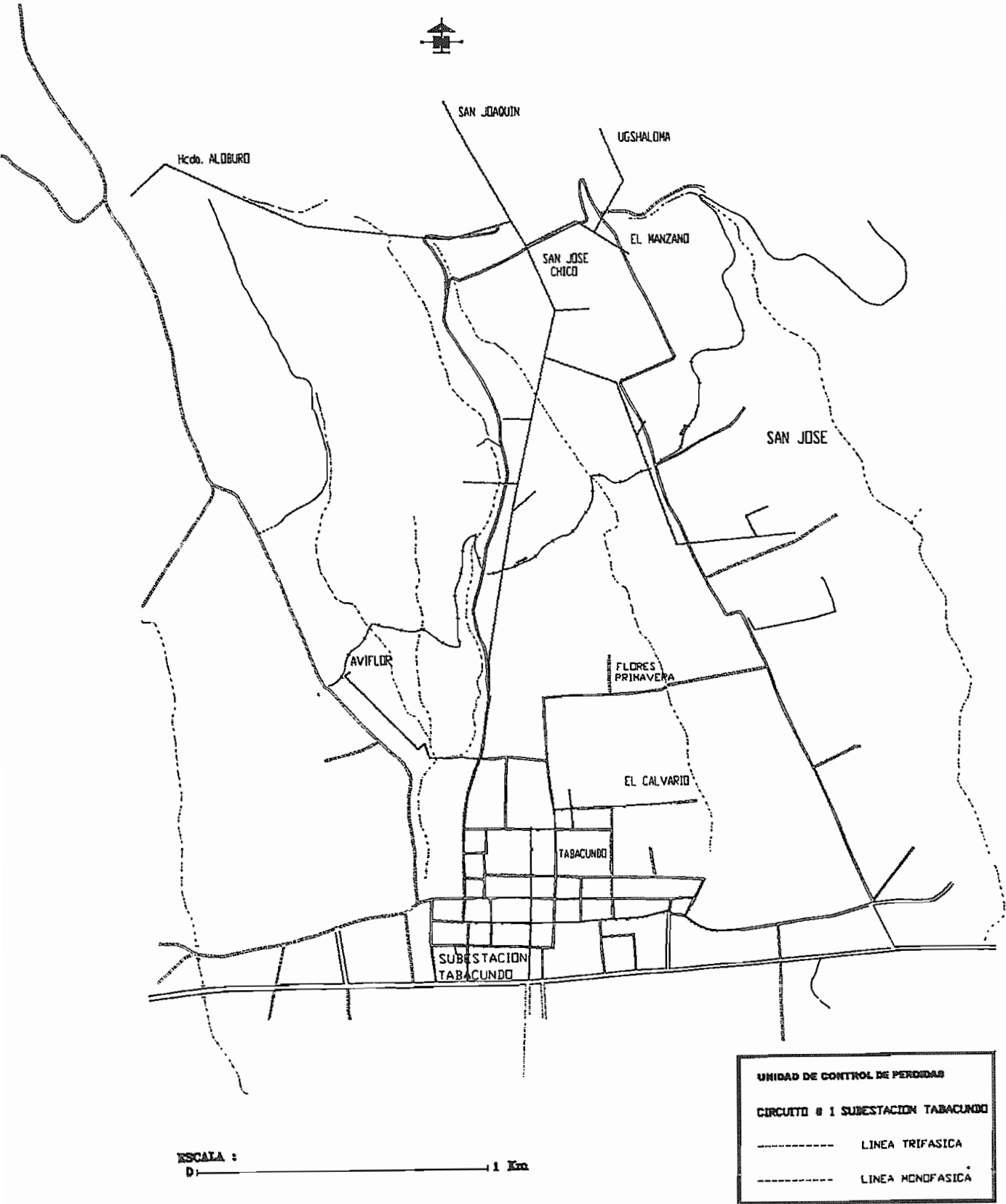


Figura 2.11.- Topología del circuito No. 1

Las mediciones para este circuito fueron tomadas desde el 18 al 24 de marzo del 2002 con una pinza amperimétrica de alta tensión a la salida de cada uno de los alimentadores. Como resultado se obtuvo que la demanda máxima es de 549.77 kW el 19 de marzo del 2002 a las 20:00 horas. El factor de potencia asumido es de 0.92.

La curva de demanda para el circuito No. 1, correspondiente a la semana en estudio se indica en la figura 2.12.

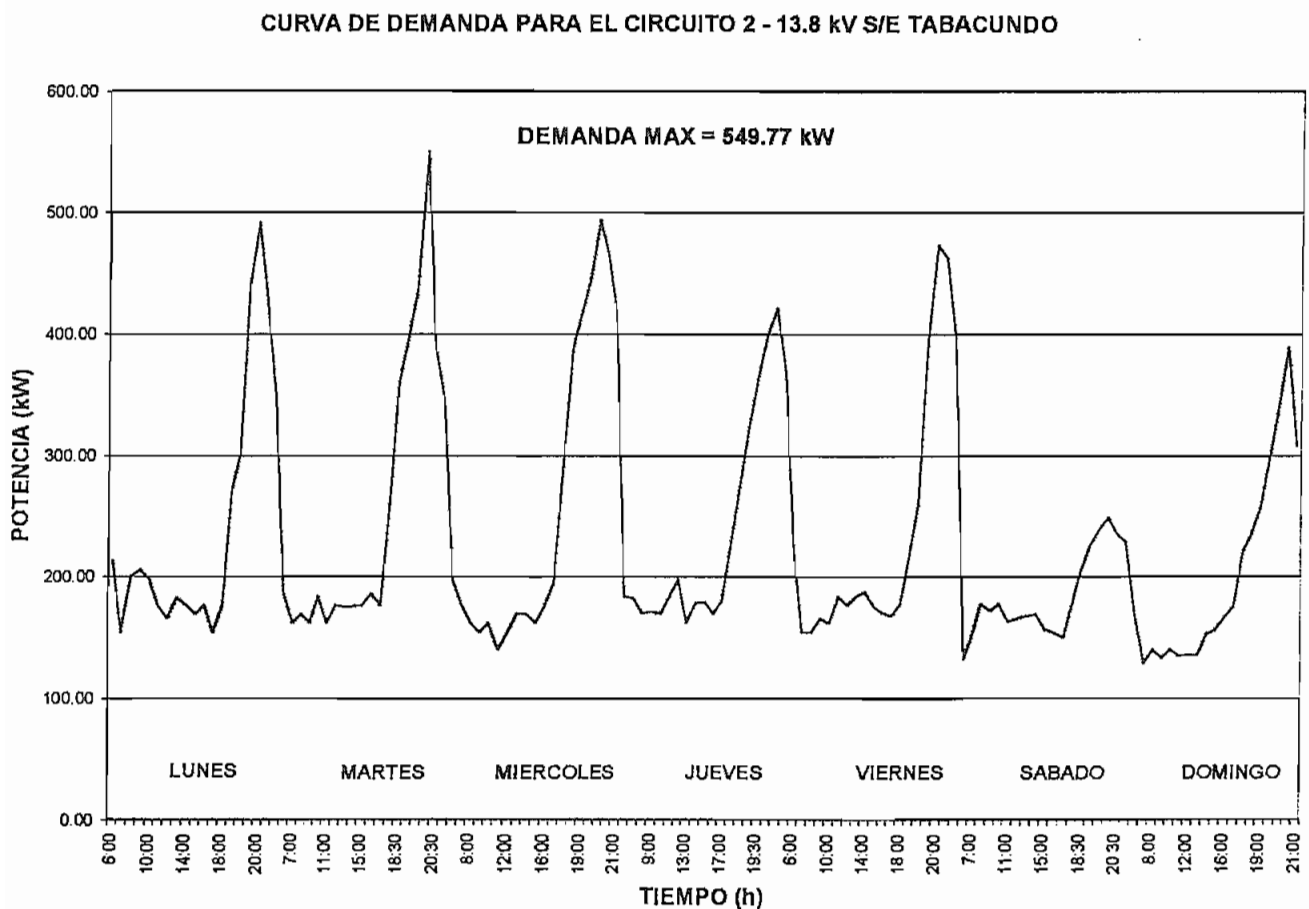


Figura 2.12.- Curva de demanda para el circuito No. 1

Los resultados más relevantes de la corrida de flujos se indican en la tabla 2.16.

Circuito	Demanda				Nombre	Sección	Carga a través de la sección			
	kVA	kW	kVAR	fp			kVA	kW	kVAR	A
T1	583.2	565.5	142.7	0.97	Juan Montalvo	T1-1	12.9	289	73	39
					Bolívar	T1-11	20.4	274	69	37
					Plaza Gutiérrez	T1-12	20.4	252	64	34
					San José	T1-15	14.4	190	48	26
					San José	T1-17	12.9	172	43	23

Tabla 2.16.- Resultados de la corrida de flujos del circuito No. 1 a 13.8 kV

2.6.2.- CIRCUITO No. 2

El alimentador principal sale de la subestación por la calle Juan Montalvo hasta la Av. Cochasquí dirigiéndose por la panamericana rumbo al sur hacia los sectores de Guallaro, Picalquí, Vía Mojanda, La Esperanza, Cuvinche, Chimburlo, Quilicos, Tomalón, Chimbacalle y Guaraquí. Tiene derivaciones hacia los sectores de Zanja Punta, Tocachi, Cochasquí, Moronga, Cholán, Jerusalén, Tanda, Parque Recreacional, Colina de los Algarrobos, Pisque, Venencia, Floremit y Malchinguí. Es el circuito más extenso perteneciente a la subestación Tabacundo, como se indica en la figura 2.13.

La carga de este circuito es residencial urbana, rural e industrial con una capacidad instalada de 5443 kVA como se indica en la tabla 2.17.

TRANSFORMADORES TABACUNDO CIRCUITO No. 2			
TRANSFORMADORES	CAPACIDAD	CANTIDAD	CAPACIDAD INSTALADA
	kVA	#	KVA
MONOFASICOS	37.5	8	300
	25	25	625
	15	61	915
	10	84	840
	7.5	4	30
	5	11	55
	3	1	3
TRIFASICOS	300	1	300
	250	1	250
	150	1	150
	125	1	125
	112.5	4	450
	100	3	300
	90	1	90
	75	3	225
	50	10	500
	45	5	225
	30	2	60
TOTAL		226	5443

Tabla 2.17.- Capacidad instalada del circuito No. 2

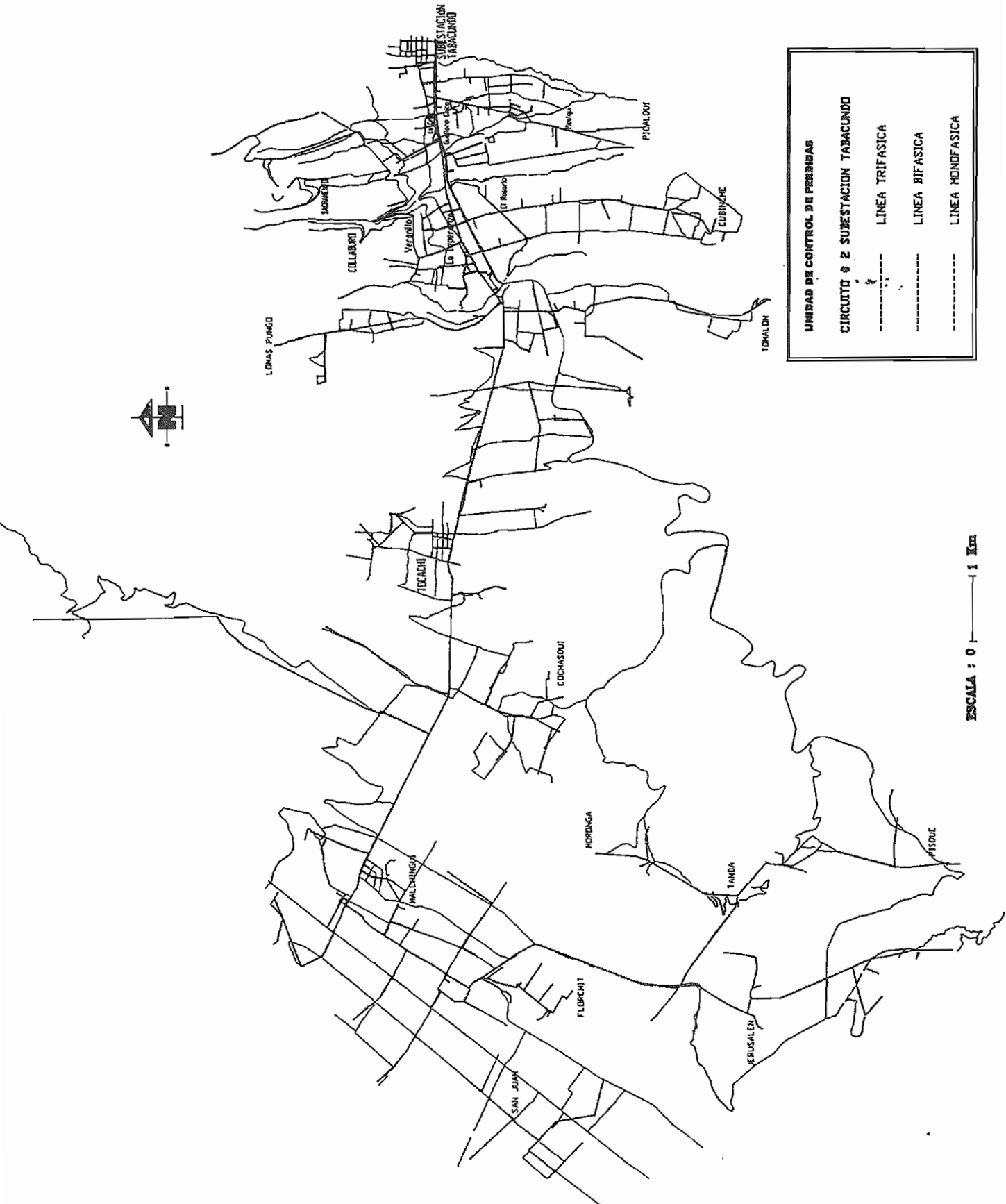


Figura 2.13.- Topología del circuito No. 2

Las mediciones para este circuito fueron tomadas en la misma fecha del circuito anterior obteniéndose como resultado que la demanda máxima es de 1409.04 kW el 19 de marzo del 2002 a las 20:00 horas. El factor de potencia asumido es de 0.92.

La curva de demanda para el circuito No. 2, correspondiente a la semana en estudio se indica en la figura 2.14.

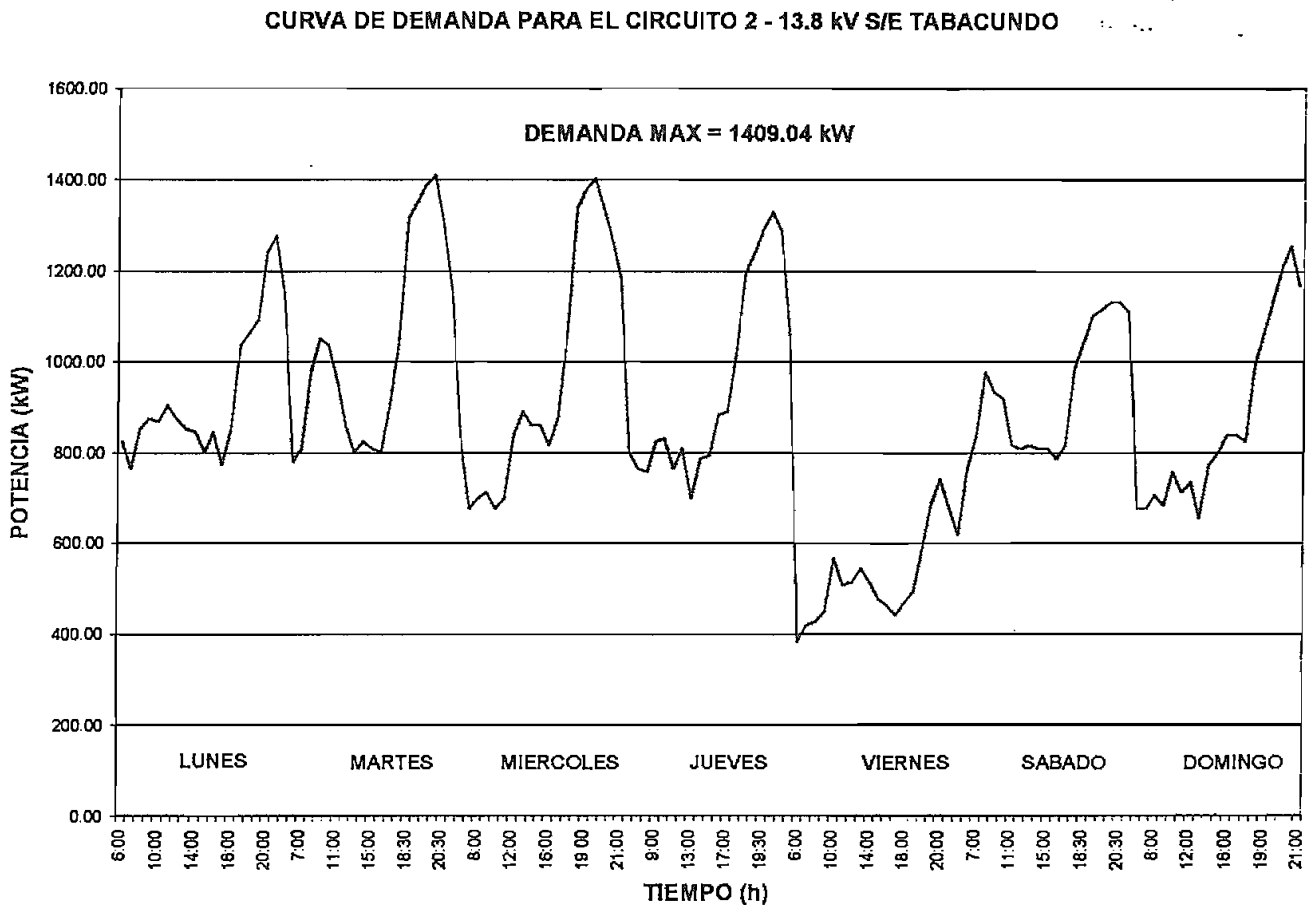


Figura 2.14.- Curva de demanda para el circuito No. 2

Los resultados más relevantes de la corrida de flujos se indican en la tabla 2.18.

Circuito	Demanda				Nombre	Sección	Carga a través de la sección			
	kVA	kW	kVAR	fp			kVA	kW	kVAR	A
T2	1411.3	1300.6	547.9	0.92	Juan Montalvo	T2-1	21.7	463	195	65
					Guallaro	T2-7	36.1	457	192	64
					Guallaro	T2-12	35	445	187	63
					Picalquí	T2-28	32	408	171	58
					Picalquí	T2-30	31.3	397	166	56

Tabla 2.18.- Resultados de la corrida de flujos del circuito No. 2 a 13.8 kV

2.6.3.- CIRCUITO No. 3

El alimentador principal sale de la subestación por la calle Idrovo hasta la panamericana dirigiéndose luego hacia el norte a Cananvalle. Tiene derivaciones por la calle M. Reinoso y hacia los sectores de San José, Pasquel, Angumba, Purhuante, Rosinvar e Ichisig. El circuito termina 500 m antes de la Y topándose con el circuito No. 3 de la subestación Cayambe, sin existir transferencia de carga entre los dos alimentadores como se indica en la figura 2.15.

La carga de este circuito es residencial rural e industrial con una capacidad instalada de 1952.5 kVA como se observa en la tabla 2.19.

TRANSFORMADORES TABACUNDO CIRCUITO No. 3			
TRANSFORMADORES	CAPACIDAD	CANTIDAD	CAPACIDAD INSTALADA
	kVA	#	kVA
MONOFASICOS	37.5	5	187.5
	25	11	275
	15	10	150
	10	8	80
	7.5	1	7.5
	5	1	5
TRIFASICOS	150	1	150
	112.5	1	112.5
	100	1	100
	75	5	375
	60	1	60
	50	3	150
	45	2	90
30	7	210	
TOTAL		57	1952.5

Tabla 2.19.- Capacidad instalada del circuito No. 3

Como resultado se obtuvo que la potencia máxima es de 1436.73 kW el 22 de marzo del 2002 a las 20:00 horas. El factor de potencia asumido es de 0.92.

La curva de demanda para el circuito No. 3, correspondiente a la semana en estudio se indica en la figura 2.16.

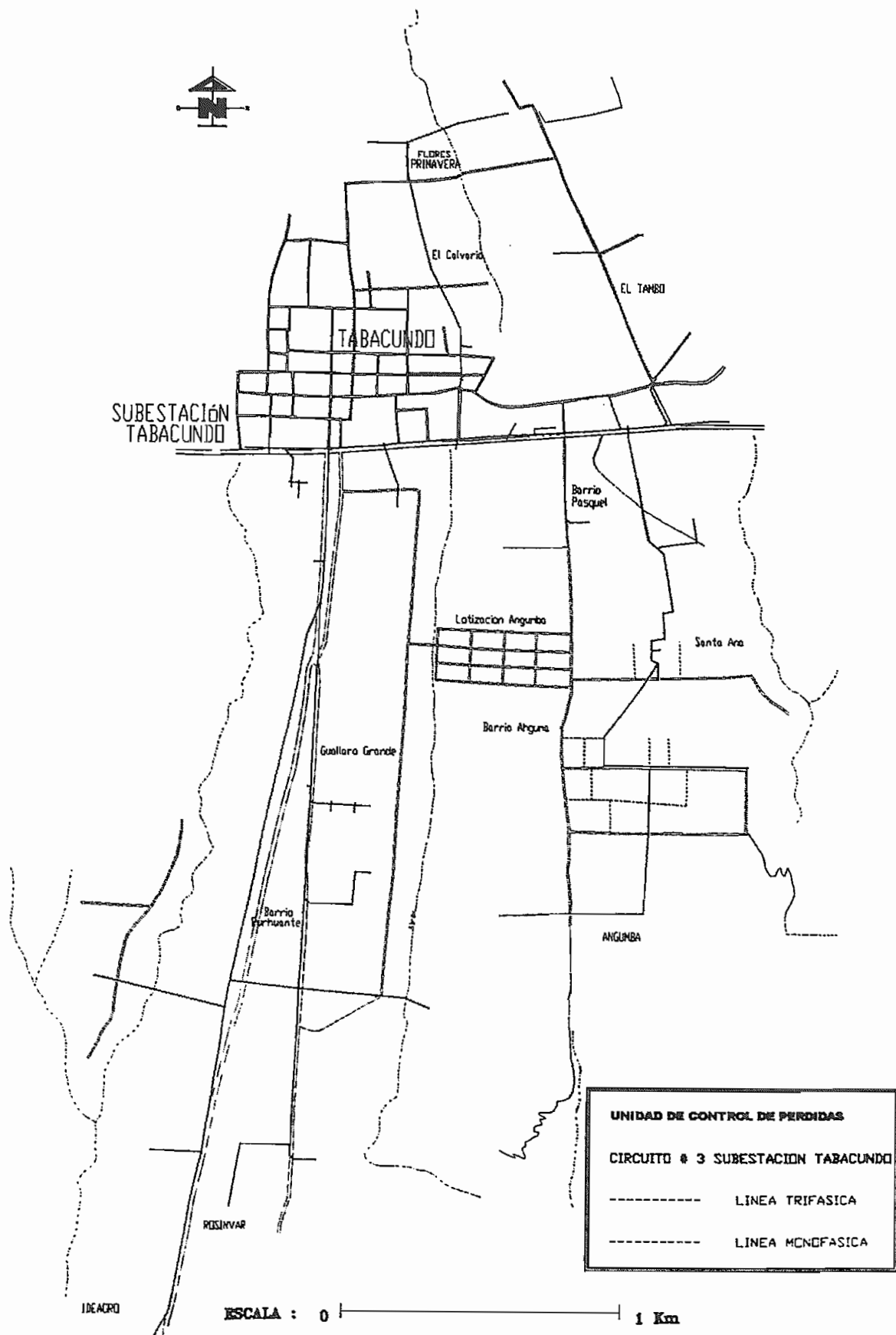


Figura 2.15.- Topología del circuito No. 3

CURVA DE DEMANDA PARA EL CIRCUITO 3 - 13.8 kV S/E TABACUNDO

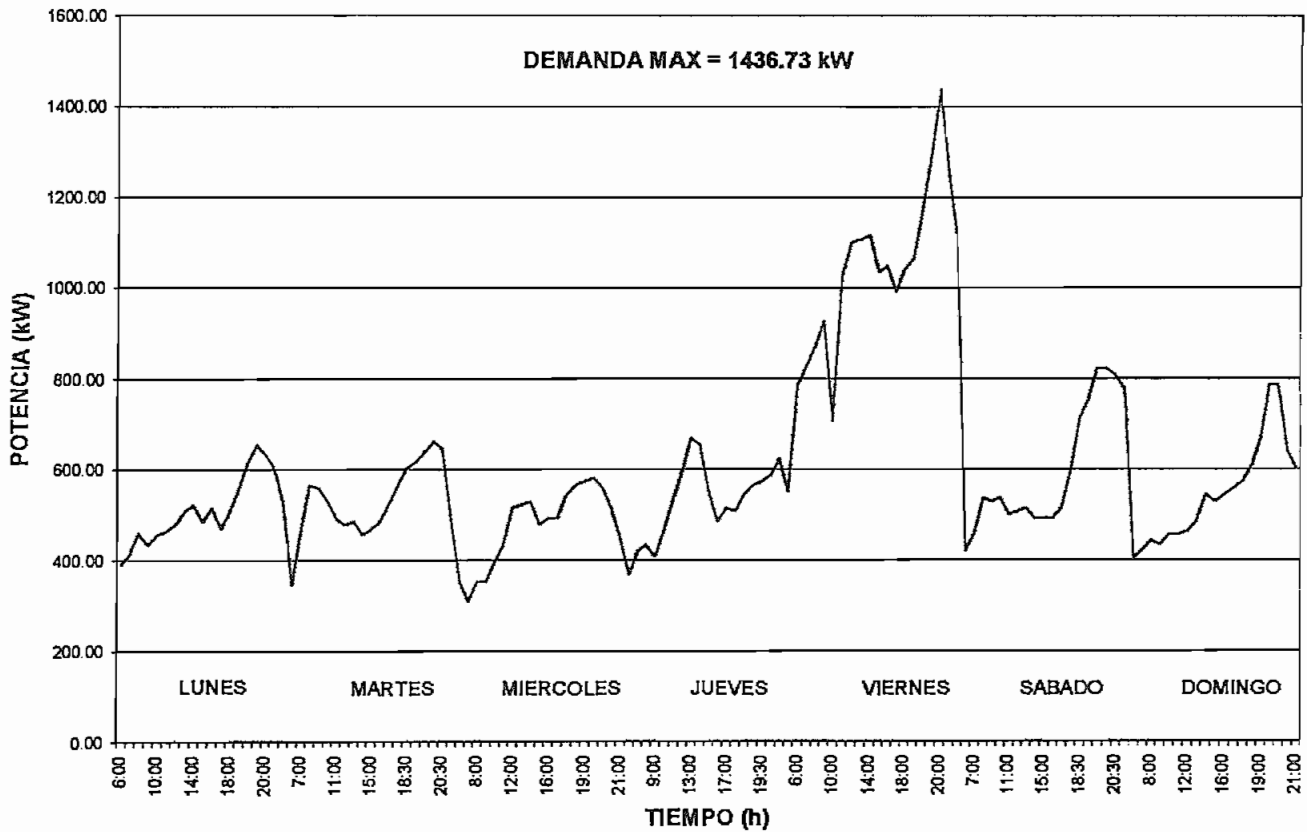


Figura 2.16.- Curva de demanda para el circuito No. 3

Los resultados más relevantes de la corrida de flujos se indican en la tabla 2.20.

Circuito	Demanda				Nombre	Sección	Carga a través de la sección			
	kVA	kW	kVAR	fp			kVA	kW	kVAR	A
T3	1439.4	1323.5	565.8	0.92	Juan Montalvo	T3-1	22.2	474	203	67
					18 de Septiembre	T3-10	26	424	181	60
					Panamericana	T3-44	19	310	133	44
					Panamericana	T3-36	18.6	300	128	42
					Aquiles Polanco	T3-38	17.8	290	124	41

Tabla 2.20.- Resultados de la corrida de flujos del circuito No. 3 a 13.8 kV

2.7.- ANÁLISIS Y COMENTARIOS DE LA SITUACION INICIAL

Los cantones de Cayambe y Pedro Moncayo abarcan zonas con carga industrial predominante por ser lugares donde se encuentra el mayor número de florícolas e industrias. A los grandes consumidores o abonados especiales se los considera como cargas puntuales (Spot Load) y se debe trabajar con los datos de potencia activa y reactiva que registran los medidores asignados a ellos, ya que si se trabaja con los datos de capacidad instalada se comete un gran error debido a que los transformadores no operan a su máxima capacidad.

Con el levantamiento de las nuevas redes para cada alimentador, sus parámetros técnicos y la división de estas en secciones, se actualizaron los circuitos en el programa DPA/GTM. Debido a que los circuitos son desbalanceados, para la simulación de los flujos de potencia se utilizó el Análisis por Fase para todos los alimentadores.

El resumen de los resultados se presenta a continuación (véase tabla 2.21):

Para el circuito No. 1 de Cayambe se tiene una potencia de 1497.7 kVA a un factor de potencia de 0.94. Las pérdidas acumuladas son de 14.5 kW. La corriente nominal es de 72 A en la fase A cuyo valor va disminuyendo en las secciones mas alejadas de la fuente. La máxima caída de voltaje se presenta en las calles Ascázubi y Venezuela (C1-60) con 1.82%, sector San Ruperto (C1-A', C1-93) con 1.15% y 0.93% respectivamente. Las secciones más cargadas están en las calles Ascázubi y Sucre (C1-34) con 44.51%, Amazonas y García Moreno (C1-5) con 36.15% y 31.63%.

Para el circuito No. 2 de Cayambe se tiene una potencia de 3486.3 kVA a un factor de potencia de 0.90. Las pérdidas acumuladas son de 179.3 kW. La corriente nominal es de 163 A en la fase B. La máxima caída de voltaje se presenta en los sectores de San Antonio (C2-195) con 11.59%, Porotog (C2-172) con 14.00% y Guachalá (C2-132) con 7.42%. La sección más cargada está en la subestación Cayambe (C2-1) con 60.46%, 70.73% y 65.18%.

Para el circuito No. 3 de Cayambe se tiene una potencia de 4085.9 kVA a un factor de potencia de 0.90. Las pérdidas acumuladas son de 260.7 kW. La corriente nominal es de 199 A en la fase A. La máxima caída de voltaje se presenta en la florícola Unique Rosas (C3-268) con 12.25%, sectores de San Juan Loma (C3-218) con 10.36% y Loma Gorda (C3-375) con 6.94%. La sección más cargada está en la subestación Cayambe (C3-1) con 86.32%, 77.47% y 66.08%.

Para el circuito No. 4 de Cayambe se tiene una potencia de 1039.6 kVA a un factor de potencia de 0.96. Las pérdidas acumuladas son de 7.7 kW. La corriente nominal es de 63 A en la fase A. La máxima caída de voltaje se presenta en los sectores de Ancholag (C4-K) con 1.62%, Santo Domingo # 1 (C4-87) con 0.59% y Santo Domingo # 2 (C4-110) con 0.97%. Las secciones más cargadas están en las calles Olmedo e Independencia (C4-11) con 27.75% y en la subestación Cayambe (C4-1, C4-3) con 15.22% y 15.93% respectivamente.

Para el circuito No. 5 de Cayambe se tiene una potencia de 1668.1 kVA a un factor de potencia de 0.92. Las pérdidas acumuladas son de 25.1 kW. La corriente nominal es de 75 A en las fases B y C. La máxima caída de voltaje se presenta en Producnorte (C5-206) con 2.21% y 2.89%, sector Carmen de Milán (C5-175) con 2.55%. La sección más cargada está en la subestación Cayambe (C5-1) con 28.68%, 32.56% y 32.60%.

Para el circuito No. 1 de Tabacundo se tiene una potencia de 583.2 kVA a un factor de potencia de 0.97. Las pérdidas acumuladas son de 2.9 kW. La corriente nominal es de 39 A en la fase A. La máxima caída de voltaje se presenta en Hacienda Aloburo (T1-30) con 1.35%, Urb. San Rafael (T1-10) con 0.16% y sector de García Moreno (T1-45) con 0.14%. La sección más cargada está en la subestación Tabacundo (T1-3) con 21.43%, 10.94% y 8.50%.

Para el circuito No. 2 de Tabacundo se tiene una potencia de 1411.3 kVA a un factor de potencia de 0.92. Las pérdidas acumuladas son de 68.8 kW. La corriente nominal es de 65 A en la fase B. La máxima caída de voltaje se presenta en el sector de Jerusalén (T2-167) con 9.70% y Floremit (T2-178) con 8.97% y 7.32%. La sección más cargada es la subestación Tabacundo (T2-7) con 29.39%, 36.14% y 34.16%.

Para el circuito No. 3 de Tabacundo se tiene una potencia de 1439.4 kVA a un factor de potencia de 0.92. Las pérdidas acumuladas son de 7.0 kW. La corriente nominal es de 67 A en la fase C. La máxima caída de voltaje se presenta en el Plan de Vivienda Tabacundo (T3-33) con 0.89% y el sector de Angumba (T3-70) con 0.92%. La sección más cargada es la subestación Tabacundo (T3-4) con 24.90%, 26.65% y 29.02%.

De los resultados anteriores se puede observar que los circuitos 2, 3 y 5 de la S/E Cayambe están con problemas de bajo voltaje debido a la extensión de estos y sobre los cuales se va a poner mayor atención en cuanto a los criterios de coordinación de protecciones. Por otro lado, el circuito # 2 de la S/E Tabacundo tiene igual problema debido a la presencia de la florícola Floremit que se encuentra en la cola del mismo. Los criterios anteriores serán aplicados a este circuito.

El circuito # 3 de la S/E Cayambe tiene problemas de cargabilidad con valores que sobrepasan el límite permitido (75%) con valores de 86.32% y 77.47% perteneciente a la Subestación (sección C3-1).

El porcentaje de pérdidas en los circuitos 1, 4 y 5 de la subestación Cayambe son del 1%, 0.77% y 1.63%, respectivamente. Por otro lado, los circuitos 1 y 3 de la subestación Tabacundo poseen 0.51% y 0.52%. Estos valores se encuentran dentro del rango aceptable de pérdidas, esto es del 3%. En cambio para los alimentadores 2 y 3 de la subestación Cayambe y 2 de la subestación Tabacundo son de 5.68%, 7.12% y 5.27%, respectivamente. En cuanto al porcentaje general de pérdidas para las subestaciones antes indicadas está en el orden del 4.5% y 2.46%.

Se debe recalcar que en la actualidad ninguno de los cinco alimentadores de la S/E Cayambe cuentan con re conectadores instalados, a excepción de la S/E Tabacundo que posee re conectadores instalados a la salida de cada uno de los tres alimentadores.

S/E CAYAMBE – CIRCUITO No. 1							
Máxima caída de tensión			Máxima carga en el conductor		Pérdidas		
Sección	Caída (%)	Nivel (%)	Sección	Cargabilidad (%)	kVA	kW	kVAR
C1-60	1.82	95.18	C1-34	44.51	8.04	6.83	4.26
C1-A'	1.15	95.85	C1-5	36.15	5.64	4.68	3.15
C1-93	0.93	96.07	C1-5	31.63	3.64	3.00	2.06
Carga acumulada en el alimentador				Pérdidas acumuladas en el alimentador			
Fase	kVA	kW	kVAR	fp	kVA	kW	kVAR
A	554.7	525.9	176.3	0.95	8.0	6.8	4.3
B	503.0	474.2	167.8	0.94	5.6	4.7	3.1
C	440.1	414.9	146.7	0.94	3.6	3.0	2.1
TOTAL	1497.7	1415	490.7	0.94	17.3	14.5	9.5
S/E CAYAMBE – CIRCUITO No. 2							
Máxima caída de tensión			Máxima carga en el conductor		Pérdidas		
Sección	Caída (%)	Nivel (%)	Sección	Cargabilidad (%)	kVA	kW	kVAR
C2-195	11.59	85.41	C2-1	60.46	64.62	53.31	36.52
C2-172	14.00	83.00	C2-1	70.73	92.64	76.78	51.84
C2-132	7.42	89.58	C2-1	65.18	60.31	49.19	34.89
Carga acumulada en el alimentador				Pérdidas acumuladas en el alimentador			
Fase	kVA	kW	kVAR	fp	kVA	kW	kVAR
A	1074.7	935.6	528.7	0.87	64.6	53.3	36.5
B	1257.2	1156.4	493.4	0.92	92.6	76.8	51.8
C	1158.5	1059.9	467.7	0.91	60.3	49.2	34.9
TOTAL	3486.3	3151.9	1489.8	0.90	217.6	179.3	123.2
S/E CAYAMBE – CIRCUITO No. 3							
Máxima caída de tensión			Máxima carga en el conductor		Pérdidas		
Sección	Caída (%)	Nivel (%)	Sección	Cargabilidad (%)	kVA	kW	kVAR
C3-268	12.25	84.75	C3-1	86.32	136.87	112.46	78.02
C3-218	10.36	86.64	C3-1	77.47	109.2	88.77	63.60
C3-375	6.94	90.06	C3-1	66.08	73.19	59.45	42.68
Carga acumulada en el alimentador				Pérdidas acumuladas en el alimentador			
Fase	kVA	kW	kVAR	fp	kVA	kW	kVAR
A	1534.3	1376.3	678.1	0.90	136.9	112.5	78.0
B	1377.0	1233.6	611.8	0.90	109.2	88.8	63.6
C	1174.6	1050.0	526.5	0.89	73.2	59.4	42.7
TOTAL	4085.9	3660.0	1816.5	0.90	319.3	260.7	184.3
S/E CAYAMBE – CIRCUITO No. 4							
Máxima caída de tensión			Máxima carga en el conductor		Pérdidas		
Sección	Caída (%)	Nivel (%)	Sección	Cargabilidad (%)	kVA	kW	kVAR
C4-K	1.62	95.38	C4-11	27.75	5.74	4.87	3.03
C4-87	0.59	96.41	C4-1	15.22	1.56	1.31	0.84
C4-110	0.97	96.03	C4-3	15.93	1.80	1.52	0.97
Carga acumulada en el alimentador				Pérdidas acumuladas en el alimentador			
Fase	kVA	kW	kVAR	fp	kVA	kW	kVAR
A	486.0	468.1	130.5	0.96	5.7	4.9	3.0
B	270.5	259.6	76.1	0.96	1.6	1.3	0.8
C	283.1	271.2	81.2	0.96	1.8	1.5	1.0
TOTAL	1039.6	998.9	287.8	0.96	9.1	7.7	4.8
S/E CAYAMBE – CIRCUITO No. 5							
Máxima caída de tensión			Máxima carga en el conductor		Pérdidas		

Sección	Caída (%)	Nivel (%)	Sección	Cargabilidad (%)	kVA	kW	kVAR
C5-206	2.21	94.79	C5-1	28.68	7.98	6.65	4.42
C5-206	2.89	94.11	C5-1	32.56	11.05	9.22	6.09
C5-175	2.55	94.45	C5-1	32.60	11.10	9.26	6.13
Carga acumulada en el alimentador					Pérdidas acumuladas en el alimentador		
Fase	kVA	kW	kVAR	fp	kVA	kW	kVAR
A	509.8	467.6	203.2	0.92	8.0	6.6	4.4
B	578.8	533.8	223.8	0.92	11.0	9.2	6.1
C	579.5	534.2	224.7	0.92	11.1	9.3	6.1
TOTAL	1668.1	1535.5	651.7	0.92	30.1	25.1	16.6
S/E TABACUNDO – CIRCUITO No. 1							
Máxima caída de tensión			Máxima carga en el conductor		Pérdidas		
Sección	Caída (%)	Nivel (%)	Sección	Cargabilidad (%)	kVA	kW	kVAR
T1-30	1.35	95.65	T1-3	21.43	2.98	2.60	1.46
T1-10	0.16	96.84	T1-3	10.94	0.24	0.20	0.13
T1-45	0.14	96.86	T1-3	8.50	0.12	0.10	0.07
Carga acumulada en el alimentador					Pérdidas acumuladas en el alimentador		
Fase	kVA	kW	kVAR	fp	kVA	kW	kVAR
A	298.0	288.9	73.2	0.97	3.0	2.6	1.5
B	152.2	147.6	37.1	0.97	0.2	0.2	0.1
C	132.9	128.9	32.4	0.97	0.1	0.1	0.1
TOTAL	583.2	565.5	142.7	0.97	3.3	2.9	1.7
S/E TABACUNDO – CIRCUITO No. 2							
Máxima caída de tensión			Máxima carga en el conductor		Pérdidas		
Sección	Caída (%)	Nivel (%)	Sección	Cargabilidad (%)	kVA	kW	kVAR
T2-167	9.70	87.3	T2-7	29.39	26.14	23.25	11.96
T2-178	8.97	88.03	T2-7	36.14	28.98	25.72	13.36
T2-178	7.32	89.68	T2-7	34.16	22.43	19.87	10.40
Carga acumulada en el alimentador					Pérdidas acumuladas en el alimentador		
Fase	kVA	kW	kVAR	fp	kVA	kW	kVAR
A	421.1	388.0	163.6	0.92	26.1	23.2	12.0
B	502.7	463.2	195.3	0.92	29.0	25.7	13.4
C	487.5	449.4	189.0	0.92	22.4	19.9	10.4
TOTAL	1411.3	1300.6	547.9	0.92	77.6	68.8	35.7
S/E TABACUNDO – CIRCUITO No. 3							
Máxima caída de tensión			Máxima carga en el conductor		Pérdidas		
Sección	Caída (%)	Nivel (%)	Sección	Cargabilidad (%)	kVA	kW	kVAR
T3-33	0.89	96.11	T3-4	24.9	2.58	2.12	1.47
T3-33	0.89	96.11	T3-4	26.65	2.82	2.32	1.61
T3-70	0.92	96.08	T3-4	29.02	3.21	2.57	1.93
Carga acumulada en el alimentador					Pérdidas acumuladas en el alimentador		
Fase	kVA	kW	kVAR	fp	kVA	kW	kVAR
A	449.9	413.7	176.8	0.92	2.6	2.1	1.5
B	473.7	435.6	186.2	0.92	2.8	2.3	1.6
C	515.8	474.2	202.9	0.92	3.2	2.6	1.9
TOTAL	1439.4	1323.5	565.8	0.92	8.6	7.0	5.0

Tabla 2.21.- Resumen de flujos de potencia.

CAPÍTULO III

TIPOS DE CORTOCIRCUITOS⁽³⁾

En un sistema de distribución se debe anticipar una variedad de situaciones que pueden interferir con la operación normal del sistema. Las condiciones anormales predominantes en circuitos de distribución son las fallas de las líneas, sobre cargas del sistema, y fallas en los equipos, los cuales son causados por disturbios atmosféricos, por la interferencia de animales y errores humanos. Las fallas de las líneas pueden ser causadas por vientos fuertes que unan a los conductores de fase o que hagan caer ramas sobre las líneas, los rayos que pueden ocasionar una descarga de partes energizadas a tierra, los movimientos de tierra con equipos pesados pueden romper los cables en sistemas subterráneos, etc.

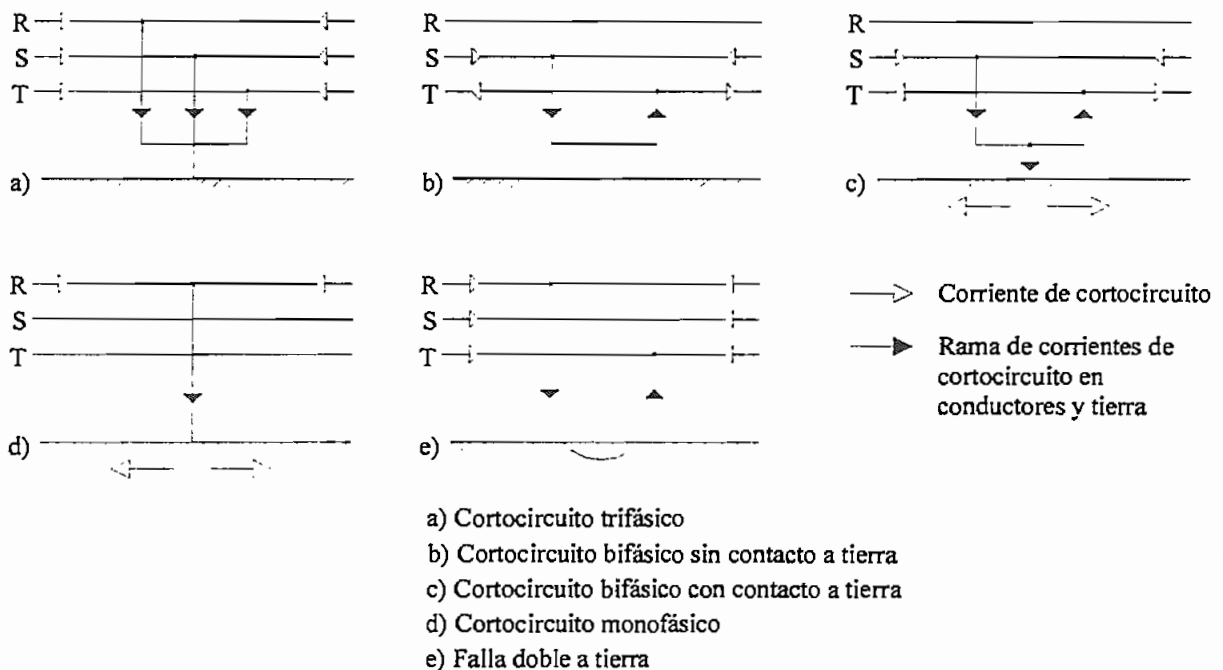


Figura 3.1.- Tipos de cortocircuitos

⁽³⁾ Referencia bibliográfica [6], [7], [9], [10], [11], [13] y [14]

El diseño y elección de las instalaciones y dispositivos de protección dependen en gran medida de las corrientes de cortocircuito.

Las mínimas corrientes de cortocircuitos también deben ser determinadas dado que ellas son significativas en la elección, especificación y ajuste de los dispositivos de protección de los sistemas eléctricos. En la figura 3.1 se representan los tipos de cortocircuitos que pueden producirse en un sistema eléctrico.

3.1.- CORTOCIRCUITO TRIPOLAR

Puede ser con o sin contacto a tierra. Las tres fases tienen potencial cero en el punto de falla y los tres conductores están simétricamente cargados por corrientes equilibradas. La frecuencia de ocurrencia de este tipo de falla es de alrededor de 4%^(*) del total de fallas y se debe normalmente a:

- a) Conexión de una línea que ha estado en mantenimiento y a la cual no se le ha retirado las cadenas de seguridad.
- b) Caída de torres de sujeción debido a tormentas eléctricas que provocan el contacto entre las tres fases.
- c) Encadenamiento intencional de las tres fases.

3.2.- CORTOCIRCUITO BIPOLAR SIN Y CON CONTACTO A TIERRA

Las corrientes de cortocircuitos para estos tipos de falla son en general menores que las correspondientes trifásicas excepto cuando la falla se produce en las cercanías de máquinas sincrónicas y asincrónicas de potencia significativa. Su frecuencia de ocurrencia oscila entre 8% a 10%^(*) del total de fallas.

Las fallas bifásicas aisladas se deben en general a:

- a) Desprendimiento de una fase de la torre de sujeción.
- b) Caída accidental de herramientas de trabajo en tareas de mantenimiento o reparación en centrales o estaciones.
- c) Encadenamiento intencional de dos fases.

3.3.- CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

Es el de mayor frecuencia de ocurrencia (85% a 90% del total de fallas)^(*). La corriente de falla a tierra en sistemas con baja impedancia del neutro respecto de tierra puede exceder significativamente a las correspondientes trifásicas.

Las fallas monofásicas se deben en general a:

- a) Fallas en la aislación de componentes y contacto del conductor con las partes metálicas.
- b) Desprendimiento de una fase a tierra en líneas aéreas.
- c) Descarga de contorno entre una fase y la torre de sujeción a través de un aislador provocado por su suciedad y/o humedad debido a lluvias.
- d) Descargas atmosféricas que provocan una pronunciada elevación del voltaje y como consecuencia una perforación de la aislación.
- e) Descargas accidentales a través de operadores que cumplen tareas de reparación o mantenimiento.

3.4.- PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

El sistema de distribución es la parte del sistema eléctrico de potencia, que está comprendido entre las barras de alto voltaje de las subestaciones de distribución y los puntos de suministro de energía a los consumidores.

^(*) Referencia bibliográfica [8]

El conjunto de protecciones que cubren un sistema eléctrico debe cumplir una serie de características para que en forma total cada esquema de protección trabaje asociado al resto de elementos, con el fin de aislar las fallas y perturbaciones, cuando éstas últimas por su duración, resultan perjudiciales para los equipos o para el suministro. Estas características son:

- a) Selectividad. Permite a las protecciones discriminar la ubicación de la falla, con el objeto de aislar exclusivamente el equipo fallado, manteniendo en servicio aquel equipo que no es imprescindible desconectar.
- b) Rapidez. Despejando la falla rápidamente se evita al máximo el riesgo de dañar los equipos del sistema y evita perjuicios a terceros por caídas de líneas energizadas. Se relaciona con el tiempo de calibración del relé.
- c) Sensibilidad. Las protecciones deben operar bajo cualquier condición de falla: máxima o mínima que se presente en el sistema eléctrico que está protegiendo, además de permanecer inalterable para fallas externas a su zona.
- d) Seguridad o confiabilidad. Permite garantizar la operación de los relés y en definitiva del o de los interruptores que comanda el esquema, cada vez que se produce una falla para la cual se tiene destinado proteger. La simplicidad y robustez del equipo de protección contribuye a la seguridad.
- e) Simplicidad. Todo esquema de protección debe cumplir sus objetivos mediante la solución más simple, tanto en las características de sus dispositivos como en sus circuitos de control.
- f) Economía. En un sistema que minimice al máximo los elementos dañados (fusibles) por fallas temporales, se reduce el consumo de éstos como el número de desplazamientos de personal de mantenimiento, aumentando por ende los ingresos por venta de energía.

Existe una amplia variedad de equipamiento para proteger las redes de distribución. La protección a utilizarse depende de los elementos del sistema a ser protegidos y del nivel de voltaje.

3.4.1.- EQUIPAMIENTO

Los dispositivos más utilizados en la protección de redes de distribución son:

- Relés de sobrecorriente.
- Reconectores.
- Fusibles.

3.4.1.1.- Relés de sobrecorriente

Los relés de sobrecorriente se los usa contra corrientes excesivas en los sistemas de potencia de 33 kV y superiores o como protección principal en la partida de los alimentadores en redes de distribución de 13.2 kV. Estos no deben aplicarse solamente como un medio de protección de los sistemas contra sobrecargas, sino también como protección contra sobrecorrientes, principalmente que operen bajo condiciones de falla.

Estos relés se clasifican en tres grupos:

- 1) Corriente definida que operan instantáneamente cuando la corriente alcanza un valor predeterminado.
- 2) Tiempo definido que operan para diferentes niveles de corriente usando diferentes tiempos de operación.
- 3) Tiempo inverso que operan en un tiempo que es inversamente proporcional a la corriente de falla. Estos se clasifican en concordancia con su curva característica que indica la velocidad de operación, esto es: inversa, muy inversa y extremadamente inversa.

En sistemas de distribución puede aprovecharse la característica de tiempo inverso debido a que la magnitud de la corriente de falla depende, la mayoría de las veces, de la localización de ésta y se mantiene prácticamente inafectada por cambios en la generación o en el sistema de transmisión de alto voltaje. La protección de tiempo inverso está complementada por la protección instantánea siempre que es posible.

Para el ajuste de los relés de sobrecorriente, éstos constan de un elemento instantáneo y un elemento de retardo de tiempo o de temporización dentro de la misma unidad. Las unidades instantáneas son más eficaces y se usan cuando existen diferencias apreciables de corriente de falla entre 2 elementos protectores, debido a que las impedancias de los elementos del sistema de potencia que son protegidas son grandes comparadas con la impedancia de la fuente, ofreciendo dos ventajas:

- 1) Disminuyen el tiempo de operación de los relés ante fallas severas.
- 2) Evitan la pérdida de selectividad que puede darse en el caso de relés con características diferentes; esto se obtiene por el ajuste de las unidades instantáneas de modo que ellos operen antes que se crucen las curvas características de los relés.

El criterio para el ajuste de las unidades instantáneas varía dependiendo de la localización y del tipo de elemento del sistema que es protegido. Pueden definirse dos grupos elementales:

- a) En líneas entre las subestaciones, el ajuste se lleva a cabo tomando por lo menos el 125% de la corriente eficaz para el nivel máximo de corriente de falla en la próxima subestación. El procedimiento debe empezarse de la subestación mas alejada, y luego continuarlo moviendo hacia la fuente.

Cuando las características de dos relés se cruzan en un nivel de falla particular del sistema, se hace más difícil la obtención de la coordinación correcta y se requiere poner la unidad instantánea del relé de la subestación más alejada de la fuente a tal valor que este opere para un nivel de corriente ligeramente menor, evitando así la pérdida de coordinación.

El 25% de margen evita solapar aguas abajo la unidad instantánea en caso de que se presente una componente de DC considerable.

- b) En líneas de distribución, el ajuste del elemento instantáneo se trata de forma diferente al caso anterior, debido a que no se tiene que cumplir la condición de coordinación de relés de líneas entre subestaciones; así, puede usarse uno de los siguientes dos valores para regular estas unidades: el 50% de la corriente de cortocircuito máxima en el punto de conexión del relé o entre 6 y 10 veces la capacidad nominal máxima del circuito.

Por otro lado, el ajuste de la unidad de temporización de un relé de sobrecorriente puede retardarse para asegurar que, en presencia de una falla, el relé no se ponga en funcionamiento antes que cualquier otra protección situada más cerca de la falla.

Los relés de tiempo definido y los de tiempo inverso pueden ajustarse mediante la selección de los parámetros siguientes:

- El TAP es un valor que define la corriente de “pick up” o de “arranque” del relé. Este dispositivo varía la sensibilidad del relé, permitiendo que opere con diversos valores de corriente. Para los relés de fase el valor del TAP es determinado permitiendo un margen de sobrecarga superior a la corriente nominal indicado en la siguiente expresión:

$$TAP = \frac{1.5 \times I_N}{RTC} \quad 3.1$$

donde: I_N : Corriente nominal

RTC: Relación del transformador de corriente

Para los relés de falla a tierra, el valor del TAP es determinado tomando en cuenta el desbalance máximo que podría existir en el sistema bajo las condiciones de operación normal indicado en la siguiente expresión:

$$TAP = \frac{0.2 \times I_N}{RTC} \quad 3.2$$

La corriente de cortocircuito trifásica debe usarse para el ajuste de los relés de fase pero la corriente de falla de fase a tierra debe usarse para los relés de falla a tierra.

- El DIAL representa el retardo de tiempo antes de que el relé opere, siempre que la corriente de falla alcance un valor igual o mayor que la corriente de pick up. Este dispositivo varía los tiempos de operación del relé.

3.4.1.2.- Reconectores

Son dispositivos con la capacidad de detectar condiciones de sobrecorriente de fase y fase – tierra, para interrumpir el circuito si tal sobrecorriente persiste luego de un tiempo predeterminado, y luego reconectar la línea en forma automática para reenergizarla. Si la falla, que originó la operación, persiste, luego el reconector permanecerá abierto posteriormente a un número especificado de operaciones, aislando luego la sección fallada del resto del sistema si la condición anormal persiste. En un sistema de distribución aéreo, entre el 80% al 95%⁽⁺⁾ de las fallas son temporales, al menos por algunos ciclos o segundos. Por lo tanto el reconector, con su característica de apertura/recierre, previene al circuito de ser desconectado definitivamente ante fallas temporales. En los reconectores, la secuencia de operación más utilizada es la de dos operaciones rápidas más dos operaciones temporizadas (2A2B o 2A2C).

La coordinación con otros dispositivos de protección es importante para asegurar que cuando ocurre una falla se desconecte la mínima sección posible del circuito para minimizar la interrupción del servicio a los consumidores. Generalmente, la característica de tiempo y la secuencia de operación del reconector se seleccionan para coordinar con los dispositivos aguas abajo. Luego de seleccionar el tamaño y la secuencia de operación

⁽⁺⁾ Referencia bibliográfica [12]

del reconectador, los dispositivos aguas arriba se ajustan para obtener una coordinación correcta.

Los dos primeros disparos de apertura se llevan a cabo en forma instantánea para despejar fallas temporales antes de que provoquen daños en las líneas. Los dos disparos posteriores se producen con retardo temporizado con ajustes de tiempos predeterminados. Si la falla persiste, la operación con retardo permite abrir otras protecciones más cerca de la falla, limitando la porción de red que se desconecte. Las fallas a tierra son menos severas que las fallas entre fase y, por lo tanto, es importante que el reconectador tenga una sensibilidad apropiada para detectarlas. Un método es utilizar TC conectados en forma residual de tal forma que la corriente residual resultante en condiciones normales de operación sea aproximadamente igual a cero. El reconectador debe operar cuando la corriente residual resultante exceda el valor de ajuste, como ocurriría en el caso de fallas a tierra.

Los reconectadores pueden clasificarse como sigue:

- Monofásicos y trifásicos.
- Mecanismos con operación hidráulica o electrónica.
- Aceite, vacío o SF₆.

Los reconectadores monofásicos se utilizan cuando la carga es predominantemente monofásica. En tal caso, cuando ocurre una falla monofásica el reconectador debe desconectar la fase fallada, y así mantener el servicio en las otras fases. Los reconectadores trifásicos se utilizan cuando es necesario desconectar las tres fases evitando cargas desbalanceadas en el sistema.

Los reconectadores con control hidráulico tienen una bobina de desconexión en serie con la línea. Cuando la corriente excede el valor de ajuste, la bobina atrae un pistón el cual abre los contactos principales del reconectador e interrumpe el circuito. El control electrónico está normalmente localizado fuera del reconectador, y recibe señales de corriente de un TC tipo bushing. Cuando la corriente excede el ajuste predeterminado, se inicia un disparo con retardo el cual resulta finalmente en una señal de disparo que se transmite al mecanismo de control del reconectador. El circuito de control determina el cierre y apertura siguiente del

mecanismo, dependiendo de su ajuste. Por otro lado, los reconectores con operación electrónica utilizan una bobina o motor para cerrar los contactos; en cambio, los reconectores con aceite utilizan el mismo para extinguir el arco y también para actuar como aislamiento; y por último, los reconectores de vacío y SF₆ que tienen la ventaja de requerir menos mantenimiento.

Los reconectores se instalan en los siguientes puntos de la red de distribución:

- En subestaciones, para proveer protección primaria de circuitos.
- En alimentadores principales, para permitir el seccionamiento a lo largo de la línea y de ese modo prevenir la pérdida de un circuito completo debido a fallas en los extremos.
- En ramas o derivaciones, para prevenir la apertura del circuito principal debido a fallas en las mismas.

Cuando se instalan reconectores es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- 1) Voltaje del sistema.
- 2) Niveles de cortocircuito.
- 3) Corriente máxima de carga.
- 4) Corriente mínima de cortocircuito en la zona protegida por el reconector.
- 5) Coordinación con otros dispositivos de protección localizados hacia la fuente y hacia la carga.
- 6) Sensibilidad de operación para fallas a tierra.

El voltaje nominal y la capacidad de cortocircuito del reconector deben ser igual o mayor que los valores existentes en el punto de instalación. Los mismos criterios deben aplicarse en cuanto a la capacidad de corriente de los reconectores respecto a la corriente de carga máxima a ser transportada por el circuito. Es necesario también asegurar que la corriente de falla al final de la línea protegida sea lo suficientemente alta como para provocar la operación del reconector.

3.4.1.3.- Fusibles

Son los dispositivos de sobrecorriente más baratos y simples que se utilizan en la protección de redes de distribución. Al mismo tiempo son uno de los más confiables, dado que pueden brindar protección un tiempo muy prolongado sin estar sujeto a tareas de mantenimiento.

Un fusible seleccionado en forma adecuada debe abrir el circuito por destrucción del elemento fusible, eliminando el arco establecido durante la destrucción y luego mantener las condiciones del circuito abierto con voltaje nominal aplicada en sus terminales, es decir que no haya arco a lo largo del elemento fusible. A pesar de que el fusible es simple en apariencia su función es compleja. Para que actúe en forma adecuada debe:

- Operar bajo condiciones de falla.
- Interrumpir la corriente rápidamente.
- Coordinar con otros dispositivos de protección.

Un elemento fusible "tira fusible" para redes de distribución sirve como "vínculo débil" en dispositivos de protección de tipo de expulsión, de los cuales el más común y utilizado es el "cutout". Esto es, el tira fusible es el componente reemplazado luego de ejercida la protección deseada.

El largo y el diámetro del elemento son determinantes de las características del fusible. Mientras más largo el fusible más rápido operará para bajos niveles de corriente de cortocircuito. Para niveles altos de corrientes de cortocircuito, la elevación de temperatura es muy rápida y el calor no puede ser disipado desde el centro del elemento fusible. Como consecuencia, el tiempo de fusión en el rango de altas corrientes de falla no depende fuertemente del largo del elemento sino del diámetro. El fusible de expulsión, como su nombre lo implica, expulsa gases durante su operación.

Para la selección de un fusible se debe conocer:

- 1) Voltaje y nivel de aislamiento.
- 2) Tipo de sistema.
- 3) Máximo nivel de cortocircuito.
- 4) Mínimo nivel de cortocircuito.
- 5) Corriente de carga.

3.4.1.3.1.- Selección de la corriente nominal

La corriente nominal del fusible debe ser mayor que la máxima corriente de carga. Debe permitirse un porcentaje de sobrecarga de acuerdo a las condiciones del equipo protegido. Algunos fabricantes confeccionan tablas para la asistencia en la apropiada selección del fusible para diferentes valores nominales y disposiciones.

3.4.1.3.2.- Selección del voltaje nominal

El voltaje nominal del fusible se determina a partir de las siguientes características:

- Voltaje máximo de fase o de línea.
- Tipo de puesta a tierra.
- Número de fases (tres o una).

Las características del sistema determinan el voltaje visto por el fusible en el momento en que interrumpe la falla. Tal voltaje debe ser igual o menor que el voltaje nominal del fusible. Por lo tanto, debe aplicarse los siguientes criterios:

- En sistemas aislados, el voltaje nominal debe ser igual o mayor que el voltaje máximo de línea.
- En sistemas trifásicos puestos a tierra, para cargas monofásicas, el voltaje nominal debe ser igual o mayor que el máximo voltaje de fase – neutro y para cargas trifásicas el voltaje nominal es seleccionado en base al voltaje de línea – línea.

3.4.1.3.3.- Selección de la capacidad de cortocircuito

La capacidad de cortocircuito del fusible debe ser igual o mayor que la corriente de falla trifásica calculada en el punto de instalación del fusible.

3.4.2.- ANÁLISIS DE PROTECCIONES

En el presente estudio se tratará con detalle el análisis de protecciones de sobrecorriente para los cinco alimentadores de la subestación Cayambe, considerando también la inserción de la nueva subestación La Esperanza ubicada en Tabacundo, cantón Pedro Moncayo perteneciente a la provincia de Pichincha. Se debe recalcar que existiría transferencia de carga entre los alimentadores de las dos subestaciones.

3.4.2.1.- Coordinación de aparatos de protección.

El proceso de seleccionar aparatos de protección de sobrecorriente con determinados ajustes de las curvas tiempo – corriente y su arreglo apropiado en serie a lo largo del circuito para despejar fallas de las líneas y aparatos, de acuerdo a una secuencia de operaciones, es conocido como coordinación.

Para realizar un estudio de coordinación de protecciones, es necesario conocer los siguientes datos y características del sistema:

- Diagrama unifilar del sistema: longitudes de línea, cargas importantes, configuración del sistema.
- Información de la fuente: corrientes disponibles de falla máximas y mínimas, impedancias de secuencia positiva y cero.
- Información del sistema: corrientes de falla máxima y mínima a lo largo del alimentador e impedancias, corrientes pico y aparatos de protección existentes.

3.4.2.2.- Coordinación fusible – fusible

El mecanismo inicial de operación del fusible es la fusión del elemento. Este mecanismo depende de los tres siguientes factores:

- Magnitud de la corriente.
- Duración de la corriente.
- Propiedades eléctricas del elemento.

La característica del fusible es definida por dos curvas: la de **mínimo tiempo de fusión** (mtf) y la de **tiempo total de despeje** (ttd) indicadas en la figura 3.2.

La curva de **mínimo tiempo de fusión** se elabora mediante tests eléctricos. La magnitud de la corriente y el tiempo que toma para fundir son registrados y dibujados. Luego se traza una curva ajustada a los puntos obtenidos representando una curva promedio de fusión. Luego se subtrae el 10%⁽⁺⁾ a los tiempos, y la curva obtenida así se denomina “de tiempo mínimo”.

Sin embargo, el fusible tiene un tiempo de formación del arco asociado con él, este tiempo es el que toma el fusible para interrumpir el circuito luego de que el fusible funde; se lo obtiene así mismo por pruebas. Los tiempos de arco, los cuales se registran para diferentes magnitudes de corriente, se suman al “**máximo tiempo de fusión**” (110% del tiempo promedio de fusión). La curva resultante se denomina de “**tiempo total de despeje**”. Estas dos curvas son los extremos de las características del fusible y son las curvas publicadas por los fabricantes.

La **coordinación** de dos fusibles (uno de lado fuente y otro de lado de carga) se lleva a cabo comparando las curvas respectivas. Para una falla delante del fusible (1) del lado carga hay que asegurar que este funda primero que el fusible (2) del lado fuente. Para ello, es práctica común tomar las condiciones más desfavorables; es decir, tomar la curva de **mínimo tiempo de fusión** para (2) y la de **tiempo total de despeje** para (1) (figura 3.3). Para todas las corrientes de falla la curva de (2) debe quedar por arriba de la de (1).

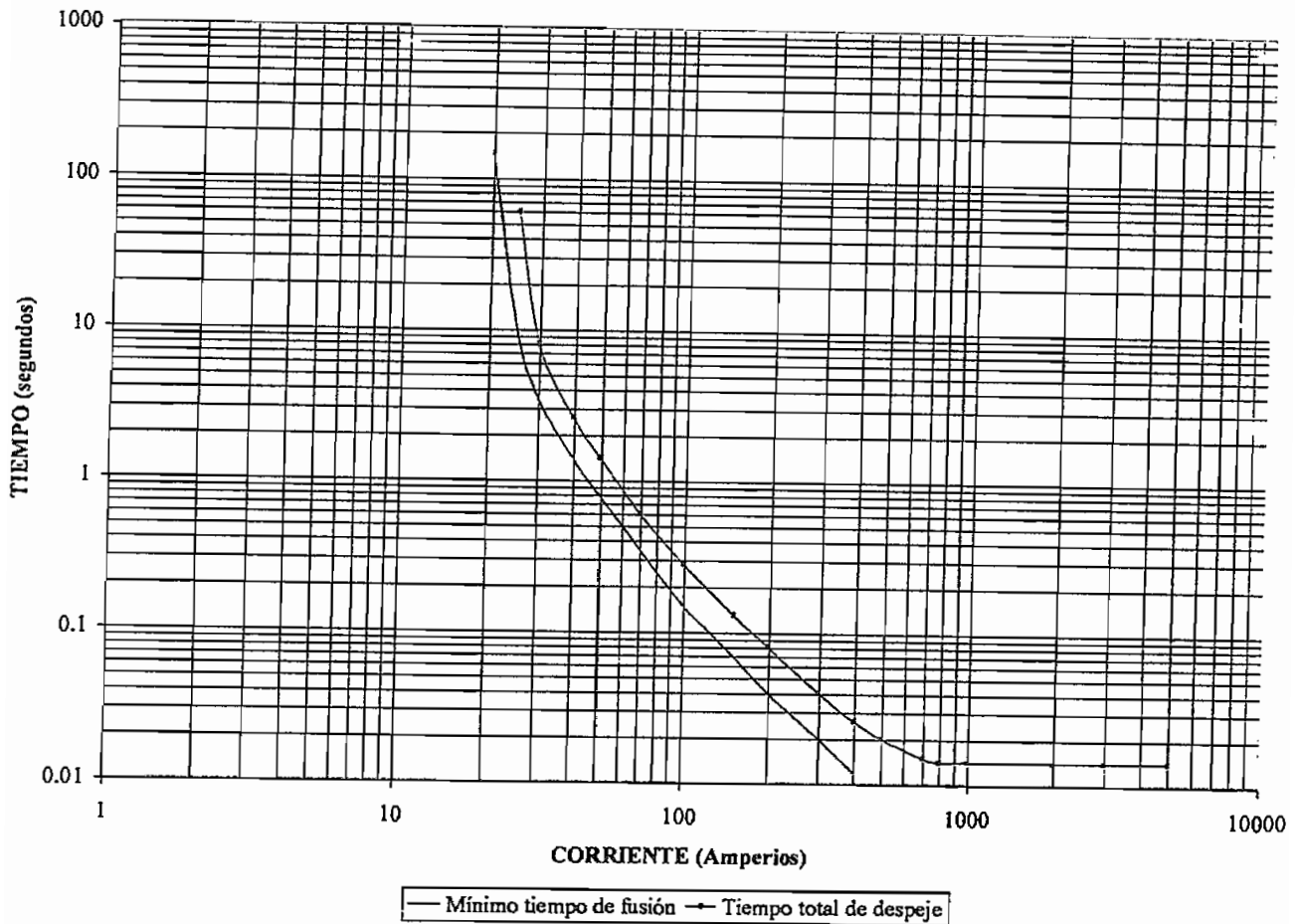


Figura 3.2.- Curvas típicas para un fusible: mtf y ttd

Un criterio ampliamente utilizado establece que el tiempo total de despeje del elemento protector (t_1) es menor o igual al 75% del mínimo tiempo de fusión del elemento de respaldo (t_2); el 25% restante es para compensar las variaciones de operación de los fusibles tales como corriente de carga, temperatura ambiente, o fatiga del elemento fusible causada por el efecto de calentamiento de corrientes de falla que han pasado por el fusible pero no han sido lo suficientemente elevadas para fundirlo.

3.4.2.3.- Coordinación reconectador – fusible

Los criterios de coordinación dependen de la ubicación relativa de los dispositivos, es decir, ya sea si el fusible está del lado de la fuente y actúa como back-up de un reconectador del lado de la carga o viceversa.

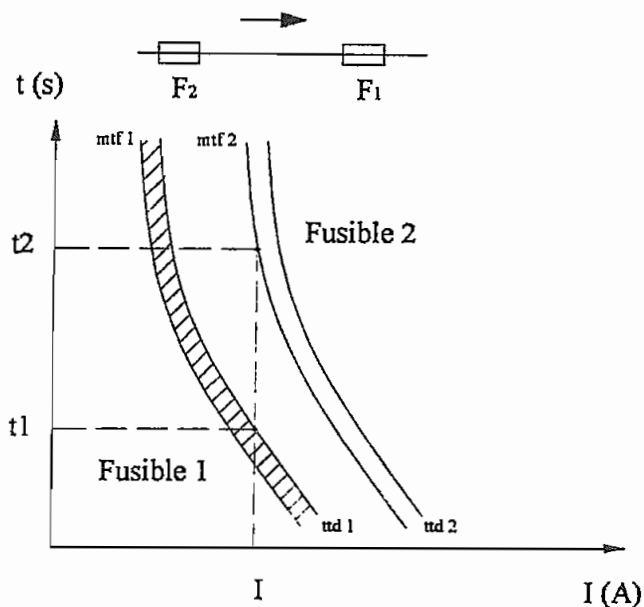


Figura 3.3.- Criterio de coordinación de fusibles $t1 < 0.75t2$

3.4.2.3.1.- Fusible del lado de la fuente

En este caso todas las operaciones del reconfigurador deben ser más rápidas que el tiempo mínimo del fusible. Esto puede realizarse a través del uso de factores de multiplicación en las curvas tiempo – corriente de reconfigurador para compensar la fatiga del fusible producida por el efecto de calentamiento acumulativo generado por las operaciones sucesivas del reconfigurador. La curva así modificada por el factor apropiado se torna más lenta pero aún así, sería más rápida que la curva del fusible (figura 3.4).

Estos factores de multiplicación dependen del tiempo de recierre en ciclos y del número de intentos de recierre. En la tabla 3.1 se dan algunos valores propuestos por Cooper Power Systems.

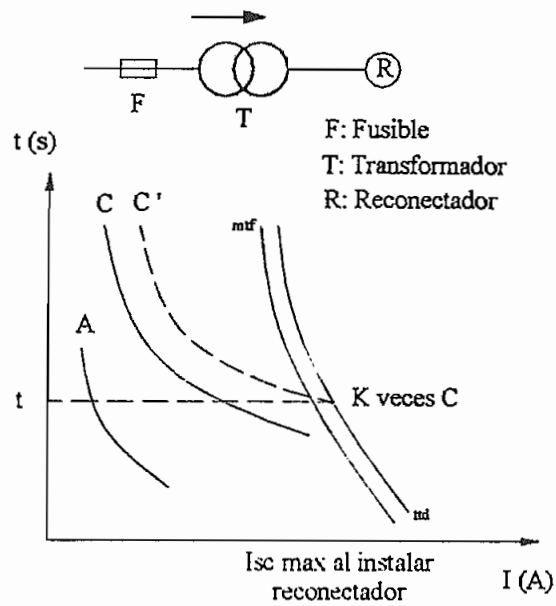


Figura 3.4.- Criterio de coordinación fusible lado fuente – reanectador, $t_1 < 0.75t_2$

- Donde: A: Curva rápida del reanectador
 C: Curva temporizada del reanectador
 C': Curva temporizada del reanectador multiplicada por un factor k.

Reclosing time in cycles	Multipliers for:		
	two fast, two delayed sequence	one fast, three delayed sequence	Four delayed sequence
25	2.70	3.20	3.70
30	2.60	3.10	3.50
50	2.10	2.50	2.70
90	1.85	2.10	2.20
120	1.70	1.80	1.90
240	1.40	1.40	1.45
600	1.35	1.35	1.35

Tabla 3.1 Factor K para fusibles lado de la fuente

Es conveniente mencionar que si el fusible está del lado de alto voltaje de un transformador de potencia y el reanectador el lado de baja, ya sea la curva del fusible o el

del reconector debe desplazarse horizontalmente según el eje de las corrientes para tener en cuenta la relación de transformación.

3.4.2.3.2.- Fusible del lado de la carga

El procedimiento para coordinar un reconector lado fuente y un fusible lado carga se lleva a cabo teniendo en cuenta las siguientes reglas:

- El tiempo mínimo del fusible debe ser mayor que la curva rápida del reconector por el factor de multiplicación, dado en la tabla 3.2 y teniendo en cuenta las mismas consideraciones anteriores.
- El tiempo total del fusible debe ser menor que la curva temporizada del reconector sin la aplicación de factor de multiplicación; el reconector debe tener al menos dos o más operaciones con retardo para evitar la pérdida de servicio en caso que el reconector dispare cuando el fusible opera.

La aplicación de estas dos reglas se ilustra en la figura 3.5.

Reclosing time in cycles	Multipliers for:	
	one fast operation	two fast operations
25-30	1.25	1.80
60	1.25	1.35
90	1.25	1.35
120	1.25	1.35

Tabla 3.2 Factor K para fusibles lado carga

Se obtiene una mejor coordinación entre un reconector y fusibles ajustando el reconector con dos operaciones instantáneas seguidas de dos temporizadas. En general, la primera operación de un reconector despeja el 80% de las fallas temporales, y la segunda despejara un 10% adicional. Los fusibles de carga se definen para operar antes de

la tercera apertura, despejando fallas permanentes. Se obtiene una coordinación menos efectiva utilizando una operación instantánea seguida de tres operaciones temporizadas.

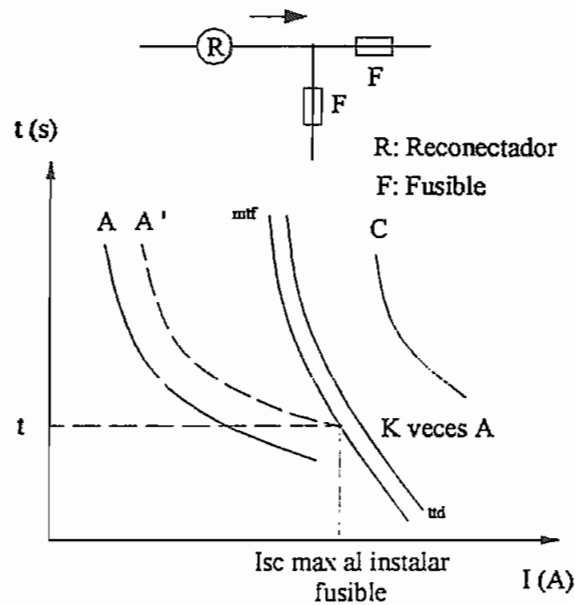


Figura 3.5.- Criterio de coordinación fusible lado carga – reconector

- Donde: A: Curva rápida del reconector
 A': Curva rápida del reconector multiplicada por un factor k
 C': Curva temporizada del reconector

3.4.2.4.- Coordinación reconector – reconector

La coordinación entre pares de re conectadores se obtiene mediante la selección adecuada del ajuste de amperes de la bobina de disparo en re conectadores hidráulicos o de los pick-ups en re conectadores electrónicos.

3.4.2.4.1.- Re conectadores hidráulicos

Los márgenes de coordinación en este caso dependen del tipo de equipamiento utilizado. En el caso de re conectadores chicos, donde la bobina de corriente y su pistón producen la apertura de los contactos, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- La separación de las curvas en un valor menor a los dos ciclos siempre resulta en operación simultánea.
- La separación de las curvas entre 2 y 12 ciclos podría resultar en operación simultánea.
- La separación de las curvas en más de 12 ciclos asegura que no habrá operación simultánea.

En el caso de re conectadores grandes, solamente el pistón asociado con la bobina de corriente activa el mecanismo de apertura. En tal caso, los márgenes de coordinación son los siguientes:

- La separación de las curvas en un valor menor a los dos ciclos siempre resulta en operación simultánea.
- La separación de las curvas en más de 8 ciclos asegura que no habrá operación simultánea.

3.4.2.4.2.- Re conectadores con control electrónico

Reconectadores adyacentes de este tipo pueden ser coordinados más estrechamente dado que no hay errores inherentes como aquellos que existen con los mecanismos electromecánicos. El re conectador aguas abajo debe ser más rápido que los re conectadores aguas arriba, y el tiempo de despeje de los re conectadores aguas abajo más su tolerancia debe ser menor que los tiempos de los re conectadores aguas arriba menos su tolerancia. Normalmente, el ajuste de los re conectadores en la subestación se realiza para por lo menos llevar a cabo un recierre rápido, para despejar fallas temporales en la línea entre la subestación y el re conectador del lado de carga. Debe notarse que el criterio de espaciamiento entre características tiempo – corriente de este tipo de re conectadores es diferente que para los controlados en forma hidráulica.

También es posible coordinar reconectores con curvas idénticas o similares a condición de que tengan secuencias apropiadamente distintas. Por ejemplo un reconector R_1 con secuencia 1A3B cercano a la fuente puede coordinar con otro reconector R_2 de curvas iguales e instalado más alejado pero de secuencia 2A2B. Puede comprobarse que para una falla F , el desenganche definitivo lo realizará R_2 .

3.4.2.5.- Coordinación relé – fusible

En el caso de que se intercale un relé (2) entre los fusibles (1) de lado carga y (3) de lado fuente, la curva utilizada de temporización del relé debe quedar por arriba de la curva de máximo tiempo de fusión de (1) y por debajo de la curva de mínimo tiempo de fusión de (3). Lo indicado se presenta en la figura 3.6.

3.4.2.6.- Coordinación reconector – relé

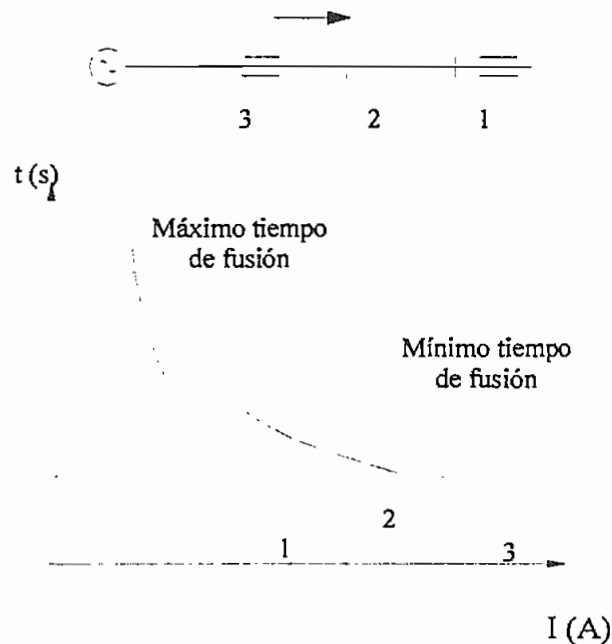


Figura 3.6.- Coordinación relé – fusible

Deben tenerse en cuenta dos factores para la coordinación de estos dispositivos: el interruptor abre el circuito algunos ciclos después del disparo del relé asociado, y el relé

tiene que integrar el tiempo de despeje del reconectador. El tiempo de reseteo del relé es normalmente largo y, si la corriente de falla es reaplicada antes de que el relé resetee completamente, el relé se moverá hacia su punto de operación desde esa posición de reseteo parcial. Por lo tanto, para que la coordinación sea satisfactoria, el viaje neto del relé debe ser menor al 100%.

3.5.- MODELACIÓN DIGITAL DEL SISTEMA PRIMARIO

Existen en la actualidad dos tendencias con el objeto de analizar el comportamiento de la red primaria. La primera consiste en una evaluación detallada de la red, y la segunda emplea un modelo reducido de pocos tramos.

3.5.1.-ANÁLISIS DETALLADO

El análisis detallado permite un mejor acercamiento para evaluar la operación del sistema; pero debido a que esto implica manejar una cantidad muy grande de datos se sugiere por lo general utilizar paquetes computacionales que simplifiquen la labor. El análisis detallado consiste en dividir todo el sistema eléctrico de distribución en tramos denominados secciones. Las secciones se definen como sectores entre dos puntos de un alimentador, su número depende de la longitud y complejidad del alimentador y más que todo del detalle con el que nosotros queremos simular el sistema.

Debido a que este tipo de análisis necesita una amplia variedad de información, se requiere estructurar bases de datos. Estas bases de datos contienen toda la información de nodos, secciones; seccionamientos, transformadores y todos sus parámetros eléctricos. Las secciones tienen su código propio y los códigos de sus nodos. El análisis detallado entregará resultados como: flujos de potencia, perfiles de voltaje, pérdidas eléctricas, cargabilidad de equipos y otros resultados que luego servirán para determinar el comportamiento actual del sistema.

3.5.2.- ANÁLISIS REDUCIDO

La segunda forma de evaluar la red primaria consiste en partir de la topología del alimentador para desarrollar un modelo reducido de pocos tramos importantes y poder así apreciar en forma aproximada las condiciones de operación del alimentador. Este modelo se utiliza si se quiere analizar brevemente las condiciones de operación de un primario.

Para el análisis de flujos de potencia y cortocircuitos de la subestación Cayambe incluyendo la inserción de la nueva subestación La Esperanza, se utilizará el análisis detallado de la red empleando para ello el paquete computacional para análisis de primarios DPA/GTM (Distribution Primary Analysis / Graphics) versión 3.12 disponible en la Escuela Politécnica Nacional.

3.6.- DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE COMPUTACIONAL DPA/GTM

El programa DPA/GTM es un sistema de ingeniería computarizado diseñado para estudios de planeamiento, diseño y operación del sistema de distribución. DPA/GTM es un programa realizado para trabajar bajo ambiente Windows.

El DPA/GTM empieza la formación de las bases de datos con la división del sistema eléctrico de distribución en secciones. Estas secciones se identifican con nombres únicos y se establecen las características eléctricas junto con las de la carga para cada una, cada sección tiene un registro independiente que permite modificar rápidamente la estructura del primario. Toda la información del sistema es ingresada a una base de datos que contiene especificaciones técnicas de conductores, transformadores, generadores, elementos de protección, capacitores, reguladores, elementos de seccionamiento. Los datos son chequeados para confirmar configuración radial. Las cargas son ubicadas entre las secciones en proporción a los kVA conectados o a los kWh de consumo, pero no los dos a la vez. Una vez formada la base de datos, se pueden usar funciones analíticas que determinen niveles de voltaje, cargabilidad de los conductores, pérdidas de las líneas, niveles de corrientes de falla y desbalance de las fases.

A continuación se describen algunos componentes del DPA/GTM utilizadas en el presente trabajo.

3.6.1.-BOSQUEJO

Esta herramienta se utiliza para representar gráficamente la topología de una manera rápida y fácil, modelos de alimentadores y subestaciones con o sin coordenadas geográficas de los mismos, dependiendo de la información que se tenga. Se puede crear un nuevo alimentador y/o subestación, copiar uno ya existente pero con otro nombre o a su vez editar uno ya existente dentro de la base de datos.

Para crear un alimentador se le asigna un nombre y su primera sección. El bosquejo del alimentador es construido en base de secciones, de las cuales solo se requerirán sus nombres para su respectiva identificación. También se puede utilizar un menú de dibujos de los diferentes equipos (capacitores, fusibles, reguladores, etc.) para ubicarlos en las secciones que lo requieran.

3.6.2.-REGISTRO DE SECCIONES

Una vez grabada la topología se introducen los datos que requiere el programa para cada sección, las secciones son definidas como sectores entre dos puntos de un alimentador.

Para saber hasta que punto va una sección se toman en cuenta los siguientes criterios:

- La sección va hasta el comienzo de una derivación.
- Cambio de espacios equivalentes para diferentes estructuras.
- Cuando existe un cambio de conductor.
- Cambio en el número de fases.
- La sección va hasta un punto donde se encuentran equipos especiales como capacitores, reguladores, switch, transformadores primarios, generadores, etc.

- También se considera sección hasta una carga instalada representativa o hasta una demanda previamente determinada.

No existe límite en cuanto a la longitud de la sección, esto depende netamente de los criterios anteriores y de tomar en cuenta que la carga se concentra en la mitad de la sección para el análisis en el DPA/GTM, los datos que se deben ingresar en el archivo de secciones están en el menú de características, estos son:

- Calibre del conductor: fase y neutro.
- Secuencia de fases
- Longitud de la sección.
- Espacio equivalente fase-fase y fase-neutro. Este espaciamiento esta dado por:

$$\begin{aligned}
 GMD_{3\text{ fases}} &= \sqrt[3]{D_{ab} * D_{bc} * D_{ac}} \\
 GMD_{(fase-neutro)3\phi} &= \sqrt[3]{D_{an} * D_{bn} * D_{cn}} \\
 GMD_{2\text{ fases}} &= \sqrt[2]{D_{ab} * D_{ba}} \\
 GMD_{(fase-neutro)2\phi} &= \sqrt[2]{D_{an} * D_{bn}} \\
 GMD_{1\text{ fase}} &= D_{an}
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

Donde D es la distancia entre conductores en centímetros.

En el archivo de secciones, en caso de existir, se incluyen la carga instalada o demandas puntuales, además, equipos adicionales como transformadores primarios, generadores, switches, etc.

El DPA define a las cargas puntuales (Spot Loads) aquellas cuya demanda individual es conocida.

3.6.3.-REGISTRO DE ALIMENTADORES

Una vez identificado el primario en el sketch se ingresa los siguientes datos:

- Subestación a la cual esta asignado.
- El voltaje línea a línea en kV, siendo éste el voltaje nominal.
- El nivel de voltaje de la barra (%), que es el voltaje de operación a demanda máxima.
- En la ventana “Demands for allocation”, se coloca la demanda máxima (kVA) y el factor de potencia (%) al nivel de la barra de la subestación.

3.6.4.-DISTRIBUCION DE CARGA

La información de las cargas se ingresa y mantiene en las secciones, y puede ser ingresada utilizando los kVA conectados en la sección o utilizando el consumo de energía mensual kWh y los consumidores de la misma. La opción de ubicación de carga hace uso de la información de la demanda pico del alimentador (kVA y factor de potencia), incluyendo las cargas puntuales, capacitores y generación propia, la cual está disponible al nivel de subestación. Allocate loads calcula la carga a ser distribuida removiendo las cargas puntuales y luego sumando la contribución de los kVAR de los capacitores dentro de la demanda pico del alimentador. El resultado es la carga a un incorrecto factor de potencia. Esta carga es repartida a cada una de las secciones en proporción a los kVA conectados o a los kWh en cada sección mediante el siguiente proceso iterativo: en la primera iteración, las pérdidas son calculadas utilizando los kVA de la carga como se calculó previamente (substrayendo las cargas puntuales y añadiendo cualquier efecto de los capacitores o generadores) y utilizando un voltaje constante para cada sección, añadiendo las pérdidas y cargas asignadas a cada sección junto con las cargas puntuales, y luego comparando los kVA sumados con los kVA dados. Si la diferencia entre los kVA de demanda del alimentador y la suma de la primera iteración es mayor que el criterio de convergencia, entonces es necesaria otra iteración. Las cargas distribuidas y los niveles de voltaje en cada sección son ajustados por interpolación y las pérdidas son recalculadas. Este proceso es repetido hasta que la diferencia de los kVA y el voltaje esté dentro del criterio de convergencia. Entonces el factor de potencia de la carga distribuida es ajustado y la secuencia completa se repite hasta que el factor de potencia y los kVA converjan o el límite de iteraciones sea excedido.

3.6.5.-ANÁLISIS BALANCEADO

El Análisis Balanceado calcula pérdidas, caída de voltaje y cargabilidad de las barras, líneas, equipo, interruptores y aparatos de protección. Asume carga balanceada entre las fases. En el análisis balanceado el voltaje es leído del registro del alimentador. Los cálculos de pérdidas y la caída de voltaje son desarrollados y los nuevos valores de voltaje calculados son comparados al nivel de voltaje leído del registro del alimentador. Si la diferencia entre estos dos valores es menor que el factor de convergencia, entonces el programa realiza otra iteración. El valor calculado recientemente es comparado con el valor de la iteración previa para determinar si el alimentador ha convergido. Este proceso iterativo y las comparaciones se repiten hasta que el criterio de convergencia ha sido alcanzado ó el límite de iteraciones se ha excedido. La metodología, los criterios de ingeniería y las ecuaciones utilizadas para este análisis se encuentran en el Anexo 3A.

3.6.6.-ANÁLISIS POR FASE

Este tipo de análisis se realiza cuando el sistema presenta cierto desbalance, el cual es típico en sistemas trifásicos a cuatro conductores, tres fases más el neutro corrido y aterrado desde la subestación por la utilización en su gran mayoría de transformadores monofásicos.

El análisis por fase calcula pérdidas, caídas de voltaje, carga de los equipos, líneas, barras, interruptores y aparatos de protección por fase. El proceso iterativo es idéntico al Análisis Balanceado pero el modelo del análisis por fase es diferente debido a que utiliza un modelo de línea de componentes simétricas por fase, como se puede observar en el Anexo 3B.

3.6.7.-ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITOS

Los cálculos de corriente de falla para los alimentadores de las Subestaciones Cayambe y La Esperanza se realizaron utilizando la herramienta de análisis de fallas, "Fault Analysis", la misma que se encuentra dentro del programa DPA/G™. La metodología utilizada por el

programa se encuentra en el Anexo 3C. Los resultados que arroja el programa son: máxima corriente de falla trifásica, bifásica y monofásica, mínima corriente de falla monofásica, impedancia de secuencia positiva y cero acumulada, esto para cada punto del alimentador dividido en secciones. Previo al análisis, es necesario ingresar los siguientes datos: las impedancias de secuencia positiva y cero en ohms equivalentes del sistema de subtransmisión dentro del registro del alimentador, y el valor de resistencia de falla durante la corrida del programa. El DPA/GTM utiliza la configuración del alimentador dada en el momento de esquematizar el alimentador para el análisis de flujos de potencia.

Los datos de impedancias de secuencia equivalentes para las Subestaciones Cayambe y La Esperanza se tomaron de los estudios de las pruebas de protocolo del Departamento de Subestaciones de la Dirección de Distribución de la empresa y son: impedancia de secuencia positiva y cero, $0.065 + j1.15$ y $j3.45$ ohms respectivamente. Además, seleccionar un valor apropiado de Z_f para encontrar la mínima corriente de falla es un tanto arbitrario. Por eso generalmente se asume un valor de impedancia de falla entre 5 y 40 Ω , para tener un valor de corriente de falla mínimo razonable y que pueda ser detectado por los aparatos de protección utilizados en el sistema. Para el presente caso, se tomó como valor de resistencia de falla el valor de 5 ohm para tener la condición más crítica, es decir, para obtener la mínima corriente de falla.

Para recopilar la información y poder realizar la simulación en el programa se debe tener conocimiento sobre ciertos aspectos del sistema y de la carga, que se presentan a continuación.

3.7.- INFORMACION REQUERIDA PARA EL ANALISIS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

La información necesaria para evaluar la red de distribución se resume en: Características Técnicas e Información de la Carga de cada uno de los alimentadores.

3.7.1.-CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diagrama unifilar
- Topología
- Longitud de los conductores
- Clase de conductores
- Característica de los conductores
- Configuración geométrica de las estructuras
- Fases por circuito
- Rutas de los circuitos
- Ubicación de los transformadores
- Ubicación de los generadores
- Características eléctricas de los transformadores
- Ubicación de otros equipos como: condensadores, reguladores de voltaje, interruptores, etc.

3.7.2.-INFORMACIÓN DE LA CARGA

- Curva de demanda de cada alimentador de la subestación.
- Demanda medida a consumidores puntuales como: hospitales, universidades, fábricas, centros comerciales, etc.
- Capacidad instalada de todos los transformadores conectados a cada alimentador.

La topología de la red es necesaria para implementar el modelo de la red primaria.

CAPITULO IV

CALIBRACION Y COORDINACION DE LAS PROTECCIONES⁽⁴⁾

La subestación La Esperanza tienen una capacidad de 10/12.5 MVA y posee cinco alimentadores de 13.8 kV de los cuales, cuatro toman toda la carga de la actual subestación Tabacundo y una parte de la carga de los circuitos 2 y 3 de la subestación Cayambe. El quinto alimentador queda de reserva para futuras expansiones. Los circuitos que no se modifican de la subestación Cayambe son el 1, 4 y 5. Por otro lado, se debe recalcar que la actual subestación de Tabacundo sale de servicio.

Con la reconfiguración de los circuitos de las ciudades de Cayambe y Tabacundo debido a la inserción de la nueva subestación y basándose en los criterios descritos en el capítulo anterior, la calibración y coordinación de las protecciones para los nueve alimentadores (cinco de la S/E Cayambe y cuatro de la S/E La Esperanza) serán descritas en el presente capítulo.

4.1.- DESCRIPCION DE PROTECCIONES DE LA S/E CAYAMBE (C)

Para los alimentadores que salen de la barra de 13.8 kV, se tienen relés electromecánicos de sobrecorriente con elemento instantáneo y temporizado, 50/51 respectivamente tanto para fallas entre fases como fase – tierra. La característica empleada es la de tiempo muy inverso cuyo tipo es CO – 9I – D (Anexo 4D) con rango de operación para las fases de 2 ~ 6A (taps: 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6) y 20 – 80A para la unidad instantánea (modelo PJ213); y, rango de operación para tierra de 0.5 ~ 2.5A (taps: 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5) y 10 – 40A para la unidad instantánea (modelo PJ210).

⁽⁴⁾ Referencia bibliográfica [7], [11], [12], [16], [17], [18], [19] y [20]

En los alimentadores, los transformadores de corriente (TC) para protección son de relación 600/5A, C100 (precisión de $\pm 10\%$ con un burden de 1Ω).

Como protección de respaldo de estos alimentadores se tiene relés de sobrecorriente cuya característica de tiempo es inversa, del tipo CO – 8I – D con rango de operación para las fases de 4 ~ 12A (taps: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12) y 10 – 40A para la unidad instantánea (modelo PJ202); y rango de operación para tierra de 0.5 ~ 2.5A y 10 – 40A para la unidad instantánea (modelo PJ198). Los diales para los relés anteriores son de 0.5, 1, 2, ..., 11.

En el respaldo, los transformadores de corriente para protección son de relación 1200/5A, C100.

Los transformadores de potencial (TP) en la barra son de: $\frac{13.8}{\sqrt{3}} kV / \frac{115}{\sqrt{3}} V$.

4.1.1.- AJUSTE Y COORDINACION DE PROTECCIONES PARA EL ALIMENTADOR No. 1 (C1)

a) Fusible – fusible

Para coordinar las protecciones de las derivaciones del circuito principal, el fusible de respaldo será colocado en el nodo /2 cuyos valores de corriente nominal y de cortocircuito son 59 A (3715 A); mientras que los fusibles protectores serán colocados en los nodos /4 y /6 cuyos valores de corriente son de 29 A (2698 A) y 12 A (2780 A), respectivamente. Escogemos los fusibles tipo T debido a que estos conducen hasta 150% de su corriente nominal (I_n) sin daños. Para estas condiciones escogemos los fusibles 50T, 20T y 10T respectivamente. De acuerdo al criterio descrito en el numeral 3.4.2.2, estos cumplen satisfactoriamente debido a que los márgenes de operación para los fusibles antes mencionados están dentro del rango permitido, esto es:

- Para los fusibles 10T – 50T se tiene:

$$t_1 = 0.021 \text{ s}$$

$$t_2 = 0.4 \text{ s}$$

$$t = \frac{t_1}{t_2} \times 100 < 75\%$$

$$t = 5.3\%$$

- Para los fusibles 20T – 50T se tiene:

$$t_1 = 0.091 \text{ s}$$

$$t_2 = 0.4 \text{ s}$$

$$t = 22.8\%$$

Los cálculos anteriores son realizados para 700 A. La tabla para la coordinación entre fusibles tipo “T” se indica en el Anexo 4A.

b) Relé de fase

Para el ajuste de la unidad temporizada 51, el pick – up del relé se ajusta al 150% de la corriente máxima de carga del alimentador (72 A), esto es:

$$I_{pick - up} = 1.5 \times I_n = TAP \times RTC$$

$$I_{pick - up} = 108A$$

La relación más cercana que se puede escoger para el RTC es de 200/5, pero no cumple porque la curva del relé se cruza con la curva mtf del fusible 50T. El RTC seleccionado entonces para este caso es de 500/5 = 100/1. Ahora, para calcular el valor del Tap, utilizamos la expresión 3.1:

$$TAP = \frac{108}{100} = 1.08$$

Por lo tanto seleccionamos un Tap de 2 A.

Para calcular las veces el Tap, utilizamos la máxima corriente de corto circuito, esto es:

$$\text{Veces el Tap} = \frac{I_{cc \text{ max}}}{\text{Tap} \times RTC}$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{6494}{2 \times 100} = 32.4$$

De la curva característica para el relé CO – 9I – D tenemos que para un $t = 0.3$ s, el Dial es de 3.

Para el ajuste de la unidad instantánea 50 y debido a que este alimentador no supera los 3 Km de longitud, hacemos que éste supervise hasta el extremo más alejado del circuito con un valor de corriente de falla de 1463 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $1463/100 = 14.63$ A, seleccionamos Tap = 20 A.

En resumen, para este relé se tiene los siguientes ajustes: RTC = 500/5, I pick – up = 200A, Tap 2, Dial 3 e I instantáneo = 20 A.

c) Relé de tierra

Para ajustar el valor del Tap de la unidad temporizada 51N, utilizamos la expresión 3.2:

$$TAP = \frac{0.2 \times 72}{100} = 0.144$$

Por lo tanto seleccionamos un Tap de 0.5 A.

Para calcular las veces el Tap, utilizamos el 20%^(^) de la corriente mínima de corto circuito debido a que por una inadecuada distribución de carga se tiene circuitos desbalanceados, lo cual, para condiciones normales de operación se tendrá distintos valores de corriente en las líneas provocando operaciones innecesarias de los relés de falla a tierra.

^(^) Referencia bibliográfica [26]

$$\text{Veces el Tap} = \frac{0.2 \times I_{cc \text{ min}}}{\text{Tap} \times \text{RTC}}$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{0.2 \times 885}{0.5 \times 100} = 3.54$$

El Dial que se escoge debe ser menor o igual que el relé de fase para que detecte condiciones mínimas de falla. Para el presente caso, el Dial escogido es el 1.

En el ajuste de la unidad instantánea 50N, de igual manera que el relé de fase, hacemos que éste supervise hasta el extremo más alejado del circuito con un valor de corriente de falla de 946 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $946/100 = 9.46$ A, seleccionamos Tap = 10 A.

En resumen, para este relé se tiene los siguientes ajustes: RTC = 500/5, I pick – up = 50 A, Tap 0.5, Dial 1 e I instantáneo = 10 A.

Para fallas que detecte el relé de fase tendremos protección temporal en un rango de 1600A hasta 4000 A con el fusible 50T. Con el relé de tierra en cambio la protección temporal es hasta 900 A con el fusible 20T. La coordinación para este alimentador se indica en el Anexo 4B1.

4.1.2.- AJUSTE Y COORDINACION DE PROTECCIONES PARA EL ALIMENTADOR No. 2 (C2)

a) Recloser – fusible

Para coordinar la protección del recloser con el fusible en el nodo /5 cuyas corrientes nominal y de cortocircuito son 30 A y 861 A respectivamente, se deben buscar fusibles cuyas características estén entre las curvas de disparo instantáneo y temporizado del recloser. Para el presente caso se escoge el fusible 30T, y siguiendo los criterios descritos para la coordinación recloser – fusible del lado de la carga en el numeral 3.4.2.3.2,

De la curva característica para el relé CO – 9I – D tenemos que para un $t = 0.3$ s, el Dial es de 3.

Debido a la extensión del alimentador y a la presencia de florícolas en el mismo, el ajuste de la unidad instantánea supervisará hasta el primer elemento de protección que estará ubicado en el nodo /4 (recloser) con un valor de corriente de falla de 1596 A, cuyo instantáneo es $1596/120 = 13.3$ A, seleccionamos $\text{Tap} = 20$.

Para este relé se tiene los siguientes ajustes: $\text{RTC} = 600/5$, $I_{\text{pick-up}} = 360$ A, $\text{Tap} = 3$, $\text{Dial} = 3$ e $I_{\text{instantáneo}} = 20$ A.

d) Relé de tierra

El valor del Tap para este relé es el siguiente:

$$TAP = \frac{0.2 \times 137}{120} = 0.2$$

Por lo tanto seleccionamos un Tap de 0.5 A.

La mínima corriente de falla es de 176 A, por lo tanto:

$$\text{Veces el Tap} = \frac{0.2 \times 176}{0.5 \times 120} = 0.58$$

Por lo tanto, el Dial seleccionado es el 1.

El ajuste de la unidad instantánea, de igual manera que el relé de fase, hacemos que éste supervise hasta el primer elemento de coordinación con un valor de corriente de falla de 722 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $722/120 = 6.01$ A, seleccionamos $\text{Tap} = 10$ A.

Para este relé se tiene los siguientes ajustes: $RTC = 600/5$, $I_{pick-up} = 60$ A, Tap 0.5, Dial 1 e $I_{instantáneo} = 10$ A.

Con el ajuste de los relés 50 y 51 para las fases y tierra, el circuito mostrado en la figura 4.2 estará protegido para fallas en el troncal hasta el nodo /4.

e) Relé – recloser

En el nodo /4 ubicado a 4.9 Km de la S/E se instala un recloser trifásico debido a la carga predominante hacia abajo del alimentador. Seleccionamos un recloser tipo hidráulico V6H con bobina de disparo en serie de 100 A y medio de interrupción en vacío, BIL de 110 kV y voltaje nominal de 2.4 – 14.4 kV.

El recloser tendrá dos operaciones instantáneas y dos temporizadas (2A2C) que permitirán la eliminación de un buen porcentaje de fallas hasta la segunda operación instantánea en caso de que ésta sea transitoria. A simple vista se ve que puede haber coordinación entre estos dos aparatos debido a que existe una diferencia de tiempo aproximada de 0.4 s entre las curvas temporizadas del relé y el recloser. Para tener certeza de que la coordinación es aceptable según el numeral 3.4.2.6 que dice: se calcula el viaje actual del disco del relé para cada disparo del recloser, sumamos el tiempo del recloser más el tiempo de impulso del relé para cada disparo y se sustrae el tiempo de reseteo del relé para cada intervalo de recierre, el viaje del disco no deberá ser mayor al 100%. Este método se aplica a continuación.

Datos del recloser: secuencia 2A2C, intervalo de recierre es de 2 s (120 ciclos).

Datos del relé: Curva CO – 9I – D (Margen de Tiempo de Impulso de 0.03 s), corriente de pick – up 360 A, TAP 3, DIAL 3 (Tiempo de reseteo del disco es de 12 s), 0.7 s para cerrar sus contactos en 2000 A.

Tiempo de despeje del recloser en la curva A para 2000 A	0.035 s
Tiempo de despeje del recloser en la curva C para 2000 A	0.133 s
Reseteo del relé en el tiempo de apertura del recloser (2/12x100)	16.7%
Tiempo de margen de impulso (0.03/0.7x100)	4.28%

Operación	Viaje del relé
Viaje del relé durante la primera operación A (0.035/0.7x100)	5%
Viaje de impulso del relé	+4.28%
Viaje inicial total del relé	9.28%
Reseteo del relé durante 2 s de intervalo de recierre	-16.7%
Viaje neto del relé	0%
Viaje del relé durante la segunda operación A (0.035/0.7x100)	5%
Viaje de impulso del relé	+4.28%
Viaje inicial total del relé	9.28%
Reseteo del relé durante 2 s de intervalo de recierre	-16.7%
Viaje neto del relé	0%
Viaje del relé durante la primera operación C (0.133/0.7x100)	19%
Viaje de impulso del relé	+4.28%
Viaje inicial total del relé	23.28%
Reseteo del relé durante 2 s de intervalo de recierre	-16.7%
Viaje neto del relé	6.58%
Viaje del relé durante la segunda operación C (0.133/0.7x100)	19%
Viaje de impulso del relé	+4.28%
Viaje inicial total del relé	48.86%
Reseteo del relé durante 2 s de intervalo de recierre	-16.7%
Viaje neto del relé	32.86%

Debido a que el viaje neto del relé es menor al 100%, la coordinación se logra con la secuencia del recloser y el ajuste indicados. En el Anexo 4B2 se indica la coordinación para este alimentador.

4.1.3.- AJUSTE Y COORDINACION DE PROTECCIONES PARA EL ALIMENTADOR No. 3 (C3)

La calibración y coordinación de los alimentadores serán descritas siguiendo el modelo indicado en los dos numerales anteriores, suponiéndose que los cálculos subsiguientes son repetitivos y en los cuales serán anotados únicamente los valores necesarios o conceptos que se requiera para aclaración del punto tratado.

Para la coordinación *fusible – fusible*, estos serán colocados en las derivaciones del circuito principal, es decir, en los nodos /2 y /3 tal como se indica en la figura 4.3. Para estos nodos, los valores de corrientes nominales y de cortocircuitos son 27 A (1863 A) y 17 A (759 A). Se escogen los fusibles 25T y 12T respectivamente cuyo margen de operación es 34.4% para 500 A ($t_1 = 0.062$ s y $t_2 = 0.18$ s).

Para el *relé de fase* tenemos:

$$I_n = 41 \text{ A}$$

$$I_{pick-up} = 61.5 \text{ A}$$

$$RTC = 200/5 = 40/1$$

$$TAP = \frac{61.5}{40} = 1.53 \Rightarrow \text{Tap } 2$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{6823}{2 \times 40} = 85.28$$

El Dial seleccionado es de 4.

El ajuste de la unidad instantánea supervisa todo el circuito con un valor de corriente de falla de 1863 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $1863/40 = 46.57$ A, seleccionamos Tap = 50 A.

El relé tiene los siguientes ajustes: $RTC = 200/5$, $I_{pick-up} = 80$ A, Tap 2, Dial 4 e I instantáneo = 50 A.

Para el *relé de tierra* tenemos:

$$TAP = \frac{0.2 \times 41}{40} = 0.205 \Rightarrow \text{Tap } 0.5$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{0.2 \times 256}{0.5 \times 40} = 2.56$$

Por lo tanto, el Dial escogido es el 2.

El ajuste de la unidad instantánea supervisa todo el circuito con un valor de corriente de falla de 803 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $803/40 = 20.075$ A, seleccionamos Tap = 20 A.

El relé tiene los siguientes ajustes: RTC = 200/5, I pick – up = 20 A, Tap 0.5, Dial 2 e I instantáneo = 20 A.

Para fallas que detecte el relé de fase tendremos protección temporal en un rango de 1200 A hasta 2000 A con el fusible 25T. Con el relé de tierra en cambio la protección temporal es hasta 600 A con el fusible 12T. La coordinación para este alimentador se indica en el Anexo 4B3.

4.1.4.- AJUSTE Y COORDINACION DE PROTECCIONES PARA EL ALIMENTADOR No. 4 (C4)

Para coordinar las protecciones de las derivaciones colocamos fusibles en los nodos /1, /2, /3 y /4 tal como se indica en la figura 4.4. Para estos nodos, los valores de corrientes nominales y de cortocircuitos son 43 A (4372 A), 57 A (4484 A), 24 A (3432 A) y 10 A (2492 A) respectivamente. Se escogen los fusibles 80T, 40T y 8T con márgenes de operación de 4.2% (8T: $t_1 = 0.06$ s y 40T: $t_2 = 1.44$ s) y 24.4% (40T: $t_1 = 2.2$ s y 80T: $t_2 = 9$ s) para 300 A.

Para el *relé de fase* tenemos:

$$I_n = 57 A$$

$$I_{pick - up} = 85.5 A$$

$$RTC = 600 / 5 = 120 / 1$$

$$TAP = \frac{85.5}{120} = 0.712 \Rightarrow Tap 2$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{5537}{2 \times 120} = 23.07$$

El Dial escogido es el 5.

En el ajuste de la unidad instantánea se tiene un valor de corriente de falla de 1646 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $1646/120 = 13.71$ A, seleccionamos Tap = 20 A.

El relé tiene los siguientes ajustes: RTC = 600/5, I pick – up = 240 A, Tap 2, Dial 5 e I instantáneo = 20 A.

Para el *relé de tierra* tenemos:

$$TAP = \frac{0.2 \times 57}{120} = 0.095 \Rightarrow Tap 0.5$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{0.2 \times 614}{0.5 \times 120} = 2.06$$

El Dial escogido es el 1.

En el ajuste de la unidad instantánea se tiene un valor de corriente de falla de 747 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $747/120 = 6.22$ A, seleccionamos Tap = 10 A.

El relé tiene los siguientes ajustes: RTC = 600/5, I pick – up = 60 A, Tap 0.5, Dial 1 e I instantáneo = 10 A.

Para fallas que detecte el relé de fase tendremos protección temporal en un rango de 2400 A hasta 4000 A con el fusible 80T. Con el relé de tierra en cambio la protección temporal es hasta 1200 A con el fusible 40T. La coordinación para este alimentador se indica en el Anexo 4B4.

4.1.5.- AJUSTE Y COORDINACION DE PROTECCIONES PARA EL ALIMENTADOR No. 5 (C5)

El alimentador posee dos tramos de importante longitud: la primera comprendida por los nodos /3 y /4 y la segunda por los nodos /6, /7 y /9 con valores de corriente nominal y de cortocircuito de 9 A (2355 A), 6 A (1086 A), 35 A (2112 A), 30 A (1881 A) y 10 A (1197 A) respectivamente. En el primer ramal serán colocados fusibles 20T y 10T cuyo margen

de operación es de 38.5% ($t_1 = 0.1$ s y $t_2 = 0.26$ s); y en el segundo ramal se colocarán los fusibles 40T, 20T y 8T con márgenes de operación de 23.1% (8T: $t_1 = 0.06$ s y 20T: $t_2 = 0.26$ s) y 33.3% (20T: $t_1 = 0.45$ s y 40T: $t_2 = 1.35$ s). Ambos casos son analizados para 300 A.

Para coordinar la protección del recloser con el fusible en el nodo /3 las curvas características que cumplen con las condiciones antes indicadas es la del fusible 20T.

En el nodo /1 la corriente nominal y de cortocircuito es 55 A (3389 A) en el cual se colocara un fusible 50T para ser coordinado con el relé.

Para el *relé de fase* se tiene:

$$I_n = 80 A$$

$$I_{pick-up} = 120 A$$

$$RTC = 500/5 = 100/1$$

$$TAP = \frac{120}{100} = 1.2 \Rightarrow Tap 2$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{5529}{2 \times 100} = 27.6$$

El Dial escogido es el 3.

Por la extensión del alimentador y debido a que en su trayectoria posee industrias y parroquias rurales, el ajuste de la unidad instantánea se lo hará hasta el nodo /2 con un valor de corriente de falla de 2703 A, cuyo instantáneo es $2703/100 = 27.03$ A, seleccionamos Tap = 30.

El ajuste del relé es: $RTC = 500/5$, $I_{pick-up} = 200$ A, Tap 2, Dial 3 e I instantáneo = 30 A.

Para el *relé de tierra* se tiene:

$$TAP = \frac{0.2 \times 80}{100} = 0.16 \Rightarrow Tap 0.5$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{0.2 \times 301}{0.5 \times 100} = 1.2$$

El Dial escogido es el 1.

La unidad instantánea supervisa hasta el primer elemento de coordinación con un valor de corriente de falla de 976 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $976/100 = 9.76$ A, seleccionamos Tap = 10 A.

El ajuste del relé es: RTC = 500/5, I pick – up = 50 A, Tap 0.5, Dial 1 e I instantáneo = 10 A.

Ajustados los relés, el circuito mostrado en la figura 4.5 se encuentra protegido para fallas en el troncal hasta el nodo /2 ubicado a 2.1 Km de la S/E. En este nodo se encuentra un banco de tres reclosers monofásicos debido al tipo de carga existente. Seleccionamos un recloser tipo hidráulico 4H con bobina de disparo en serie de 50 A y medio de interrupción en aceite, BIL de 110 kV y voltaje nominal de 2.4 – 14.4 kV.

El recloser tendrá dos operaciones instantáneas y dos temporizadas (2A2C) El método sugerido en el numeral 4.1.2 literal e) se utiliza a continuación:

Datos del recloser: secuencia 2A2C, intervalo de recierre es de 2 s (120 ciclos).

Datos del relé: Curva CO – 9I – D (Margen de Tiempo de Impulso de 0.03 s), corriente de pick – up 200 A, TAP 2, DIAL 3 (Tiempo de reseteo del disco es de 12 s), 0.77 s para cerrar sus contactos en 1000 A.

Tiempo de despeje del recloser en la curva A para 1000 A	0.04 s
Tiempo de despeje del recloser en la curva C para 1000 A	0.239 s
Reseteo del relé en el tiempo de apertura del recloser ($2/12 \times 100$)	16.7%
Tiempo de margen de impulso ($0.03/0.77 \times 100$)	3.89%

Operación	Viaje del relé
Viaje del relé durante la primera operación A (0.04/0.77x100)	5.19%
Viaje de impulso del relé	+3.89%
Viaje inicial total del relé	9.08%
Reseteo del relé durante 2 s de intervalo de recierre	-16.7%
Viaje neto del relé	0%
Viaje del relé durante la segunda operación A (0.04/0.77x100)	5.19%
Viaje de impulso del relé	+3.89%
Viaje inicial total del relé	9.28%
Reseteo del relé durante 2 s de intervalo de recierre	-16.7%
Viaje neto del relé	0%
Viaje del relé durante la primera operación C (0.239/0.77x100)	31.03%
Viaje de impulso del relé	+3.89%
Viaje inicial total del relé	34.92%
Reseteo del relé durante 2 s de intervalo de recierre	-16.7%
Viaje neto del relé	18.22%
Viaje del relé durante la segunda operación C (0.239/0.77x100)	31.03%
Viaje de impulso del relé	+3.89%
Viaje inicial total del relé	53.14%
Reseteo del relé durante 2 s de intervalo de recierre	-16.7%
Viaje neto del relé	36.44%

La coordinación se logra con la secuencia del recloser y el ajuste indicados. En el Anexo 4B5 se indica la coordinación para este alimentador.

4.2.- DESCRIPCIÓN DE PROTECCIONES DE LA S/E LA ESPERANZA (E)

Los alimentadores de 13.8 kV poseen relés digitales tipo SPAA 341 C que son diseñados para brindar una protección selectiva en contra de cortocircuitos y fallas a tierra. Esta unidad tiene un sistema de relés secundarios que son conectados a los TC y TP en las secciones de las redes a ser protegidas. Para la protección de los alimentadores, esta unidad posee tres tipos de módulos: un relé combinado trifásico de sobrecorriente y falla a tierra tipo SPCJ 4D28; un relé direccional y no direccional de falla a tierra tipo SPCS 2D26 y un relé de auto recierre tipo SPCT 5D54.

En concordancia con la norma BS 142:1966, el rango de corriente efectiva esta definido de 2 a 20 veces la corriente de ajuste de protección, para las características de tiempo normal inverso, muy inverso o extremadamente inverso, la función de protección comenzará cuando la corriente exceda la corriente de ajuste en 1.3 veces. Para la característica de tiempo inverso largo, la protección comenzará cuando la corriente exceda en 1.1 veces (la tolerancia en las funciones de protección cumplen con la Norma BS 142:1966 y corresponden a la clase 5 para todas las curvas de característica de tiempo inverso). Esta norma define matemáticamente el tiempo de operación con la expresión siguiente:

$$t = \frac{k \times \beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha - 1} \quad 4.1$$

- donde: t: Tiempo de operación del relé (s)
 k: Dial
 I: Nivel de la corriente de falla en el secundario (A)
 I_s: Tap o la I_{pick up}

Las constantes α y β determinan la tolerancia de las características del relé. Para los tres tipos normales de relé de sobrecorriente, sus valores se indican en la tabla 4.1.

TIPOS DE RELÉ	α	β
Inverso	0.02	0.14
Muy inverso	1.00	13.50
Extremadamente inverso	2.00	80.00
Inversa larga	1.00	120.00

Tabla 4.1.- Constantes de la norma IEC para relés de sobrecorriente

Las características utilizadas son las de tipo muy inverso, mismas que se indican en el Anexo 4E.

4.2.1.- AJUSTE Y COORDINACION DE PROTECCIONES PARA EL ALIMENTADOR No. 1 (E1)

Para coordinar la protección del recloser con el fusible ubicado en el nodo /5 con valores de corrientes nominal y de cortocircuito de 16 A y 478 A respectivamente, las curvas características que cumplen con estas condiciones es la del fusible 12T.

En el nodo /4 se encuentra un recloser trifásico tipo hidráulico V6H con bobina de disparo en serie de 50 A y medio de interrupción en vacío, BIL de 110 kV y voltaje nominal de 2.4 – 14.4 kV.

En los nodos /1, /2 y /3 las corrientes nominales y de cortocircuitos son 40 A (2461 A), 27 A (1172 A) y 19 A (578 A) respectivamente. En estos nodos se colocarán los fusibles 50T, 25T y 12T cuyo margen de operación es de 37.8% (12T: $t_1 = 0.068$ s y 25T: $t_2 = 0.18$ s) y 41.4% (25T: $t_1 = 0.29$ s y 50T: $t_2 = 0.7$ s) ambos para 500 A.

Para el *relé de fase* se tiene:

$$I_n = 49 A$$

$$I_{pick-up} = 73.5 A$$

$$RTC = 300 / 5 = 60 / 1$$

$$TAP = \frac{73.5}{60} = 1.22 \Rightarrow Tap 3.5$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{3779}{3.5 \times 60} = 17.99$$

El Dial seleccionado es el 0.2.

En la cola del alimentador se encuentra la florícola Floremit con una capacidad instalada de 780 kVA, de tal forma que en este sector se debe tener la mayor continuidad de servicio evitando salidas por fallas temporales. El ajuste de la unidad instantánea se lo hará hasta el nodo /4 ubicado a 13.9 Km de la S/E con un valor de corriente de falla de 492 A, cuyo instantáneo es $492/60 = 8.2$ A, seleccionamos Tap = 10.

El ajuste del relé es: $RTC = 300/5$, $I_{pick-up} = 210$ A, Tap 3.5, Dial 0.2 e $I_{instantáneo} = 10$ A.

Para el *relé de tierra* se tiene:

$$TAP = \frac{0.2 \times 49}{60} = 0.16$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{0.2 \times 214}{0.16 \times 60} = 4.45$$

El Dial escogido es el 0.1.

La unidad instantánea tiene un valor de corriente de falla de 314 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $314/60 = 5.23$ A, seleccionamos Tap = 10 A.

El ajuste del relé es: $RTC = 300/5$, $I_{pick-up} = 9.6$ A, Tap 0.16, Dial 0.1 e $I_{instantáneo} = 10$ A.

En el circuito mostrado en la figura 4.6 se puede observar que este se encuentra protegido para fallas en el troncal hasta el nodo /4. El recloser censará fallas aguas abajo y por tratarse de relés digitales instalados en la S/E no se realizará el cálculo descrito en el numeral 3.4.2.6. En el Anexo 4C1 se indica la coordinación para este alimentador.

4.2.2.- AJUSTE Y COORDINACION DE PROTECCIONES PARA EL ALIMENTADOR No. 2 (E2)

El recloser se coordina con el fusible en el nodo /5 con valores de corrientes nominal y de cortocircuito de 45 A y 1381 A respectivamente. El fusible que cumple con estas características es el 25T.

En el nodo /4 se encuentra un recloser trifásico de las mismas características que el descrito en el numeral 4.2.1.

En los nodos /1 y /3 las corrientes nominales y de cortocircuitos son 102 A (3916 A) y 93 A (1584 A) respectivamente, instalándose los fusibles 80T y 30T cuyo margen de operación es del 40% ($t_1 = 0.18$ s y $t_2 = 0.45$ s) para una corriente de 300 A.

Para el *relé de fase* se tiene:

$$I_n = 115 A$$

$$I_{pick-up} = 172.5 A$$

$$RTC = 500/5 = 100/1$$

$$TAP = \frac{172.5}{100} = 1.72 \Rightarrow Tap \ 3.5$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{5709}{3.5 \times 100} = 16.31$$

El Dial escogido es el 0.2.

Debido a que este circuito abarca la ciudad de Tabacundo y una gran parte de florícolas del mismo lugar con una capacidad instalada de 2671.5 kVA aproximadamente, el ajuste de la unidad instantánea se lo hará hasta el primer elemento de coordinación ubicado en el nodo /4 a 4.7 Km de la S/E con un valor de corriente de falla de 1424 A, cuyo instantáneo es $1424/100 = 14.24$ A, seleccionamos Tap = 20.

El ajuste del relé es: RTC = 500/5, I pick – up = 350 A, Tap 3.5, Dial 0.2 e I instantáneo = 20 A.

Para el *relé de tierra* se tiene:

$$TAP = \frac{0.2 \times 115}{100} = 0.23$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{0.2 \times 442}{0.23 \times 100} = 3.84$$

El Dial escogido es el 0.05.

La unidad instantánea tiene un valor de corriente de falla de 683 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $683/100 = 6.83$ A, seleccionamos Tap = 10 A.

El ajuste del relé es: RTC = 500/5, I pick – up = 23 A, Tap 0.23, Dial 0.05 e I instantáneo = 10 A.

Si se observa el circuito mostrado en la figura 4.7, este se encuentra protegido para fallas en el troncal hasta el nodo /4. En el Anexo 4C2 se indica la coordinación para este alimentador.

4.2.3.- AJUSTE Y COORDINACION DE PROTECCIONES PARA EL ALIMENTADOR No. 3 (E3)

En los nodos /3, /4, /5, /6 y /7 se colocan los fusibles 25T, 2 x 12T y 2 x 10T cuyas corriente nominal y de cortocircuito son de 37 A (1279 A), 21 A (1279 A), 17 A (1266 A), 15 A (1214 A) y 10 A (1121 A) respectivamente. Los márgenes de operación para los fusibles antes indicados son 16.7% (10T: $t_1 = 0.03$ s y 25T: $t_2 = 0.18$ s) y 55.6% (12T: $t_1 = 0.1$ s y 25 T: $t_2 = 0.18$ s) para una corriente de 400 A.

En el nodo /2 se instala un recloser trifásico parecido al del numeral 4.2.1 con la única diferencia de que la bobina de disparo para este caso es de 100 A. El recloser se coordina con el fusible en el nodo /3.

Para el *relé de fase* se tiene:

$$I_n = 108A$$

$$I_{pick - up} = 162A$$

$$RTC = 200/5 = 40/1$$

$$TAP = \frac{162}{40} = 4.05$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{4036}{4.05 \times 40} = 24.91$$

El Dial seleccionado es de 0.2.

Este circuito abarca una gran parte de florícolas de la ciudad de Cayambe con una capacidad instalada de 3054 kVA aproximadamente y el ajuste de la unidad instantánea supervisará hasta el nodo /2 ubicado a 6.7 Km de la S/E con un valor de corriente de falla de 1421 A, cuyo instantáneo es $1421/40 = 35.52$ A, seleccionamos Tap = 40.

El ajuste del relé es: RTC = 200/5, I pick – up = 162 A, Tap 4.05, Dial 0.2 e I instantáneo = 40 A.

Para el *relé de tierra* se tiene:

$$TAP = \frac{21.6}{40} = 0.54$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{0.2 \times 293}{0.54 \times 40} = 2.71$$

El Dial escogido es el 0.05.

La unidad instantánea tiene un valor de corriente de falla de 678 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $678/40 = 16.95$ A, seleccionamos Tap = 20 A.

El ajuste del relé es: RTC = 200/5, I pick – up = 21.6 A, Tap 0.54, Dial 0.05 e I instantáneo = 20 A. En el Anexo 4C3 se indica la coordinación para este alimentador.

4.2.4.- AJUSTE Y COORDINACION DE PROTECCIONES PARA EL ALIMENTADOR No. 4 (E4)

En los nodos /3, /4 y /6 se instalan fusibles de 25T, 20T y 10T con corriente nominal y de corto circuito de 39 A (891 A), 21 A (816 A) y 15 A (721 A) cuyos márgenes de operación fueron calculados en los literales anteriores.

En el nodo /2 se instala un recloser de las mismas características que el descrito en el numeral anterior el mismo que será coordinado con el fusible del nodo /3.

Para el *relé de fase* se tiene:

$$I_n = 61A$$

$$I_{pick-up} = 91.5A$$

$$RTC = 200/5 = 40/1$$

$$TAP = \frac{91.5}{40} = 2.28$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{5264}{2.28 \times 40} = 57.7$$

El Dial escogido es de 0.2.

Este circuito se complementa con el resto de florícolas de la ciudad de Cayambe con una capacidad instalada de 1994.5 kVA aproximadamente y el ajuste de la unidad instantánea se lo hará hasta el nodo /2 ubicado a 9.6 Km de la S/E con un valor de corriente de falla de 1066 A, cuyo instantáneo es $1066/40 = 26.65$ A, seleccionamos Tap = 40.

El ajuste del relé es: $RTC = 200/5$, $I_{pick-up} = 91.2$ A, Tap 2.28, Dial 0.2 e I instantáneo = 40 A.

Para el *relé de tierra* se tiene:

$$TAP = \frac{0.2 \times 61}{40} = 0.31$$

$$\text{Veces el Tap} = \frac{0.2 \times 233}{0.31 \times 40} = 3.75$$

El Dial escogido es el 0.05.

La unidad instantánea tiene un valor de corriente de falla de 544 A, tendremos un valor de instantáneo igual a $544/40 = 13.6$ A, seleccionamos Tap = 20 A.

El ajuste del relé es: $RTC = 200/5$, $I_{pick-up} = 12.4$ A, Tap 0.31, Dial 0.05 e $I_{instantáneo} = 20$ A.

En el Anexo 4C4 se indica la coordinación para este alimentador.

4.3.- RESUMEN

Para los alimentadores de las subestaciones Cayambe y La Esperanza, estos se encuentran ahora protegidos contra fallas temporales y con protección de falla a tierra con un número mínimo de aparatos de protección, tratando de reducir en lo posible el número de interrupciones.

Con los ajustes mencionados para los relés de los circuitos de las subestaciones y con los aparatos de protección conectados a los mismos, su función se describe a continuación:

Relé de la S/E Cayambe: para los circuitos 1, 3 y 4 este relé protege el circuito principal desde el nodo /0 hasta el extremo más alejado del mismo, debido a que la longitud del troncal no excede los 3 Km y la mayoría de carga conectada es de tipo urbana y rural.

Para los circuitos 2 y 5, el relé protege el troncal desde el nodo /0 hasta los nodos /4 y /2 respectivamente, dando protección de respaldo a los reclosers ubicados en los nodos antes mencionados. Se debe anotar que entre el relé y el recloser existen fusibles en las derivaciones principales, brindando protección temporal y permanente para fallas a tierra y fase en cualquier punto de las mismas.

Relé de la S/E La Esperanza: para los cuatro circuitos, el relé protege el circuito principal desde el nodo /0 hasta los nodos /4 y /2, respaldando a los reclosers instalados en el lugar. Los fusibles se encuentran ubicados en los ramales de los circuitos 1 y 2 (entre el relé y el recloser) permiten disgregar fallas temporales como permanentes.

Reclosers: protegen a los circuitos contra fallas temporales y permanentes para valores de falla en todos los puntos del alimentador desde el nodo donde se encuentran instalados hacia abajo. Trabaja en coordinación con el relé de la subestación.

Fusibles: aíslan las derivaciones desde el nodo donde se encuentran ubicados hacia abajo en condiciones de falla permanente. El fusible se encuentra coordinado con el relé de la subestación y con el recloser.

A continuación se presenta el resumen de la coordinación actual (tabla 4.1) y la coordinación que se propone para los relés de fase (tabla 4.2) y los relés de tierra (tabla 4.3) en el presente estudio.

Alimentador	TAP	DIAL	Curva
C1	3	4	CO-9I-D
C2	6	4	
C3	6	2	
C4	3	4	
C5	3	4	

Tabla 4.1.- Coordinación actual S/E Cayambe

Alimentador	Ipick-up	Iinstan	RTC	TAP	DIAL	Curva
C1	200	1600	500/5	2	3	CO-9I-D
C2	360	2400	600/5	3	3	
C3	80	2000	200/5	2	4	
C4	240	2400	600/5	2	5	
C5	200	3000	500/5	2	3	
E1	210	600	300/5	3.5	0.2	Muy inversa
E2	350	2000	500/5	3.5	0.2	
E3	162	1600	200/5	4.05	0.2	
E4	91.2	1600	200/5	2.28	0.2	

Tabla 4.2.- Coordinación propuesta relés de fase S/E Cayambe y La Esperanza

Alimentador	Ipick-up	Iinstan	RTC	TAP	DIAL	Curva
C1	50	1000	500/5	0.5	1	CO-9I-D
C2	60	1200	600/5	0.5	1	
C3	20	800	200/5	0.5	2	
C4	60	1200	600/5	0.5	1	
C5	50	1000	500/5	0.5	1	
E1	9.6	600	300/5	0.16	0.1	Muy inversa
E2	23	1000	500/5	0.23	0.05	
E3	21.6	800	200/5	0.54	0.05	
E4	12.4	800	200/5	0.31	0.05	

Tabla 4.3.- Coordinación propuesta relés de tierra S/E Cayambe y La Esperanza

CAPITULO V

ANALISIS ECONOMICO DEL SISTEMA DE PROTECCIONES⁽⁵⁾

La evaluación económica toma en cuenta los beneficios y costos de los proyectos desde el punto de vista de la economía en su conjunto y por lo tanto se determina la conveniencia para la sociedad de realizar o no un proyecto. Por otro lado, la evaluación financiera permite determinar la conveniencia para la empresa, desde el punto de vista estrictamente financiero, de realizar o no el proyecto. Por ello, en la evaluación financiera la valoración de los costos y beneficios se hace utilizando los precios de mercado establecidos para cada proyecto en particular.

5.1.- COSTO DE LA INVERSION

Los costos de la inversión son establecidos una vez que se tengan definidas las características particulares del proyecto. Para el presente estudio, tenemos el costo de los reconectores que se van a usar, resumidos en la tabla 5.1.

Circuito	Recloser	Tipo	Cantidad	Precio c/u	Total
C1	3 ϕ	V6H 100A	1	3,249.00	3,249.00
C2					
C3					
C4					
C5					
E1	1 ϕ	4H 50A	3	820.00	2,460.00
E1	3 ϕ	V6H 50A	1	2,939.00	2,939.00
E2	3 ϕ	V6H 50A	1	2,939.00	2,939.00
E3	3 ϕ	V6H 100A	1	3,249.00	3,249.00
E4	3 ϕ	V6H 100A	1	3,249.00	3,249.00
Total USD					18,085.00

Tabla 5.1.- Costo de reconectores (inversión)

⁽⁵⁾ Referencia bibliográfica [23], [24] y [25]

Utilizamos reconectores hidráulicos en el presente estudio debido a que el costo de un reconector trifásico electrónico de 280 A es de \$ 12,261.00 USD. En este caso, tendríamos una inversión de \$73,566.00 USD por los 6 reconectores.

5.2.- COSTO DE ENERGÍA POR DESABASTECIMIENTO

Para la determinación de los costos de desabastecimiento, se consideran agentes propios o externos del sistema que puedan producir interrupciones esporádicas en las líneas primarias de distribución de 13.8 kV, las cuales dependen del medio ambiente y de los equipos de apertura o cierre de las líneas.

Para el análisis de posibles fallas se consideran los siguientes parámetros de probabilidad de falla en una línea de distribución:

$$CD_n = \lambda \times P \times r \times F_c \times Dm_n \times CE_d \quad 5.1$$

donde:

- CD_n: Costos por energía desabastecida.
- λ: Número de interrupciones al año.
- P: Probabilidad de falla de la línea.
- r: Tiempo de desabastecimiento.
- F_c: Factor de carga.
- Dm_n: Demanda máxima al año.
- CE_d: Costo de energía desabastecida

El promedio de interrupciones para los alimentadores primarios es de 9 fallas al año con una indisponibilidad de 0.002. El tiempo de desabastecimiento es igual al tiempo de salida de servicio de la línea tomándose en cuenta solo las salidas cuyo promedio sea mayor o igual a 3 minutos. El costo de la energía desabastecida es de \$ 2 USD por kWh según información del CONELEC.

5.3.- RELACIÓN BENEFICIO – COSTO (B/C)

La relación beneficio – costo, es un instrumento que permite medir la rentabilidad de un proyecto determinado; se sustenta en la sumatoria de todos los beneficios traídos a valor presente, divididos para la sumatoria de todos los costos y gastos expresados en valor presente, sumados a estos el costo de la inversión; siendo el proyecto atractivo cuando los beneficios derivados desde su implantación exceden a los costos asociados, es decir, un proyecto es factible de ejecutarlo cuando la relación beneficio – costo es mayor que la unidad, pues se verifica que el proyecto es económicamente rentable y el tiempo de recuperación de la inversión es menor al período de vida útil de la obra.

La relación convencional beneficio – costo que se aplica para el presente estudio es:

$$B/C = \frac{\text{Beneficios} - \text{Costos O \& M}}{\text{Costo inversión}} \quad 5.2$$

Todos los componentes de la relación anterior deben ser expresados en anualidades para el período de vida útil de los reconectores con una tasa de retorno del 11.2%.

Los costos de operación y mantenimiento son de \$ 150,000.00 USD al año de acuerdo a la Dirección de Planificación, con un valor mensual y por subestación de \$ 781.25 USD.

Los resultados de este análisis demuestran la rentabilidad de poner reconectores en todos los circuitos indicados, a excepción del circuito E1 (S/E La Esperanza) debido a que su relación beneficio costo es apenas de 0.47. El resumen de los resultados obtenidos se indica a continuación en la tabla 5.2:

Circuito	Inversión US \$	B/C
C2	3249	1.83
C5	2460	1.03
E1	2939	0.47
E2	2939	1.57
E3	3249	1.59
E4	3249	2.19

Tabla 5.2.- Resumen de la relación B/C

Los re conectadores tienen una vida útil de 20 años. La inversión que se realiza en la compra de los re conectadores se la obtiene en los 3 primeros años. Por lo tanto, la inversión que se realiza es a corto plazo.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- CONCLUSIONES GENERALES

Las subestaciones de Cayambe y Tabacundo poseen 5 y 3 alimentadores primarios de 13.8 kV, respectivamente. La nueva subestación La Esperanza tendrá 4 circuitos que toman toda la carga de la actual subestación Tabacundo y parte de la carga de los circuitos 2 y 3 de la subestación Cayambe. Se debe recalcar que la actual subestación Tabacundo sale de servicio.

De la situación inicial se concluye que los circuitos 2, 3 y 5 de la S/E Cayambe están con problemas de bajo voltaje debido a la extensión de los mismos al igual que el circuito # 2 de la S/E Tabacundo debido a la presencia de la florícola Floremit que se encuentra en la cola del alimentador. El circuito # 3 de la S/E Cayambe tiene problemas de cargabilidad con valores que sobrepasan el límite permitido (75%) con valores de 86.32% y 77.47% perteneciente a la Subestación (sección C3-1).

En cuanto al porcentaje de pérdidas en los circuitos 1, 4 y 5 de la subestación Cayambe se tienen valores del 1%, 0.77% y 1.63%, respectivamente. Por otro lado, los circuitos 1 y 3 de la subestación Tabacundo poseen 0.51% y 0.52%. Estos valores se encuentran dentro del rango aceptable de pérdidas, esto es del 3% para alimentadores primarios de distribución. En cambio para los alimentadores 2 y 3 de la subestación Cayambe y 2 de la subestación Tabacundo son del 5.68%, 7.12% y 5.27%, respectivamente. En cuanto al porcentaje general de pérdidas para las subestaciones antes indicadas está en el orden del 4.5% y 2.46%.

En la actualidad ninguno de los cinco alimentadores de la S/E Cayambe cuentan con reconectores instalados, a excepción de la S/E Tabacundo que posee reconectores hidráulicos trifásicos instalados a la salida de cada uno de los tres alimentadores.

Las corrientes de cortocircuito en el sistema de distribución son diferentes a las del sistema de subtransmisión debido a la longitud de las mismas, nivel de voltaje, impedancia de la fuente, estructuras y disposición de conductores. En otras palabras, una cosa es analizar un sistema a nivel de subtransmisión y otra muy distinta analizarlo a nivel de distribución.

6.2.- CONCLUSIONES ESPECIFICAS

La protección de sobrecorriente es la más sencilla y la más barata, la más difícil de aplicar, y la que más rápido necesita reajuste o reemplazo a medida que cambia el sistema de distribución.

En el presente estudio se utilizaron las características CO – 9I – D y muy inversa para la subestaciones Cayambe y La Esperanza, respectivamente; con la finalidad de dar tiempo a los fusibles para que puedan operar al estar coordinados con los relés y reconectores. Se podría haber trabajado con las curvas extremadamente inversas, pero al ser curvas muy rápidas, los fusibles no tendrían tiempo de actuar y aislar una falla permanente en los alimentadores de las subestaciones antes mencionadas.

En un sistema eléctrico de distribución, se puede aprovechar también la característica de tiempo inverso debido a que la magnitud de la corriente de falla depende, la mayoría de las veces, de la localización de ésta y se mantiene prácticamente inafectada por cambios en la generación o en el sistema de transmisión de alta tensión.

La puesta en trabajo en función de la corriente primaria deberá ser tan elevada como sea posible y también ser aún bastante baja como para que el relé funcione en forma segura bajo la condición de corriente mínima de falla. En estas condiciones, el relé deberá trabajar a no menos de 1.5 veces su puesta en trabajo, pero tan cerca como sea posible en forma conveniente a ese valor.

Para la coordinación fusible – fusible, la curva de tiempo total de despeje del elemento protector debe ser menor o igual al 75% de la curva de mínimo tiempo de fusión del elemento de respaldo. El 25% restante es para compensar las variaciones de operación de

los fusibles tales como corriente de carga, temperatura ambiente, o fatiga del elemento fusible causada por el efecto de calentamiento de corrientes de falla que han pasado por el fusible pero no han sido lo suficientemente elevadas para fundirlo. Esta coordinación se aplica para los circuitos C1, C2, C3, C4, C5, E1, E2, E3 y E4.

Para coordinar un reanclador lado fuente y un fusible lado carga, la curva de tiempo mínimo del fusible debe ser mayor que la curva rápida del reanclador por un factor de multiplicación y la curva de tiempo total del fusible debe ser menor que la curva temporizada del reanclador sin la aplicación del factor de multiplicación. Se obtiene una mejor coordinación entre un reanclador y fusibles ajustando el reanclador con dos operaciones instantáneas seguidas de dos temporizadas. La primera operación de un reanclador despeja el 80% de las fallas temporales, y la segunda despejara un 10% adicional. Esta coordinación se aplica para los circuitos C2, C5.

En la coordinación relé – fusible, las curvas de mínimo tiempo de fusión y tiempo total de despeje deben estar por debajo de la curva del relé de fase y por arriba de la curva del relé de tierra. Esta coordinación se aplica para los circuitos C1, C2, C3, C4, C5, E1 y E2.

Para la coordinación relé – reanclador, las curvas rápida y temporizada deben estar por debajo de la curva del relé de fase. Para tener certeza de que la coordinación es aceptable, se calcula el viaje actual del disco del relé para cada disparo del reanclador, sumamos el tiempo del reanclador más el tiempo de impulso del relé para cada disparo y se sustrae el tiempo de reseteo del relé para cada intervalo de recierre, el viaje del disco no deberá ser mayor al 100%. Esta coordinación se aplica para los circuitos C2, C5.

Los 9 alimentadores de las dos subestaciones se encuentran ahora protegidos contra fallas temporales y con protección de falla a tierra con un número mínimo de aparatos de protección, tratando de reducir en lo posible el número de interrupciones.

Para los alimentadores de las subestaciones Cayambe y La Esperanza se utilizan reancladores hidráulicos monofásicos y trifásicos con una inversión de \$ 18,085.00 USD. Si se utilizan en cambio solo reancladores trifásicos electrónicos la inversión sería de \$73,566.00 USD, siendo el precio individual de \$ 12,261.00 USD.

Para calcular los costos por desabastecimiento de energía, se consideran agentes propios o externos del sistema que puedan producir interrupciones esporádicas en las líneas primarias de distribución de 13.8 kV, las cuales dependen del medio ambiente y de los equipos de apertura o cierre de las líneas. Utilizamos para este cálculo el número de interrupciones al año, probabilidad de falla de la línea, tiempo de desabastecimiento, factor de carga, demanda máxima al año y costo de energía desabastecida. El promedio de interrupciones es de 9 fallas al año con una indisponibilidad de 0.002. El tiempo de desabastecimiento es igual al tiempo de salida de servicio de la línea tomándose en cuenta solo las salidas cuyo promedio sea mayor o igual a 3 minutos. El costo de la energía desabastecida es de \$ 2 USD por kWh.

En la relación beneficio – costo que se aplica en el presente estudio intervienen tanto los beneficios como los costos de inversión y los costos de operación – mantenimiento que según la Dirección de Planificación es de \$ 150,000.00 USD anuales, obteniéndose un valor mensual y por subestación de \$ 781.25 USD. Los componentes anteriores deben ser expresados en anualidades para el período de vida útil de los reconectores con una tasa de retorno del 11.2%.

Los resultados que arroja el análisis económico demuestran la rentabilidad de poner reconectores en todos los circuitos indicados, a excepción del circuito E1 (S/E La Esperanza) debido a que su relación beneficio costo es apenas de 0.47.

La inversión que se realiza es a corto plazo, debido a que este valor se recupera en los 3 primeros años de vida útil de los 20 que tienen normalmente los reconectores.

6.3.- RECOMENDACIONES

Debe existir una adecuada coordinación no solo en el sistema de subtransmisión (69 kV) de la Empresa Eléctrica, sino también al nivel de distribución (13.8 kV), tomándose en cuenta los criterios y parámetros establecidos para la correcta coordinación entre los diferentes elementos del sistema, con la finalidad de evitar salidas innecesarias de todo el

alimentador debido a fallas temporales. Los elementos que deben utilizarse son: relés, reconectadores y fusibles.

Se recomienda que los relés de las subestaciones Cayambe y La Esperanza protejan el troncal desde el nodo de instalación /0 hasta el extremo más alejado del circuito, brindando protección de respaldo a los reconectadores instalados aguas abajo de la subestación. Estos relés también serán coordinados con los fusibles que se encuentran en las derivaciones principales del alimentador principal.

Por otro lado se sugiere que los reconectadores a instalarse resguarden a los circuitos contra fallas temporales y permanentes para valores de falla en todos los puntos del alimentador desde el nodo donde se encuentran instalados hacia abajo. Deben trabajar en coordinación con el relé de la subestación.

Y por ultimo, los fusibles deben aislar las derivaciones desde el nodo donde se encuentran ubicados hacia abajo en condiciones de falla permanente. El fusible deberá ser coordinado con el relé de la subestación y con el recloser.

Se recomienda a EMELNORTE S.A. que disponga colocar reconectadores hidráulicos monofásicos y trifásicos en los alimentadores de las subestaciones Cayambe y La Esperanza con una inversión de \$ 18,085.00 USD, cuyo valor puede ser recuperado en los tres primeros años de instalación de los equipos. Otra alternativa sería instalar reconectadores trifásicos electrónicos, pero la inversión para este caso es de \$73,566.00 USD, cuyo valor puede ser recuperado en 10 años aproximadamente.

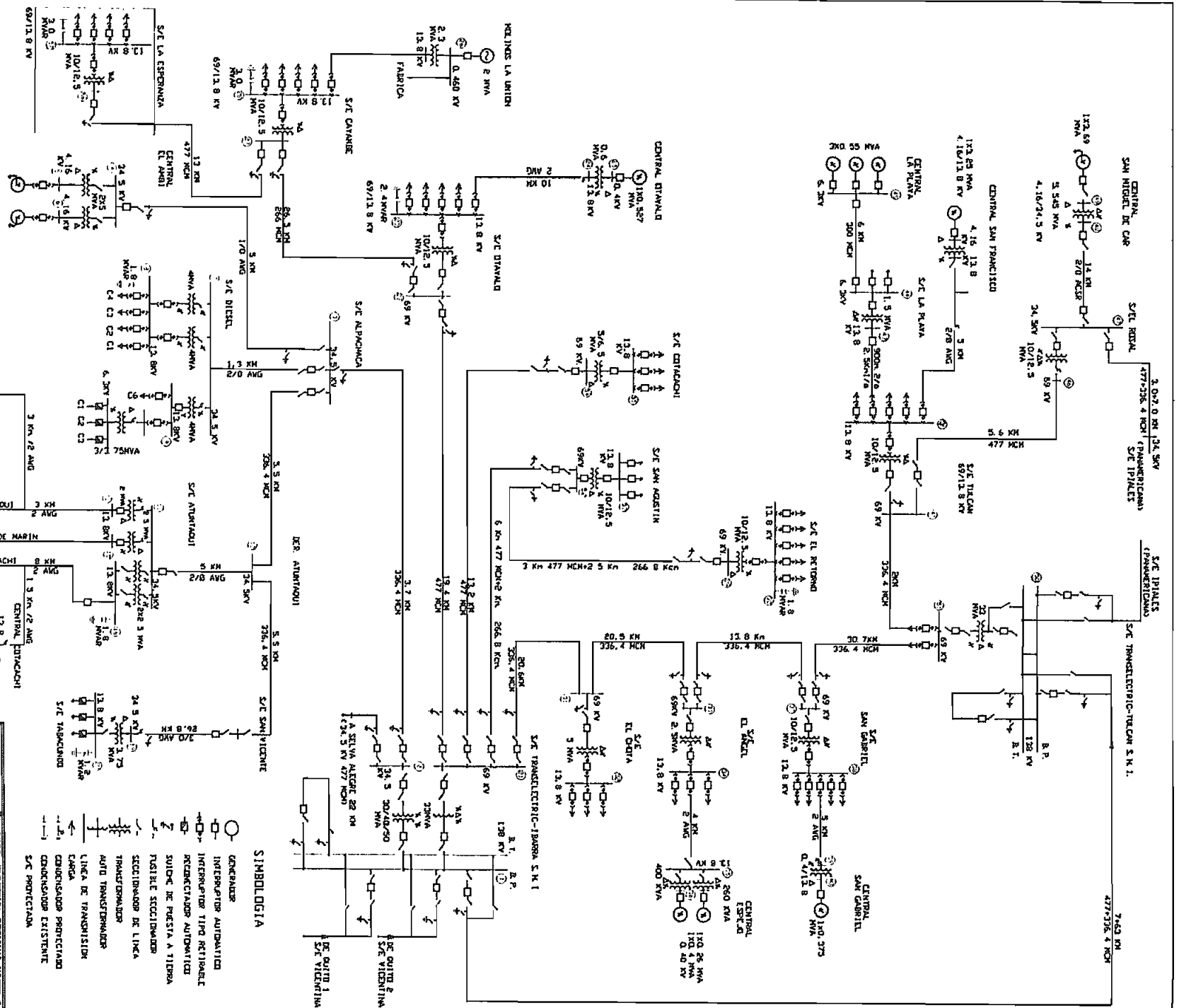
BIBLIOGRAFÍA

- [1] CONELEC.- “Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución”, Quito, 2001.
- [2] EMELNORTE.- “Inventario y Avalúo de Redes de Distribución Eléctrica”, Empresa Eléctrica Regional Norte S.A., Imbabura, septiembre del 2001.
- [3] Empresa Eléctrica Regional del Norte EMELNORTE S.A.- Dirección de Planificación, Ibarra, 2001.
- [4] SERRANO Benjamín.- “Flujos de Potencia Activa”, Módulo I, Instituto de Energía Eléctrica, Universidad Nacional de San Juan, Argentina, 2001.
- [5] Empresa Eléctrica Regional del Norte EMELNORTE S.A.- Unidad de Control de Pérdidas, Ibarra, Enero de 2002.
- [6] RIVERA Lucio.- “Planeamiento a Corto Plazo para el Sistema Eléctrico de la Ciudad de Ibarra”, Tesis Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1999.
- [7] JAMI Miguel.- “Planeamiento de Corto Plazo para el Sistema de Distribución de Cayambe”, Tesis Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2001.
- [8] ORDUÑA Eduardo.- “Cálculo de Cortocircuitos”, Módulo II, Instituto de Energía Eléctrica, Universidad Nacional de San Juan, Argentina, 2001.
- [9] BRAND Luis / MONCADA Juan.- “Protecciones de Sistemas Eléctricos”, Editorial Hugo E. González A., Santiago de Chile, 1976.
- [10] LOPEZ Vate.- “Coordinación Gráfica de Protecciones Para Sistemas Eléctricos de Potencia”, Tesis Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1992.

- [11] VIZCAINO Carlos.- “Estudio del Sistema Eléctrico Riobamba a Nivel de 13.8 kV”, Tesis Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1982.
- [12] ORDUÑA Eduardo.- “Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia y Automatismos”, Módulo VI, Instituto de Energía Eléctrica, Universidad Nacional de San Juan, Argentina, 2001.
- [13] MASON Russell.- “El Arte y la Ciencia de la Protección por Relevadores”, AEIE, Instituto Politécnico Nacional, México.
- [14] SCOTT & SCOTT COMPANY.- “Manual del Usuario del DPA/GTM (Distribution Primary Analysis / Graphics) versión 3.11”, Seattle, WA, 1995.
- [15] COOPER POWER SYSTEM.- “Electrical Distribution System Protection”, Pittsburgh, USA, 3ra. Edición, 1995.
- [16] MITSUBISHI ELECTRIC.- "Mitsubishi AC Overcurrent Relays", Japan, 1987.
- [17] TAPIA Hugo.- “Planeamiento de Corto Plazo para la Incorporación de la S/E La Esperanza en el Sistema de EMELNORTE”, Tesis Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2002.
- [18] USER’S MANUAL AND TECHNICAL DESCRIPTION.- “SPAJ 140 C Combined Overcurrent and Earth – Fault Relay”, ABB Network Partner, ABB Transmit Oy, MaxiCopy Oy, Finlandia, 1997.
- [19] ABB NETWORK CONTROL & PROTECTION.- “Feeder Protection Relay SPAA 341 C”, 34 SPAA 10 EN1 A, Finlandia, 1995.
- [20] CUBILLO Raúl.- “Protección, Medida, Monitoreo y Control de Alimentadores, Basados en la Unidad de Protección Digital REF 543”, Tesis Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2001.

- [21] MCGRAW EDISON COMPANY.- “Distribution System Protection Manual”, Power System Division.
- [22] WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION.- “Distribution System”, Electric Utility Engineering Reference Book, Volumen 3, East Pittsburgh, Pennsylvania, 1965.
- [23] EMELNORTE.- “Plan de Expansión de la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. para Escenario Alto, Medio y Bajo de Crecimiento de la Demanda”, Base Metodológica, Imbabura, septiembre 2001.
- [24] seagerman@lexingtonreclosers.com
- [25] OLADE.- “Manual Latinoamericano y del Caribe para el Control de Pérdidas Eléctricas”, Volumen I, Convenio de Cooperación Técnica ATN/SF – 3603 – RE entre el BID y OLADE, diciembre 1993.
- [26] CAIZA Alejandro / CUJILEMA Edison.- “Estudio y Análisis de Protecciones Eléctricas para la Determinación del Anillo a 69 kV entre las S/E Ibarra – Otavalo – Cayambe – La Esperanza – Cotacachi”, Tesis Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2002.

ANEXO 1



Simbología

- GENERADOR
- INTERRUPTOR AUTOMÁTICO
- INTERRUPTOR TIPO RETIENABLE
- RECIERCIADOR AUTOMÁTICO
- SWICHE DE PUESTA A TIERRA
- FUSIBLE SECCIONADOR
- SECCIONADOR DE LINEA
- TRANSFORMADOR
- AUTO TRANSFORMADOR
- LINEA DE TRANSMISION
- CAPACITOR
- CONDUCTOR PROTECTOR
- CONDUCTOR EXISTENTE
- S/E PROTECCION

PROYECTO DE SISTEMAS DE TRANSMISION

DISTRIBUCION

INSTRUMENTACION

PLAN DE CABLEADO

ANEXO 2A - DIAGRAMA UNIFILAR "RENDIMIENTO"


CONDICION	FECHA	ELABORADO POR	REVISADO POR
REVISADO			
PROYECTADO			
CONCEBIDO			

EMPRESA: **INSTRUMENTACION INDUSTRIAL NORRIS S.A.**
 DISEÑADOR: **EMERSON E. MENENDEZ**
 INGENIERO: **ROBERTO G. RIVERA**
 INGENIERO: **ROBERTO G. RIVERA**
 INGENIERO: **ROBERTO G. RIVERA**

ESCALA: **1:50**
 FECHA: **1980**
 LUGAR: **LA UNION**



- ### SIMBOLOGIA
- LINEA A 138.0 KV
 - LINEA A 69 KV EXT.
 - LINEA A 34.5 KV EXT.
 - LINEA A 13.8 KV EXT.
 - LINEA A 6.9 KV PROT.
 - ▲ SUBSTACION EXISTENTE
 - ▲ SUBSTACION PROYECTADA
 - ▲ SUBSTACION DE SECCIONAMIENTO
 - ▲ CENTRAL TERMICA
 - ▲ CENTRAL HIDRAULICA
 - LIMITE INTERNACIONAL
 - LIMITE PROVINCIAL
 - LIMITE CANTONAL
 - CARRETERA ASFALTADA



EMEL NORTE
EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NOROCCIDENTAL S.A.

CONSTRUCCIONES

CONTINENTE

ANEXO 2B - UBICACION GEOGRAFICA

	DIR. DE INSTALACION APONDO	PROYECTO	MONITOR EDUARDO	FECHA: 1988 FOLIO:
ESCALA:	HC	1 DE 1	HOJA	ANEXO

ANEXO 2

ANEXO 3A

METODOLOGIA UTILIZADA EN EL ANALISIS BALANCEADO DE LOS CIRCUITOS⁽⁴⁾

3.A.1.- Pérdidas de la sección

Para calcular las pérdidas en las líneas por sección, (1) los kVA de carga a través de la sección son utilizados para calcular la corriente a través de la sección y (2) el cuadrado de esa corriente es multiplicado por la impedancia de la sección para obtener las pérdidas. (3) Los valores de pérdidas para esos tipos de secciones son incrementados por un factor de pérdidas del neutro, ya que las secciones monofásicas y bifásicas producen pérdidas adicionales en el retorno por el neutro. Para el cálculo de las pérdidas en las líneas, las siguientes definiciones se aplican para los valores de kW y kVAR.

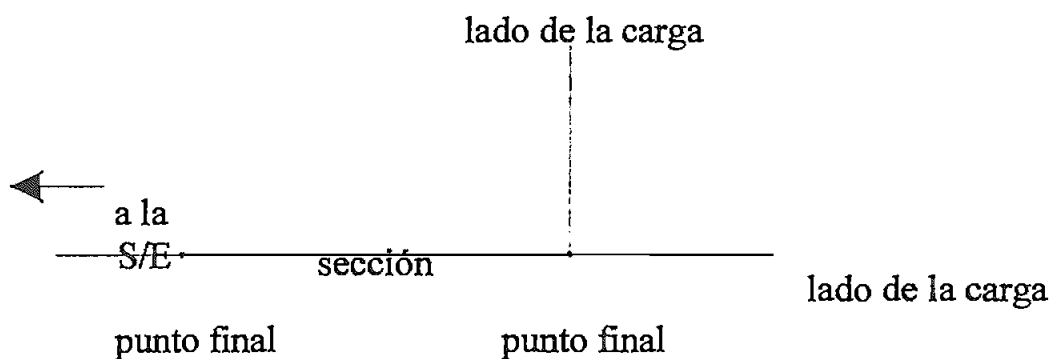


Figura 3.A.1.- Modelo de la sección

- Los kW de carga acumulados a través de la sección es igual a la suma de todas las cargas sobre el punto final de la sección.

⁽⁴⁾ Referencia bibliográfica [15]

- Los kW de pérdidas acumulados a través de la sección es igual a la suma de todas las pérdidas de las líneas y equipo para todas las secciones sobre el lado de la carga del punto final de la sección.
 - Los kW de carga de la sección es igual a los kW de carga entre los puntos de la fuente y el fin de la sección.
- A. Los valores kW y kVAR de la sección para el cálculo de pérdidas se muestran en las siguientes ecuaciones:

kW sección = kW de carga acumulados a través de la sección + kW de pérdidas a través de la sección + $\frac{1}{2}$ kW de carga de la sección

kVAR sección = kVAR de carga acumulados a través de la sección + kVAR de pérdidas a través de la sección + $\frac{1}{2}$ kVAR de carga de la sección

Los kVA de la sección son calculados:

$$kVA \text{ Sección} = \sqrt{(kW \text{ Sección})^2 + (kVAR \text{ Sección})^2}$$

La corriente a través de la sección, por fase es calculada:

$$Corriente \text{ Sección} = \frac{kVA \text{ Sección}}{NPH \times \frac{Voltaje \text{ Sección} kV_{LL}}{\sqrt{3}}}$$

donde NPH = número de fases

- B. Los kW y kVAR de pérdidas son calculados por:

$$Pérdidas kW \text{ Sección} = \frac{(Corriente \text{ Sección})^2 \times NPH \times R_1 \text{ Sección}}{1000}$$

$$Pérdidas kVAR \text{ Sección} = \frac{(Corriente \text{ Sección})^2 \times NPH \times X_1 \text{ Sección}}{1000}$$

- C. Factor de pérdidas del neutro: En líneas monofásicas y bifásicas (aproximadamente 10 millas o más) se ha encontrado que las pérdidas en el retorno por el neutro son apreciables. La corriente de retorno tiene dos posibles caminos: a través de la tierra y a través del neutro. Las pérdidas en el retorno por tierra son despreciables en medida que la impedancia de ese camino es mucho más pequeña que la impedancia del conductor neutro. Para estimar la porción de la corriente de retorno que fluye en el conductor neutro, se calcula el siguiente factor de división de la corriente del neutro:

$$F_G = \frac{Z_E}{Z_E + \sum Z_{GW}}$$

$$Z_E = R_E + jX_E$$

Donde:

$R_E = 0.0181$ ohms por la distancia a lo largo del alimentador y el fin de la sección (1000s de pies) [valor tomado del libro Westinghouse Transmission and Distribution y del Manual de la REA]

$X_E = 0.1823$ ohms por la distancia a lo largo del alimentador y el fin de la sección (1000s de pies) [valor tomado del libro Westinghouse Transmission and Distribution y del Manual de la REA]

$\sum Z_{GW}$ = Impedancia total del conductor neutro en ohms entre la subestación y el punto final de la sección.

Para secciones monofásicas, ya que la corriente total del neutro es igual a la corriente en la fase, las pérdidas de la sección (ambos kW y kVAR) son multiplicadas por el factor $(1 + F_G)$ con el fin de lograr las pérdidas totales de la sección.

Para secciones bifásicas, la corriente total de retorno es igual a la mitad de la corriente por fase. Las pérdidas de la sección son multiplicadas por el factor $(1 + 0.5F_G)$.

Para secciones trifásicas en un sistema balanceado, no hay corrientes de retorno de manera que el factor de pérdidas del neutro no se aplica.

Este método de estimar las pérdidas en el neutro ha demostrado precisión frente a lecturas tomadas en el campo para líneas monofásicas y bifásicas.

3.A.2.- Cálculos de Voltaje

A parte de las definiciones de kW de carga acumulados a través de la sección, kW de pérdidas acumuladas a través de la sección y kW de carga de la sección, se requieren las siguientes definiciones adicionales:

kW sección total = kW de carga acumulada a través de la sección + kW de pérdidas acumuladas a través de la sección + $\frac{1}{2}$ kW de carga de la sección.

kVAR sección total = kVAR de carga acumulada a través de la sección + kVAR de pérdidas acumuladas a través de la sección + $\frac{1}{2}$ kVAR de carga de la sección.

Los amperios reales y reactivos a través de la sección son calculado por:

$$\text{Amps Reales a través sección} = \frac{kW \text{ sección total}}{NPH \times \frac{\text{Voltaje sección } kV_{LL}}{\sqrt{3}}}$$

$$\text{Amps Reactivos a través sección} = \frac{kVAR \text{ sección total}}{NPH \times \frac{\text{Voltaje sección } kV_{LL}}{\sqrt{3}}}$$

La caída de voltaje en la sección está dada por:

$$KV_{LL} \text{ de caída de voltaje} = [(\text{Amps real a través sección}) \times (R_1 \text{ sección}) + (\text{Amps reactivos a través de la sección}) \times (X_1 \text{ sección}) \times \text{Factor de caída del neutro}]$$

Donde:

El factor de caída del neutro es el mismo que el factor de pérdidas del neutro discutido en la sección anterior de pérdidas, y varía dependiendo de si la sección es monofásica o bifásica.

El nivel de voltaje resultante usado para la sección es calculado por:

$$KV_{LL} \text{ voltaje sección} = KV_{LL} \text{ voltaje sección previa} - KV_{LL} \text{ de caída de voltaje de la sección}$$

$$\text{Caída de voltaje acumulada} = \text{Voltaje subestación} - \text{Voltaje sección}$$

Para determinar si se necesita otra iteración, la diferencia del nivel de voltaje se calcula por:

$$\text{Diferencia del nivel de voltaje} = \left| \frac{a}{b} \right| \times 100\%$$

Donde:

$$a = \text{Voltaje de la sección} - \text{voltaje de la sección de la iteración previa}$$

$$b = KV_{LL} \text{ de la sección nominal}$$

Lo cual es comparado con el criterio de convergencia

ANEXO 3B

METODOLOGIA UTILIZADA EN EL ANALISIS POR FASE DE LOS CIRCUITOS⁽⁴⁾

Las ecuaciones por fase son derivadas del análisis del circuito mostrado en la figura 3.B.1.
Esta representa una sección del circuito siendo analizado.

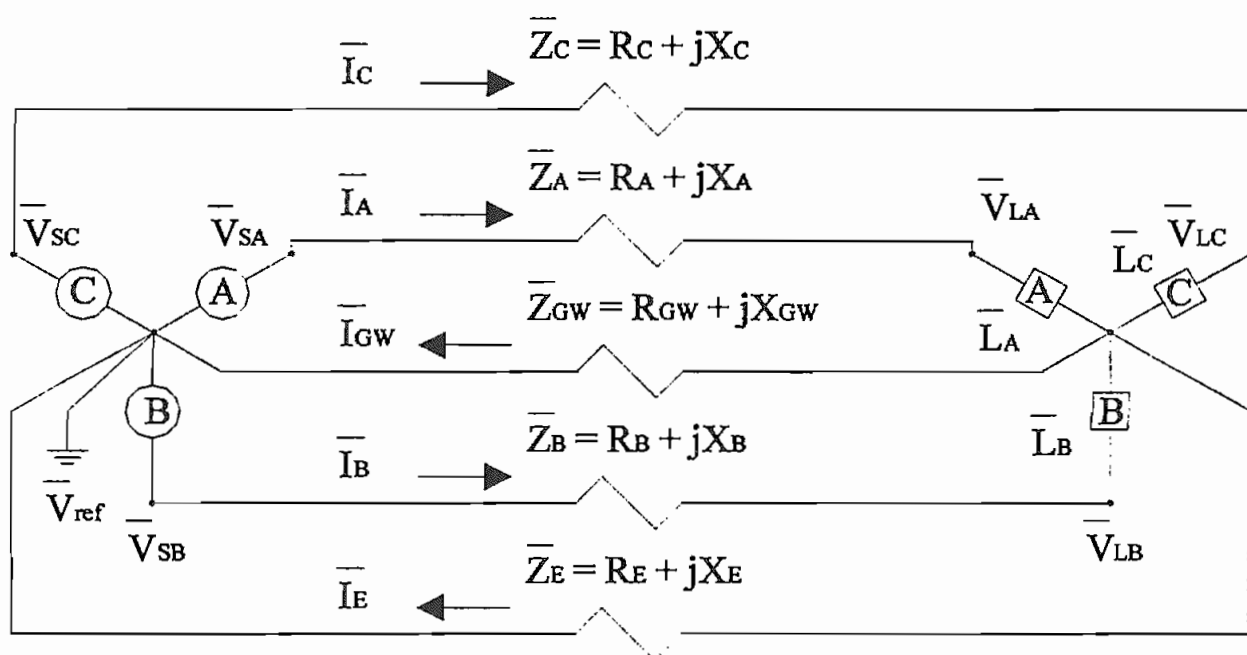


Figura 3.B.1.- Modelo de línea de componentes simétricas por fase

Donde:

\bar{V}_{ref} el voltaje de referencia, es el voltaje en el neutro de la fuente

$\bar{V}_{SA}, \bar{V}_{SB}, \bar{V}_{SC}$ son los voltajes en el punto final de la fuente de la sección

$\bar{V}_{LA}, \bar{V}_{LB}, \bar{V}_{LC}$ son los voltajes en el punto final de la carga de la sección

⁽⁴⁾ Referencia bibliográfica [15]

\bar{V}_{LN} es el voltaje del neutro de la carga

$\bar{Z}_A, \bar{Z}_B, \bar{Z}_C$ son las impedancias de los conductores de la sección

\bar{Z}_{GW} es la impedancia del conductor neutro

\bar{Z}_E es la impedancia del camino de retorno por tierra

$\bar{I}_A, \bar{I}_B, \bar{I}_C$ son las corrientes de fase

\bar{I}_{GW} es la corriente en el conductor neutro

\bar{I}_E es la corriente en el camino de retorno

$\bar{L}_A, \bar{L}_B, \bar{L}_C$ son las cargas totales a través de la sección por fase. Esta es la suma de la carga más las pérdidas a través de la sección más $\frac{1}{2}$ de la carga de la sección. La potencia expresada por la carga es asumida constante, es decir, independiente del voltaje. El valor de L consiste de una componente real P y una componente reactiva jQ, los cuales se asumen separadamente.

El valor “ $\bar{}$ ” indica que la cantidad es un vector.

3.B.1.- Pérdidas en la sección

Para calcular las pérdidas en la sección, un voltaje es asignado en el final de la carga de la sección. También, el voltaje es asumido igual al de la subestación para la primera iteración.

Las pérdidas están dadas por:

$$Pérdidas_A = |\bar{I}_A|^2 R_A + j |\bar{I}_A|^2 X_A + \frac{|\bar{I}_A|^2}{I_T} \times \left[(|I_{GW}|^2 R_{GW}) + j (|I_{GW}|^2 X_{GW}) \right]$$

$$Pérdidas_B = |\bar{I}_B|^2 R_B + j |\bar{I}_B|^2 X_B + \frac{|\bar{I}_B|^2}{I_T} \times \left[(|I_{GW}|^2 R_{GW}) + j (|I_{GW}|^2 X_{GW}) \right]$$

Estos valores son calculados y discutidos a continuación:

Las cargas y los voltajes en la carga son conocidos, así que las corrientes en las fases pueden ser calculadas:

$$\bar{I}_A^* = \frac{\bar{L}_A}{\bar{V}_{LA}}$$

$$\bar{I}_B^* = \frac{\bar{L}_B}{\bar{V}_{LB}}$$

$$\bar{I}_C^* = \frac{\bar{L}_C}{\bar{V}_{LC}}$$

“*” indica que las cantidades son complejos conjugadas

Debido a que las pérdidas en el neutro deben ser proveídas a través de los conductores de la fase y las pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente, se necesita factores para proporcionar las pérdidas del neutro a las de las fases.

Los factores $\frac{\bar{I}_A^2}{\bar{I}_T}$, $\frac{\bar{I}_B^2}{\bar{I}_T}$ y $\frac{\bar{I}_C^2}{\bar{I}_T}$ son usados en las ecuaciones anteriores para proporcionar las pérdidas del neutro a las fases.

Donde: $\bar{I}_T = \bar{I}_A^2 + \bar{I}_B^2 + \bar{I}_C^2$

Para calcular I_{GW}

La corriente total del neutro es: $\bar{I}_N = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C = \bar{I}_{GW} + \bar{I}_E$

Para calcular la corriente I_{GW} de I_N , un factor de división de corriente del neutro, F_G , se calcula y se almacena para cada sección.

Entonces: $\bar{I}_{GW} = F_G \bar{I}_N = F_G (\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C)$

Donde:

$$F_G = \frac{Z_E}{Z_E + \sum Z_{GW}}$$

$$Z_E = R_E + jX_E$$

Donde:

$R_E = 0.0181$ ohms por la distancia a lo largo del alimentador y el fin de la sección (1000s de pies) [valor tomado del libro Westinghouse Transmission and Distribution y del Manual de la REA]

$X_E = 0.1823$ ohms por la distancia a lo largo del alimentador y el fin de la sección (1000s de pies) [valor tomado del libro Westinghouse Transmission and Distribution y del Manual de la REA]

$\sum Z_{GW}$ = Impedancia total del conductor neutro en ohms entre la subestación y el punto final de la sección.

3.B.2.- Cálculo de caída de voltaje en la sección

El voltaje al final de la sección es:

$$\bar{V}_{LA} = \bar{V}_{SA} - \bar{I}_A Z_A - \bar{I}_{GW} Z_{GW}$$

$$\bar{V}_{LB} = \bar{V}_{SB} - \bar{I}_B Z_B - \bar{I}_{GW} Z_{GW}$$

$$\bar{V}_{LC} = \bar{V}_{SC} - \bar{I}_C Z_C - \bar{I}_{GW} Z_{GW}$$

Para la primera iteración fuera de la subestación V_S es igual al voltaje de la subestación. Para otras secciones el valor de V_S es igual al de V_L de la sección previa. La caída de voltaje es entonces calculada por:

$$\text{Caída de voltaje}_A = |\bar{V}_{SA}| - |\bar{V}_{LA}|$$

$$\text{Caída de voltaje}_B = |\bar{V}_{SB}| - |\bar{V}_{LB}|$$

$$\text{Caída de voltaje}_C = |\bar{V}_{SC}| - |\bar{V}_{LC}|$$

Para calcular la caída de voltaje acumulada, cada V_s en las tres ecuaciones anteriores es igual al voltaje de la subestación. Para determinar si se necesita otra iteración, la diferencia del nivel de voltaje es calculada por:

$$\text{Diferencia del nivel de voltaje} = \frac{\text{Actual } V_{LA} - \text{Previo } V_{LA}}{\text{Voltaje nominal } V_{LA}}$$

La diferencia del nivel de voltaje es entonces comparado con el criterio de convergencia. Las mismas ecuaciones se usan para las fases B y C.

Table with columns for section name, conductor type, size, length, and various electrical parameters like voltage drop, wire load, and losses. Includes entries for sections C1-45 through C1-22.

Summary table showing VOLTAGE DROP MAXIMUM, WIRE LOAD MAXIMUM, and LOSSES for sections C1-60, C1-A', and C1-93.

2 iteration(s) with convergence criteria of 0.01

Summary table showing RUN CUMULATIVE FEEDER LOAD and LOSSES for sections A, B, and C.

Project information including date (05/14/02), time (10:24:47), and license details for Escuela Politécnica Nacional.

Detailed table for CAYAMBE C2 showing section name, conductor type, size, length, and various electrical parameters like load in section, load thru section, and losses.

Table with columns for section name, conductor size, material, length, area, weight, and other electrical parameters. Rows are numbered from C5-173 to C5-213.

Summary table for VOLTAGE DROP MAXIMUM, WIRE LOAD MAXIMUM, and LOSSES. Columns include SECTION NAME, PERCENT DROP, PERCENT LEVEL, SECTION NAME, CAPACITY, KVA, KW, and KVAR.

2 iteration(s) with convergence criteria of 0.01

Summary table for RUN CUMULATIVE FEEDER LOAD and RUN CUMULATIVE FEEDER LOSSES. Columns include KVA, KW, KVAR, and PF for sections A, B, and C, plus a TOTAL row.

END 450

3.B.4.- Flujos S/E La Esperanza

8548 798 1596 30457 30590 30989 31388 31787 32053 32718 -32718
PROJECT: David S. Angulo A. 05/31/02 11:31:01
LICENSED TO: Escuela Politecnica Nacional
BY PHASE VOLTAGE ANALYSIS ON FEEDER La Esperanza # 1
Nominal Voltage = 13.80 KV Line to Line

Table with columns: SECTION NAME, LGTH PHS, COND, CONN, KVA, KW, KVAR, AMPS, CUST, PCT, LOAD THRU SECTION, VOLTAGE PERCENT, and LOSSES. Includes data for various sections from E1-1 to T2-97.

Table listing electrical sections (T2-178 to T2-64) with columns for phase, conductor type, size, length, and various electrical parameters like voltage drop and losses.

Summary table for VOLTAGE DROP MAXIMUM, WIRE LOAD MAXIMUM, and LOSSES, showing SECTION NAME, PERCENT DROP/LEVEL, SECTION NAME CAPACITY, KVA, KW, and KVAR.

3 iteration(s) with convergence criteria of 0.01

Table showing RUN CUMULATIVE FEEDER LOAD and LOSSES for sections A, B, and C, including KVA, KW, KVAR, and PF values.

PROJECT: David S. Angulo A. 05/31/02 11:31:02
LICENSED TO: Escuela Politecnica Nacional
BY PHASE VOLTAGE ANALYSIS ON FEEDER La Esperanza # 2
Nominal Voltage = 13.80 KV Line to Line

Detailed table for 'La Esperanza # 2' showing SECTION NAME, LGTH PHS, COND, CONN, LOAD IN SECTION, LOAD THRU SECTION, VOLTAGE PERCENT, and LOSSES for various sections.

Table with columns for section name, phase, conductor, size, material, length, weight, volume, and other electrical parameters for sections T2-31 through T2-44.

Summary table showing VOLTAGE DROP MAXIMUM, WIRE LOAD MAXIMUM, and LOSSES for sections T1-30, T2-33, T2-37, and T3-70.

3 iteration(s) with convergence criteria of 0.01

Summary table showing RUN CUMULATIVE FEEDER LOAD and LOSSES for feeders A, B, and C, including total values.

Project information including address (David S. Angulo A.), license to (Escuela Politecnica Nacional), and nominal voltage (13.80 KV).

Main table for 'La Esperanza # 3' showing detailed feeder load and losses data for sections C3-166 through C3-178, including conductor size, phase, and various electrical metrics.

Table with columns for section name, type, size, and various electrical parameters including voltage, current, and power. Rows range from C3-112 to C3-165.

Summary table with three columns: VOLTAGE DROP MAXIMUM (PERCENT), WIRE LOAD MAXIMUM (PERCENT), and LOSSES (KVA, KW, KVAR). Rows include sections C3-268, C3-218, and C3-95.

3 iteration(s) with convergence criteria of 0.01

Summary table with columns for RUN CUMULATIVE FEEDER LOAD (KVA, KW, KVAR, PF) and RUN CUMULATIVE FEEDER LOSSES (KVA, KW, KVAR). Rows include sections A, B, C, and a TOTAL row.

Metadata information including file ID @548 130606 131404 157871 158004 158403 158802 159201 159467 160132, project name, date, license info, and nominal voltage.

Table with columns for SECTION NAME, LGTH PHS, COND, CONN, LOAD IN SECTION (KW, KVAR, AMPS, CUST), LOAD THRU SECTION (PCT, KW, KVAR, AMPS, CUST), VOLTAGE PERCENT (DROPT, DRCP, LEVEL), and LOSSES (KW, KVAR, SECTION NAME).

ANEXO 3C

METODOLOGIA UTILIZADA EN EL ANALISIS DE CORRIENTE DE FALLAS DEL DPA/G^{TM(4)}

Para calcular los valores de corriente de cortocircuito, la impedancia es siempre calculada para el punto final de la sección específica.

3.C.1.- Definiciones

kV_{LL} es el voltaje calculado en el punto de la falla.

R_1 y X_1 son la resistencia y reactancia de acumulada de secuencia positiva respectivamente. Valores en ohms.

R_2 y X_2 son la resistencia y reactancia de acumulada de secuencia negativa respectivamente. Se asume igual al valor de secuencia positiva. Valores en ohms.

R_0 y X_0 son la resistencia y reactancia de acumulada de secuencia cero respectivamente. Valores en ohms.

R_f es la resistencia de falla. Para fallas de fase a tierra mínimas, R_f se ajusta igual al valor de resistencia de falla (línea – tierra) que se encuentra en el registro del alimentador. Para máximas corrientes de falla a tierra, R_f es igual a cero.

3.C.2.- Ecuaciones para las corrientes de falla

Las siguientes ecuaciones son utilizadas para el calculo de los valores de corriente de falla de cortocircuito en cada una de las secciones en su punto final.

⁽⁴⁾ Referencia bibliográfica [15]

$$FallaTrifásica = \frac{KV_{LL} \times 1000}{\sqrt{3} \times \sqrt{R_1^2 + X_1^2}}$$

$$FallaBifásica = \frac{KV_{LL} \times 1000}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2}}$$

$$FallaMonofásica = \frac{KV_{LL} \times 1000 \times \sqrt{3}}{\sqrt{(R_0 + R_1 + R_2 + 3R_f)^2 + (X_0 + X_1 + X_2)^2}}$$

3.C.3.- Ecuaciones para valores de componentes de secuencia al final de las secciones

Las siguientes ecuaciones y definiciones son usadas para el calculo de componente de secuencia de las secciones en su punto final.

$$R_i \text{ acumulada} = R_i \text{ previamente acumulada} + R_i \text{ sección (ohms)}$$

$$X_i \text{ acumulada} = X_i \text{ previamente acumulada} + X_i \text{ sección (ohms)}$$

Donde

R_1 y X_1 de la sección son los valores almacenados en el registro de la sección

Todos los valores de R_2 y X_2 se asumen igual a los valores correspondientes de R_1 y X_1

$$R_0 \text{ acumulada} = R_0 \text{ previamente acumulada} + R_0 \text{ sección (ohms)}$$

$$X_0 \text{ acumulada} = X_0 \text{ previamente previa} + X_0 \text{ sección (ohms)}$$

Donde:

R_0 y X_0 de la sección son los valores calculados durante la corrida del análisis por falla para cada sección con las fórmulas para impedancia de secuencia cero dadas abajo.

$$R_0 = R \times L$$

Donde L = longitud de la sección en Km

3.C.4.- Formulas de impedancia de secuencia cero para conductores aéreos

Línea trifásica con neutro.

$$Z_0 = (r_a + r_e) + j(X_a + X_e - 2X_d)$$

$$Z_{01} = r_e + j(X_e - 3X_{dn})$$

$$Z_{02} = (3r_n + r_e) + j(3X_n + X_e)$$

$$Z_0 = Z_0 - \frac{Z_{01}^2}{Z_{02}}$$

Línea bifásica con neutro.

$$Z_0 = \left(r_a + \frac{2r_e}{3} \right) + j \left(X_a + \frac{2X_e}{3} - X_d \right)$$

$$Z_{01} = \frac{2r_e}{3} + j \left(\frac{2X_e}{3} - 2X_{dn} \right)$$

$$Z_{02} = \left(2r_n + \frac{2r_e}{3} \right) + j \left(2X_n + \frac{2X_e}{3} \right)$$

$$Z_0 = Z_0 - \frac{Z_{01}^2}{Z_{02}}$$

Línea monofásica con neutro

$$Z_0 = \left(r_a + \frac{r_e}{3} \right) + j \left(X_a + \frac{X_e}{3} - X_d \right)$$

$$Z_{01} = \frac{r_e}{3} + j \left(\frac{X_e}{3} - X_{dn} \right)$$

$$Z_{02} = \left(r_n + \frac{r_e}{3} \right) + j \left(X_n + \frac{X_e}{3} \right)$$

$$Z_0 = Z_0 - \frac{Z_{01}^2}{Z_{02}}$$

Donde:

Z_0 = impedancia de secuencia cero de la sección en (ohms/km); $Z_0 = R_0 + jX_0$

r_a = resistencia del conductor por fase en ohms/km.

X_a = reactancia del conductor a un pie de espaciamiento en ohms/km.

X_d = reactancia del conductor de la fase utilizando el factor de espaciamiento

$$X_d = 0.1736111 \times \frac{f}{60} \times \log \left(\frac{\sqrt[3]{D_{ab} \times D_{bc} \times D_{ca}}}{30.48} \right) (\text{ohms} / \text{km})$$

r_e = resistencia del retorno por tierra (ohms/km)

$$r_e = 0.0541 \times 3.2808 \times \frac{f}{60} + R_g (\text{ohms} / \text{km})$$

R_g = resistencia promedio de una varilla a tierra

X_e = reactancia del retorno por tierra (ohms/km)

$$X_e = 0.001323 \times 3.2808 \times f \times \log \left(\frac{4665600 \times \rho}{f} \right) (\text{ohms} / \text{km})$$

r_n = resistencia del conductor neutro (ohms/km)

X_n = reactancia del conductor neutro (ohms/km)

X_{dn} = espaciamiento equivalente entre los conductores de fase y el neutro

$$X_{dn} = 0.1736111 \times \frac{f}{60} \times \log \left(\frac{\sqrt[3]{D_{an} \times D_{bn} \times D_{cn}}}{30.48} \right) (\text{ohms} / \text{km})$$

f = frecuencia

ρ = resistividad de la tierra.

3.C.5.- Cortocircuitos S/E Cayambe

@2460 1197 1729 16359

PROJECT: David S. Angulo A. 06/21/02 11:27:54

LICENSED TO: Escuela Politécnica Nacional

Fault Current Analysis on Feeder CAYAMBE C1

Regulator Tap Position: ZERO

High-side Voltage = 13.80 KV Line-to-Line

Source Impedances (Ohms) R1 = 0.0650 X1 = 1.1500 * Assumes 5.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

R0 = 0.0010 X0 = 3.4500 ** Assumes 0.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

SECTION NAME (LOAD END) SOURCE	WIRE SIZE	-----CUMULATIVE-----					---- FAULT CURRENTS ----			SECTION LOCATION
		KM FRM SOURCE	POSITIVE R X (OHMS)	ZERO R X (OHMS)	PH-GR MIN* MAX** (AMPS)	PH-PH (AMPS)	3-PH (AMPS)			
						1477	4156	5990	6917	
C1-1	2/OAC	0.134	0.140	1.219	0.131	3.664	1442	3909	5624	6494
C1-2	4AC	0.154	0.172	1.229	0.172	3.698	1432	3868	5558	6418
C1-3	2/OAC	0.449	0.315	1.381	0.437	4.205	1365	3392	4872	5626
C1-4	2/OAC	0.466	0.324	1.390	0.453	4.232	1361	3368	4936	5584
C1-5	2/OAC	0.550	0.371	1.433	0.535	4.376	1342	3251	4662	5383
C1-6	2/OAC	0.585	0.390	1.450	0.569	4.438	1334	3204	4597	5308
C1-7	2/OAC	0.623	0.411	1.468	0.607	4.501	1325	3156	4526	5227
C1-8	2/OAC	0.643	0.423	1.478	0.626	4.533	1321	3132	4489	5183
C1-9	2/OAC	0.777	0.497	1.542	0.758	4.755	1292	2976	4259	4918
C1-10	6CU	0.798	0.513	1.548	0.776	4.765	1289	2964		
C1-11	6CU	0.840	0.591	1.575	0.860	4.812	1271	2908		
C1-12	2/OAC	0.967	0.603	1.633	0.945	5.069	1254	2777	3964	4577
C1-13	1/OAC	0.990	0.619	1.644	0.970	5.110	1248	2753	3928	4535
C1-14'	6CU	1.212	0.948	1.762	1.331	5.312	1180	2541		
C1-16'	6CU	1.054	0.714	1.678	1.074	5.168	1228	2691		
C1-15'	6CU	1.049	0.706	1.675	1.066	5.164	1229	2695		
C1-16	1/OAC	1.043	0.656	1.670	1.030	5.205	1236	2698	3846	4441
C1-15	6CU	1.076	0.705	1.687	1.083	5.235	1226	2667		
C1-14	6CU	1.052	0.669	1.675	1.045	5.213	1234	2689		
C1-17	2/OAC	1.174	0.718	1.732	1.148	5.411	1214	2586	3680	4250
C1-23	2/OAC	1.331	0.805	1.807	1.303	5.670	1185	2456	3488	4027
C1-24	2AC	1.340	0.815	1.812	1.316	5.687	1182	2448	3474	4011
C1-25	2AC	1.456	0.936	1.869	1.487	5.895	1153	2343	3301	3812
C1-26	2AC	1.556	1.041	1.922	1.633	6.068	1129	2258	3157	3645
C1-27	4AC	1.822	1.466	2.064	2.167	6.524	1051	2024	2726	3148
C1-28-29	4AC	1.865	1.535	2.086	2.254	6.598	1039	1990	2664	3076
C1-30	2/OAC	1.416	0.852	1.848	1.387	5.811	1170	2391	3391	3915
C1-31	4AC	1.447	0.902	1.863	1.449	5.867	1159	2360	3333	3849
C1-32	2AC	1.491	0.948	1.887	1.502	5.908	1150	2329		
C1-34	2/OAC	1.499	0.898	1.887	1.468	5.948	1155	2331	3301	3812
C1-35-36	4AC	1.535	0.956	1.906	1.540	6.010	1143	2296	3236	3736
C1-37	4AC	1.661	1.157	1.975	1.759	6.126	1108	2199		
C1-38	2/CAC	1.580	0.943	1.926	1.547	6.081	1141	2274	3217	3715
C1-39	1/OAC	1.603	0.959	1.937	1.573	6.123	1137	2257	3192	3686
C1-53	1/OAC	1.676	1.010	1.975	1.654	6.249	1123	2205	3110	3591
C1-56	1/OAC	1.687	1.018	1.981	1.666	6.267	1121	2197	3098	3577
C1-55	1/OAC	1.693	1.022	1.984	1.673	6.278	1120	2193	3091	3570
C1-54	1/OAC	1.758	1.067	2.019	1.745	6.389	1108	2148	3021	3489
C1-71	4AC	1.839	1.197	2.059	1.909	6.534	1084	2081	2898	3346
C1-72	4AC	1.871	1.248	2.076	1.973	6.589	1075	2055	2849	3290
C1-73	1/CAC	1.881	1.255	2.081	1.981	6.598	1074	2050		
C1-74	4AC	1.964	1.396	2.124	2.160	6.750	1049	1982	2714	3134
C1-74'	4AC	1.987	1.433	2.136	2.206	6.790	1043	1964	2682	3097
C1-75	4AC	2.005	1.462	2.146	2.243	6.822	1038	1950	2557	3068
C1-77	4AC	2.263	1.874	2.282	2.762	7.268	974	1770	2337	2698
C1-78	4AC	2.524	2.290	2.423	3.213	7.509	922	1636		
NUEVO2	4AC	2.360	2.029	2.334	2.930	7.358	954	1718		
C1-62	4AC	2.425	2.133	2.370	3.043	7.418	941	1685		
C1-63	4AC	2.556	2.341	2.441	3.269	7.539	916	1621		
C1-57	4AC	2.429	2.138	2.371	3.048	7.421	940	1683		
C1-58	4AC	2.553	2.336	2.439	3.264	7.536	917	1622		
C1-60	4AC	2.713	2.591	2.526	3.541	7.634	889	1548		
C1-59	4AC	2.688	2.551	2.512	3.498	7.661	892	1560		
C1-57**	4AC	2.636	2.468	2.484	3.407	7.613	901	1583		
C1-61	4AC	2.283	1.906	2.293	2.797	7.297	969	1759		
NUEVO3	4AC	2.293	1.922	2.298	2.814	7.296	967	1754		
C1-68	4AC	2.485	2.229	2.402	3.147	7.474	929	1655		
C1-69	4AC	2.515	2.277	2.419	3.199	7.501	923	1640		
C1-70	4AC	2.626	2.454	2.479	3.392	7.604	903	1588		
C1-67	4AC	2.486	2.229	2.402	3.147	7.474	929	1655		
C1-64	4AC	2.438	2.154	2.377	3.066	7.430	938	1678		
C1-65-66	4AC	2.674	2.529	2.505	3.474	7.643	895	1566		
C1-76	4AC	2.058	1.547	2.174	2.349	6.913	1024	1911	2536	2986
C1-79	4AC	2.012	1.473	2.153	2.257	6.827	1036	1945	2545	3055
C1-80	4AC	2.072	1.569	2.185	2.377	6.929	1021	1901	2565	2962
C1-81	4AC	2.131	1.663	2.211	2.497	7.040	1006	1859	2494	2880
C1-82	4AC	2.159	1.707	2.225	2.553	7.090	999	1840	2461	2841
C1-83	4AC	2.202	1.776	2.247	2.640	7.165	988	1811	2409	2782
C1-85	4AC	2.198	1.770	2.247	2.613	7.102	991	1821		
C1-86	4AC	2.283	1.905	2.294	2.761	7.191	973	1773		
C1-40	1/AC	1.658	0.998	1.964	1.635	6.221	1127	2218	3132	3617
C1-40'	4AC	1.668	1.014	1.970	1.652	6.230	1124	2210		
C1-39'	1/CAC	1.753	1.064	2.010	1.741	6.391	1109	2152	3334	3503
C1-41	1/CAC	1.668	1.005	1.969	1.646	6.239	1125	2210	3121	3604
C1-42	4AC	1.679	1.022	1.975	1.665	6.249	1122	2202		
C1-43	4AC	1.697	1.051	1.985	1.697	6.266	1117	2189		
NUEVO1	1/CAC	1.751	1.063	2.010	1.739	6.388	1109	2153	3035	3505
C1-42'	1/OAC	1.957	1.206	2.110	1.970	6.757	1073	2022	2839	3278
C1-43**	1/OAC	2.142	1.335	2.200	2.177	7.088	1042	1917	2681	3096
C1-44'	4AC	2.163	1.368	2.211	2.213	7.108	1037	1905		

C1-45'	4AC	2.195	1.419	2.229	2.268	7.137	1030	1887		
C1-46'	1/0AC	2.268	1.422	2.262	2.318	7.314	1022	1851	2583	2982
C1-50	1/0AC	2.504	1.586	2.387	2.579	7.716	987	1738	2408	2780
C1-51	1/0AC	2.794	1.788	2.541	2.900	8.213	946	1616	2221	2564
C1-52	1/0AC	2.834	1.816	2.562	2.945	8.283	941	1601	2197	2537
C1-88	2AC	2.846	1.842	2.570	2.969	8.281	938	1596	2182	
C1-89	2AC	3.074	2.082	2.695	3.270	8.583	904	1510	2026	
C1-94	2AC	3.091	2.099	2.704	3.292	8.604	902	1504	2016	
C1-90	2AC	3.138	2.149	2.730	3.354	8.667	895	1488	1986	
C1-93	2AC	3.186	2.200	2.756	3.418	8.730	889	1471	1957	
C1-91	2AC	3.149	2.161	2.736	3.367	8.677	894	1484		
C1-92	2AC	3.218	2.234	2.773	3.450	8.741	885	1463		
C1-87	2AC	3.048	2.055	2.680	3.202	8.449	911	1530		
C1-A'	2AC	2.936	2.039	2.619	3.210	8.458	914	1541	2079	2400
C1-47	1/0AC	2.309	1.451	2.284	2.364	7.384	1016	1830	2550	2945
C1-49	1/0AC	2.317	1.457	2.288	2.373	7.398	1015	1826	2544	2938
C1-48	1/0AC	2.318	1.457	2.288	2.374	7.400	1015	1826	2544	2937
C1-43'	4AC	1.776	1.103	2.023	1.783	6.411	1103	2136		
C1-44	4AC	1.854	1.227	2.066	1.918	6.484	1082	2082		
C1-45	4AC	1.881	1.270	2.080	1.965	6.509	1075	2064		
C1-46	4AC	1.869	1.251	2.074	1.944	6.497	1078	2072		
C1-33	2AC	1.497	0.938	1.888	1.506	5.957	1149	2320	3274	3780
C1-33'	4AC	1.529	0.989	1.905	1.562	5.986	1140	2295		
C1-22	2AC	1.381	0.935	1.843	1.452	5.762	1159	2387	3338	3855
C1-18	2AC	1.238	0.785	1.767	1.224	5.470	1199	2535		
C1-19	2AC	1.263	0.811	1.781	1.254	5.493	1193	2516		
C1-20	2AC	1.247	0.794	1.772	1.235	5.479	1196	2528		
C1-21	2AC	1.265	0.813	1.782	1.256	5.495	1192	2514		

END 122

01284 1197 1729 25004

PROJECT: David S. Angulo A. 05/14/02 10:28:27

LICENSED TO: Escuela Politécnica Nacional

Fault Current Analysis on Feeder CAYAMBE C2

Regulator Tap Position: ZERO

High-side Voltage = 13.80 KV Line-to-Line

Source Impedances (Ohms) R1 = 0.0650 X1 = 1.1500 * Assumes 5.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

R0 = 0.0010 X0 = 3.4500 ** Assumes 0.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

SECTION NAME (LOAD END)	WIRE SIZE	-----CUMULATIVE-----				---- FAULT CURRENTS ----			SECTION LOCATION	
		KM FROM SOURCE	POSITIVE SEQ. R X (OHMS)	ZERO SEQ. R X (OHMS)	PH-GR MIN* MAX** (AMPS)	PH-PH (AMPS)	3-PH (AMPS)			
SOURCE					1477	4156	5990	6917		
C2-1	1/0AC	0.111	0.142	1.208	0.124	3.642	1444	3937	5672	6550
C2-2	4AC	0.207	0.296	1.259	0.317	3.808	1396	3741	5337	6163
C2-3	1/0AC	0.418	0.356	1.369	0.465	4.172	1359	3410	4978	5633
C2-4	2AC	0.557	0.502	1.442	0.668	4.413	1313	3192	4518	5217
C2-5	2AC	0.758	0.713	1.549	0.963	4.761	1253	2910	4047	4673
C2-6	1/0AC	0.589	0.475	1.458	0.655	4.468	1315	3163	4499	5195
C2-7	2AC	0.921	0.823	1.634	1.141	5.043	1217	2727	3771	4354
C2-8	1/0AC	0.891	0.685	1.616	0.990	4.989	1244	2794	3930	4538
C2-9	2AC	1.793	1.632	2.094	2.310	6.552	1030	1976	2599	3002
C2-10	1/0AC	2.156	1.884	2.286	2.711	7.171	976	1782	2329	2689
C2-11	2AC	2.010	1.860	2.208	2.627	6.927	989	1839	2390	2760
C2-12	2AC	2.170	2.027	2.294	2.860	7.201	961	1749	2254	2603
C2-13	1/0AC	1.220	0.914	1.789	1.355	5.557	1175	2471	3435	3967
C2-18	1/0AC	1.720	1.262	2.055	1.909	6.412	1082	2094	2962	3304
C2-19	2AC	2.329	1.901	2.382	2.799	7.458	963	1721	2264	2614
C2-20	2AC	2.932	2.533	2.706	3.678	8.491	869	1455	1862	2149
C2-21	2AC	3.712	3.352	3.133	4.605	9.217	783	1247		
C2-22	2AC	3.431	3.057	2.985	4.107	8.483	822	1350		
C2-23	1/0AC	1.943	1.417	2.173	2.155	6.794	1044	1958	2660	3071
C2-25	1/0AC	2.706	1.947	2.545	3.009	8.159	934	1600	2153	2486
C2-26	1/3AC	2.936	2.107	2.665	3.264	8.556	905	1515	2031	2345
C2-27	4AC	3.149	2.447	2.781	3.634	8.753	868	1434		
C2-28	4AC	3.271	2.643	2.848	3.846	8.866	848	1391		
C2-29	4AC	3.906	3.657	3.193	4.948	9.455	758	1193		
C2-30	4AC	4.238	4.187	3.373	5.524	9.763	718	1108		
C2-31	4AC	4.238	4.187	3.373	5.523	9.763	718	1108		
C2-32	4AC	4.631	4.813	3.586	6.204	10.126	676	1019		
C2-33	4AC	4.525	4.644	3.528	6.020	10.028	687	1042		
C2-34	1/0AC	3.265	2.337	2.841	3.629	9.120	866	1408	1876	2166
C2-35	2AC	3.766	2.862	3.115	4.224	9.586	809	1279		
C2-36	1/3AC	3.441	2.459	2.934	3.817	9.379	847	1360	1802	2081
C2-37	2AC	3.762	2.796	3.110	4.198	9.677	812	1280		
C2-38	2AC	4.131	3.183	3.305	4.825	10.563	763	1166	1504	1736
C2-39	2AC	4.789	3.873	3.659	5.786	11.691	697	1024	1295	1495
C2-40	2AC	5.228	4.334	3.899	6.429	12.436	659	947	1194	1367
C2-41	2AC	5.603	4.728	4.101	6.977	13.081	630	889	1102	1273
C2-42	2AC	5.652	4.780	4.128	7.049	13.165	626	882	1093	1262
C2-43	2AC	4.687	3.767	3.609	5.486	11.080	714	1064		
C2-44	2AC	5.469	4.589	4.037	6.414	11.807	655	946		
C2-45	2AC	5.165	4.269	3.871	6.054	11.525	677	989		
C2-46	2AC	5.647	4.774	4.135	6.626	11.973	643	922		
C2-47	2AC	7.319	6.529	5.049	8.612	13.528	548	746		
C2-48	2AC	8.528	7.798	5.710	10.048	14.656	495	654		
C2-49	2AC	8.937	8.227	5.934	10.534	15.036	479	627		
C2-50	2AC	9.346	8.657	6.158	11.020	15.417	465	603		
C2-51	2AC	9.857	9.193	6.437	11.627	15.892	447	575		
C2-52	2AC	9.306	8.615	6.136	10.973	15.380	466	605		
C2-53	2AC	12.209	11.661	7.723	14.419	18.080	382	473		
C2-54	4AC	12.714	14.056	7.987	16.883	18.537	345	422		
C2-55	4AC	14.731	17.276	9.083	20.381	20.406	299	356		
C2-56	4AC	16.034	19.355	9.790	22.640	21.612	276	323		
C2-57	4AC	17.443	21.605	10.556	25.085	22.918	254	294		
C2-58	2AC	12.989	14.344	8.137	17.210	18.793	340	414		

C2-59	2AC	13.991	15.396	8.685	18.399	19.725	322	388		
C2-60	2AC	13.843	15.240	8.604	18.223	19.587	325	392		
C2-61	2AC	14.141	15.553	8.767	18.577	19.864	320	384		
C2-62	2AC	14.765	16.208	9.108	19.318	20.444	310	370		
C2-63	2AC	15.185	16.648	9.338	19.817	20.835	304	361		
C2-64	2AC	15.201	16.666	9.347	19.836	20.850	303	361		
C2-65	2AC	16.030	17.536	9.800	20.821	21.621	291	344		
C2-66	2AC	15.834	17.330	9.693	20.588	21.439	294	348		
C2-67	2AC	17.058	18.615	10.363	22.041	22.577	278	326		
C2-68	1/OAC	17.881	19.187	10.808	22.728	23.338	270	315		
C2-69	2AC	18.783	20.134	11.302	23.799	24.177	260	301		
C2-70	2AC	19.379	20.759	11.627	24.506	24.731	254	293		
C2-180	2AC	7.183	6.387	4.975	8.450	13.402	555	757		
C2-181	2AC	8.567	7.839	5.731	10.093	14.688	493	651		
C2-182	2AC	8.414	7.679	5.648	9.912	14.547	500	661		
C2-183	2AC	9.464	8.781	6.222	11.158	15.523	461	596		
C2-184	2AC	10.303	9.662	6.681	12.155	16.304	433	553		
C2-185	2AC	11.718	11.146	7.455	13.835	17.620	394	492		
C2-71	1/OAC	3.913	2.787	3.185	4.340	10.186	799	1239	1630	1882
C2-72	2AC	4.584	3.492	3.553	5.137	10.810	735	1105		
C2-73	1/OAC	4.182	2.974	3.329	4.637	10.646	774	1178	1546	1785
C2-74	2AC	5.305	4.154	3.943	5.972	11.691	679	986		
C2-75	1/OAC	4.579	3.251	3.540	5.078	11.326	739	1099	1436	1658
C2-76	2AC	4.965	3.656	3.751	5.536	11.684	707	1035		
C2-77	1/OAC	4.794	3.400	3.654	5.316	11.693	722	1061	1382	1596
C2-78	2AC	5.491	4.131	4.035	6.143	12.341	668	957		
C2-79	2AC	5.609	4.256	4.093	6.506	13.092	650	918	1169	1349
C2-80	2AC	6.068	4.738	4.354	7.113	13.687	617	858	1072	
C2-81	2AC	6.439	5.127	4.539	7.720	14.517	589	806	1008	1164
C2-83	2AC	7.441	6.178	5.087	8.909	15.449	538	718		
C2-82	2AC	6.844	5.552	4.757	8.311	15.212	564	760	944	1090
C2-96	1/OAC	5.023	3.560	3.776	5.570	12.086	704	1022	1330	1535
C2-97	2AC	5.515	4.076	4.045	6.154	12.543	667	952		
C2-98	1/OAC	5.486	3.882	4.023	6.082	12.877	671	953	1234	1425
C2-99	2AC	6.236	4.669	4.420	7.180	14.177	612	844	1073	1239
C2-100	2AC	6.514	4.961	4.566	7.586	14.658	593	809	1023	1182
C2-103	2AC	7.714	6.220	5.212	9.342	16.715	523	687	850	982
C2-102	2AC	7.297	5.782	4.987	8.730	16.001	545	725	904	1043
C2-101	2AC	6.936	5.404	4.793	8.203	15.382	567	762	955	1103
C2-104	2AC	6.628	5.080	4.626	7.752	14.855	586	796	1004	1160
C2-105	2AC	7.156	5.634	4.906	8.525	15.770	553	739	924	1066
C2-106	2AC	6.726	5.183	4.678	7.896	15.024	580	785	988	1141
C2-107	2AC	7.483	5.978	5.086	9.003	16.325	535	708	879	1015
C2-108	2AC	6.900	5.366	4.770	8.151	15.326	569	766	961	1110
C2-109	2AC	5.907	4.323	4.245	6.697	13.605	637	889	1139	1315
C2-110	2AC	6.578	5.027	4.612	7.494	14.230	596	816		
C2-111	2AC	6.807	5.268	4.737	7.766	14.443	583	794		
C2-112	2AC	7.717	6.223	5.235	8.847	15.290	537	715		
C2-113	2AC	6.979	5.448	4.812	8.266	15.463	564	757	949	1096
C2-114	2AC	7.980	6.499	5.342	9.731	17.197	510	664	820	947
C2-115	2AC	8.305	6.840	5.519	10.117	17.499	496	643		
C2-116	2AC	9.324	7.910	6.053	11.698	19.525	451	570	693	800
C2-117	2AC	7.542	6.040	5.110	9.093	16.444	532	702	872	1007
C2-118	2AC	8.500	7.045	5.617	10.495	18.104	485	624	766	884
C2-119	2AC	7.884	6.398	5.291	9.593	17.036	514	672	831	960
C2-120	2AC	8.777	7.336	5.771	10.898	18.569	473	605	739	854
C2-121	2AC	9.696	8.301	6.274	11.990	19.424	442	557		
C2-122	2AC	10.218	8.848	6.559	12.609	19.909	426	533		
C2-123	2AC	11.643	10.344	7.339	14.302	21.235	388	477		
C2-124	2AC	8.711	7.266	5.728	10.803	18.468	476	610	746	861
C2-125	2AC	9.440	8.032	6.121	11.869	19.720	447	563	683	789
C2-127	2AC	9.377	7.965	6.081	11.777	19.622	449	567	689	795
C2-126	2AC	9.160	7.738	5.966	11.461	19.247	457	580	706	815
C2-128	2AC	9.566	8.163	6.180	12.054	19.949	442	556	674	778
C2-129	2AC	10.104	8.729	6.465	12.842	20.882	423	526	635	733
C2-130	2AC	10.519	9.164	6.688	13.448	21.594	409	506	608	702
C2-131	2AC	10.927	9.593	6.908	14.045	22.294	397	487	584	674
C2-132	2AC	11.039	9.710	6.964	14.210	22.496	393	482	577	667
C2-133	2AC	9.971	8.589	6.395	12.649	20.655	427	533	644	744
C2-134	2AC	10.243	8.875	6.541	13.046	21.122	418	519	626	723
C2-135	4AC	11.385	10.698	7.162	15.027	22.180	379	464		
C2-136	2AC	10.214	8.844	6.523	13.004	21.076	419	521	628	725
C2-137	2AC	10.656	9.308	6.761	13.650	21.835	405	499	600	693
C2-138	2AC	13.717	12.521	8.376	18.130	27.145	328	388	459	529
C2-139	2AC	15.000	13.868	9.055	20.008	29.367	304	355	417	481
C2-141	2AC	15.531	14.425	9.341	20.784	30.279	295	343	402	464
C2-142	2AC	16.288	15.220	9.755	21.683	30.983	285	329		
C2-143	2AC	16.688	15.639	9.963	22.474	32.264	277	319	372	430
C2-144	2AC	17.578	16.573	10.449	23.531	33.092	266	305		
C2-140	2AC	16.452	15.392	9.849	21.733	30.718	284	328		
C2-145	2AC	15.309	14.191	9.218	20.459	29.902	298	348	438	471
C2-146	2AC	15.810	14.718	9.493	21.055	30.368	291	339		
C2-147	2AC	17.797	16.803	10.579	23.414	32.216	267	306		
C2-148	2AC	19.086	18.157	11.284	24.945	33.415	253	288		
C2-149	2AC	16.475	15.416	9.856	21.844	30.987	283	327		
C2-150	2AC	16.715	15.668	9.962	22.517	32.338	277	319	372	429
C2-151	2AC	17.514	16.507	10.399	23.467	33.082	267	306		
C2-152	2AC	17.752	16.756	10.520	24.033	34.119	262	300	349	403
C2-153	2AC	19.161	18.235	11.291	25.706	35.429	248	281		
C2-154	2AC	18.552	17.596	10.958	24.983	34.863	254	289		
C2-155	2AC	19.139	18.211	11.278	25.679	35.407	248	281		
C2-156	2AC	19.164	18.238	11.292	25.710	35.432	248	281		
C2-157	2AC	20.163	19.287	11.839	26.896	36.361	238	269		
C2-158	2AC	21.015	20.180	12.304	27.907	37.153	231	260		
C2-159	2AC	21.049	20.217	12.323	27.949	37.185	230	259		
C2-160	2AC	22.418	21.654	13.072	29.574	38.458	219	245		
C2-161	2AC	24.630	23.975	14.281	32.200	40.515	203	226		
C2-162	2AC	25.303	24.682	14.650	33.000	41.141	199	221		
C2-163	2AC	25.088	24.456	14.532	32.745	40.942	200	222		
C2-164	2AC	24.798	24.151	14.373	32.399	40.671	202	225		

C2-165	2AC	25.584	24.977	14.803	33.333	41.403	197	218
C2-166	2AC	25.830	25.234	14.938	33.625	41.631	196	217
C2-167	2AC	26.267	25.694	15.177	34.145	42.038	193	213
C2-168	2AC	27.373	26.854	15.781	35.457	43.066	187	206
C2-169	2AC	27.025	26.488	15.591	35.044	42.743	189	208
C2-170	2AC	27.926	27.434	16.084	36.114	43.581	183	202
C2-171	2AC	27.826	27.330	16.030	35.996	43.488	184	203
C2-172	2AC	29.431	29.015	16.907	37.902	44.981	176	193
C2-173	2AC	20.841	19.999	12.209	27.702	36.992	232	262
C2-174	2AC	21.643	20.840	12.648	28.653	37.737	225	253
C2-175	2AC	22.648	21.895	13.197	29.847	38.672	217	243
C2-176	2AC	22.428	21.664	13.077	29.586	38.468	219	245
C2-177	2AC	22.369	21.602	13.045	29.515	38.412	220	246
C2-178	2AC	25.269	24.646	14.631	32.959	41.110	199	221
C2-179	2AC	23.669	22.966	13.756	31.059	39.621	210	234
C2-24	2AC	2.852	2.371	2.670	3.235	7.639	906	1569
C2-14	2AC	1.508	1.216	1.946	1.697	5.825	1114	2264
C2-15	2AC	1.622	1.335	2.008	1.832	5.931	1092	2189
C2-16	2AC	1.730	1.449	2.067	1.960	6.031	1071	2122
C2-17	2AC	2.155	1.895	2.300	2.465	6.427	998	1885

@END 187

@1076 1197 1729 20083

PROJECT: David S. Angulo A. 05/14/02 12:37:19

LICENSED TO: Escuela Politécnic Nacional

Fault Current Analysis on Feeder CAYAMBE C3

Regulator Tap Position: ZERO

High-side Voltage = 13.80 KV Line-to-Line

Source Impedances (Ohms) R1 = 0.0650 X1 = 1.1500 * Assumes 5.0 Ohms Fault Resistance (In-Gnd)

R0 = 0.0010 X0 = 3.4500 ** Assumes 0.0 Ohms Fault Resistance (In-Gnd)

SECTION NAME (LOAD END) SOURCE	WIRE SIZE	-----CUMULATIVE-----				----- FAULT CURRENTS -----			SECTION LOCATION
		KM FROM SOURCE	POSITIVE SEQ. R X (OHMS)	ZERO SEQ. R X (OHMS)	PH-GR MIN* MAX** (AMPS)	PH-PH (AMPS)	3-PH (AMPS)		
					1477	4156	5990	6917	
C3-1	1/OAC	0.028	0.084	1.165	0.032	3.495	1468	4102	5909 6823
C3-1*	1/OAC	0.042	0.094	1.172	0.048	3.517	1464	4075	5869 6776
C3-2	1/OAC	0.345	0.305	1.331	0.385	4.003	1379	3547	5054 5836
C3-4	1/OAC	0.425	0.361	1.373	0.474	4.132	1358	3424	4862 5614
C3-5	2AC	0.531	0.471	1.429	0.628	4.312	1324	3256	4585 5295
C3-6	2AC	0.683	0.631	1.511	0.850	4.574	1277	3032	4214 4865
C3-7	2AC	0.773	0.726	1.560	0.982	4.729	1250	2909	4011 4631
C3-8	2AC	0.835	0.790	1.593	1.072	4.834	1233	2830	3881 4481
C3-9	1/OAC	0.975	0.781	1.670	0.999	4.705	1237	2831	
C3-10	2AC	1.201	1.017	1.793	1.267	4.915	1184	2621	
C3-11	1/O AC	1.120	0.811	1.707	1.049	4.798	1227	2768	
C3-13	1/OAC	2.013	1.433	2.191	1.795	5.587	1084	2172	
C3-14	4AC	2.199	1.730	2.292	2.118	5.760	1038	2034	
C3-12	1/OAC	1.212	0.875	1.757	1.126	4.879	1210	2694	
C3-15	1/OAC	1.530	1.129	1.950	1.703	5.902	1120	2261	3062 3535
C3-16	2AC	1.559	1.160	1.966	1.745	5.952	1113	2237	3023 3491
C3-17	4AC	1.835	1.616	2.116	2.232	6.185	1041	2032	
C3-18	2AC	2.242	2.044	2.339	2.715	6.564	974	1819	
C3-19	1/OAC	2.307	1.670	2.357	2.568	7.149	994	1803	2388 2758
C3-20	2AC	2.494	1.866	2.456	2.841	7.472	961	1705	2237 2583
C3-21	2AC	2.666	2.047	2.547	3.092	7.770	932	1622	2112 2438
C3-22	1/OAC	2.404	1.738	2.408	2.676	7.305	980	1758	2323 2683
C3-23	4AC	2.496	1.884	2.458	2.835	7.390	961	1711	
C3-24	2AC	2.548	1.889	2.487	2.847	7.438	959	1699	
C3-25	1/OAC	2.478	1.789	2.447	2.757	7.422	970	1726	2277 2629
C3-26	2AC	2.854	2.184	2.653	3.205	7.772	916	1582	
C3-27	1/OAC	2.875	2.065	2.658	3.199	8.054	918	1569	2250 2367
C3-28	1/OAC	3.144	2.252	2.799	3.497	8.484	886	1476	1921 2218
C3-222	2AC	3.096	2.297	2.777	3.522	8.433	885	1478	1914 2211
C3-223	2AC	3.435	2.652	2.959	4.016	9.013	838	1358	1736 2005
C3-224	2AC	3.956	3.200	3.240	4.778	9.909	774	1205	1515 1750
C3-225	2AC	4.466	3.735	3.514	5.523	10.784	720	1084	1346 1554
C3-226	2AC	3.532	2.755	3.012	4.159	9.181	825	1327	1691 1952
C3-227	2AC	3.698	2.929	3.102	4.356	9.335	807	1285	
C3-228	2AC	3.627	2.855	3.063	4.297	9.344	813	1297	1648 1903
C3-229	2AC	4.048	3.297	3.289	4.913	10.067	764	1181	1482 1711
C3-230	2AC	4.118	3.369	3.326	5.014	10.186	756	1164	1457 1683
C3-231	2AC	4.167	3.422	3.353	5.087	10.271	751	1152	1440 1663
C3-232	2AC	4.263	3.522	3.405	5.227	10.436	741	1129	1428 1626
C3-233	2AC	4.458	3.727	3.510	5.512	10.771	721	1086	1349 1556
C3-234	2AC	3.708	2.939	3.106	4.415	9.482	803	1274	1614 1863
C3-235	2AC	4.224	3.481	3.384	5.170	10.369	745	1138	1421 1641
C3-236	4AC	4.410	3.778	3.485	5.492	10.541	723	1095	
C3-237	2AC	5.583	4.908	4.115	7.156	12.701	626	887	1077 1244
C3-238	2AC	5.810	5.146	4.237	7.488	13.091	609	855	1035 1195
C3-239	2AC	5.673	5.002	4.163	7.287	12.856	619	874	1060 1224
C3-240	2AC	5.970	5.314	4.323	7.721	13.366	598	834	1007 1163
C3-241	2AC	5.999	5.344	4.338	7.763	13.415	596	830	1002 1158
C3-242	2AC	6.365	5.728	4.535	8.298	14.043	573	786	944 1091
C3-243	2AC	4.330	3.592	3.441	5.324	10.550	734	1114	1337 1602
C3-244	2AC	4.616	3.892	3.594	5.742	11.041	706	1053	1302 1504
C3-245	2AC	5.320	4.704	4.010	6.973	12.369	640	916	1116 1289
C3-246	2AC	4.785	4.070	3.690	5.966	11.260	692	1023	1256
C3-247	2AC	5.400	4.715	4.040	6.778	12.056	644	925	1111
C3-248	2AC	5.789	5.124	4.261	7.292	12.560	616	872	1035
C3-249	2AC	5.966	5.309	4.358	7.502	12.724	606	851	
C3-250	2AC	6.224	5.580	4.499	7.808	12.964	591	824	
C3-251	2AC	6.227	5.583	4.510	7.871	13.127	589	818	961
C3-252	2AC	6.303	5.663	4.552	7.962	13.198	584	811	
C3-253	2AC	6.339	5.700	4.574	8.019	13.272	582	806	944
C3-254	2AC	6.565	5.938	4.698	8.287	13.482	570	784	

C3-255	2AC	6.580	5.953	4.711	8.337	13.584	568	780	909
C3-256	2AC	6.984	6.378	4.932	8.817	13.960	548	744	
C3-257	2AC	6.660	6.038	4.757	8.443	13.688	563	772	898
C3-258	2AC	7.453	6.870	5.207	9.490	14.714	522	698	800
C3-259	2AC	6.702	6.082	4.781	8.499	13.742	561	767	892
C3-260	2AC	6.922	6.313	4.901	8.760	13.947	550	748	
C3-309	2AC	7.041	6.438	4.973	8.947	14.182	543	735	848
C3-310	2AC	7.291	6.700	5.110	9.244	14.414	531	714	
C3-311	2AC	7.853	7.290	5.435	10.019	15.232	504	666	759
C3-312	2AC	9.136	8.636	6.136	11.543	16.425	456	588	
C3-313	2AC	9.579	9.101	6.379	12.069	16.837	442	565	
C3-314	4AC	9.533	9.270	6.352	12.231	16.793	439	561	
C3-315	2AC	9.935	9.692	6.572	12.709	17.167	427	541	
C3-316	4AC	10.017	10.043	6.615	13.071	17.241	419	531	
C3-317	6CU	8.081	7.628	5.555	10.389	15.440	492	648	
C3-318	6CU	8.570	8.355	5.815	11.183	15.887	469	610	
C3-319	6CU	8.325	7.990	5.685	10.785	15.663	480	628	
C3-320	2AC	9.069	8.771	6.092	11.668	16.355	454	585	
C3-321	6CU	8.844	8.761	5.959	11.627	16.136	457	591	
C3-322	2AC	9.426	9.371	6.278	12.318	16.678	438	560	
C3-323	2AC	9.687	9.645	6.420	12.628	16.920	430	548	
C3-324	2AC	10.078	10.056	6.635	13.093	17.285	419	530	
C3-325	2AC	10.291	10.280	6.751	13.346	17.483	413	520	
C3-326	2AC	10.810	10.824	7.035	13.961	17.965	399	499	
C3-327	2AC	11.140	11.171	7.216	14.354	18.273	391	486	
C3-328	2AC	10.484	10.482	6.856	13.574	17.662	408	512	
C3-329	2AC	11.360	11.402	7.336	14.615	18.477	385	478	
C3-330	2AC	11.676	11.733	7.508	14.990	18.771	378	467	
C3-331	2AC	11.644	11.700	7.491	14.952	18.741	379	468	
C3-332	2AC	11.859	11.925	7.608	15.207	18.941	374	461	
C3-333	2AC	12.383	12.475	7.895	15.829	19.428	362	444	
C3-334	2AC	13.001	13.125	8.233	16.564	20.003	350	425	
C3-335	2AC	13.306	13.444	8.400	16.925	20.286	344	416	
C3-336	2AC	13.298	13.436	8.396	16.917	20.280	344	417	
C3-337	2AC	13.625	13.779	8.575	17.305	20.584	338	408	
C3-338	2AC	13.759	13.920	8.648	17.464	20.708	335	404	
C3-339	2AC	12.663	12.769	8.048	16.162	19.689	356	435	
C3-340	2AC	13.349	13.489	8.423	16.976	20.326	343	415	
C3-341	2AC	14.591	14.793	9.102	18.451	21.482	321	394	
C3-342	2AC	15.473	15.719	9.585	19.500	22.303	307	364	
C3-343	2AC	13.821	13.984	8.681	17.537	20.765	334	403	
C3-344	2AC	14.323	14.512	8.956	18.134	21.233	325	390	
C3-345	2AC	15.257	15.492	9.467	19.242	22.101	310	369	
C3-346	2AC	15.569	15.820	9.638	19.613	22.392	305	362	
C3-347	2AC	15.466	15.711	9.581	19.491	22.296	307	364	
C3-348	2AC	17.395	17.736	10.636	21.781	24.090	280	327	
C3-349	2AC	15.164	15.394	9.416	19.132	22.014	312	371	
C3-350	2AC	15.597	15.849	9.653	19.646	22.417	305	361	
C3-351	2AC	15.664	15.919	9.689	19.726	22.480	304	360	
C3-352	2AC	16.038	16.312	9.894	20.170	22.828	298	352	
C3-353	2AC	16.201	16.483	9.983	20.364	22.980	296	349	
C3-354	2AC	16.711	17.018	10.262	20.970	23.454	289	339	
C3-355	2AC	17.170	17.499	10.513	21.514	23.880	283	331	
C3-356	2AC	17.607	17.958	10.752	22.033	24.287	278	324	
C3-357	2AC	17.348	17.687	10.610	21.726	24.046	281	328	
C3-358	2AC	17.523	17.870	10.706	21.933	24.209	279	325	
C3-359	2AC	18.699	19.105	11.350	23.330	25.303	265	306	
C3-360	2AC	18.276	18.661	11.118	22.828	24.910	269	313	
C3-361	2AC	18.980	19.295	11.448	23.545	25.471	263	304	
C3-362	2AC	17.055	17.379	10.450	21.378	23.774	285	333	
C3-363	2AC	17.351	17.690	10.612	21.729	24.049	281	328	
C3-364	2AC	17.421	17.763	10.650	21.812	24.114	280	327	
C3-365	2AC	17.782	18.143	10.848	22.242	24.450	275	321	
C3-367	2AC	18.077	18.452	11.009	22.591	24.724	272	316	
C3-368	2AC	18.356	18.745	11.162	22.922	24.984	269	312	
C3-369	2AC	18.482	18.878	11.231	23.073	25.101	267	310	
C3-370	2AC	18.658	19.062	11.327	23.282	25.265	265	307	
C3-371	2AC	18.817	19.228	11.414	23.470	25.412	263	304	
C3-372	2AC	19.462	19.905	11.767	24.236	26.012	256	295	
C3-373	2AC	19.013	19.434	11.521	23.703	25.595	261	302	
C3-374	2AC	19.140	19.567	11.590	23.853	25.713	260	300	
C3-375	2AC	19.501	19.947	11.788	24.282	26.049	256	295	
C3-366	2AC	17.892	18.258	10.908	22.372	24.552	274	319	
C3-3	4AC	0.454	0.479	1.390	0.574	4.104	1335	3390	
C3-1'	2AC	0.110	0.171	1.208	0.152	3.637	1437	3936	5656 6531

@END :50

@2416 1197 1729 18487

PROJECT: David S. Angulo A. 05/14/02 11:10:08

LICENSED TO: Escuela Politécnica Nacional

Fault Current Analysis on Feeder CAYAMBE C4

Regulator Tap Position: ZERO

High-side Voltage = 13.80 KV Line-to-Line

Source Impedances (Ohms) R1 = 0.0650 X1 = 1.1500 * Assumes 5.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

R0 = 0.0010 X0 = 3.4500 ** Assumes 0.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

SECTION NAME (LOAD END)	WIRE SIZE	-----CUMULATIVE-----				---- FAULT CURRENTS ----				SECTION LOCATION
		KM TRCM SOURCE	POSITIVE SEQ. R X (OHMS)	ZERO SEQ. R X (OHMS)	PH-GR PH-2H 3-PH MIN* MAX** (AMPS) (AMPS)	PH-2H 3-PH (AMPS) (AMPS)	3-PH (AMPS) (AMPS)			
					1477	4156	5990	6917		
C4-1	1/0AC	0.454	0.381	1.388	0.505	4.234	1349	3356	4795	5537
C4-2	1/0AC	0.516	0.424	1.420	0.573	4.341	1334	3265	4656	5376
C4-3	1/0AC	0.669	0.530	1.495	0.745	4.615	1296	3058	4351	5024
C4-4	2AC	0.733	0.598	1.530	0.821	4.675	1279	2990		
C4-5	1/0AC	0.926	0.709	1.629	1.030	5.059	1237	2757	3893	4484
C4-7	2AC	0.976	0.762	1.656	1.103	5.145	1223	2699	3736	4372

C4-8	2AC	1.653	1.472	2.026	1.907	5.775	1079	2181		
C4-9	2AC	1.924	1.757	2.174	2.229	6.027	1031	2016		
C4-10	2AC	2.125	1.968	2.284	2.468	6.214	997	1906		
C4-11	2AC	1.194	0.991	1.771	1.422	5.523	1165	2469	3400	3926
C4-13	2AC	1.221	1.019	1.785	1.462	5.570	1158	2442	3357	3876
C4-16	2AC	1.394	1.200	1.880	1.667	5.731	1122	2315		
C4-B	2AC	1.493	1.304	1.932	1.785	5.823	1103	2247		
C4-C	2AC	1.588	1.404	1.984	1.898	5.911	1084	2184		
C4-C'	2AC	1.556	1.370	1.967	1.859	5.881	1090	2205		
C4-19	2AC	1.452	1.262	1.912	1.736	5.785	1111	2274		
C4-20	2AC	1.574	1.390	1.978	1.881	5.898	1087	2193		
C4-22	2AC	1.896	1.727	2.154	2.263	6.198	1029	1998		
C4-21	2AC	1.832	1.660	2.119	2.188	6.138	1040	2034		
C4-18	2AC	1.638	1.457	2.013	1.957	5.958	1075	2152		
C4-17	2AC	1.559	1.374	1.970	1.863	5.884	1090	2203		
C4-12	4AC	1.294	1.150	1.825	1.596	5.616	1136	2378		
C4-14	2AC	1.325	1.128	1.840	1.614	5.750	1133	2345	3197	3691
C4-23	2AC	1.486	1.297	1.925	1.850	6.029	1096	2206	2972	3432
C4-27	1/0AC	1.611	1.384	1.986	1.989	6.253	1074	2119	2950	3291
C4-28	2AC	1.790	1.572	2.084	2.202	6.419	1042	2015		
C4-26	4AC	1.691	1.512	2.026	2.152	6.396	1052	2050	2730	3152
C4-25	1/0AC	1.684	1.435	2.022	2.071	6.383	1062	2071	2783	3214
C4-24	2AC	1.613	1.430	1.988	2.037	6.257	1068	2107	2817	3253
C4-30	4AC	1.674	1.528	2.021	2.159	6.362	1051	2054	2724	3145
C4-30'	4AC	1.681	1.539	2.025	2.155	6.320	1051	2058		
C4-31	2AC	1.807	1.634	2.084	2.323	6.605	1029	1969	2606	3009
C4-33	2AC	1.867	1.697	2.113	2.411	6.713	1017	1930	2546	2940
C4-37	6CU	2.000	1.894	2.177	2.665	6.950	986	1836	2391	2761
C4-39	1/0AC	2.029	1.915	2.192	2.689	6.977	982	1825		
C4-36	6CU	2.015	1.917	2.184	2.694	6.976	982	1826	2374	2741
C4-35	6CU	2.024	1.930	2.189	2.710	6.991	980	1820	2364	2730
C4-32	2AC	1.998	1.834	2.178	2.603	6.948	992	1849	2424	2798
C4-38	2AC	2.037	1.875	2.198	2.661	7.015	985	1826	2388	2757
C4-39'	2AC	2.226	2.074	2.302	2.885	7.192	956	1741		
C4-41	2AC	2.118	1.960	2.238	2.780	7.161	971	1780	2319	2678
C4-42	6CU	2.279	2.199	2.321	3.086	7.437	936	1682	2158	2492
C4-56-57	2AC	2.401	2.327	2.387	3.230	7.550	920	1634		
C4-58	2AC	2.625	2.563	2.510	3.497	7.759	890	1551		
C4-59	2AC	2.940	2.893	2.682	3.870	8.052	852	1446		
C4-60	2AC	3.241	3.209	2.847	4.229	8.332	818	1357		
C4-D	2AC	3.336	3.308	2.899	4.341	8.420	808	1332		
C4-60'	2AC	3.560	3.544	3.022	4.607	8.629	785	1274		
C4-G	2AC	3.993	3.998	3.258	5.121	9.032	744	1175		
C4-I	2AC	4.357	4.380	3.457	5.553	9.370	713	1103		
C4-J	2AC	5.030	5.087	3.825	6.353	9.996	662	989		
C4-K	2AC	5.618	5.704	4.147	7.051	10.543	622	906		
C4-H	2AC	4.117	4.129	3.326	5.269	9.147	733	1149		
C4-E	2AC	3.942	3.945	3.230	5.061	8.984	749	1186		
C4-F	2AC	4.492	4.522	3.531	5.713	9.495	702	1078		
C4-43	2AC	2.381	2.306	2.376	3.206	7.532	922	1642		
C4-53	2AC	2.196	2.042	2.280	2.894	7.295	957	1737	2254	2603
C4-55	2AC	2.373	2.228	2.377	3.104	7.460	932	1664		
C4-54	6CU	2.260	2.137	2.313	3.016	7.405	944	1699	2191	2530
C4-44	2AC	2.295	2.146	2.334	3.039	7.465	941	1686	2176	2513
C4-45	2AC	2.457	2.316	2.421	3.276	7.743	914	1608	2059	2378
C4-46	2AC	2.508	2.370	2.448	3.350	7.831	907	1585	2025	2338
C4-49	6CU	2.688	2.637	2.544	3.642	7.995	877	1510		
C4-50	6CU	2.787	2.784	2.596	3.803	8.086	861	1471		
C4-51	6CU	2.855	2.884	2.632	3.912	8.147	851	1445		
C4-51'	6CU	2.959	3.039	2.687	4.082	8.242	836	1407		
C4-52	6CU	2.900	2.951	2.655	3.985	8.188	844	1429		
C4-47	4AC	2.589	2.499	2.492	3.491	7.906	892	1549		
C4-47'	2AC	2.688	2.603	2.546	3.608	7.997	880	1515		
C4-48	2AC	2.898	2.824	2.661	3.858	8.193	854	1447		
C4-40	2AC	2.209	2.056	2.283	2.913	7.326	955	1731	2246	2593
C4-41'	2AC	2.323	2.176	2.340	3.081	7.531	936	1672	2160	2494
C4-40'	2AC	2.230	2.078	2.294	2.944	7.364	951	1720	2229	2574
C4-6	1/0AC	0.966	0.737	1.650	1.074	5.128	1228	2715	3318	4409
C4-61	2AC	0.998	0.771	1.667	1.121	5.183	1219	2679	3757	4338
C4-62	2AC	1.481	1.278	1.922	1.828	6.020	1099	2214	2939	3452
C4-63	4AC	1.884	1.921	2.142	2.527	6.393	1001	1923		
C4-64	4AC	1.977	2.070	2.192	2.689	6.480	980	1863		
C4-65	4AC	2.014	2.128	2.212	2.752	6.513	973	1840		
C4-66	4AC	2.151	2.347	2.286	2.989	6.640	945	1759		
C4-67	4AC	2.312	2.604	2.374	3.269	6.789	914	1670		
C4-68	4AC	2.498	2.901	2.475	3.591	6.962	881	1576		
C4-69	4AC	2.443	2.314	2.445	3.497	6.911	890	1602		
C4-70	4AC	2.538	2.966	2.497	3.662	6.999	874	1556		
C4-71	4AC	2.263	2.526	2.347	3.184	6.745	923	1696		
C4-72	4AC	2.618	3.093	2.540	3.800	7.073	860	1520		
C4-73	2AC	3.070	3.567	2.787	4.337	7.494	810	1375		
C4-74	2AC	3.463	3.980	3.002	4.804	7.859	770	1268		
C4-75	2AC	1.998	1.820	2.196	2.585	6.916	994	1852	2419	2793
C4-76	2AC	2.124	1.952	2.262	2.769	7.133	971	1779	2309	2666
C4-77	2AC	2.112	1.940	2.256	2.751	7.113	973	1786	2319	2678
C4-78	2AC	2.420	2.263	2.422	3.201	7.642	922	1623	2732	2404
C4-79	2AC	3.045	2.919	2.750	4.116	8.729	832	1377	1721	1987
C4-80	2AC	3.258	3.142	2.862	4.428	9.098	805	1307	1623	1874
C4-81	2AC	3.774	3.585	3.140	5.183	9.984	747	1163	1425	1646
C4-82	2AC	3.509	3.406	2.999	4.726	9.331	780	1246		
C4-83	2AC	3.055	3.052	3.102	4.940	9.505	762	1204		
C4-84	2AC	4.168	4.098	3.360	5.508	9.944	720	1108		
C4-85	2AC	4.704	4.660	3.653	6.145	10.443	678	1015		
C4-86	2AC	4.925	4.892	3.774	6.407	10.648	662	981		
C4-87	2AC	5.333	5.321	3.997	6.892	11.028	634	924		
C4-88	2AC	5.655	5.659	4.174	7.275	11.328	614	883		
C4-89	2AC	2.496	2.343	2.459	3.313	7.779	910	1593	2331	2345
C4-90	2AC	2.712	2.570	2.577	3.570	7.979	882	1517		
C4-91	2AC	2.579	2.430	2.503	3.435	7.922	897	1556	1978	2294
C4-92	2AC	2.685	2.541	2.561	3.561	8.021	884	1519		

C4-93	2AC	2.676	2.532	2.555	3.576	8.090	883	1515	1918	2215
C4-94	2AC	2.730	2.589	2.583	3.656	8.184	875	1493	1887	2179
C4-95	2AC	2.846	2.710	2.644	3.825	8.384	859	1448	1822	2104
C4-96	2AC	3.288	3.174	2.888	4.318	8.702	811	1329		
C4-97	2AC	3.445	3.339	2.974	4.504	8.848	795	1289		
C4-98	2AC	3.597	3.499	3.057	4.685	8.990	780	1252		
C4-99	2AC	3.971	3.891	3.262	5.129	9.338	745	1169		
C4-100	2AC	3.852	3.767	3.197	4.988	9.227	755	1194		
C4-101	2AC	4.273	4.208	3.427	5.488	9.619	718	1109		
C4-102	2AC	4.520	4.467	3.562	5.781	9.848	698	1064		
C4-103	2AC	3.972	3.892	3.262	5.130	9.339	744	1169		
C4-104	2AC	4.060	3.985	3.311	5.235	9.421	737	1150		
C4-105	2AC	4.422	4.364	3.508	5.665	9.757	706	1081		
C4-106	2AC	4.854	4.818	3.745	6.178	10.159	673	1009		
C4-107	2AC	5.198	5.178	3.933	6.586	10.479	649	957		
C4-108	2AC	5.187	5.167	3.927	6.573	10.468	650	959		
C4-109	2AC	5.266	5.250	3.970	6.667	10.542	644	948		
C4-110	2AC	5.561	5.560	4.131	7.017	10.816	625	908		

@END 138

@3904 1197 1729 33117

PROJECT: DAVID S. ANGULO A. 05/14/02 11:17:49

LICENSED TO: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FAULT CURRENT ANALYSIS ON FEEDER CAYAMBE C5

REGULATOR TAP POSITION: ZERO

HIGH-SIDE VOLTAGE = 13.80 KV LINE-TO-LINE

SOURCE IMPEDANCES (OHMS) R1 = 0.0650 X1 = 1.1500 * ASSUMES 5.0 OHMS FAULT RESISTANCE (LN-GND)

R0 = 0.0010 X0 = 3.4500 ** ASSUMES 0.0 OHMS FAULT RESISTANCE (LN-GND)

SECTION NAME (LOAD END) SOURCE	WIRE SIZE	-----CUMULATIVE-----				---- FAULT CURRENTS ----				SECTION LOCATION
		KM FROM SOURCE	POSITIVE SEQ. R X (OHMS)	ZERO SEQ. R X (OHMS)	PH-GR MIN* MAX** (AMPS)	PH-PH (AMPS)	3-PH (AMPS)			
					1477	4156	5990	6917		
C5-1	1/OAC	0.457	0.383	1.389	0.508	4.239	1349	3351	4788	5529
C5-2	1/OAC	1.290	0.963	1.825	1.433	5.678	1161	2411	3344	3861
C5-3	2AC	1.730	1.425	2.062	2.076	6.433	1060	2052	2753	3179
C5-5	2AC	2.055	1.765	2.236	2.550	6.990	996	1842	2422	2797
C5-7	2AC	2.172	1.888	2.299	2.720	7.190	975	1776	2320	2678
C5-8	2AC	2.237	1.956	2.334	2.816	7.303	963	1741	2265	2616
C5-8*	2AC	2.438	2.167	2.442	3.109	7.647	930	1640	2113	2440
C5-9	2AC	2.426	2.155	2.436	3.092	7.627	932	1646	2122	2450
C5-10	2AC	2.494	2.226	2.472	3.191	7.744	921	1614	2074	2395
C5-11	2AC	2.719	2.463	2.594	3.521	8.131	886	1516	1929	2228
C5-12	2AC	2.909	2.661	2.696	3.797	8.456	859	1442	1822	2103
C5-17	2AC	3.044	2.803	2.768	3.994	8.687	841	1393	1752	2023
C5-13	2AC	2.950	2.704	2.718	3.857	8.526	854	1426	1800	2078
C5-14	2AC	3.243	3.012	2.878	4.206	8.799	821	1344		
C5-15	2AC	3.058	2.818	2.776	4.016	8.712	839	1388	1744	2014
C5-16	2 AC	3.102	2.832	2.787	4.048	8.775	836	1379	1736	2005
C5-18	2AC	2.923	2.676	2.703	3.818	8.480	857	1436	1814	2095
C5-19	2AC	3.331	3.105	2.923	4.415	9.181	805	1299	1618	1869
C5-20	2AC	3.189	2.955	2.846	4.207	8.936	822	1344	1682	1942
C5-21	2AC	3.325	3.098	2.918	4.406	9.172	805	1301	1621	1872
C5-22	2AC	3.463	3.244	2.991	4.608	9.412	789	1260	1564	1806
C5-24	2AC	3.615	3.402	3.073	4.829	9.672	772	1217	1505	1738
C5-23	2AC	3.655	3.444	3.094	4.888	9.741	767	1207	1490	1721
C5-25	2AC	3.606	3.393	3.075	4.702	9.325	779	1240		
C5-26	2AC	4.068	3.878	3.327	5.251	9.754	736	1142		
C5-27	2AC	4.763	4.607	3.707	6.076	10.400	680	1018		
C5-28	2AC	3.497	3.278	3.012	4.656	9.465	785	1250	1550	1790
C5-29	2AC	3.752	3.546	3.151	5.030	9.898	757	1181	1454	1679
C5-31	2AC	4.040	3.849	3.306	5.451	10.392	727	1112	1360	1570
C5-30	2AC	3.883	3.684	3.222	5.221	10.122	743	1149	1410	1628
C5-6	1/OAC	2.398	2.004	2.419	2.930	7.577	948	1681	2197	2536
C5-4	2AC	2.411	2.138	2.434	2.883	7.066	950	1717		
C5-32	1/OAC	1.665	1.223	2.008	1.852	6.348	1091	2130	2935	3389
C5-33	2 AC	2.145	1.377	2.128	2.203	7.035	1042	1938	2722	3143
C5-A	2AC	2.537	1.788	2.339	2.775	7.707	968	1717	2344	2707
C5-C	2AC	2.854	2.121	2.509	3.252	8.117	918	1581	2100	2425
C5-E	2AC	2.987	2.261	2.582	3.410	8.241	900	1535		
C5-F	2AC	3.378	2.671	2.792	3.874	8.604	852	1413		
C5-G	2AC	3.510	2.810	2.865	4.031	8.728	836	1375		
C5-D	2AC	3.055	2.332	2.617	3.546	8.462	887	1497	1968	2273
C5-B	2AC	2.738	1.999	2.447	3.070	8.053	934	1620	2183	2521
C5-34	1/OAC	2.078	1.511	2.224	2.310	7.062	1023	1884	2567	2964
C5-35	2AC	2.327	1.772	2.356	2.675	7.493	976	1745	2341	2703
C5-36	2AC	2.639	2.099	2.526	3.045	7.733	931	1622		
C5-37	2AC	2.734	2.199	2.571	3.270	8.138	909	1553	2040	2355
C5-38	2AC	2.902	2.376	2.663	3.472	8.330	887	1499		
C5-39	2AC	3.036	2.516	2.731	3.712	8.722	864	1434	1858	2146
C5-40	2AC	3.834	3.354	3.153	4.880	10.104	765	1190	1499	1731
C5-41	2AC	4.670	4.232	3.595	6.104	11.552	683	1007	1243	1435
C5-42	2AC	4.838	4.408	3.684	6.349	11.843	668	977	1201	1387
C5-43	2AC	5.741	5.355	4.178	7.421	12.633	609	861		
C5-44	2AC	4.997	4.575	3.768	6.582	12.119	655	949	1154	1344
C5-45	2AC	5.361	4.956	3.960	7.114	12.749	627	893	1388	1256
C5-46	2AC	5.452	5.052	4.010	7.222	12.833	621	822		
C5-47	2AC	6.738	6.401	4.714	8.749	14.029	550	750		
C5-48	2AC	7.246	6.935	4.991	9.352	14.502	527	708		
C5-49	2AC	7.920	7.642	5.360	10.153	15.129	498	659		
C5-50	2AC	8.257	7.996	5.544	10.553	15.442	485	637		
C5-51	2AC	5.409	5.007	3.986	7.185	12.833	623	885	1078	1245
C5-52	2AC	6.224	5.862	4.417	8.377	14.243	569	781	940	1086
C5-53	2AC	6.915	6.588	4.783	9.389	15.442	530	710	848	979
C5-54	2AC	6.989	6.666	4.822	9.497	15.570	526	703	839	968
C5-55	2AC	7.579	7.284	5.144	10.197	16.118	501	660		

C5-56	2AC	7.654	7.363	5.185	10.286	16.188	498	655		
C5-57	2AC	7.411	7.108	5.045	10.114	16.300	505	666	792	914
C5-58	2AC	7.715	7.427	5.211	10.475	16.583	492	646		
C5-59	2AC	7.485	7.186	5.084	10.223	16.429	501	660	784	905
C5-60	2AC	7.672	7.383	5.183	10.497	16.753	492	645	765	883
C5-61	2AC	7.973	7.698	5.348	10.854	17.033	481	626		
C5-62	2AC	8.671	8.431	5.730	11.683	17.682	456	586		
C5-63	2AC	9.147	8.930	5.989	12.247	18.124	441	561		
C5-64	2AC	9.421	9.217	6.139	12.573	18.379	432	548		
C5-65	2AC	9.732	9.544	6.309	12.942	18.668	423	534		
C5-66	2AC	10.284	10.123	6.611	13.597	19.182	408	510		
C5-67	2AC	10.481	10.330	6.719	13.832	19.365	403	502		
C5-68	2AC	10.923	10.795	6.961	14.357	19.777	391	485		
C5-69	2AC	9.295	9.085	6.071	12.423	18.262	436	554		
C5-70	2AC	9.642	9.450	6.261	12.836	18.585	426	538		
C5-71	2AC	10.077	9.906	6.498	13.352	18.989	413	519		
C5-72	2AC	10.876	10.745	6.935	14.301	19.733	392	487		
C5-73	2AC	6.747	6.411	4.703	8.998	14.730	543	735		
C5-74	2AC	7.511	7.213	5.121	9.905	15.440	509	676		
C5-75	2AC	8.352	8.096	5.581	10.904	16.223	476	620		
C5-76	2AC	8.702	8.463	5.772	11.319	16.548	464	600		
C5-77	2AC	8.992	8.768	5.931	11.664	16.818	454	584		
C5-78	2AC	9.494	9.294	6.205	12.260	17.285	438	558		
C5-79	2AC	9.590	9.396	6.258	12.375	17.375	435	554		
C5-80	2AC	9.247	9.035	6.070	11.967	17.055	445	571		
C5-81	2AC	9.514	9.315	6.216	12.284	17.304	437	557		
C5-82	2AC	10.045	9.872	6.507	12.914	17.797	421	532		
C5-83	2AC	10.359	10.202	6.679	13.287	18.090	412	519		
C5-84	2AC	10.868	10.737	6.957	13.892	18.563	399	498		
C5-85	2AC	10.544	10.397	6.780	13.507	18.262	407	511		
C5-86	2AC	10.717	10.578	6.874	13.712	18.422	403	504		
C5-87	2AC	11.925	11.846	7.535	15.147	19.546	373	459		
C5-88	2AC	12.331	12.272	7.757	15.629	19.924	365	446		
C5-89	2AC	14.338	14.379	8.855	18.013	21.791	326	390		
C5-90	2AC	15.043	15.119	9.240	18.850	22.446	314	374		
C5-91	2AC	15.467	15.564	9.472	19.354	22.841	308	365		
C5-92	2AC	15.689	15.797	9.593	19.617	23.047	304	360		
C5-93	2AC	15.945	16.065	9.733	19.920	23.285	301	355		
C5-94	2AC	11.119	11.000	7.094	14.190	18.796	393	488		
C5-95	2AC	11.609	11.514	7.362	14.772	19.252	381	470		
C5-96	2AC	12.005	11.930	7.579	15.242	19.620	372	457		
C5-97	2AC	11.917	11.837	7.530	15.137	19.538	374	460		
C5-98	2AC	2.237	1.678	2.303	2.545	7.348	993	1793	2422	2797
C5-99	2AC	2.332	1.777	2.354	2.657	7.436	978	1752		
C5-100	2AC	2.431	1.881	2.408	2.775	7.528	963	1711		
C5-101	2AC	2.509	1.963	2.446	2.943	7.819	945	1654	2200	2540
C5-102	2AC	2.652	2.114	2.525	3.113	7.952	925	1601		
C5-103	2AC	2.774	2.241	2.591	3.257	8.065	908	1558		
C5-104	2AC	2.969	2.446	2.698	3.489	8.247	883	1493		
C5-105	2AC	3.331	2.826	2.896	3.919	8.583	840	1384		
C5-106	2AC	2.715	2.180	2.555	3.244	8.176	912	1561	2054	2372
C5-107	2AC	2.850	2.321	2.629	3.405	8.301	894	1516		
C5-108	2AC	2.926	2.401	2.671	3.495	8.372	884	1491		
C5-109	2AC	3.146	2.632	2.791	3.756	8.577	857	1424		
C5-110	2AC	2.841	2.312	2.622	3.429	8.394	892	1509	1974	2279
C5-111	2AC	2.947	2.423	2.680	3.555	8.493	879	1475		
C5-112	2AC	2.982	2.459	2.696	3.634	8.637	872	1455	1391	2183
C5-113	2AC	3.054	2.535	2.736	3.720	8.704	863	1433		
C5-114	2AC	3.101	2.584	2.759	3.808	8.844	855	1411	1325	2108
C5-115	2AC	3.272	2.764	2.850	4.059	9.140	832	1353	1738	2007
C5-116	2AC	3.309	2.803	2.869	4.113	9.204	828	1341	1720	1986
C5-117	2AC	3.485	2.987	2.963	4.371	9.509	805	1286	1640	1894
C5-118	2AC	3.385	2.882	2.911	4.203	9.275	819	1321		
C5-119	2AC	3.554	3.060	3.003	4.404	9.432	801	1279		
C5-120	2AC	3.717	3.231	3.093	4.598	9.584	785	1241		
C5-121	2AC	3.472	2.974	2.959	4.307	9.356	810	1299		
C5-122	2AC	3.518	3.023	2.984	4.362	9.399	805	1288		
C5-123	2AC	3.556	3.062	3.005	4.406	9.434	801	1279		
C5-124	2AC	3.736	3.251	3.103	4.620	9.602	783	1237		
C5-125	2AC	3.807	3.326	3.142	4.705	9.668	776	1221		
C5-126	2AC	3.908	3.432	3.197	4.825	9.762	766	1199		
C5-127	2AC	3.094	2.577	2.756	3.798	8.831	856	1414	1829	2112
C5-128	2AC	3.158	2.644	2.791	3.875	8.891	849	1395		
C5-129	2AC	3.237	2.727	2.834	3.969	8.965	840	1373		
C5-130	2AC	3.588	3.096	3.026	4.386	9.292	801	1283		
C5-131	2AC	4.057	3.588	3.283	4.942	9.729	756	1177		
C5-132	2AC	4.624	4.183	3.592	5.615	10.255	707	1069		
C5-133	2AC	4.782	4.349	3.679	5.803	10.402	694	1043		
C5-134	2AC	4.831	4.400	3.706	5.861	10.447	690	1035		
C5-135	2AC	5.078	4.659	3.841	6.154	10.677	672	996		
C5-136	2AC	5.180	4.766	3.896	6.275	10.772	665	980		
C5-137	2AC	5.542	5.146	4.095	6.705	11.109	640	929		
C5-138	2AC	5.805	5.422	4.238	7.018	11.353	623	896		
C5-139	2AC	6.289	5.930	4.503	7.592	11.803	594	839		
C5-140	2AC	6.875	6.546	4.824	8.289	12.348	562	779		
C5-141	2AC	3.220	2.709	2.822	3.983	9.050	839	1370	1764	2037
C5-142	2AC	3.511	3.014	2.976	4.408	9.554	802	1279	1629	1881
C5-143	2AC	3.612	3.121	3.030	4.457	9.730	790	1249	1536	1832
C5-144	2AC	3.731	3.246	3.095	4.698	9.841	778	1223		
C5-145	2AC	3.817	3.336	3.140	4.856	10.091	767	1194	1506	1739
C5-146	2AC	1.067	3.500	3.275	5.222	10.511	740	1100	1410	1630
C5-H	2AC	4.197	3.735	3.344	5.411	10.733	727	1103	1376	1589
C5-I	2AC	4.141	3.676	3.314	5.330	10.637	733	1116	1394	1610
C5-J	2AC	4.227	3.767	3.361	5.456	10.786	724	1096	1367	1578
C5-K	2AC	4.215	3.754	3.354	5.438	10.765	725	1099	1371	1583
C5-L	2AC	4.285	3.828	3.393	5.521	10.830	719	1087		
C5-M	2AC	4.298	3.841	3.400	5.537	10.842	718	1084		
C5-147	2AC	4.339	3.884	3.421	5.619	10.978	713	1072	1333	1539
C5-148	2AC	4.689	4.251	3.609	6.131	11.579	681	1003	1237	1429
C5-149	2AC	4.870	4.441	3.708	6.346	11.747	668	977		

C5-150	2AC	5.162	4.747	3.863	6.821	12.389	642	923	1127	1302
C5-151	2AC	5.285	4.877	3.929	7.001	12.601	633	904	1102	1272
C5-152	2AC	5.691	5.303	4.152	7.483	12.978	608	856		
C5-153	2AC	5.575	5.182	4.086	7.426	13.099	612	862	1046	1207
C5-154	2AC	5.430	5.029	3.974	7.222	12.909	622	882	1076	1243
C5-155	2AC	5.619	5.227	4.076	7.498	13.233	608	856	1041	1202
C5-156	2AC	5.642	5.252	4.088	7.532	13.273	607	853	1037	1197
C5-157	2AC	6.102	5.734	4.335	8.204	14.061	577	795	960	1108
C5-158	2AC	6.321	5.964	4.454	8.524	14.438	563	770	927	1070
C5-159	2AC	6.431	6.079	4.512	8.684	14.626	557	758	911	1052
C5-160	2AC	6.578	6.234	4.592	8.899	14.878	548	743	891	1029
C5-161	2AC	5.694	5.306	4.117	7.594	13.321	604	847		
C5-162	2AC	5.852	5.472	4.203	7.782	13.468	595	830		
C5-163	2AC	6.300	5.942	4.448	8.313	13.885	570	785		
C5-164	2AC	6.519	6.171	4.568	8.573	14.088	559	765		
C5-165	2AC	6.518	6.171	4.567	8.572	14.087	559	765		
C5-166	2AC	6.724	6.387	4.680	8.817	14.279	549	747		
C5-167	2AC	6.590	6.246	4.607	8.657	14.154	555	758		
C5-168	2AC	7.030	6.708	4.847	9.180	14.563	534	721		
C5-169	2AC	6.724	6.387	4.680	8.817	14.279	549	747		
C5-170	2AC	6.959	6.633	4.808	9.096	14.497	538	727		
C5-171	2AC	7.126	6.809	4.900	9.295	14.653	530	713		
C5-172	2AC	7.292	6.983	4.991	9.491	14.807	522	700		
C5-172'	2AC	8.357	8.101	5.573	10.756	15.797	479	627		
C5-172"	2AC	9.352	9.146	6.117	11.938	16.723	445	571		
C5-173	2AC	9.950	9.774	6.445	12.648	17.230	427	542		
C5-174	2AC	9.983	9.808	6.463	12.687	17.310	426	540		
C5-175	2AC	10.711	10.572	6.861	13.552	17.988	405	509		
C5-173'	2AC	8.732	8.494	5.778	11.201	16.146	466	605		
C5-176	2AC	6.078	5.709	4.327	8.050	13.678	582	807		
C5-177	2AC	6.451	6.101	4.531	8.493	14.025	562	771		
C5-178	2AC	6.655	6.314	4.642	8.735	14.214	552	753		
C5-179	2AC	6.905	6.577	4.779	9.032	14.448	540	731		
C5-180	2AC	6.970	6.645	4.815	9.109	14.507	537	726		
C5-181	2AC	6.361	6.006	4.481	8.386	13.941	567	779		
C5-182	2AC	6.732	6.396	4.685	8.827	14.287	548	746		
C5-183	2AC	6.886	6.557	4.768	9.009	14.429	541	733		
C5-184	2AC	6.521	6.174	4.569	8.576	14.090	559	765		
C5-185	2AC	6.697	6.359	4.665	8.785	14.254	550	749		
C5-186	2AC	6.881	6.552	4.766	9.003	14.425	541	733		
C5-187	2AC	7.723	7.436	5.226	10.003	15.208	504	669		
C5-188	2AC	8.361	8.105	5.575	10.761	15.801	479	627		
C5-189	2AC	4.001	3.530	3.240	5.125	10.396	747	1148	1440	1663
C5-190	2AC	4.137	3.672	3.313	5.324	10.629	733	1117	1395	1611
C5-191	2AC	4.449	4.000	3.481	5.780	11.165	703	1050	1301	1503
C5-192	2AC	4.838	4.408	3.693	6.241	11.526	673	989		
C5-193	2AC	5.724	5.337	4.166	7.642	13.352	601	842	1019	1177
C5-194	2AC	6.354	5.999	4.511	8.391	13.939	567	778		
C5-195	2AC	6.504	6.156	4.593	8.569	14.078	559	765		
C5-196	2AC	6.824	6.492	4.768	8.949	14.375	543	737		
C5-197	2AC	6.164	5.799	4.399	8.286	14.114	573	788	948	1095
C5-198	2AC	6.350	5.995	4.499	8.559	14.435	561	767	921	1063
C5-199	2AC	6.523	6.176	4.592	8.811	14.731	551	748	897	1035
C5-200	2AC	6.656	6.316	4.664	9.006	14.960	544	735	879	1015
C5-201	2AC	6.521	6.174	4.591	8.808	14.728	551	749	897	1036
C5-202	2AC	6.675	6.335	4.674	9.033	14.991	543	733	376	1012
C5-203	2AC	6.955	6.630	4.825	9.443	15.473	528	706	842	972
C5-204	2AC	7.232	6.921	4.974	9.847	15.948	513	681	310	935
C5-205	2AC	7.285	6.976	5.002	9.924	16.039	511	677	304	928
C5-206	2AC	7.593	7.299	5.167	10.374	16.567	496	651	772	891
C5-207	2AC	7.225	6.913	4.979	9.546	15.101	522	698		
C5-207'	2AC	7.743	7.457	5.263	10.162	15.583	500	660		
C5-208'	2AC	8.318	8.060	5.577	10.844	16.118	478	623		
C5-208	2AC	8.122	7.855	5.470	10.612	15.936	485	635		
C5-209	2AC	9.283	9.073	6.105	11.990	17.016	445	569		
C5-210	2AC	10.220	10.057	6.618	13.103	17.887	416	525		
C5-211	2AC	10.427	10.274	6.731	13.349	18.030	411	516		
C5-212	2AC	7.581	7.286	5.174	9.969	15.432	506	672		
C5-214	2AC	8.187	7.923	5.506	10.689	15.996	482	631		
C5-215	2AC	8.472	8.222	5.662	11.027	16.261	472	614		
C5-213	2AC	8.216	7.953	5.521	10.723	16.023	481	630		

@END 248

3.C.6.- Cortocircuitos S/E La Esperanza

@2228 1197 1729 18753

PROJECT: David S. Angulo A. 05/31/02 13:59:03

LICENSED TO: Escuela Politécnica Nacional

Fault Current Analysis on Feeder La Esperanza # 1

Regulator Tap Position: ZERO

High-side Voltage = 13.80 KV Line-to-Line

Source Impedances (Ohms) R1 = 0.0650 X1 = 1.1500 * Assumes 5.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

RO = 0.0010 XO = 3.4500 ** Assumes 0.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

SECTION NAME (LOAD END) SOURCE	WIRE SIZE	-----CUMULATIVE-----				---- FAULT CURRENTS ----		3-PH		SECTION LOCATION
		KM FROM SOURCE	POSITIVE R (OHMS)	SEQ. X (OHMS)	ZERO SEQ. R (OHMS)	X (OHMS)	PH-GR MIN* MAX** (AMPS)	PH-PH (AMPS)	3-PH (AMPS)	
							1477	4156	5990	6917
E1-1	2/OAC	0.416	0.296	1.364	0.389	4.065	1376	3483	4944	5709
T2-46	1/OAC	1.376	0.964	1.875	1.455	5.589	1159	2406	3273	3779
T2-57	2AC	1.688	1.291	2.040	1.911	6.129	1086	2143	2858	3301
T2-58	6CU	1.921	1.638	2.163	2.289	6.342	1032	1986		
T2-59	2AC	2.104	1.830	2.263	2.507	6.512	1001	1890		
T2-60	2AC	2.724	2.480	2.602	3.242	7.088	910	1617		
T2-61	2AC	2.293	1.926	2.360	2.796	7.177	968	1754	2265	2616
T2-66	2AC	2.469	2.112	2.453	3.055	7.483	938	1663	2132	2461
T2-67	2AC	2.995	2.663	2.736	3.823	8.385	858	1439	1807	2087
T2-68	2AC	3.388	3.076	2.951	4.290	8.751	814	1328		
T2-69	2AC	3.167	2.844	2.828	4.074	8.681	835	1378	1720	1986
T2-70	2AC	3.446	3.137	2.978	4.482	9.160	800	1288	1595	1842
T2-71	2AC	3.687	3.390	3.108	4.834	9.573	772	1220	1500	1733
T2-72	2AC	4.078	3.800	3.318	5.405	10.244	731	1122	1368	1579
T2-73	2AC	3.777	3.484	3.156	4.965	9.727	763	1196	1468	1695
T2-74	2AC	4.163	3.890	3.364	5.530	10.391	723	1102	1342	1549
T2-75	2AC	5.149	4.924	3.894	6.970	12.082	637	918	1099	1269
T2-76	2AC	6.724	6.577	4.768	8.465	12.468	559	775		
T2-77	2AC	2.922	2.587	2.693	3.717	8.268	869	1467	1848	2134
T2-78	2AC	3.355	3.042	2.929	4.232	8.671	819	1341		
T2-79	2AC	3.672	3.374	3.089	4.814	9.567	774	1224	1508	1742
T2-80	2AC	4.233	3.963	3.396	5.481	10.089	723	1109		
T2-81	2AC	4.852	4.612	3.734	6.216	10.664	675	1004		
T2-82	2AC	5.666	5.467	4.180	7.182	11.421	620	891		
T2-83	2AC	5.785	5.591	4.245	7.323	11.531	612	877		
T2-84	2AC	6.063	5.884	4.397	7.654	11.791	596	845		
T2-85	2AC	5.202	4.980	3.899	7.053	12.217	633	910	1091	1260
T2-86	2AC	6.533	6.377	4.626	8.634	13.455	557	766		
T2-87	2AC	5.613	5.411	4.116	7.655	12.929	604	851	1015	1172
T2-88	2AC	6.544	6.389	4.625	8.761	13.795	553	758		
T2-89	2AC	6.737	6.591	4.731	8.989	13.974	544	741		
T2-90	2AC	7.189	7.065	4.978	9.526	14.395	523	704		
T2-91	2AC	7.638	7.537	5.224	10.060	14.813	504	671		
T2-92	2AC	5.762	5.567	4.195	7.872	13.187	593	831	990	1143
T2-93	2AC	6.222	6.051	4.446	8.419	13.615	568	785		
T2-94	2AC	6.491	6.333	4.580	8.939	14.450	549	747	883	1019
T2-95	2AC	7.349	7.234	5.050	9.959	15.248	510	679		
T2-96	2AC	8.044	7.963	5.402	11.212	17.140	473	614	717	828
T2-97	2AC	8.650	8.599	5.733	11.931	17.704	452	580		
T2-98	2AC	9.542	9.536	6.221	12.992	18.534	424	536		
T2-99	2AC	9.160	9.134	6.012	12.537	18.178	436	554		
T2-100	2AC	9.926	9.938	6.431	13.447	18.890	413	519		
T2-101	2AC	10.257	10.286	6.612	13.840	19.199	404	506		
T2-102	2AC	9.410	9.396	6.149	12.834	18.410	428	542		
T2-103	2AC	10.048	10.066	6.498	13.592	19.004	410	514		
T2-104	2AC	9.913	9.925	6.424	13.432	18.879	414	520		
T2-105	2AC	10.658	10.706	6.831	14.316	19.571	394	490		
T2-106	2AC	10.188	10.214	6.575	13.759	19.135	406	508		
T2-107	2AC	8.726	8.679	5.763	12.211	18.322	446	569	662	765
T2-108	2AC	9.361	9.346	6.099	13.140	19.423	423	533	618	714
T2-109	2AC	15.140	15.410	9.259	20.002	24.797	303	358		
T2-110	2AC	10.793	10.849	6.856	15.235	21.903	380	466	539	621
T2-114	2AC	11.076	11.145	7.006	15.649	22.393	372	455	524	605
T2-115	2AC	11.836	11.943	7.421	16.551	23.099	356	431		
T2-116	2AC	11.596	11.691	7.281	16.410	23.293	359	435	501	578
T2-117	2AC	11.699	11.799	7.337	16.532	23.389	357	432		
T2-118	2AC	11.795	11.900	7.390	16.647	23.479	355	429		
T2-119	2AC	11.869	11.978	7.430	16.734	23.548	353	427		
T2-120	2AC	11.690	11.790	7.330	16.548	23.457	357	432	497	574
T2-121	2AC	12.561	12.704	7.807	17.582	24.266	340	408		
T2-122	2AC	13.709	13.909	8.434	18.945	25.334	320	379		
T2-123	2AC	12.422	12.558	7.691	17.626	24.771	340	408	469	541
T2-124	2AC	12.658	12.805	7.820	17.906	24.990	336	401		
T2-125	2AC	12.855	13.012	7.928	18.140	25.174	332	397		
T2-126	2AC	13.199	13.374	8.116	18.549	25.494	326	388		
T2-127	2AC	12.961	13.124	7.957	18.420	25.739	328	391	450	519
T2-132	2AC	13.683	13.882	8.313	19.485	27.036	314	372	426	492
T2-135	2AC	13.947	14.158	8.457	19.797	27.281	310	366		
T2-136	2AC	14.694	14.943	8.866	20.685	27.976	299	351		
T2-137	2AC	14.750	15.002	8.897	20.752	28.028	298	350		
T2-138	2AC	15.669	15.966	9.399	21.843	28.883	286	333		
T2-139	2AC	16.082	16.400	9.625	22.333	29.267	280	325		
T2-140	2AC	16.713	17.062	9.970	23.083	29.854	273	315		
T2-141	2AC	16.731	17.080	9.980	23.103	29.870	272	315		
T2-142	2AC	17.093	17.460	10.178	23.533	30.207	269	309		
T2-143	2AC	17.627	18.022	10.470	24.168	30.704	262	301		
T2-144	2AC	17.241	17.616	10.259	23.709	30.345	266	307		
T2-145	2AC	17.981	18.392	10.663	24.588	31.033	258	296		
T2-146	2AC	18.817	19.270	11.121	25.581	31.811	249	285		

T2-147	2AC	14.097	14.316	8.532	20.090	27.753	307	361	414	478
T2-148	2AC	14.328	14.558	8.654	20.427	28.152	303	355	407	470
T2-149	2AC	14.823	15.078	8.916	21.152	29.010	294	344	394	455
TUNAS	2AC	14.981	15.244	9.002	21.340	29.157	292	341		
T2-168	2AC	14.433	14.668	8.710	20.581	28.334	301	353	404	467
T2-169	2AC	14.715	14.965	8.859	20.995	28.824	296	346	397	458
T2-170	2AC	14.964	15.226	8.991	21.359	29.255	292	341	390	451
T2-171	2AC	15.104	15.373	9.065	21.564	29.497	290	338	387	446
T2-172	2AC	15.579	15.872	9.316	22.259	30.320	283	328	375	433
T2-173	2AC	15.396	15.680	9.219	21.992	30.004	285	332	379	438
T2-174	2AC	15.743	16.044	9.403	22.499	30.604	280	325	371	428
T2-175	2AC	15.596	15.890	9.325	22.284	30.350	282	328	375	432
T2-176	2AC	15.830	16.135	9.449	22.626	30.754	279	323	369	426
T2-177	2AC	15.685	15.982	9.372	22.413	30.503	281	326	372	430
T2-178	2AC	16.205	16.528	9.647	23.175	31.404	273	316	361	416
T2-179	2AC	15.785	16.088	9.425	22.561	30.678	279	324	370	427
T2-150	2AC	15.306	15.585	9.189	21.590	29.062	289	337		
T2-151	2AC	17.609	18.002	10.449	24.324	31.204	261	300		
T2-152	2AC	18.334	18.763	10.845	25.185	31.878	253	290		
T2-161	2AC	18.762	19.212	11.079	25.693	32.276	249	284		
T2-162	2AC	19.097	19.564	11.263	26.091	32.588	246	280		
T2-163	2AC	19.005	19.467	11.212	25.982	32.502	246	281		
T2-164	2AC	20.137	20.656	11.831	27.326	33.556	236	267		
T2-165	2AC	20.673	21.218	12.124	27.962	34.054	231	261		
T2-166	2AC	21.445	22.029	12.547	28.880	34.772	225	253		
T2-167	2AC	22.231	22.853	12.976	29.812	35.503	218	245		
T2-153	2AC	19.240	19.714	11.341	26.261	32.721	244	278		
T2-154	2AC	20.248	20.772	11.892	27.458	33.659	235	266		
T2-155	2AC	20.789	21.340	12.188	28.100	34.162	230	260		
T2-156	2AC	21.066	21.631	12.339	28.429	34.420	228	257		
T2-157	2AC	20.838	21.392	12.215	28.159	34.208	230	260		
T2-158	2AC	22.069	22.683	12.888	29.620	35.352	220	247		
T2-159	2AC	22.877	23.531	13.330	30.580	36.104	214	239		
T2-160	2AC	22.833	23.485	13.306	30.528	36.063	214	240		
T2-133	2AC	14.986	15.250	9.026	21.032	28.248	295	345		
T2-134	2AC	15.823	16.128	9.483	22.026	29.026	284	330		
T2-128	2AC	13.441	13.628	8.220	18.990	26.185	320	380		
T2-129	2AC	13.782	13.985	8.406	19.395	26.502	315	372		
T2-130	2AC	13.717	13.917	8.371	19.318	26.442	316	374		
T2-131	2AC	14.323	14.553	8.702	20.038	27.006	306	361		
T2-111	2AC	11.479	11.568	7.231	16.049	22.540	364	444		
T2-112	2AC	11.752	11.855	7.380	16.374	22.795	359	435		
T2-113	2AC	11.746	11.848	7.377	16.367	22.789	359	435		
T2-62	2AC	3.613	3.312	3.082	4.364	8.405	802	1310		
T2-63	2AC	5.155	4.931	3.925	6.195	9.839	669	1001		
T2-65	2AC	5.932	5.746	4.350	7.118	10.562	617	892		
T2-64	2AC	5.768	5.574	4.260	6.923	10.409	627	913		

@END 140

@2356 1197 1729 25935

PROJECT: David S. Angulo A. 05/31/02 14:00:19

LICENSED TO: Escuela Politécnica Nacional

Fault Current Analysis on Feeder La Esperanza # 2

Regulator Tap Position: ZERO

High-side Voltage = 13.80 KV Line-to-Line

Source Impedances (Ohms) R1 = 0.0650 X1 = 1.1500 * Assumes 5.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

R0 = 0.0010 X0 = 3.4500 ** Assumes 0.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

SECTION NAME (LOAD END)	WIRE SIZE	-----CUMULATIVE-----						---- FAULT CURRENTS ----			SECTION LOCATION
		KM FROM SOURCE	POSITIVE SEQ. R X (OHMS)		ZERO SEQ. R X (OHMS)		PH-GR MIN* MAX** (AMPS)	PH-PH (AMPS)	3-PH (AMPS)		
SCURCE							1477	4156	5990	6917	
E2-1	2/0AC	0.416	0.296	1.364	0.389	4.365	1376	3483	4944	5709	
T2-47	2AC	1.027	0.937	1.698	1.114	4.633	1213	2790			
T2-48	2AC	1.188	1.106	1.786	1.305	4.782	1177	2637			
T2-49	2AC	1.339	1.265	1.869	1.485	4.923	1144	2504			
T2-50	2AC	2.612	2.602	2.565	2.997	6.107	927	1718			
T2-51	2AC	2.943	2.948	2.746	3.389	6.414	884	1583			
T2-52	2AC	3.715	3.758	3.168	4.306	7.133	796	1334			
T2-53	4AC	4.101	4.375	3.378	4.975	7.490	745	1208			
T2-54	2AC	3.833	3.882	3.232	4.446	7.242	785	1302			
T2-55	2AC	4.064	4.125	3.359	4.721	7.458	762	1244			
T2-56	2AC	4.504	4.587	3.600	5.243	7.357	723	1146			
E2-2	2/0AC	1.376	0.830	1.857	1.284	5.483	1185	2475	3391	3916	
T2-45	2AC	2.251	1.748	2.320	2.564	6.998	993	1822	2375	2743	
T2-42	2AC	2.969	2.502	2.700	3.615	8.243	876	1481	1574	2164	
T2-40	2AC	3.241	2.787	2.844	4.013	8.713	839	1382	1733	2001	
T2-32	2AC	3.447	3.004	2.953	4.315	9.071	812	1314	1638	1891	
T2-30	2AC	3.848	3.425	3.165	4.902	9.765	766	1199	1480	1709	
T2-28	2AC	3.927	3.507	3.207	5.017	9.902	757	1179	1452	1677	
T2-12	2AC	4.172	3.764	3.336	5.375	10.326	732	1120	1372	1584	
T2-7	2AC	4.341	3.942	3.426	5.623	10.619	715	1082	1321	1526	
T2-6	3/0AC	4.493	4.010	3.502	5.754	10.378	706	1059	1296	1496	
T3-3	1/0AC	4.587	4.076	3.551	5.858	11.241	699	1043	1276	1474	
T3-2	3/0AC	4.747	4.147	3.632	5.997	11.294	689	1020	1252	1445	
T3-4	1/0AC	4.639	4.112	3.578	5.916	11.131	695	1034	1266	1462	
T3-10	1/0AC	4.905	4.227	3.665	6.100	11.117	683	1007	1233	1424	
T3-34	1/0AC	4.854	4.261	3.691	6.154	11.502	680	999	1224	1413	
T3-36	1/0AC	5.007	4.368	3.771	6.324	11.766	669	976	1196	1381	
T3-37	2AC	5.246	4.618	3.897	6.674	12.180	649	936	1142	1318	
T3-38	1/0AC	5.273	4.553	3.910	6.619	12.226	652	938	1150	1328	
T3-39	2AC	5.527	4.819	4.045	6.991	12.665	632	899	1097	1266	
T3-41	2AC	5.596	4.892	4.081	7.092	12.786	627	889	1083	1251	
T3-42	2AC	5.710	5.011	4.137	7.259	12.989	618	872	1062	1226	
T3-43	2AC	5.638	4.936	4.103	7.153	12.957	624	883	1075	1241	
T3-44	2AC	5.698	4.999	4.135	7.241	12.961	619	874	1064	1228	

T3-45	2AC	6.404	5.740	4.515	8.272	14.172	572	784	945	1091
T3-47	4AC	6.542	5.961	4.589	8.550	14.409	561	765	917	1059
T3-46	4AC	6.688	6.193	4.669	8.765	14.435	552	751		
T3-40	2AC	5.714	5.016	4.137	7.266	13.001	618	872	1061	1225
T3-50	1/OAC	5.461	4.684	4.009	6.828	12.550	640	913	1119	1292
T3-51	2AC	5.527	4.753	4.044	6.925	12.665	635	903	1106	1277
T3-52	1/OAC	5.558	4.751	4.059	6.936	12.718	634	901	1104	1275
T3-53	2AC	5.658	4.856	4.114	7.054	12.810	627	889		
T3-54	1/OAC	5.667	4.827	4.117	7.056	12.906	627	887	1088	1256
T3-55	2AC	5.995	5.171	4.296	7.446	13.211	607	849		
T3-56	2AC	6.077	5.257	4.341	7.543	13.287	602	841		
T3-57	2AC	6.098	5.280	4.352	7.568	13.307	601	838		
T3-58	2AC	6.333	5.526	4.481	7.847	13.526	588	814		
T3-59	1/OAC	5.875	4.972	4.225	7.287	13.265	615	862	1058	1221
T3-60	2AC	6.007	5.110	4.297	7.443	13.388	607	848		
T3-61	2AC	6.122	5.231	4.360	7.580	13.495	600	835		
T3-62	1/OAC	5.901	4.990	4.239	7.316	13.310	614	859	1054	1217
T3-63	2AC	6.910	6.049	4.773	8.793	15.059	549	741	895	1034
T3-64	2AC	6.968	6.109	4.804	8.876	15.157	546	735	888	1025
T3-65	2AC	7.230	6.385	4.942	9.261	15.614	532	709	855	987
T3-66	2AC	7.368	6.530	5.015	9.462	15.853	524	697	838	968
T3-67	2AC	7.535	6.704	5.104	9.705	16.138	516	682	819	946
T3-68	2AC	7.900	7.088	5.301	10.239	16.765	498	652	780	900
T3-69	2AC	8.073	7.269	5.399	10.344	16.638	494	645		
T3-70	2AC	8.600	7.822	5.687	10.970	17.128	474	613		
T3-71	1/OAC	6.050	5.094	4.317	7.481	13.568	605	842	1033	1193
T3-72	1/OAC	6.194	5.194	4.392	7.641	13.816	597	827	1014	1171
T3-73	2AC	6.194	5.245	4.396	7.652	13.702	597	827		
T3-74	2AC	6.252	5.305	4.427	7.721	13.755	593	821		
T3-75	2AC	6.232	5.284	4.416	7.697	13.736	595	823		
T3-76	2AC	6.319	5.376	4.464	7.801	13.818	590	814		
T3-77	2AC	6.741	5.819	4.695	8.302	14.210	567	774		
T3-78	2AC	6.905	5.991	4.785	8.497	14.363	559	759		
T3-79	2AC	5.304	4.586	3.927	6.665	12.279	649	933	1143	1320
T3-35	4AC	4.920	4.367	3.727	6.269	11.563	673	987		
T3-11	2AC	5.218	4.661	3.887	6.704	12.126	648	935	1137	1313
T3-12	2AC	5.260	4.705	3.910	6.765	12.199	645	929	1128	1302
T3-13	2AC	5.554	5.014	4.068	7.195	12.703	623	884	1069	1234
T3-23	2AC	6.273	5.768	4.455	8.245	13.936	574	791	947	1093
T3-24	2AC	6.302	5.799	4.470	8.288	13.987	573	788	942	1088
T3-25	2AC	6.307	5.804	4.473	8.294	13.995	572	787	942	1087
T3-27	2AC	6.672	6.187	4.670	8.829	14.622	551	747	890	1028
T3-28	2AC	6.857	6.381	4.769	9.099	14.940	540	728	866	1000
T3-29	2AC	6.982	6.512	4.836	9.280	15.153	533	716	851	982
T3-30	2AC	7.076	6.610	4.886	9.418	15.314	528	707	839	969
T3-31	2AC	6.985	6.516	4.838	9.286	15.160	533	716	850	982
T3-16	2AC	7.312	6.859	5.014	9.764	15.721	516	686	812	938
T3-17	2AC	7.403	6.954	5.062	9.896	15.878	512	678	802	926
T3-31'	2AC	7.578	7.137	5.156	10.151	16.176	503	663	784	905
T3-32	2AC	7.760	7.329	5.254	10.418	16.489	495	649	765	884
T3-33	2AC	7.988	7.568	5.377	10.751	16.880	484	631	743	858
T3-26	2AC	6.576	6.086	4.618	8.688	14.457	556	757	903	1043
T3-14	2AC	6.927	6.454	4.819	8.825	13.980	547	745		
T3-18	2AC	6.983	6.514	4.850	8.892	14.032	545	740		
T3-20	2AC	7.331	6.878	5.040	9.304	14.355	528	711		
T3-22	2AC	8.032	7.614	5.423	10.137	15.007	499	660		
T3-21	2AC	7.517	7.073	5.141	9.525	14.528	520	697		
T3-19	2AC	7.153	6.691	4.942	9.093	14.190	537	726		
T3-15	2AC	7.129	6.667	4.929	9.065	14.168	538	728		
T1-2	2AC	4.916	4.343	3.720	6.263	11.616	673	987	1207	1393
T1-3	2AC	5.037	4.471	3.780	6.442	11.834	663	966	1179	1361
T1-4	2AC	5.049	4.484	3.786	6.460	11.856	662	963	1176	1358
T1-5	2AC	5.318	4.766	3.933	6.779	12.106	644	927		
T1-6	2AC	5.572	5.033	4.072	7.081	12.342	627	895		
T1-7	4AC	5.615	5.100	4.095	7.155	12.382	623	888		
T1-8	2AC	5.779	5.250	4.185	7.327	12.535	614	870		
T1-9	2AC	5.713	5.180	4.149	7.248	12.473	618	878		
T1-10	2AC	5.933	5.411	4.269	7.509	12.678	605	852		
T1-11	2AC	5.278	4.724	3.917	6.761	12.146	645	929	1124	
T1-12	2AC	5.852	5.327	4.231	7.442	12.680	609	859		
T1-13	2AC	6.104	5.591	4.369	7.742	12.915	594	831		
T1-14	2AC	6.486	5.991	4.577	8.194	13.269	573	792		
T1-15	2AC	6.732	6.250	4.712	8.487	13.499	560	769		
T1-16	2AC	6.840	6.364	4.771	8.616	13.599	555	759		
T1-17	2AC	6.828	6.350	4.764	8.600	13.587	555	760		
T1-18	2AC	7.019	6.551	4.869	8.828	13.765	546	744		
T1-19	2AC	7.061	6.595	4.892	8.877	13.804	544	740		
T1-20	2AC	7.162	6.701	4.947	8.997	13.898	539	731		
T1-21	2AC	7.284	6.829	5.014	9.142	14.012	534	721		
T1-22	2AC	7.451	7.005	5.105	9.341	14.168	526	708		
T1-23	2AC	7.567	7.127	5.169	9.479	14.275	521	699		
T1-24	2AC	7.695	7.261	5.239	9.631	14.394	515	689		
T1-25	2AC	7.962	7.541	5.385	9.948	14.643	504	670		
T1-26	2AC	8.367	7.966	5.606	10.428	15.019	488	643		
T1-27	2AC	8.100	7.686	5.460	10.111	14.771	499	661		
T1-28	2AC	7.797	7.368	5.294	9.752	14.489	511	682		
T1-29	2AC	8.282	7.877	5.560	10.328	14.940	491	648		
T1-30	2AC	9.691	9.355	6.330	12.000	16.250	442	567		
T1-31	2AC	7.747	7.315	5.267	9.692	14.442	513	686		
T1-32	2AC	7.803	7.374	5.298	9.759	14.495	511	681		
T1-33	2AC	8.146	7.734	5.485	10.166	14.814	497	657		
T1-34	2AC	8.423	8.025	5.637	10.495	15.071	486	639		
T1-35	2AC	8.555	8.164	5.709	10.652	15.194	481	631		
T1-36	2AC	8.583	8.193	5.725	10.686	15.221	480	629		
T1-37	2AC	5.124	4.562	3.823	6.570	11.990	656	951	1159	1339
T1-38	2AC	5.152	4.592	3.837	6.611	12.041	654	946	1153	1332
T1-39	2AC	5.245	4.689	3.882	6.748	12.207	646	931	1133	1309
T1-40	2AC	5.205	4.647	3.867	6.666	12.065	650	940		
T1-41	2AC	5.337	4.785	3.939	6.823	12.188	642	922		
T1-42	2AC	5.372	4.823	3.958	6.865	12.221	639	918		

T1-43	2AC	5.463	4.917	4.008	6.972	12.305	633	906		
T1-44	2AC	5.527	4.985	4.043	7.049	12.365	629	898		
T1-45	2AC	5.656	5.121	4.114	7.202	12.485	621	883		
T1-46	2AC	5.599	5.061	4.083	7.134	12.432	625	890		
T1-47	2AC	5.635	5.098	4.102	7.176	12.465	622	885		
T1-48	2AC	5.661	5.126	4.116	7.208	12.490	621	882		
T3-5	1/0AC	4.689	4.147	3.605	5.972	11.217	691	1026	1256	1450
T3-6	2AC	4.772	4.234	3.650	6.070	11.294	685	1013		
T3-7	2AC	4.822	4.286	3.677	6.129	11.341	681	1005		
T3-8	2AC	4.867	4.334	3.702	6.183	11.383	678	998		
T3-9	2AC	4.898	4.366	3.719	6.220	11.412	675	993		
T2-5	3/0AC	4.485	4.007	3.498	5.747	10.865	706	1060	1297	1498
T2-2	2AC	4.785	4.321	3.668	6.143	11.253	681	1006	1217	
T2-3	2AC	4.885	4.427	3.726	6.276	11.383	673	989	1193	
T2-4	2AC	5.045	4.594	3.813	6.465	11.531	661	966		
T2-8	2AC	4.367	3.970	3.443	5.607	10.508	715	1084		
T2-9	2AC	4.488	4.096	3.509	5.750	10.620	705	1063		
T2-10	2AC	4.527	4.137	3.530	5.796	10.656	702	1056		
T2-11	2AC	4.274	3.871	3.392	5.496	10.421	723	1101		
T2-13	2AC	4.403	4.007	3.463	5.712	10.719	709	1069	1303	1504
T2-14	2AC	4.664	4.281	3.606	6.023	10.962	688	1026		
T2-15	2AC	4.627	4.242	3.583	6.040	11.104	688	1024	1243	1435
T2-16	2AC	4.753	4.374	3.650	6.224	11.321	677	1000	1211	1399
T2-17	2AC	4.745	4.366	3.647	6.212	11.306	678	1002	1213	1401
T2-18	2AC	4.919	4.549	3.739	6.467	11.608	663	971	1172	1353
T2-19	2AC	4.829	4.454	3.693	6.312	11.384	672	989		
T2-20	2AC	5.139	4.779	3.862	6.680	11.672	650	945		
T2-21	2AC	5.303	4.952	3.952	6.875	11.825	639	923		
T2-22	2AC	5.782	5.454	4.214	7.443	12.270	609	864		
T2-23	2AC	5.811	5.485	4.230	7.478	12.297	607	861		
T2-24	2AC	5.566	5.228	4.096	7.187	12.069	622	890		
T2-25	2AC	5.978	5.661	4.321	7.677	12.453	597	842		
T2-26	2AC	6.281	5.979	4.487	8.037	12.735	580	810		
T2-27	2AC	7.166	6.907	4.971	9.087	13.558	536	728		
T2-29	2AC	4.176	3.769	3.342	5.381	10.329	731	1119	1370	1582
T2-31	2AC	3.772	3.345	3.125	4.791	9.634	774	1220	1507	1740
T2-33	2AC	3.464	3.022	2.962	4.340	9.100	810	1309	1631	1883
T2-34	2AC	3.673	3.241	3.076	4.588	9.295	789	1258		
T2-35	2AC	3.646	3.212	3.061	4.555	9.269	792	1264		
T2-36	2AC	3.782	3.355	3.130	4.805	9.651	773	1217	1504	1736
T2-37	2AC	3.974	3.557	3.232	5.086	9.984	752	1167	1436	1658
T2-38	2AC	4.668	4.286	3.615	5.857	10.475	696	1047		
T2-39	2AC	6.171	5.863	4.437	7.642	11.873	595	842		
T2-41	2AC	3.619	3.184	3.055	4.387	8.847	803	1297		
T2-43	2AC	2.741	2.263	2.588	3.146	7.454	921	1617		
T2-44	2AC	3.273	2.821	2.879	3.778	7.949	854	1437		

@END 194

@3136 1197 1729 26467

PROJECT: David S. Angulo A. 05/31/02 14:01:44
 LICENSED TO: Escuela Politécnica Nacional
 Fault Current Analysis on Feeder La Esperanza # 3
 Regulator Tap Position: ZERO
 High-side Voltage = 13.80 KV Line-to-Line
 Source Impedances (Ohms) R1 = 0.0650 X1 = 1.1500 * Assumes 5.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)
 R0 = 0.0010 X0 = 3.4500 ** Assumes 0.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

SECTION NAME (LOAD END)	WIRE SIZE	-----CUMULATIVE-----						----- FAULT CURRENTS -----				SECTION LOCATION
		KM FROM SOURCE	POSITIVE SEQ. R X (OHMS)	ZERO SEQ. R X (OHMS)	PH-GR MIN* MAX** (AMPS)	PH-PH (AMPS)	3-PH (AMPS)	1477	4156	5990	6917	
E3-1	3/0AC	1.376	0.683	1.852	1.134	5.446	1210	2520	3495	4036		
E3-2	3/0AC	6.022	2.769	4.224	4.960	12.187	729	1032	1366	1578		
C3-166	1/0AC	6.279	2.948	4.359	5.245	12.631	708	993	1311	1514		
C3-164	1/0AC	6.437	3.058	4.441	5.420	12.904	696	970	1280	1478		
C3-159	1/0AC	6.600	3.171	4.527	5.601	13.185	684	947	1248	1442		
C3-167	2AC	6.676	3.250	4.567	5.711	13.315	678	935	1231	1421		
C3-168	2AC	6.790	3.370	4.630	5.847	13.421	669	921				
C3-169	2AC	6.917	3.504	4.697	6.065	13.730	657	900	1177	1360		
C3-170	2AC	7.025	3.617	4.755	6.222	13.914	649	885	1155	1334		
C3-171	2AC	7.020	3.612	4.752	6.214	13.906	649	886	1156	1335		
C3-172	2AC	7.256	3.860	4.982	6.495	14.126	633	860				
C3-173	2AC	7.152	3.750	4.823	6.407	14.133	639	868	1129	1304		
C3-174	2AC	7.225	3.827	4.863	6.514	14.258	633	858	1115	1288		
C3-176	1/0AC	7.343	3.909	4.925	6.645	14.460	626	845	1097	1267		
C3-175	2AC	7.532	4.107	5.029	6.869	14.636	614	826				
C3-177	1/0AC	7.485	4.008	5.001	6.802	14.702	617	830	1077	1243		
C3-178	1/0AC	7.645	4.119	5.086	6.979	14.976	608	813	1054	1217		
C3-179	2AC	7.815	4.446	5.180	7.376	15.271	591	787	1011	1167		
C3-180	3 AA	7.245	3.787	4.845	6.483	14.264	635	861	1122	1296		
C3-181	2AC	7.418	3.969	4.939	6.736	14.562	622	838	1089	1257		
C3-182	2AC	7.531	4.088	5.000	6.870	14.667	615	827				
C3-183	2AC	7.498	4.052	4.981	6.852	14.698	616	829	1075	1241		
C3-184	2AC	7.698	4.262	5.091	7.089	14.884	604	809				
C3-185	2AC	8.149	4.736	5.337	7.625	15.304	579	769				
C3-186	2AC	7.817	4.388	5.153	7.319	15.247	594	791	1019	1177		
C3-187	2AC	8.207	4.797	5.363	7.888	15.815	569	750	959	1107		
C3-188	2AC	8.137	4.724	5.325	7.787	15.796	573	757	969	1119		
C3-189	2AC	9.130	5.766	5.859	9.238	17.500	518	667	839	969		
C3-190	2AC	8.262	4.855	5.392	7.969	16.010	566	745	951	1098		
C3-191	2AC	8.418	5.018	5.476	8.196	16.277	556	729	929	1073		
C3-192	2AC	8.395	4.994	5.464	8.163	16.238	558	732	932	1076		
C3-193	2AC	8.539	5.145	5.542	8.334	16.372	551	720				
C3-194	2AC	8.789	5.408	5.676	8.739	16.914	535	695	880	1016		
C3-195	2AC	9.114	5.749	5.854	9.125	17.217	521	673				
C3-196	2AC	8.987	5.616	5.782	9.028	17.255	525	679	856	988		

C3-196'	2AC	9.546	6.203	6.083	9.845	18.214	497	635	794	917
C3-197	4AC	10.013	6.948	6.336	10.655	18.646	474	601		
C3-198	2AC	9.635	6.630	6.134	10.152	17.855	489	626		
C3-199	2AC	9.988	7.021	6.327	10.571	18.183	476	606		
C3-200	2AC	9.728	6.748	6.185	10.263	17.941	486	621		
C3-201	2AC	9.899	6.927	6.278	10.465	18.100	479	611		
C3-202	4AC	10.353	7.745	6.524	11.346	18.520	456	577		
C3-203	2AC	10.923	8.344	6.836	12.023	19.050	438	549		
C3-204	2AC	11.213	8.648	6.995	12.367	19.320	429	536		
C3-205	2AC	11.271	8.709	7.026	12.436	19.374	427	533		
C3-206	2AC	11.476	8.924	7.138	12.679	19.564	421	524		
C3-207	2AC	11.984	9.457	7.416	13.283	20.037	407	504		
C3-208	2AC	10.820	8.235	6.780	11.900	18.954	441	554		
C3-209	2AC	11.100	8.529	6.933	12.233	19.215	432	541		
C3-210	2AC	11.375	8.818	7.084	12.560	19.471	424	529		
C3-211	2AC	11.186	8.620	6.980	12.335	19.295	430	537		
C3-212	2AC	11.778	9.241	7.304	13.039	19.846	413	512		
C3-213	2AC	12.135	9.615	7.499	13.462	20.177	403	498		
C3-214	2AC	12.113	9.592	7.487	13.436	20.157	404	499		
C3-215	2AC	12.392	9.885	7.639	13.767	20.416	397	488		
C3-216	2AC	12.821	10.336	7.874	14.277	20.816	386	473		
C3-217	2AC	13.332	10.872	8.154	14.884	21.291	374	455		
C3-218	2AC	14.751	12.362	8.930	16.569	22.611	345	413		
C3-219	2AC	13.561	11.112	8.279	15.155	21.504	369	448		
C3-220	2AC	13.803	11.366	8.411	15.443	21.729	364	441		
C3-221	2AC	14.024	11.598	8.532	15.705	21.934	359	434		
C3-149	2AC	6.710	3.286	4.587	5.731	13.288	676	933		
C3-150	2AC	6.872	3.456	4.675	5.924	13.438	664	914		
C3-151	2AC	6.824	3.406	4.649	5.867	13.394	668	920		
C3-152	2AC	7.894	4.530	5.234	7.138	14.389	599	806		
C3-153	2AC	8.342	4.999	5.479	7.669	14.805	575	765		
C3-154	2AC	8.945	5.632	5.809	8.385	15.366	544	716		
C3-155	2AC	9.376	6.085	6.045	8.897	15.767	524	684		
C3-156	2AC	9.734	6.460	6.240	9.322	16.100	509	660		
C3-157	2AC	9.229	5.931	5.965	8.723	15.631	531	695		
C3-158	2AC	9.354	6.062	6.033	8.872	15.747	525	686		
C3-141	1/0AC	7.443	3.758	4.968	6.536	14.641	628	844	1108	1279
C3-138	1/0AC	7.520	3.811	5.008	6.622	14.775	623	836	1096	1266
C3-132	1/0AC	7.842	4.035	5.177	6.979	15.331	605	803	1051	1214
C3-110	1/0AC	8.295	4.350	5.414	7.482	16.113	580	761	993	1147
C3-100	1/0AC	8.378	4.408	5.457	7.574	16.256	576	753	984	1136
C3-98	1/0AC	9.106	4.914	5.838	8.381	17.512	541	695	904	1044
C3-90	2AC	9.262	5.078	5.922	8.609	17.780	532	682	885	1021
C3-89	2AC	9.631	5.465	6.120	9.148	18.413	513	652	841	971
C3-91	2AC	9.514	5.343	6.057	8.977	18.212	519	661	854	986
C3-92	2AC	9.819	5.663	6.221	9.423	18.736	504	638	820	947
C3-93	2AC	9.914	5.763	6.273	9.562	18.900	499	631	810	935
C3-94	2AC	10.708	6.596	6.700	10.723	20.263	465	579	734	847
C3-95	2AC	10.981	6.883	6.846	11.121	20.731	454	563	711	821
C3-282	2AC	11.585	7.517	7.177	11.839	21.293	435	535		
C3-281	2AC	12.115	8.073	7.467	12.468	21.786	419	513		
C3-280	2AC	12.411	8.383	7.628	12.819	22.060	411	502		
C3-277	4AC	12.496	8.520	7.675	12.967	22.140	408	498		
C3-275	2AC	13.025	9.075	7.964	13.596	22.632	394	479		
C3-274	2AC	13.248	9.309	8.086	13.860	22.839	389	471		
C3-272	2AC	13.293	9.356	8.110	13.913	22.881	388	469		
C3-264	2AC	13.707	9.790	8.337	14.405	23.266	378	456		
C3-261	2AC	14.465	10.586	8.751	15.305	23.970	362	433		
C3-286	2AC	14.878	11.020	8.977	15.796	24.355	353	421		
C3-287	2AC	15.397	11.564	9.261	16.412	24.837	343	407		
C3-288	2AC	14.991	11.138	9.039	15.929	24.460	351	418		
C3-289	2AC	15.677	11.859	9.414	16.745	25.098	338	400		
C3-290	2AC	16.166	12.371	9.682	17.325	25.553	329	388		
C3-291	2AC	15.396	11.563	9.261	16.411	24.837	343	407		
C3-292	2AC	15.517	11.691	9.327	16.555	24.950	341	404		
C3-293	2AC	15.947	12.142	9.562	17.065	25.349	333	394		
C3-294	2AC	16.549	12.774	9.891	17.780	25.909	323	380		
C3-295	2AC	16.459	12.679	9.842	17.673	25.826	324	382		
C3-296	2AC	16.702	12.934	9.975	17.962	26.052	320	376		
C3-297	2AC	16.980	13.226	10.127	18.292	26.310	316	370		
C3-298	2AC	17.519	13.791	10.421	18.931	26.811	307	359		
C3-299	2AC	17.696	13.978	10.519	19.142	26.976	305	355		
C3-300	2AC	17.960	14.254	10.663	19.455	27.221	301	350		
C3-301	2AC	18.168	14.473	10.776	19.702	27.415	298	346		
C3-302	2AC	18.033	14.331	10.703	19.542	27.289	300	349		
C3-303	2AC	17.250	13.510	10.275	18.613	26.561	311	364		
C3-305	2AC	17.432	13.701	10.374	18.829	26.731	308	361		
C3-306	2AC	17.987	14.283	10.678	19.488	27.247	300	350		
C3-307	2AC	18.024	14.322	10.698	19.532	27.291	300	349		
C3-308	2AC	18.464	14.784	10.939	20.054	27.691	293	341		
C3-304	2AC	17.572	13.847	10.451	18.995	26.861	306	358		
C3-262	2AC	13.966	10.063	8.479	14.713	23.507	372	448		
C3-263	2AC	13.761	9.848	8.367	14.470	23.316	377	454		
C3-265	2AC	14.350	10.466	8.689	15.169	23.864	364	436		
C3-266	2AC	14.645	10.775	8.850	15.519	24.138	358	428		
C3-267	2AC	15.000	11.148	9.044	15.941	24.469	351	418		
C3-268	2AC	15.559	11.735	9.350	16.605	24.989	340	403		
C3-269	2AC	14.947	11.092	9.015	15.878	24.419	352	419		
C3-270	2AC	15.425	11.594	9.276	16.445	24.964	343	407		
C3-271	2AC	15.231	11.390	9.170	16.215	24.683	346	412		
C3-273	2AC	13.455	9.526	8.199	14.105	23.031	384	464		
C3-276	2AC	12.677	8.710	7.774	13.182	22.308	403	491		
C3-376	2AC	12.946	8.992	7.921	13.502	22.558	396	481		
C3-278	2AC	12.901	8.898	7.896	13.401	22.516	398	484		
C3-279	4AC	12.916	9.189	7.903	13.695	22.528	394	478		
C3-283	2AC	12.217	8.180	7.523	12.589	21.881	416	509		
C3-284	2AC	12.471	8.447	7.661	12.891	22.117	409	500		
C3-285	2AC	12.578	8.559	7.720	13.018	22.217	407	496		
C3-96	2AC	10.865	6.760	6.784	10.951	20.531	458	570	720	832
C3-97	2AC	10.127	5.987	6.387	9.874	19.266	490	616	788	910

C3-99	2AC	8.668	4.712	5.615	7.917	16.525	561	730		
C3-101	2AC	8.448	4.510	5.494	7.705	16.377	570	745	971	1121
C3-102	2AC	8.509	4.574	5.528	7.777	16.434	567	740		
C3-103	2AC	8.704	4.779	5.634	8.009	16.615	558	725		
C3-104	2AC	8.523	4.589	5.535	7.815	16.506	566	738	960	1108
C3-105	2AC	8.582	4.652	5.567	7.901	16.608	562	732	951	1098
C3-106	2AC	8.729	4.805	5.646	8.116	16.859	554	719	931	1075
C3-107	2AC	8.635	4.707	5.595	7.964	16.656	560	728		
C3-108	2AC	8.771	4.849	5.670	8.125	16.783	553	718		
C3-109	2AC	8.881	4.965	5.730	8.256	16.886	548	710		
C3-111	2AC	8.565	4.794	5.565	8.035	16.571	558	728	939	1085
C3-112	2AC	8.894	5.139	5.742	8.516	17.136	540	698	895	1034
C3-113	2AC	9.070	5.324	5.837	8.774	17.438	530	683	873	1008
C3-114	2AC	9.208	5.469	5.911	8.975	17.674	523	672	857	989
C3-115	2AC	9.254	5.517	5.936	9.042	17.754	521	668	851	983
C3-116	2AC	9.188	5.448	5.902	8.914	17.548	525	675		
C3-117	2AC	9.320	5.586	5.974	9.070	17.671	519	666		
C3-118	2AC	8.641	4.873	5.606	8.146	16.701	554	721	929	1073
C3-119	2AC	8.748	4.986	5.664	8.302	16.885	548	711	914	1056
C3-120	2AC	8.822	5.063	5.703	8.410	17.012	544	704	905	1045
C3-121	2AC	9.066	5.320	5.839	8.651	17.096	534	690		
C3-122	2AC	9.533	5.810	6.094	9.205	17.531	514	659		
C3-128	2AC	9.806	6.096	6.243	9.530	17.785	502	642		
C3-129	2AC	10.722	7.057	6.744	10.617	18.636	468	590		
C3-130	2AC	11.295	7.659	7.058	11.298	19.169	449	561		
C3-131	2AC	11.859	8.252	7.366	11.968	19.695	431	535		
C3-123	2AC	9.887	6.181	6.288	9.626	17.860	499	637		
C3-124	2AC	10.237	6.549	6.479	10.042	18.186	485	616		
C3-125	2AC	10.146	6.453	6.429	9.933	18.101	489	621		
C3-126	2AC	10.347	6.664	6.539	10.172	18.288	481	610		
C3-127	2AC	10.447	6.769	6.594	10.291	18.381	478	604		
C3-133	2AC	7.719	4.019	5.113	6.912	15.118	609	812	1061	1225
C3-134	2AC	7.841	4.148	5.178	7.091	15.329	601	798	1040	1201
C3-135	2AC	7.842	4.149	5.178	7.093	15.332	601	798	1040	1201
C3-136	2AC	8.019	4.335	5.274	7.352	15.636	589	779	1011	1167
C3-137	2AC	8.165	4.487	5.349	7.565	15.890	579	763	988	1141
C3-139	2AC	7.842	4.176	5.186	7.009	15.012	604	806		
C3-140	2AC	8.049	4.393	5.299	7.256	15.204	592	787		
C3-142	2AC	8.103	4.450	5.329	7.320	15.255	589	782		
C3-143	2AC	8.233	4.587	5.400	7.474	15.376	582	771		
C3-144	2AC	8.459	4.824	5.524	7.743	15.586	570	751		
C3-146	2AC	8.562	4.932	5.580	7.865	15.682	565	743		
C3-147	2AC	9.530	5.948	6.109	9.014	16.582	519	672		
C3-145	2AC	8.584	4.955	5.592	7.891	15.702	564	741		
C3-160	4AC	7.470	4.707	4.984	7.497	14.690	593	799	1007	1162
C3-161	2AC	7.884	5.142	5.210	7.989	15.075	570	762		
C3-162	4AC	7.793	5.223	5.154	8.146	15.248	566	756	940	1086
C3-163	4AC	7.939	5.455	5.230	8.439	15.500	555	738	913	1054
C3-165	4AC	6.478	3.265	4.463	5.644	12.974	685	954	1248	1441

@END 198

@3920 1197 1729 11970

PROJECT: David S. Angulo A. 05/31/02 14:02:43

LICENSED TO: Escuela Politécnica Nacional

Fault Current Analysis on Feeder La Esperanza # 4

Regulator Tap Position: ZERO

High-side Voltage = 13.80 kV Line-to-Line

Source Impedances (Ohms) R1 = 0.0650 X1 = 1.1500 * Assumes 5.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

R0 = 0.0010 X0 = 3.4500 ** Assumes 0.0 Ohms Fault Resistance (Ln-Gnd)

SECTION NAME (LOAD END) SOURCE	WIRE SIZE	-----CUMULATIVE-----						---- FAULT CURRENTS ----			SECTION LOCATION
		KM FROM SOURCE	POSITIVE SEQ. R (OHMS)	ZERO SEQ. X (OHMS)	ZERO SEQ. R (OHMS)	X (OHMS)	PH-GR MIN* MAX** (AMPS)	PH-PH (AMPS)	3-PH (AMPS)		
E4-1	3/0 AC	1.376	0.253	1.483	0.705	5.078	1321	2938	4585	5294	
E4-2	3/0AC	9.260	3.793	5.508	7.196	16.516	589	765	1032	1191	
C3-88	2AC	9.694	4.249	5.738	7.832	17.269	562	723	956	1116	
C3-86	2AC	9.757	4.315	5.771	7.924	17.378	558	717	958	1106	
C3-30	1/0AC	10.076	4.537	5.938	8.278	17.888	544	694	923	1066	
C3-29	2AC	10.119	4.582	5.961	8.341	17.962	541	690	918	1060	
C3-31	2AC	9.928	4.494	5.861	8.173	17.673	549	702	934	1079	
C3-32	2AC	10.031	4.603	5.918	8.296	17.769	544	695			
C3-33	2AC	10.121	4.696	5.965	8.455	18.004	538	686	909	1049	
C3-34	2AC	10.264	4.847	6.041	8.664	18.252	530	674	891	1029	
C3-35	2AC	10.221	4.802	6.019	8.601	18.176	532	678	896	1035	
C3-36	2AC	10.629	5.230	6.238	9.198	18.877	511	646	848	979	
C3-37	2AC	10.859	5.472	6.360	9.535	19.275	500	629	822	950	
C3-38	2AC	10.894	5.509	6.381	9.586	19.332	499	627	819	945	
C3-39	2AC	11.021	5.642	6.449	9.771	19.550	493	618	805	930	
C3-40	2AC	11.178	5.807	6.532	10.001	19.822	486	607	789	912	
C3-41	2AC	11.426	6.067	6.663	10.363	20.251	475	591	766	884	
C3-42	2AC	11.259	5.891	6.577	10.119	19.958	482	602	781	902	
C3-43	2AC	11.362	6.000	6.633	10.269	20.135	478	595	772	891	
C3-51	2AC	11.700	6.354	6.814	10.763	20.715	463	575	741	855	
C3-52	2AC	11.903	6.567	6.924	11.060	21.063	455	563	723	835	
C3-53	2AC	12.197	6.876	7.082	11.489	21.568	444	546	699	807	
C3-54	2AC	11.674	6.327	6.800	10.725	20.670	465	576	743	858	
C3-55	2AC	11.931	6.597	6.941	11.030	20.909	456	564			
C3-56	2AC	12.106	6.780	7.033	11.356	21.412	448	551	706	816	
C3-57	2AC	12.246	6.927	7.108	11.561	21.652	442	544	695	803	
C3-58	2AC	12.302	6.986	7.138	11.643	21.749	440	541	691	798	
C3-59	2AC	12.651	7.352	7.322	12.153	22.352	428	523	665	768	
C3-62	4AC	12.966	7.856	7.491	12.773	22.924	414	504	636	734	
C3-63	4AC	13.837	9.247	7.949	14.488	24.517	381	458	566	653	
C3-64	4AC	14.193	9.814	8.138	15.201	25.126	369	442	541	625	
C3-65	4AC	14.238	9.887	8.159	15.277	25.251	367	440	538	622	

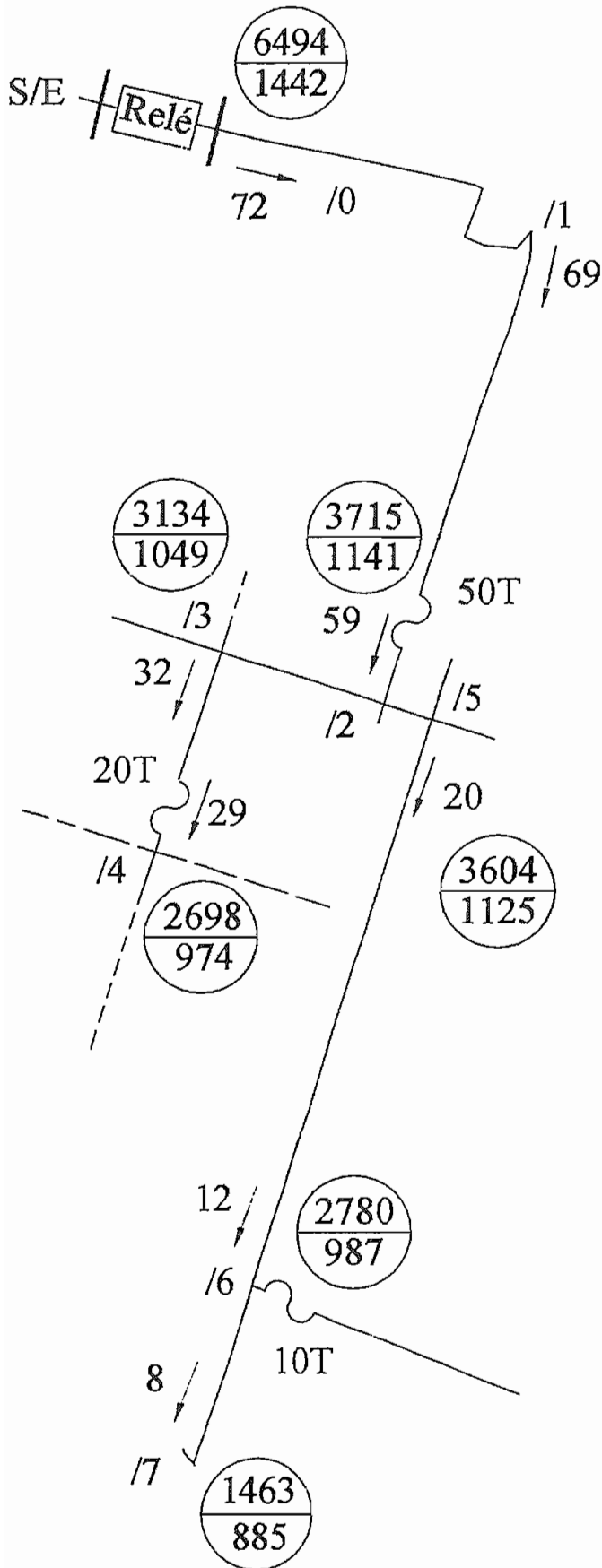
C3-61	4AC	12.702	7.433	7.349	12.253	22.445	426	520	660	762
C3-60	4AC	12.838	7.650	7.422	12.521	22.691	420	512	647	747
C3-66	4AC	12.216	6.957	7.092	11.574	21.612	442	544	633	802
C3-67	2AC	12.267	7.010	7.119	11.648	21.699	440	541	691	797
C3-68	2AC	12.366	7.113	7.172	11.792	21.868	437	536	683	789
C3-69	2AC	12.374	7.123	7.177	11.805	21.883	437	536	682	788
C3-70	2AC	12.327	7.073	7.151	11.735	21.801	438	538	686	792
C3-71	2AC	12.434	7.185	7.208	11.891	21.986	434	533	678	783
C3-72	2AC	12.756	7.523	7.382	12.362	22.537	423	516	655	756
C3-73	2AC	12.303	7.048	7.138	11.700	21.761	439	539	688	794
C3-74	2AC	12.732	7.498	7.369	12.328	22.497	424	518	656	758
C3-75	2AC	13.205	7.995	7.623	13.019	23.309	409	495	625	721
C3-77	2AC	13.418	8.218	7.738	13.329	23.674	402	486	611	706
C3-78	2AC	14.031	8.862	8.073	14.058	24.245	387	465		
C3-79	2AC	13.611	8.421	7.840	13.612	24.009	396	478	600	693
C3-80	2AC	13.892	8.715	7.988	14.023	24.495	388	466	584	674
C3-81	2AC	14.290	9.133	8.202	14.604	25.178	377	451	562	649
C2-84	2AC	17.747	12.762	10.093	18.710	28.394	312	364		
C2-85	2AC	18.412	13.460	10.457	19.499	29.012	302	351		
C2-86	2AC	18.838	13.907	10.690	20.006	29.409	296	343		
C2-87	2AC	21.605	16.811	12.203	23.291	31.982	262	298		
C2-88	2AC	21.793	17.008	12.306	23.515	32.157	260	296		
C2-89	2AC	22.561	17.814	12.726	24.426	32.870	251	286		
C2-90	2AC	23.397	18.692	13.183	25.419	33.649	243	275		
C2-186	2AC	23.532	18.833	13.257	25.579	33.774	242	274		
C2-91	2AC	22.346	17.589	12.608	24.171	32.671	254	288		
C2-92	2AC	23.451	18.748	13.213	25.483	33.698	243	275		
C2-93	2AC	24.239	19.576	13.644	26.419	34.432	236	265		
C2-94	2AC	24.494	19.843	13.783	26.722	34.669	233	263		
C2-95	2AC	23.871	19.189	13.442	25.981	34.089	239	270		
C3-82	2AC	13.826	8.646	7.957	13.926	24.375	390	469	587	678
C3-83	2AC	14.142	8.978	8.127	14.388	24.917	381	457	570	658
C3-84	2AC	14.464	9.316	8.300	14.858	25.470	372	445	553	639
C3-85	2AC	14.349	9.195	8.243	14.547	24.861	378	452		
C3-76	2AC	14.254	9.096	8.187	14.551	25.109	378	452	564	651
C3-44	2AC	12.184	6.863	7.075	11.471	21.546	445	547	700	808
C3-45	2AC	12.261	6.943	7.116	11.582	21.677	442	543	694	801
C3-46	2AC	12.624	7.324	7.311	12.113	22.301	429	524	667	770
C3-47	2AC	12.332	7.018	7.154	11.687	21.800	439	539	688	795
C3-48	2AC	12.519	7.214	7.255	11.960	22.121	432	529	674	779
C3-49	2AC	12.954	7.671	7.489	12.596	22.868	418	508	644	743
C3-50	2AC	13.265	7.997	7.659	12.965	23.157	409	496		
C3-87	2AC	9.974	4.542	5.886	8.241	17.753	546	698	928	1072

END 89

ANEXO 3

CAPACIDAD DEL FUSIBLE PROTECTOR (A)	CAPACIDAD DEL FUSIBLE DE RESPALDO													
	8T	10T	12T	15T	20T	25T	30T	40T	50T	65T	80T	100T	140T	200T
	Máxima corriente de falla para la coordinación entre protector y respaldo (A)													
6T		350	680	920	1200	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
8T			375	800	1200	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
10T				530	1100	1500	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
12T					680	1280	2000	2540	3200	4100	5000	6100	9700	15200
15T						730	1700	2500	3200	4100	5000	6100	9700	15200
20T							990	2100	3200	4100	5000	6100	9700	15200
25T								1400	2600	4100	5000	6100	9700	15200
30T									1500	3100	5000	6100	9700	15200
40T										1700	3800	6100	9700	15200
50T											1750	4400	9700	15200
65T												2200	9700	15200
80T													7200	15200
100T													4000	13800
140T														7500

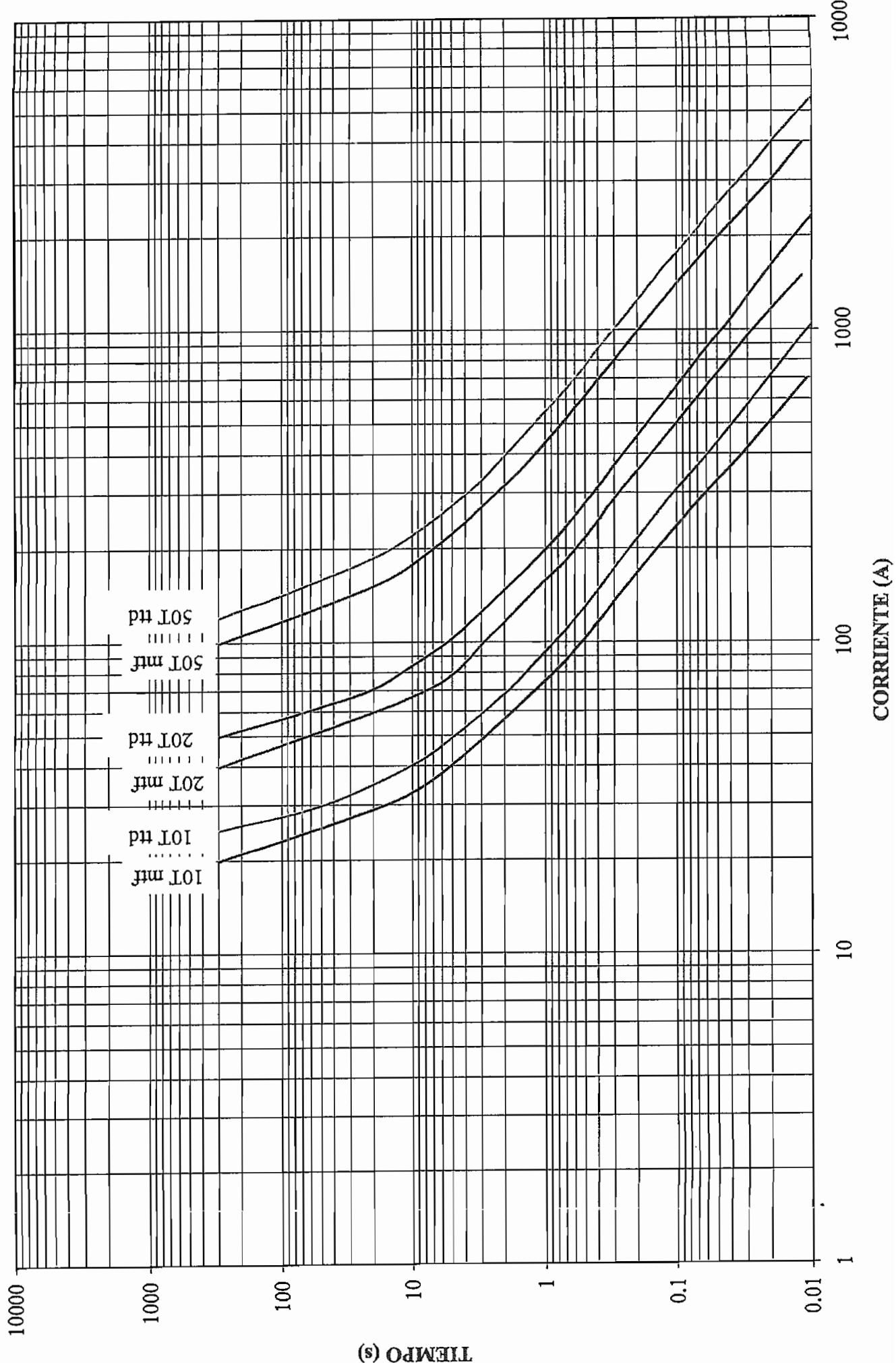
ANEXO 4A.- Tabla de coordinación entre fusibles tipo "T"



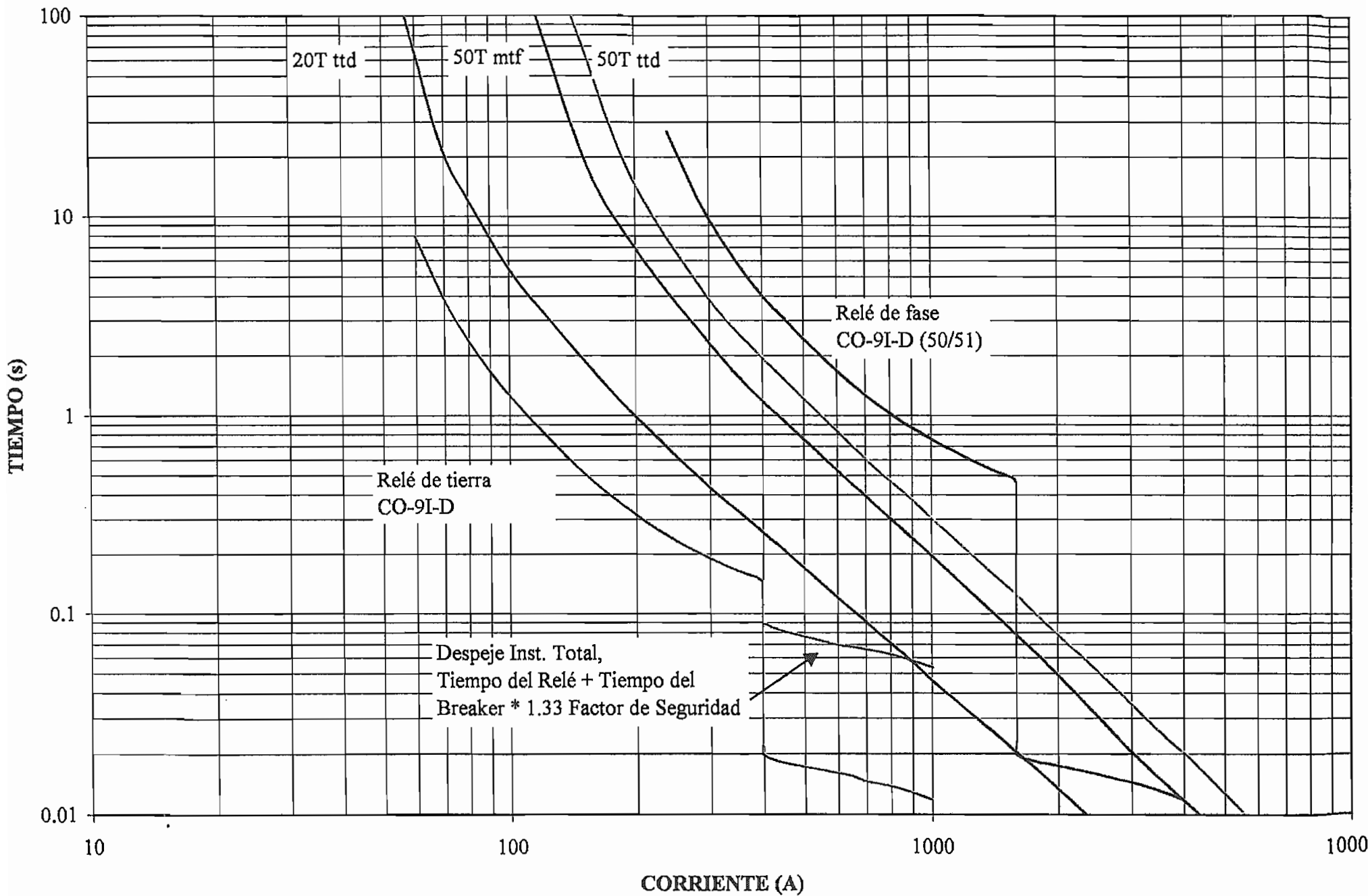
SIMBOLOGIA	
—	línea trifásica
- - -	línea monofásica
/0	número de nodo
72	máxima corriente de carga
$\frac{4918}{1292}$	máxima corriente de cortocircuito mínima corriente de cortocircuito
Relé	relé
R	recloser
~	fusible

Figura 4.1.- Protección del alimentador # 1 de la S/E Cayambe

4B1.1.- COORDINACION FUSIBLE - FUSIBLE (C1)



4B1.2.- COORDINACION RELE - FUSIBLE (C1)



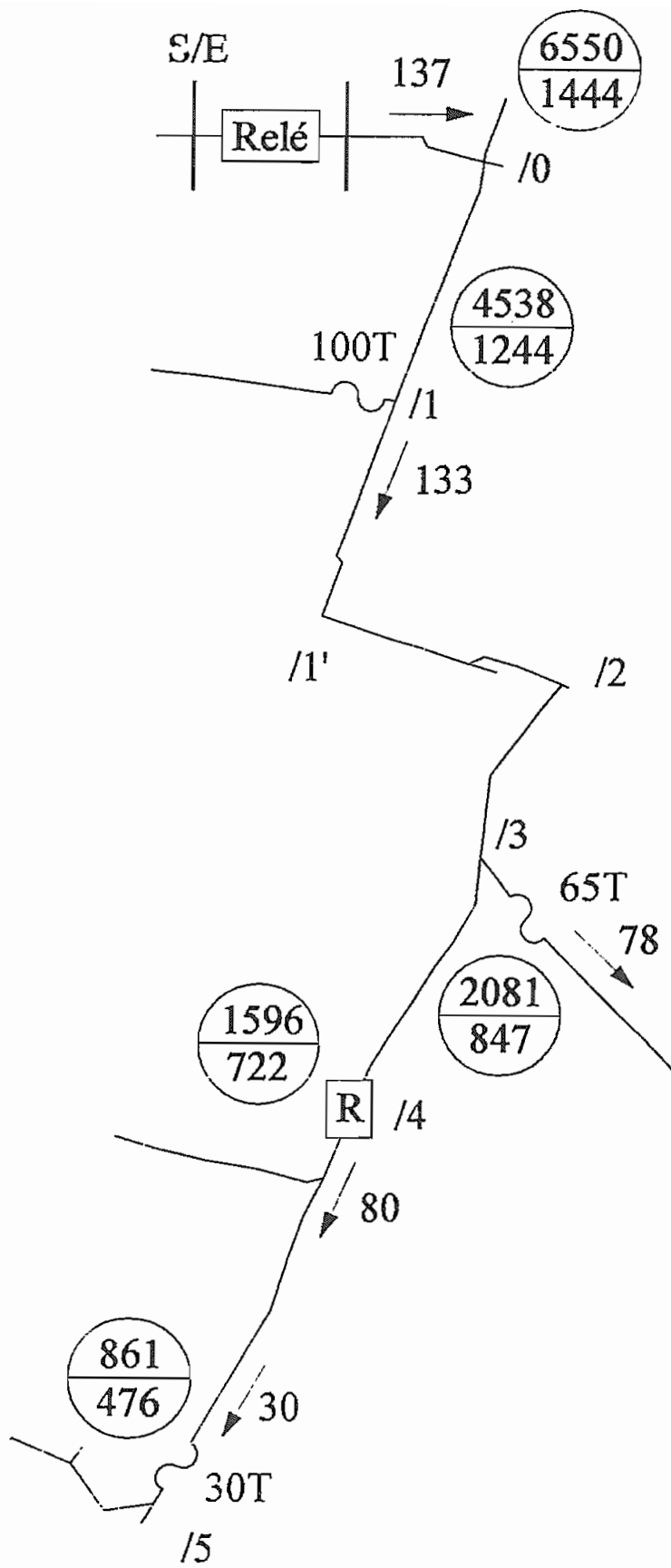
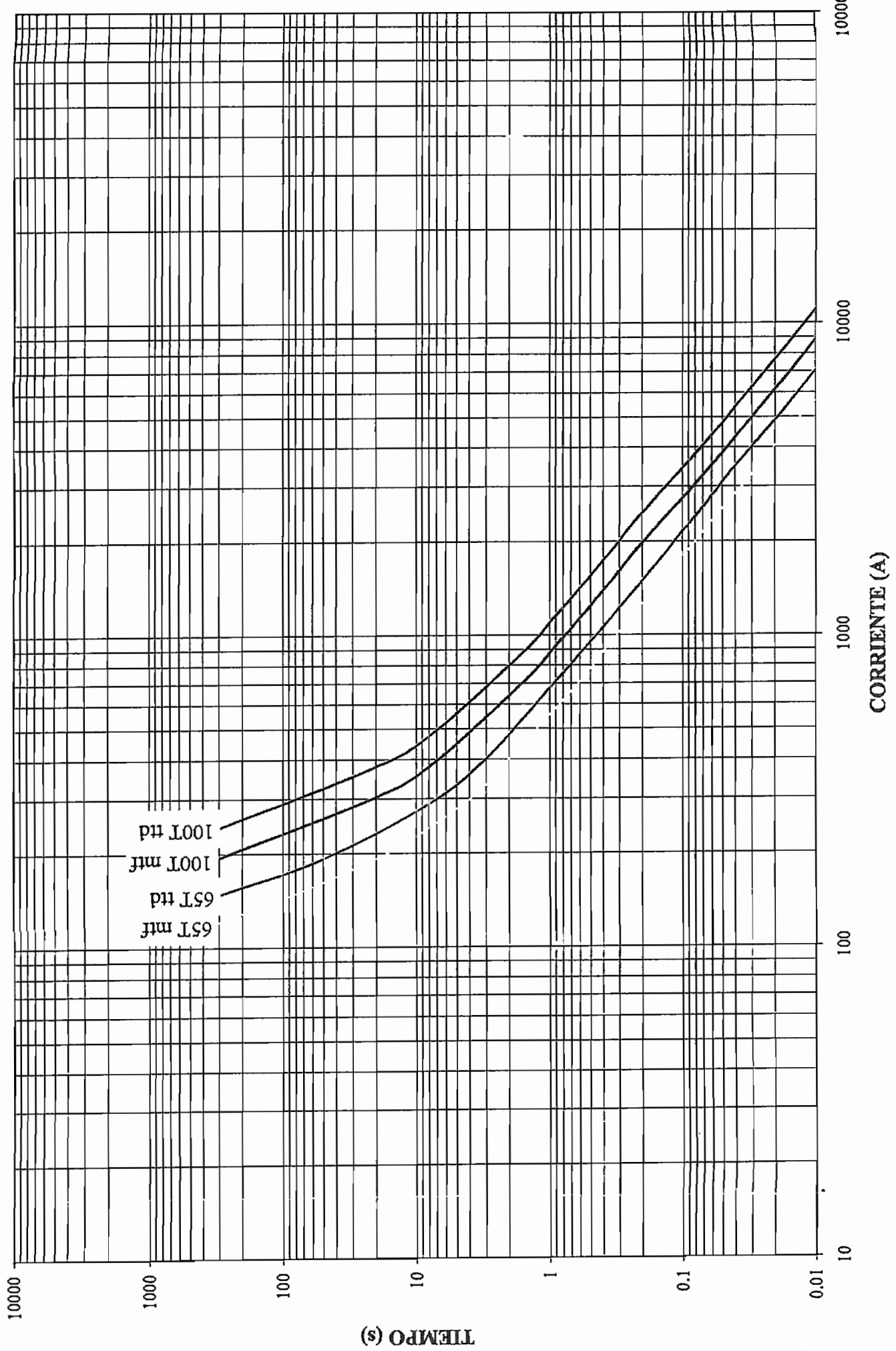
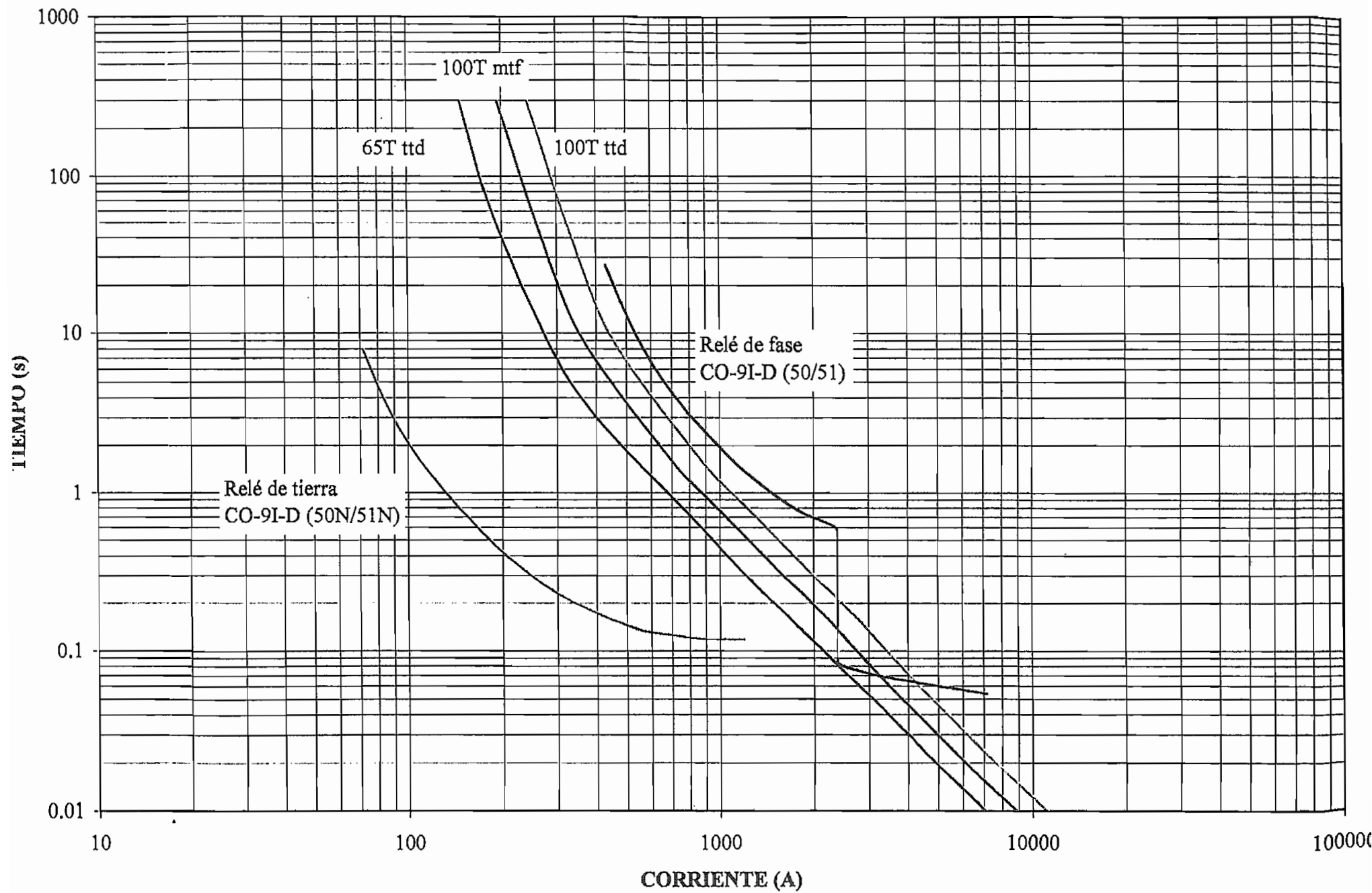


Figura 4.2.- Protección del alimentador # 2 de la S/E Cayambe

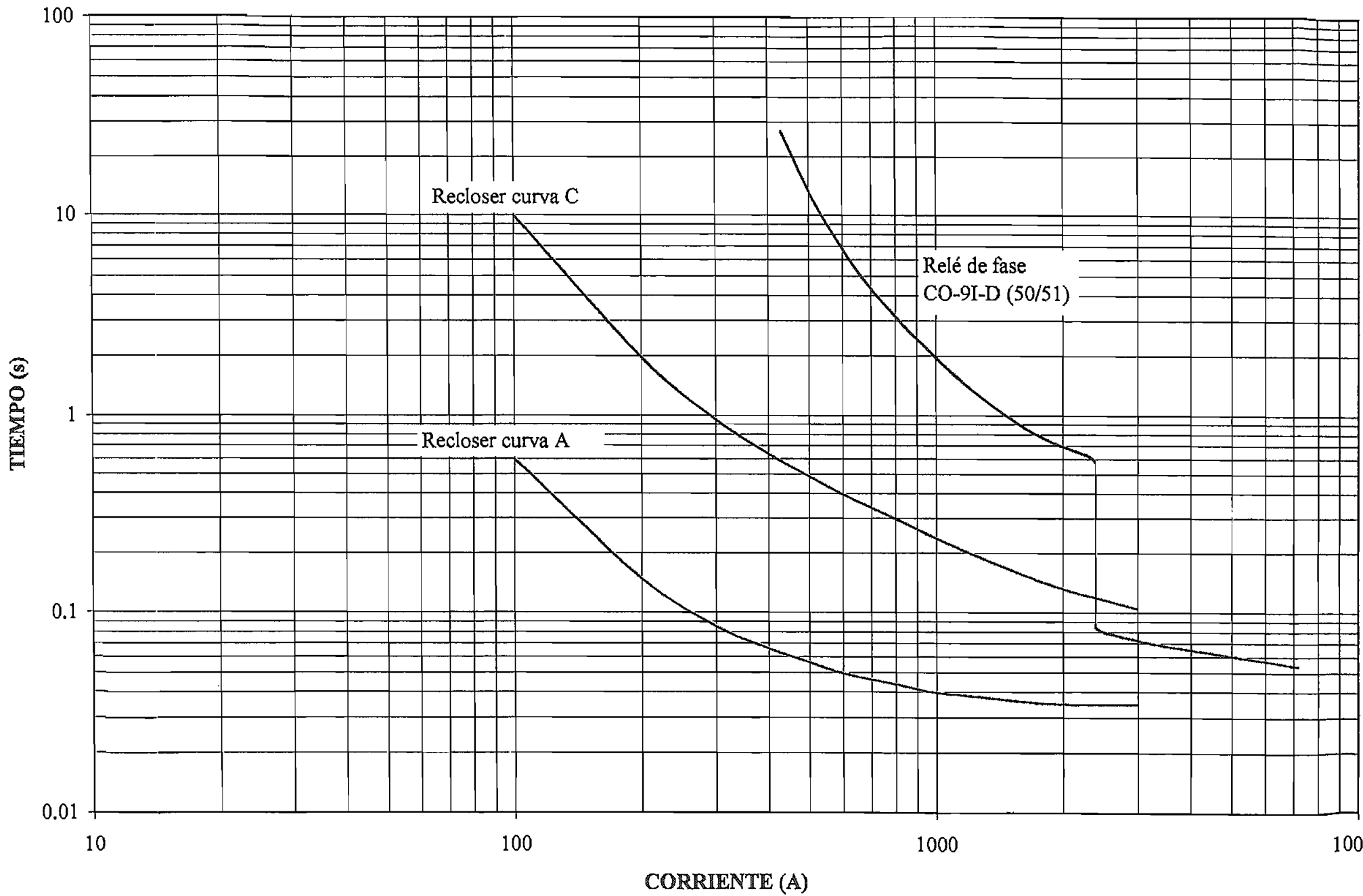
COORDINACION FUSIBLE - FUSIBLE (C2)



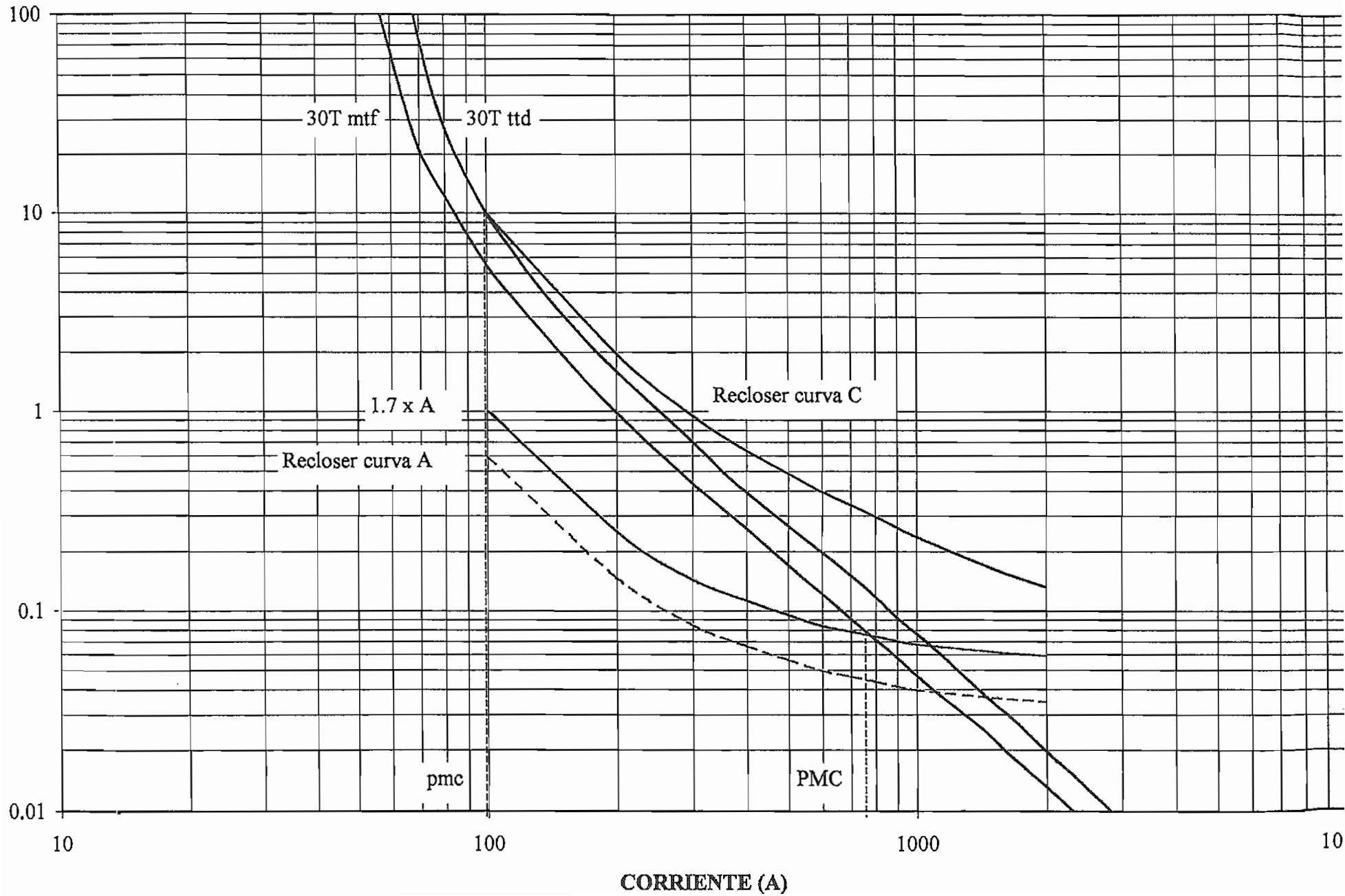
4B2.2.- COORDINACION RELE - FUSIBLE (C2)



4B2.3.- COORDINACION RELE - RECONNECTADOR (C2)



4B2.4.- COORDINACION RECONECTADOR - FUSIBLE (C2)



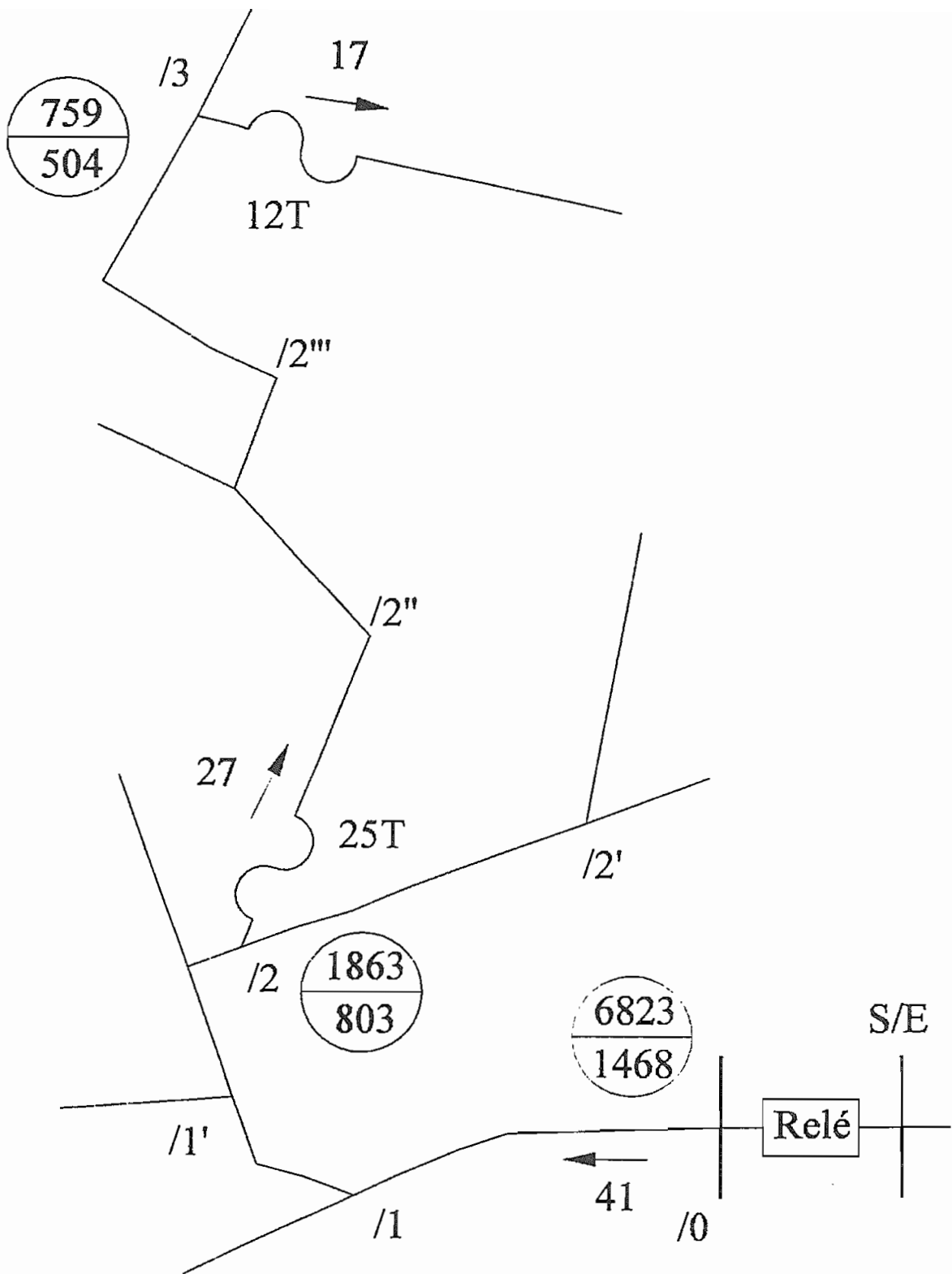
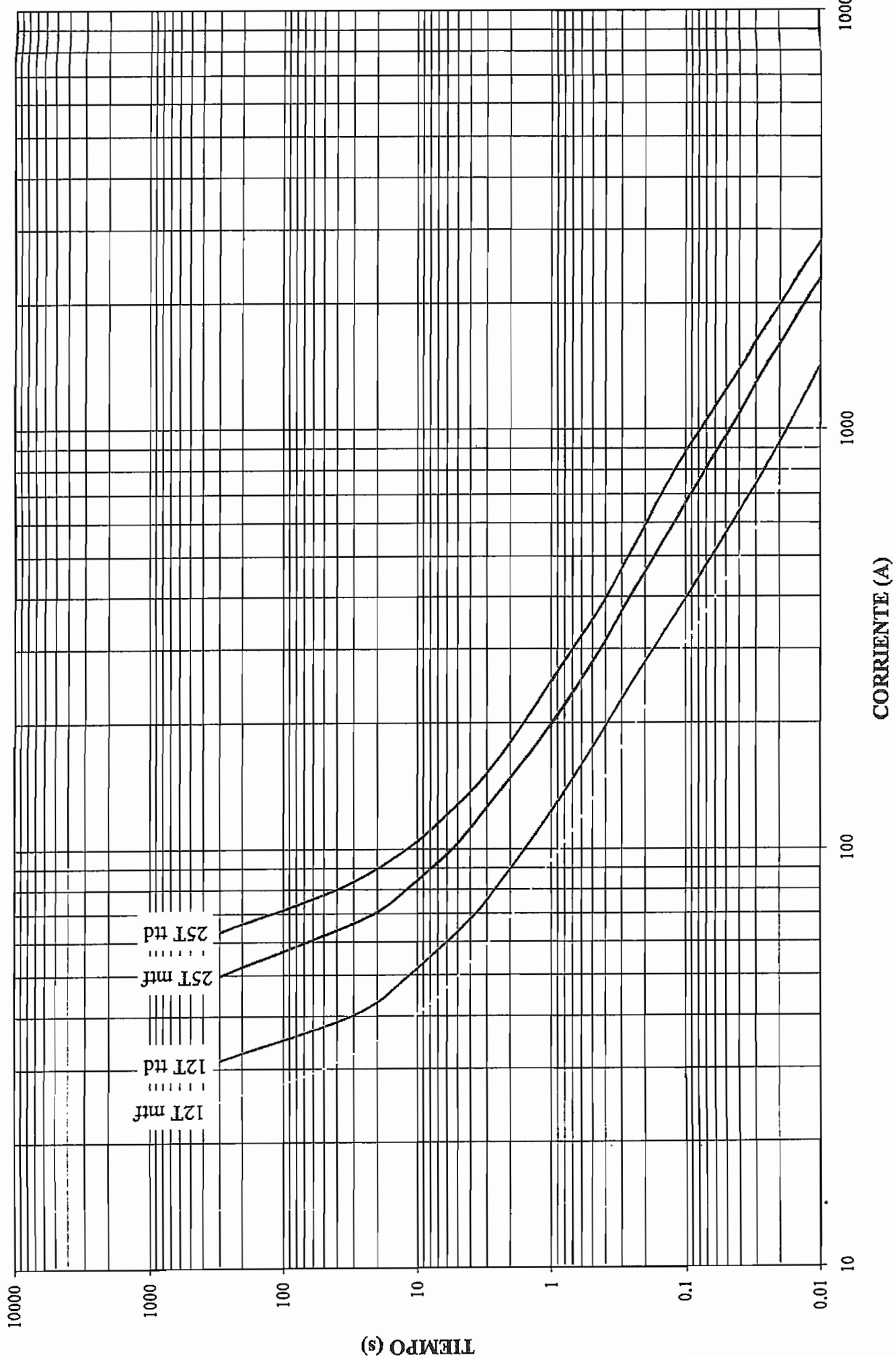
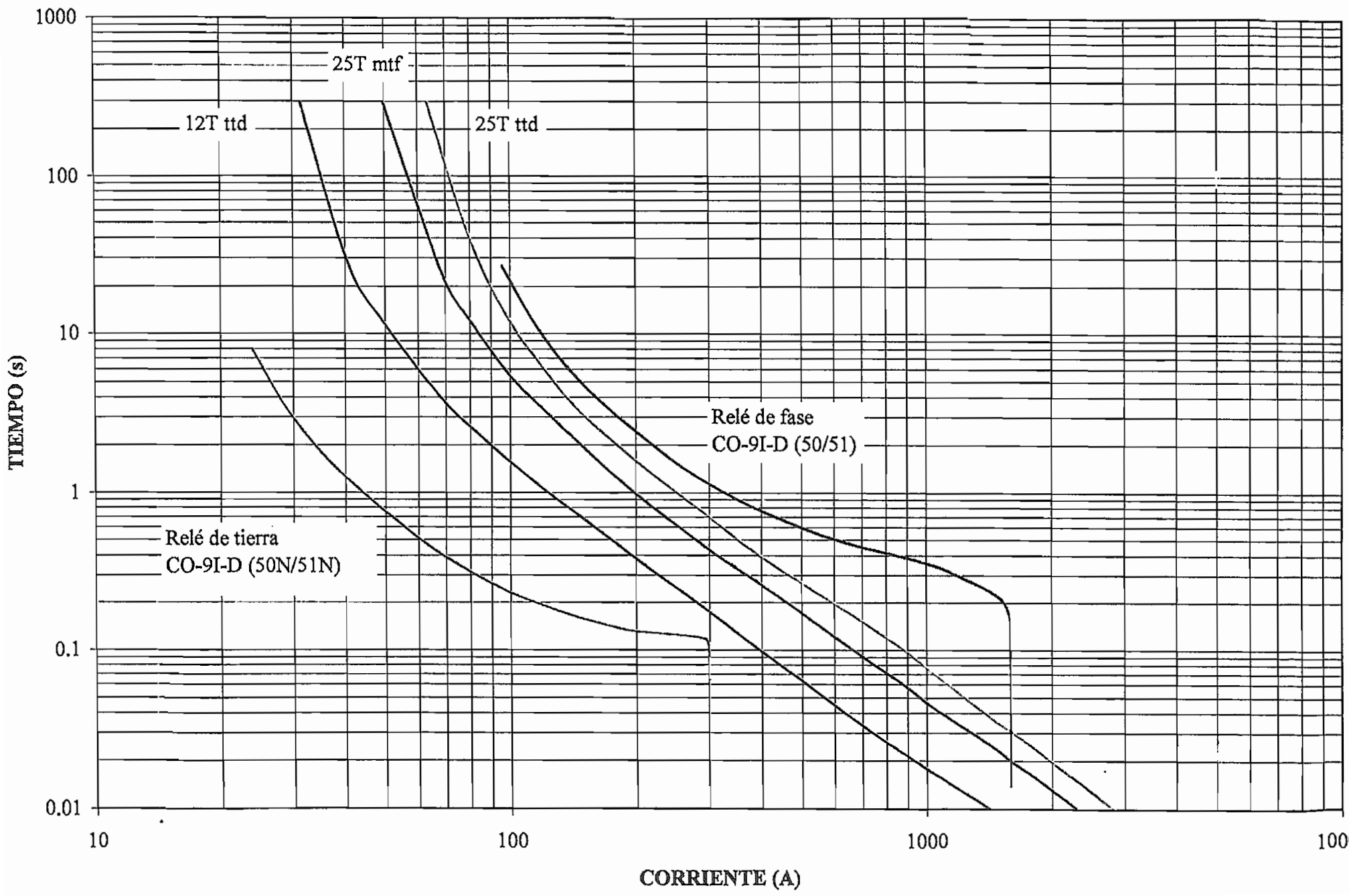


Figura 4.3.- Protección del alimentador # 3 de la S/E Cayambe

4B3.1.- COORDINACION FUSIBLE - FUSIBLE (C3)



4B3.2.- COORDINACION RELE - FUSIBLE (C3)



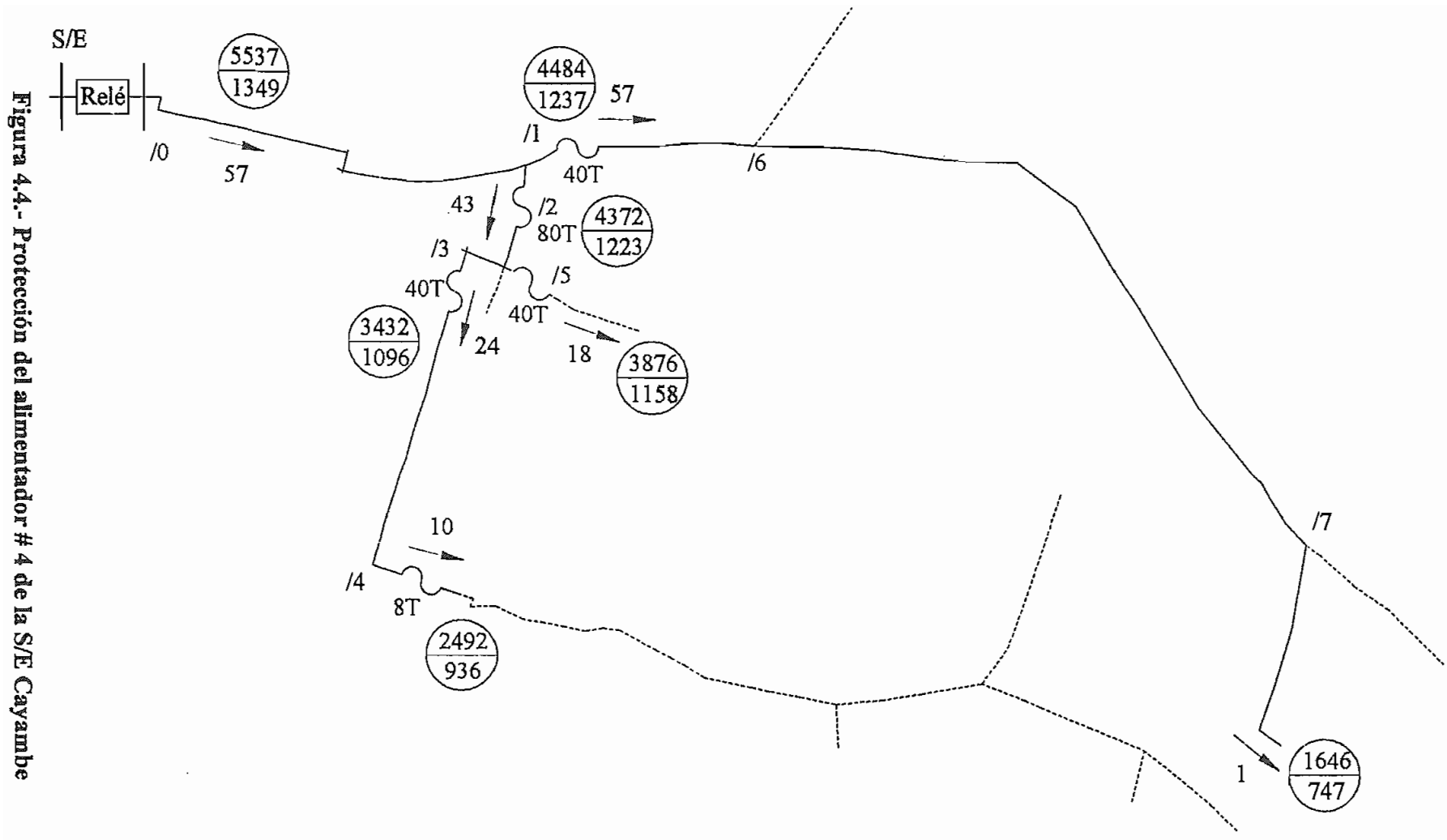
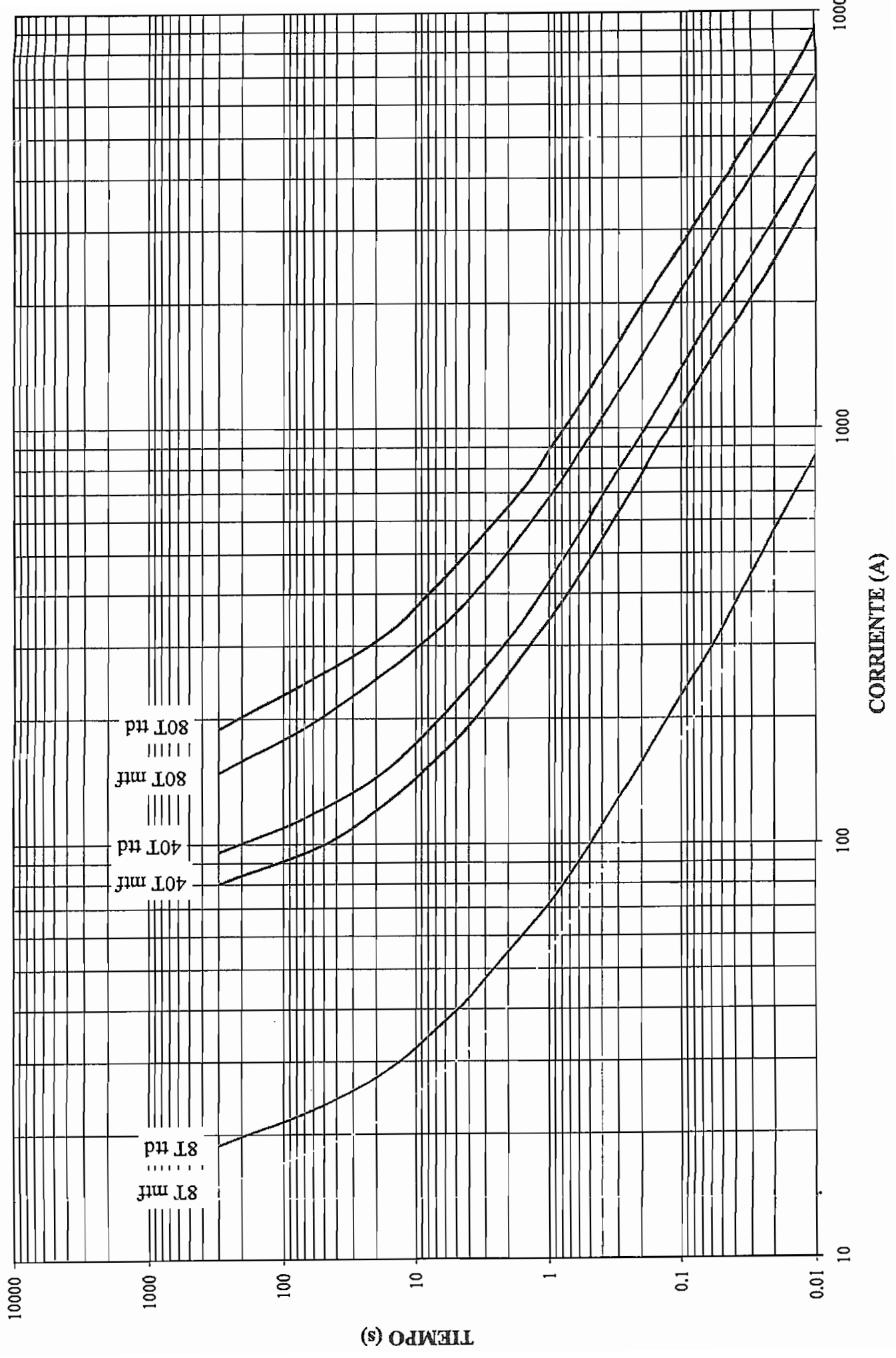
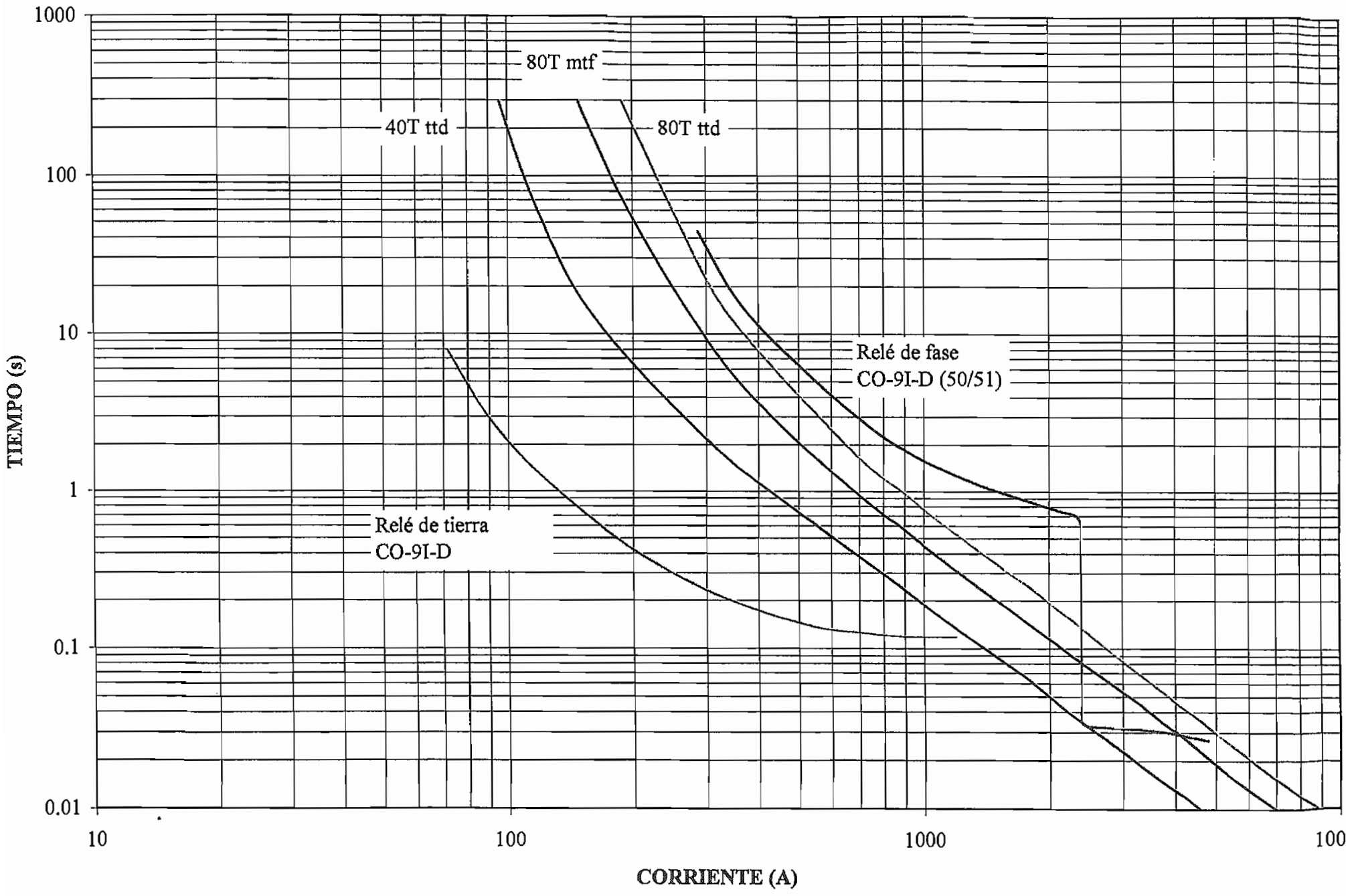


Figura 4.4.- Protección del alimentador # 4 de la S/E Cayambe

4B4.1.- COORDINACION FUSIBLE - FUSIBLE (C4)



4B4.2.- COORDINACION RELE - FUSIBLE (C4)



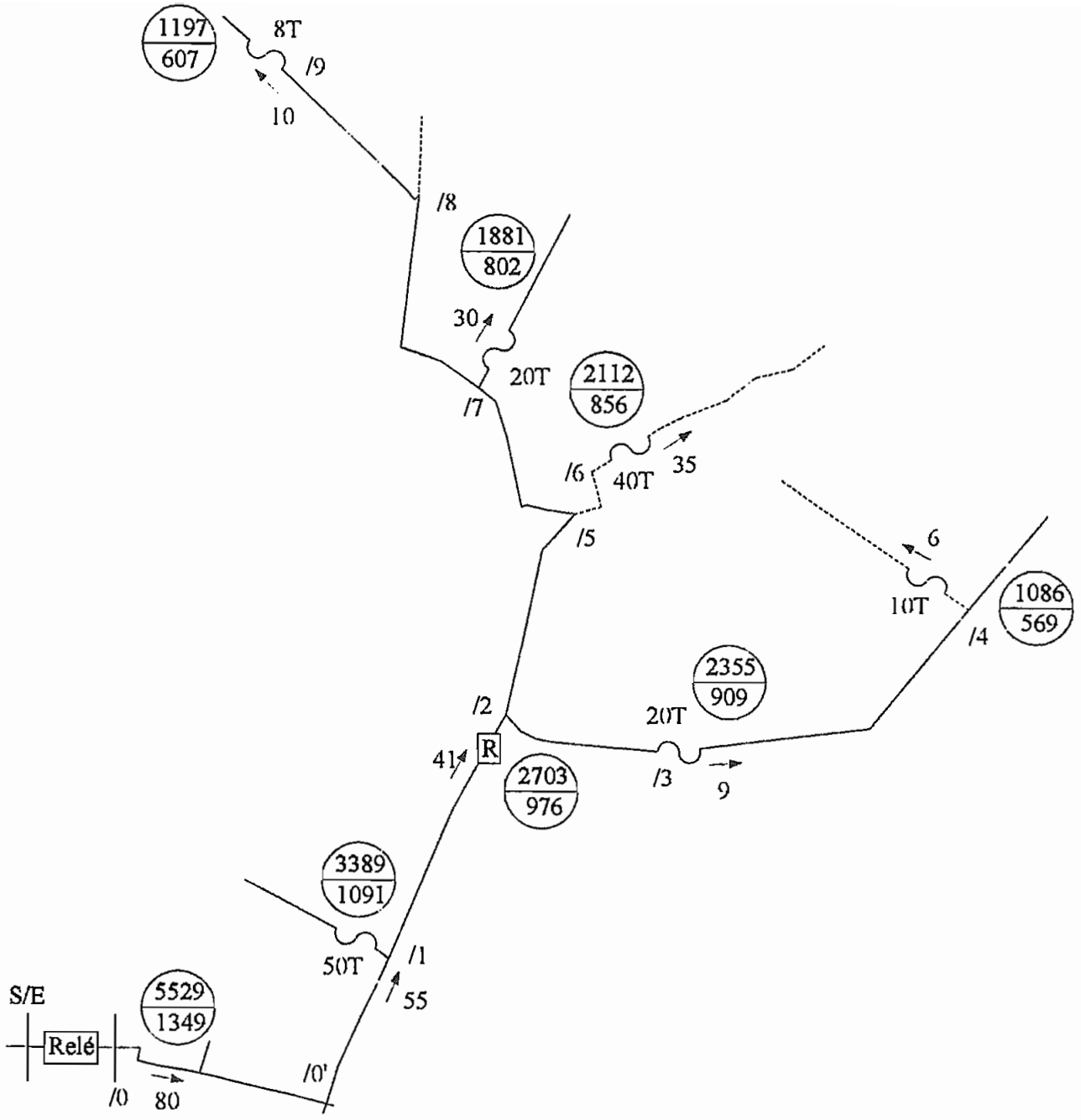
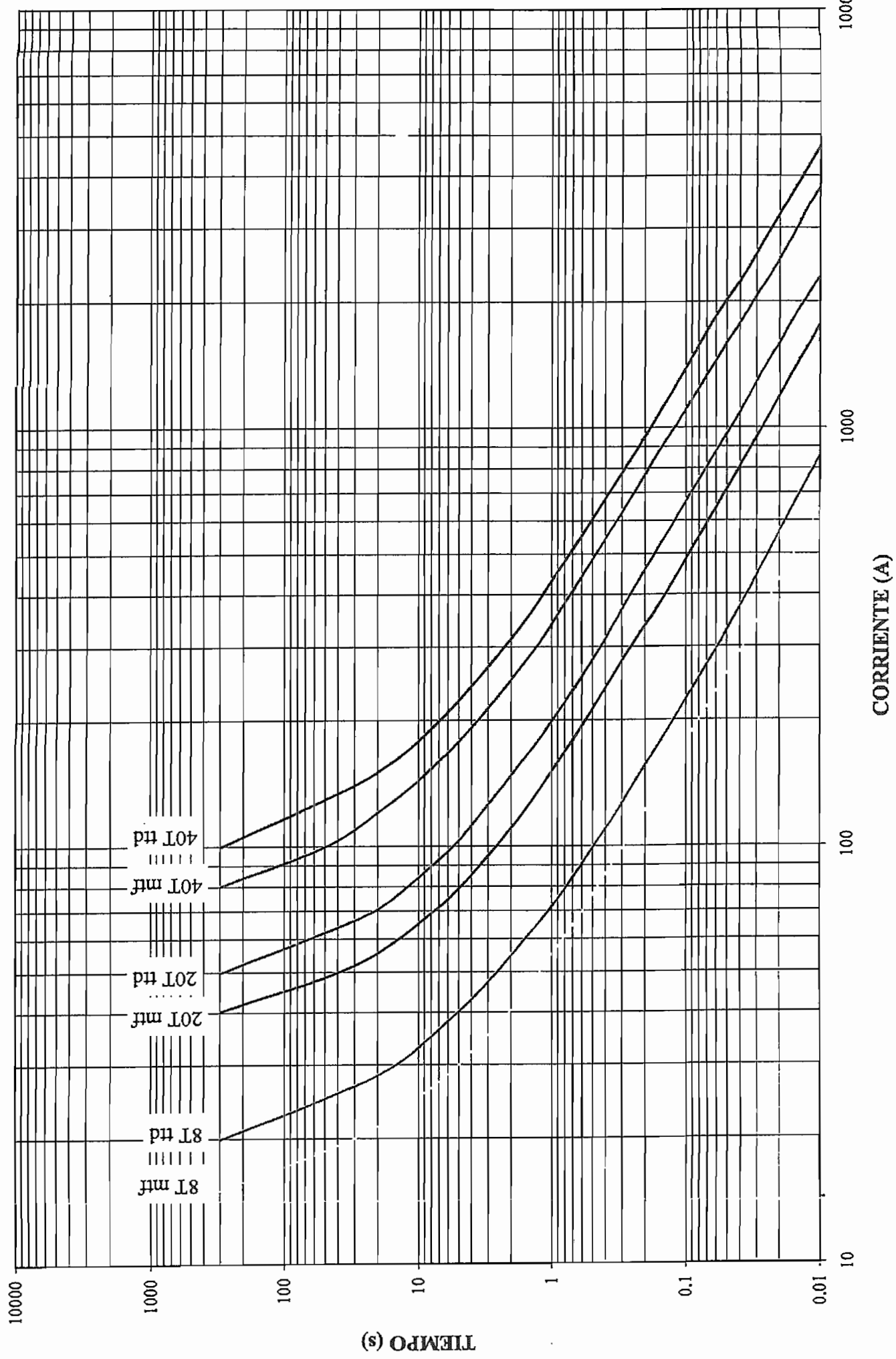
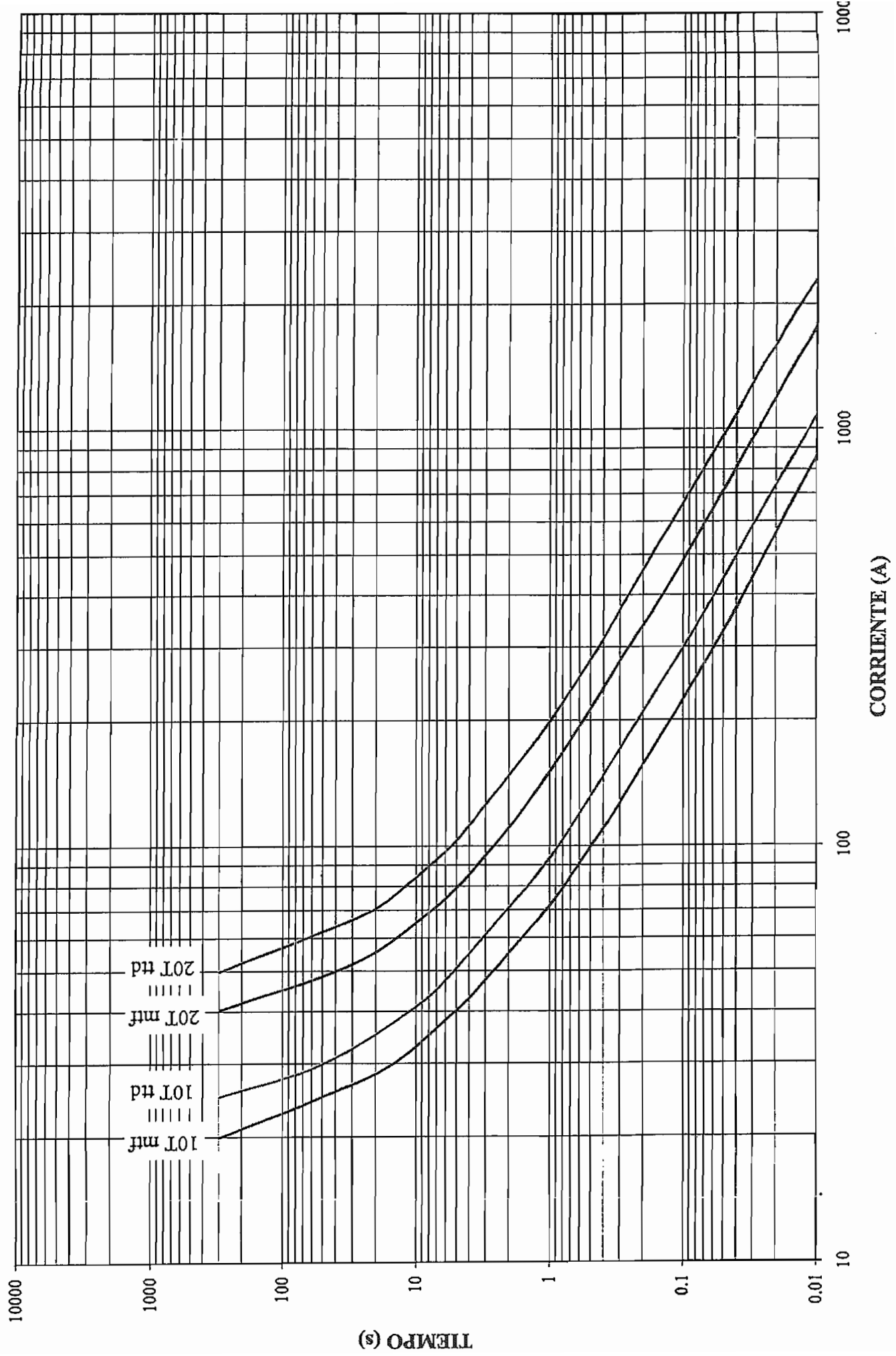


Figura 4.5.- Protección del alimentador # 5 de la S/E Cayambe

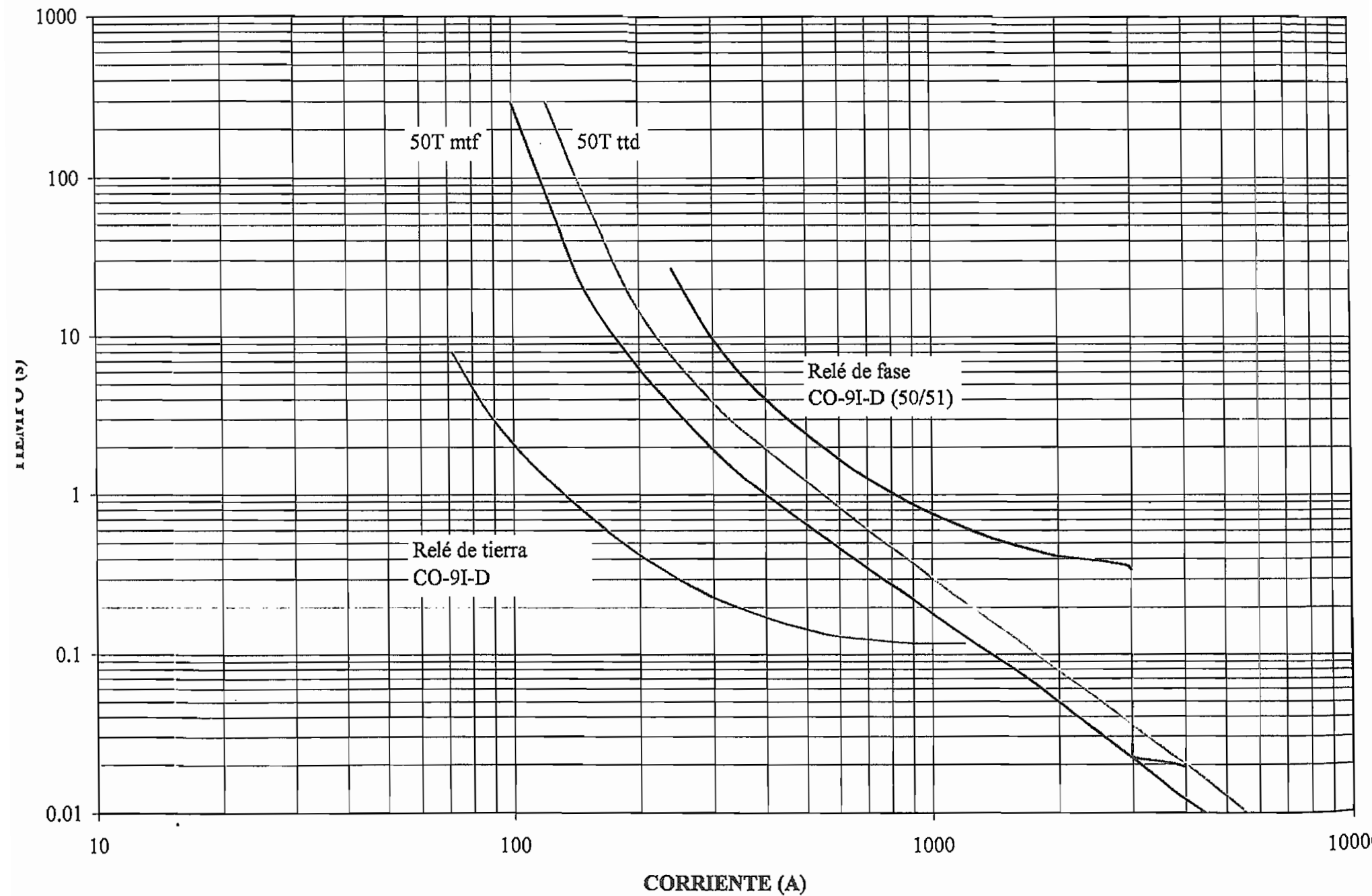
4B5.1.- COORDINACION FUSIBLE - FUSIBLE (C5)



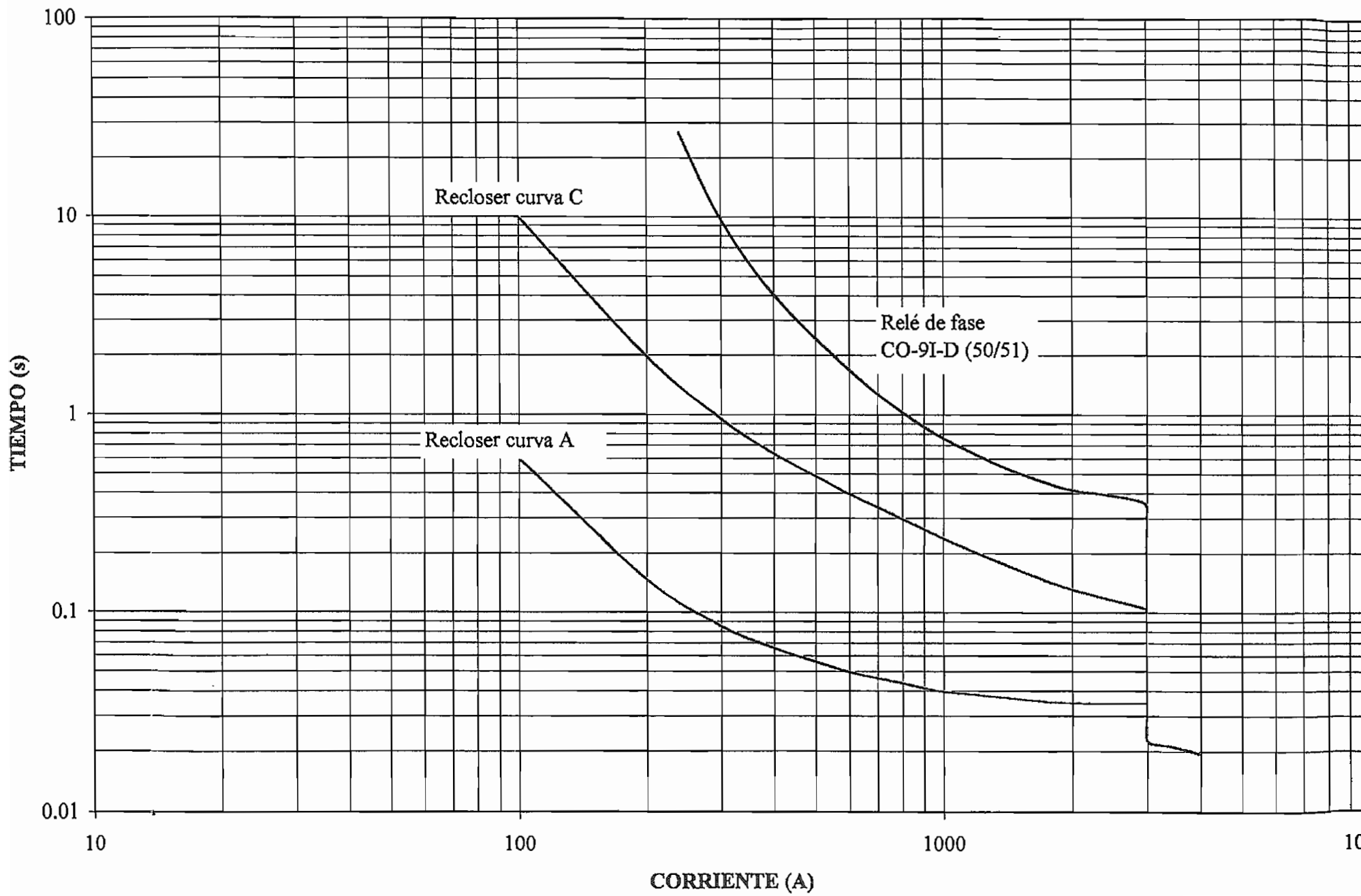
COORDINACION FUSIBLE - FUSIBLE (C5)



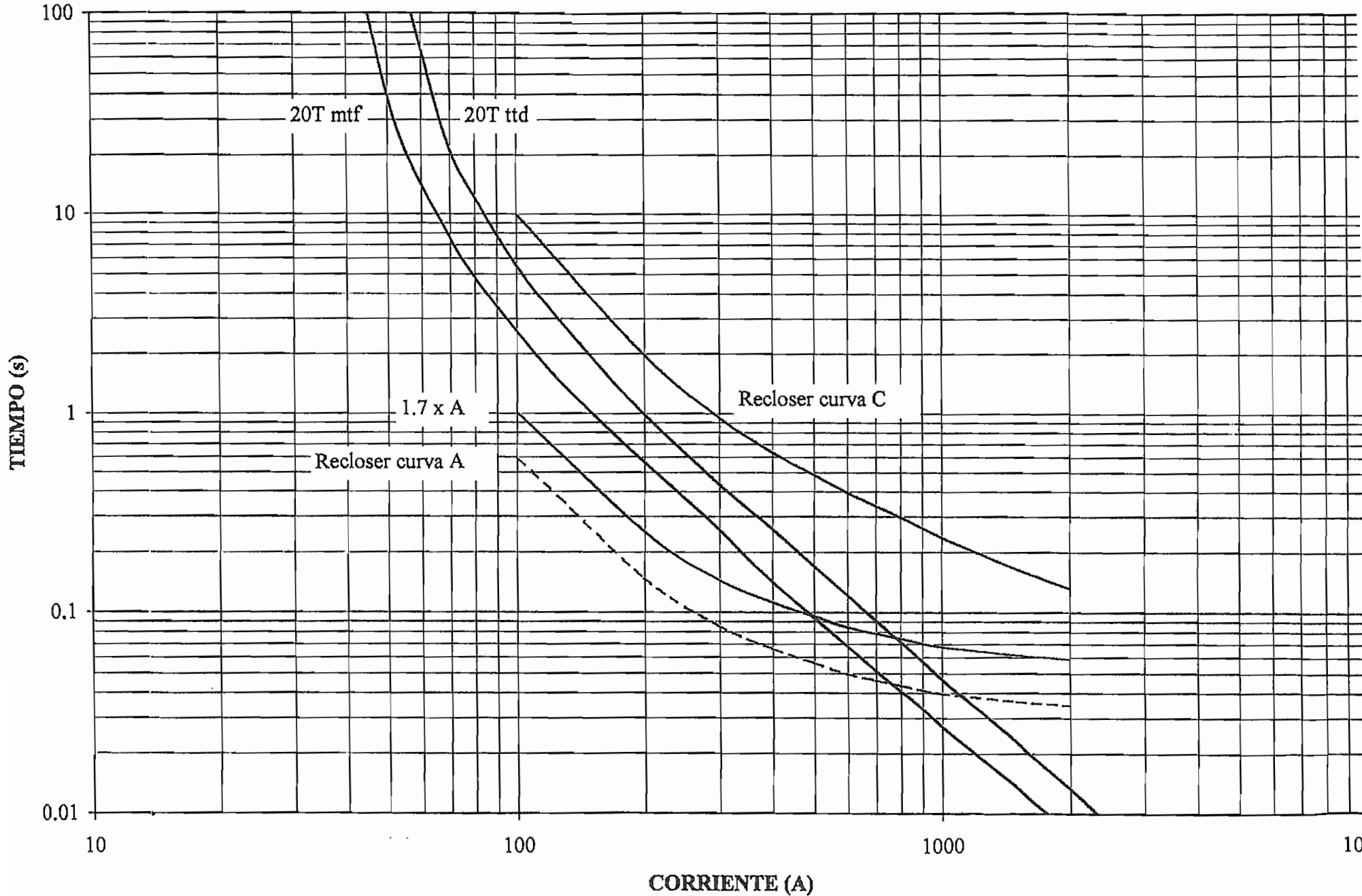
4B5.3.- COORDINACION RELE - FUSIBLE (C5)



4B5.4.- COORDINACION RELE - RECONNECTADOR (C5)



4B5.5.- COORINACION RECONECTADOR - FUSIBLE (C5)



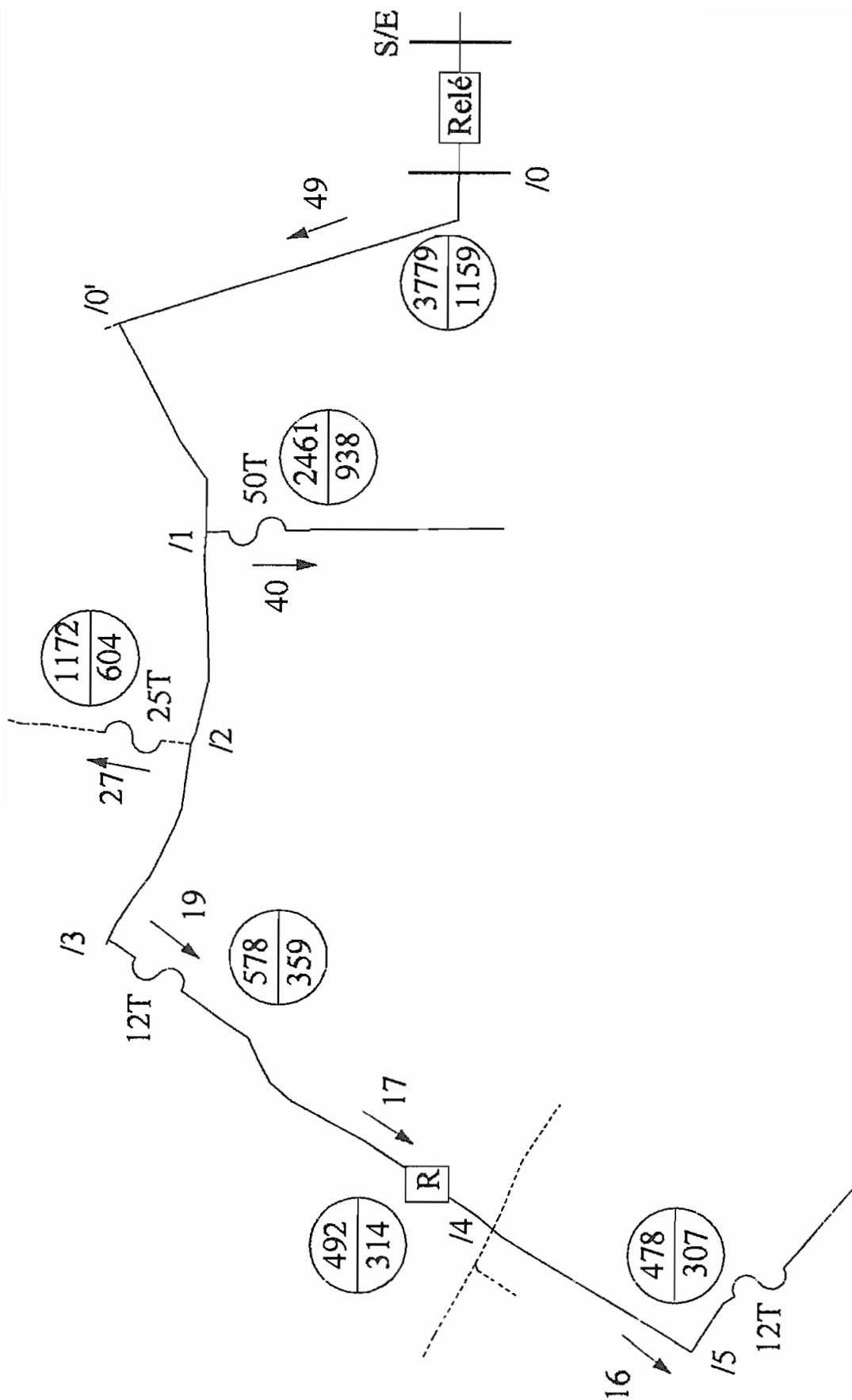
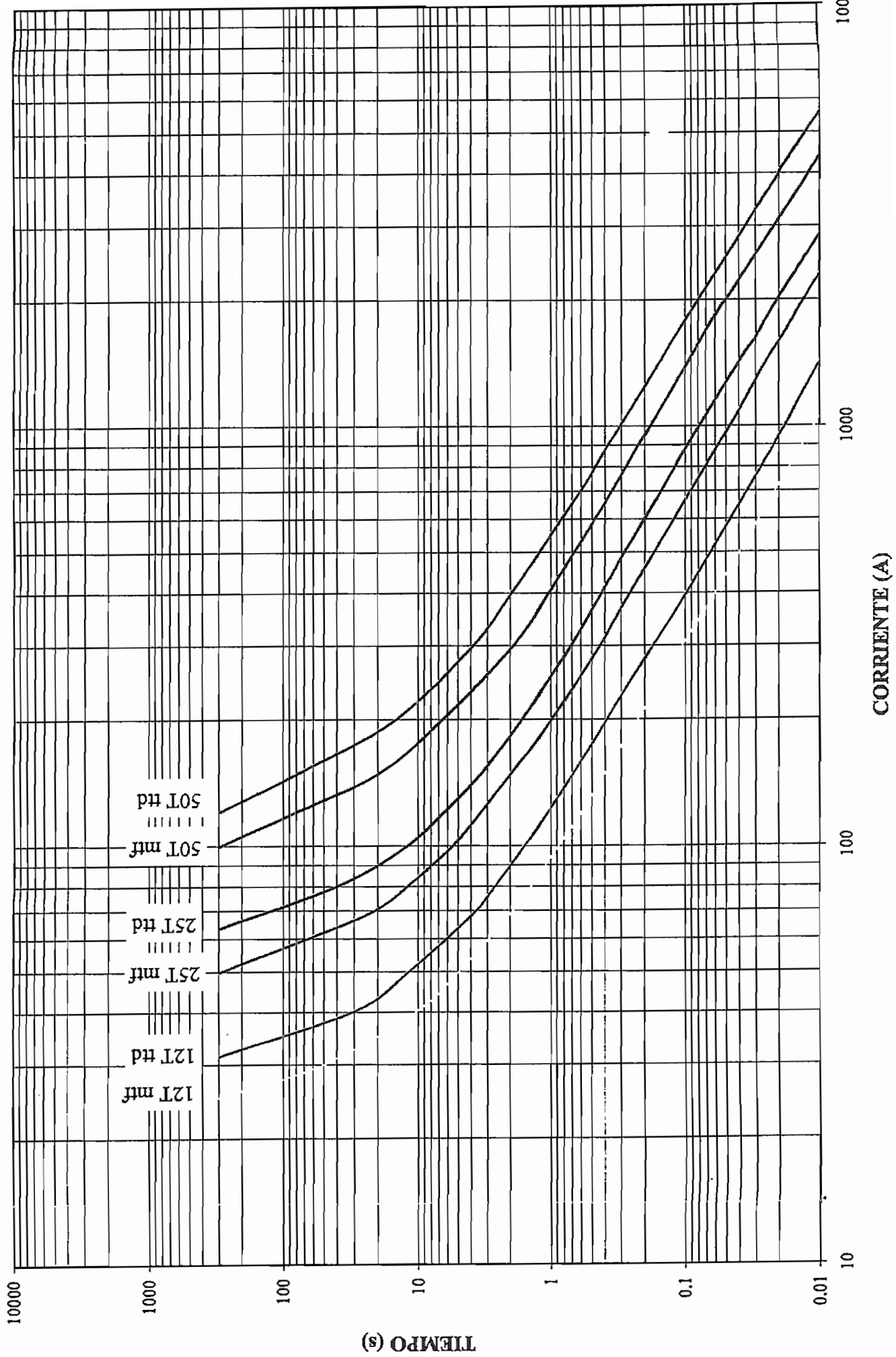
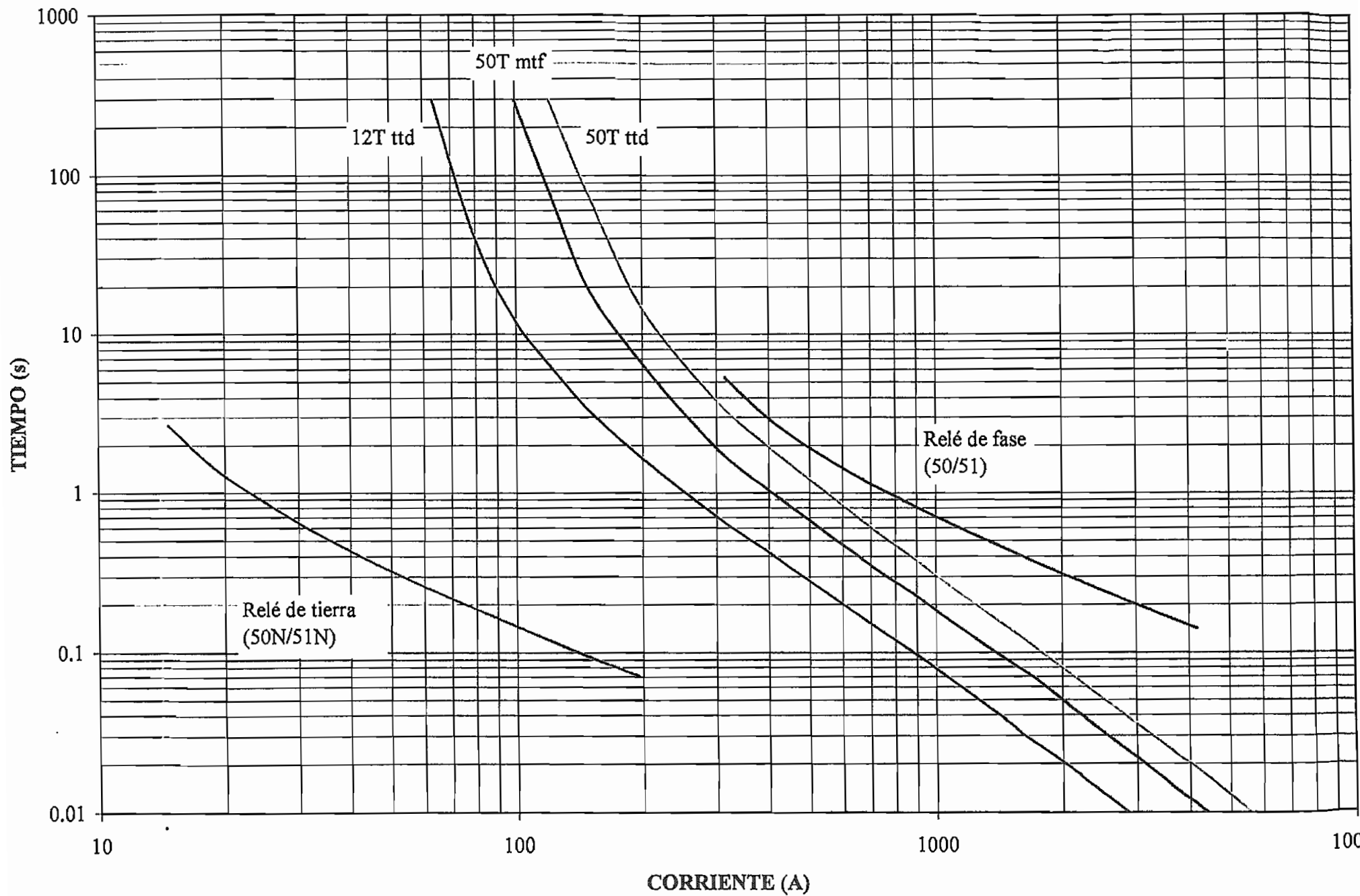


Figura 4.6.- Protección del alimentador # 1 de la S/E La Esperanza

COORDINACION FUSIBLE - FUSIBLE (E1)



4C1.2.- COORDINACION RELE - FUSIBLE (E1)



4C1.3.- COORDINACION RECONECTADOR - FUSIBLE (E1)

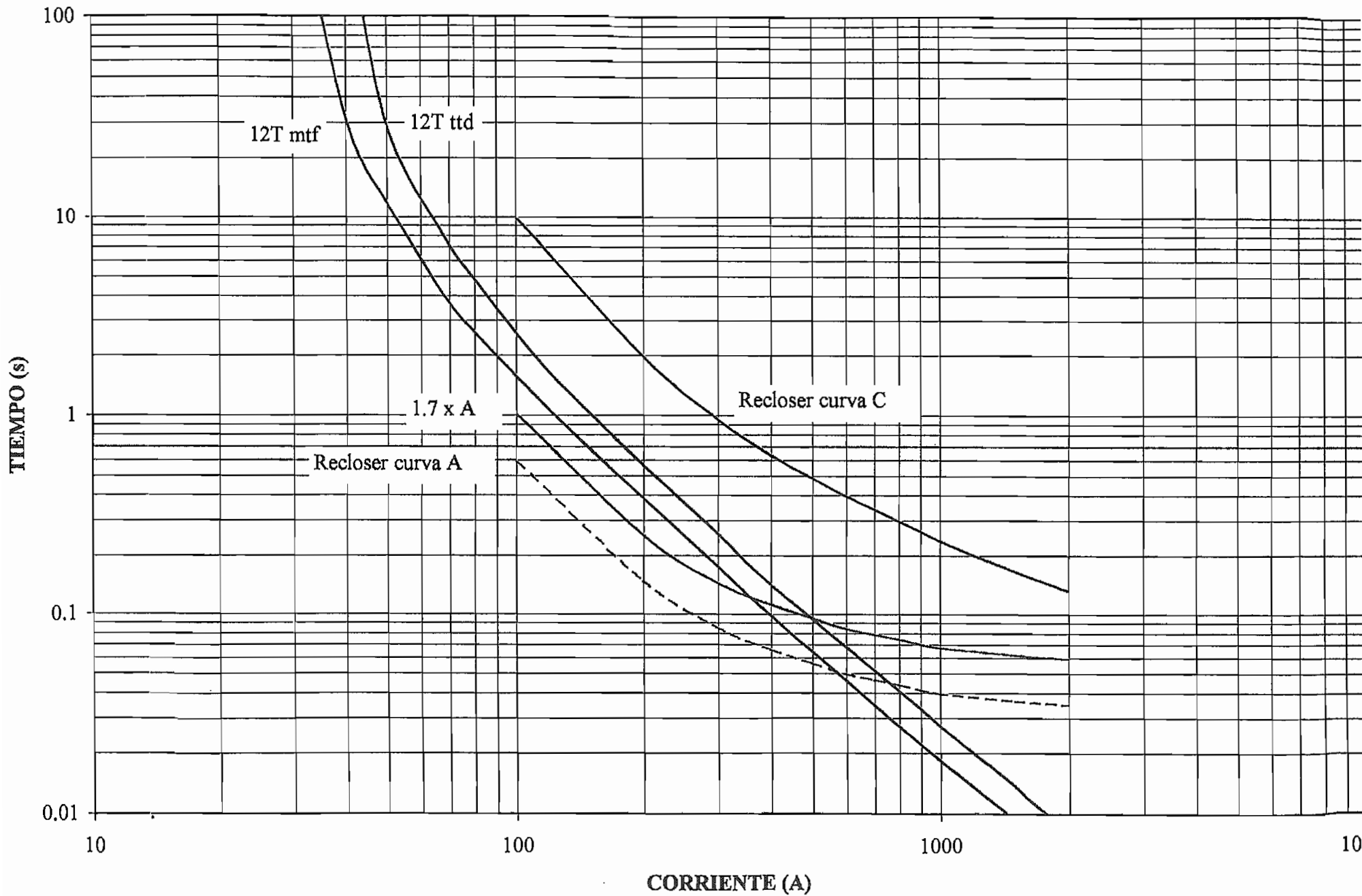
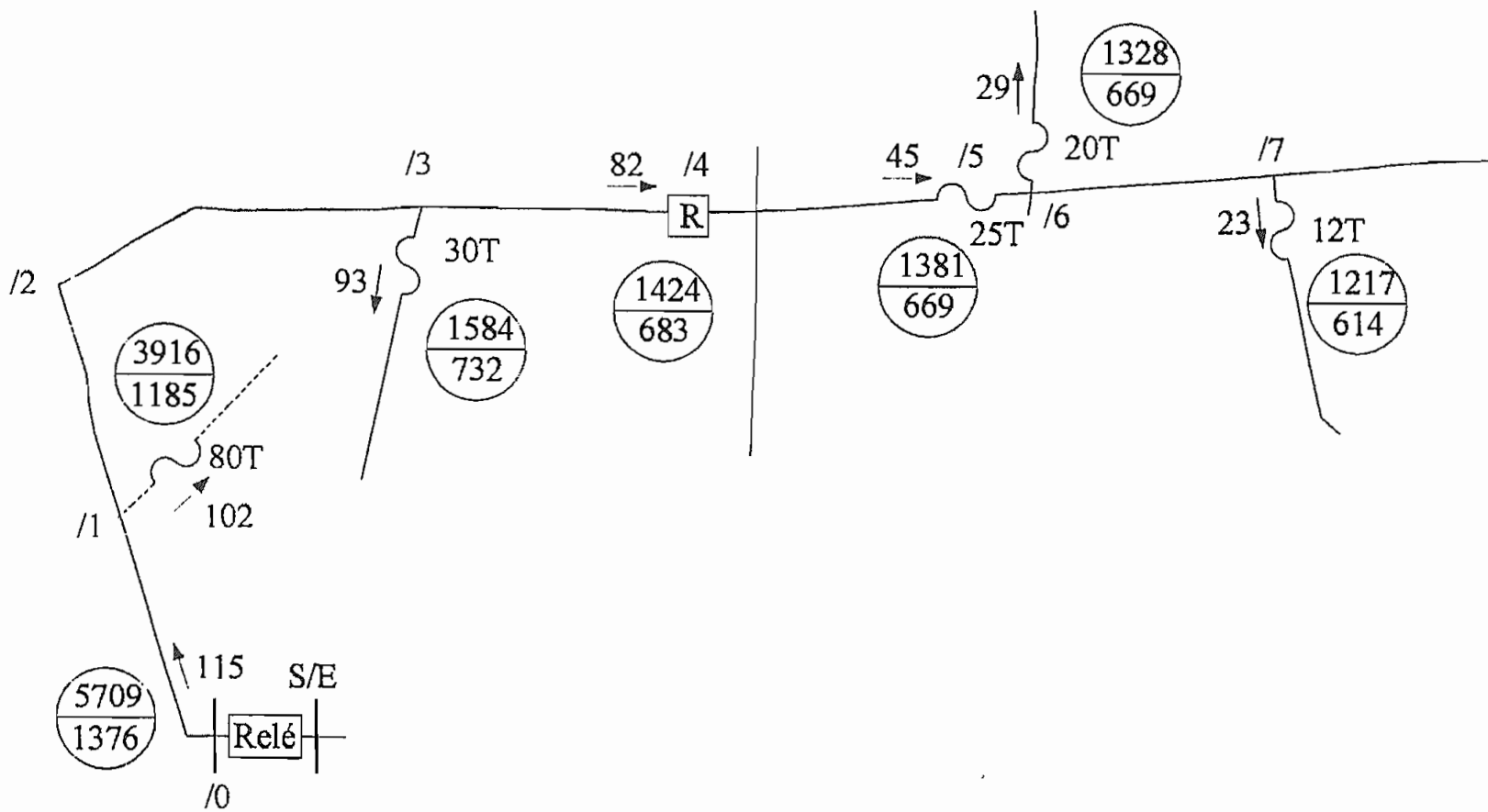
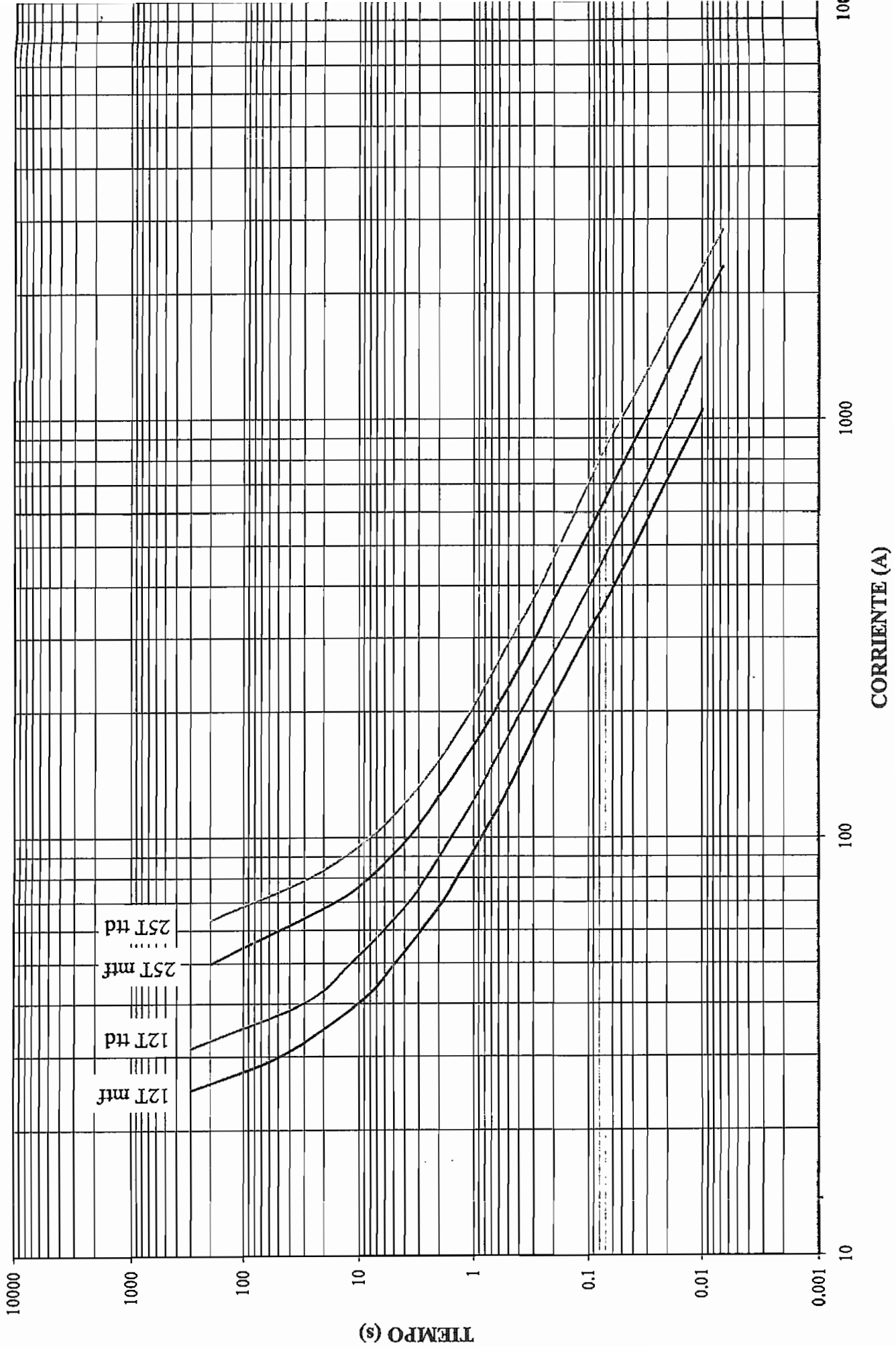


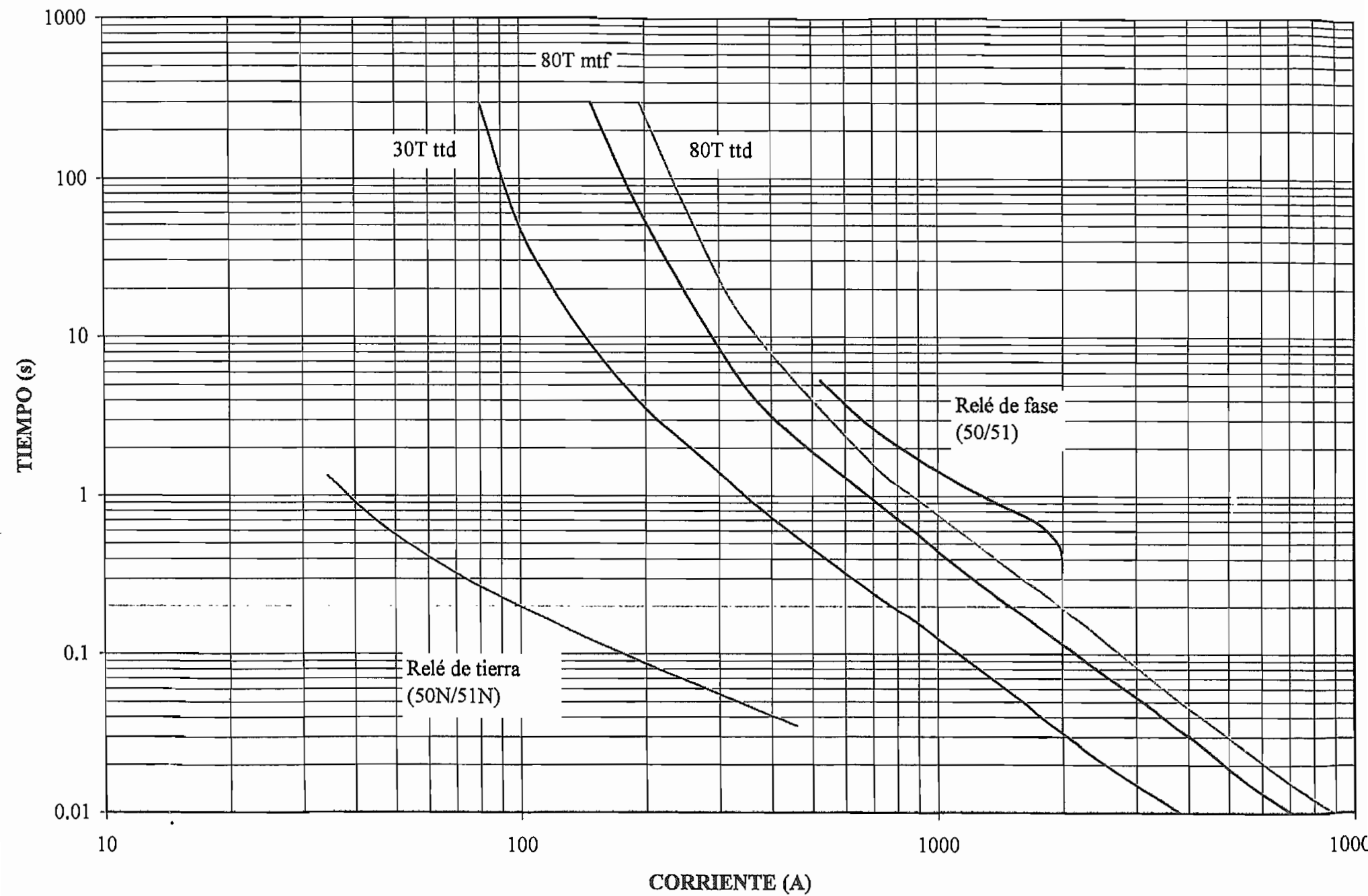
Figura 4.7.- Protección del alimentador # 2 de la S/E La Esperanza



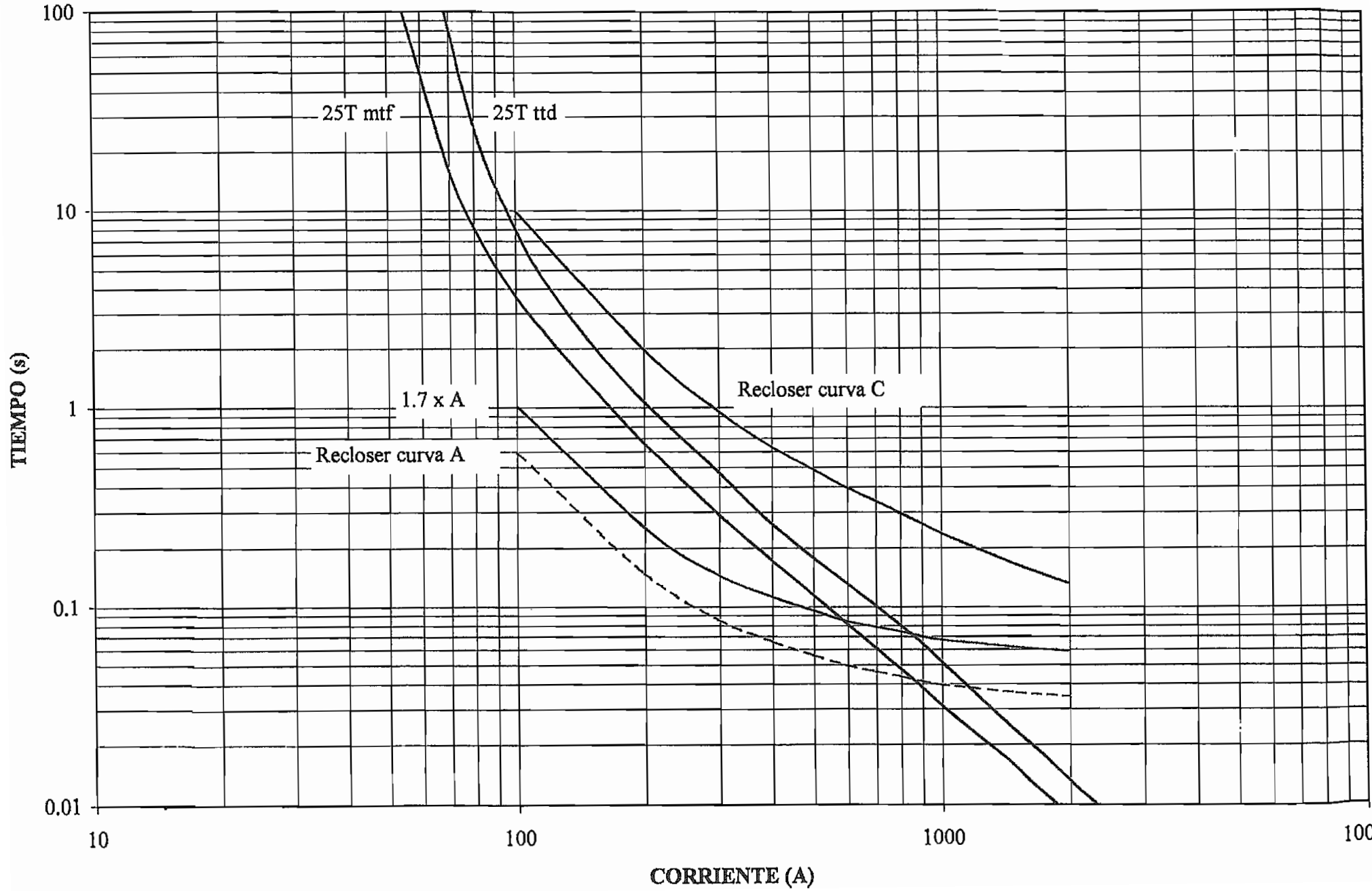
4C2.1.- COORDINACION FUSIBLE - FUSIBLE (E2)



4C2.2.- COORDINACION RELE - FUSIBLE (E2)



4C2.3.- COORDIANCION RECONECTADOR - FUSIBLE (E2)



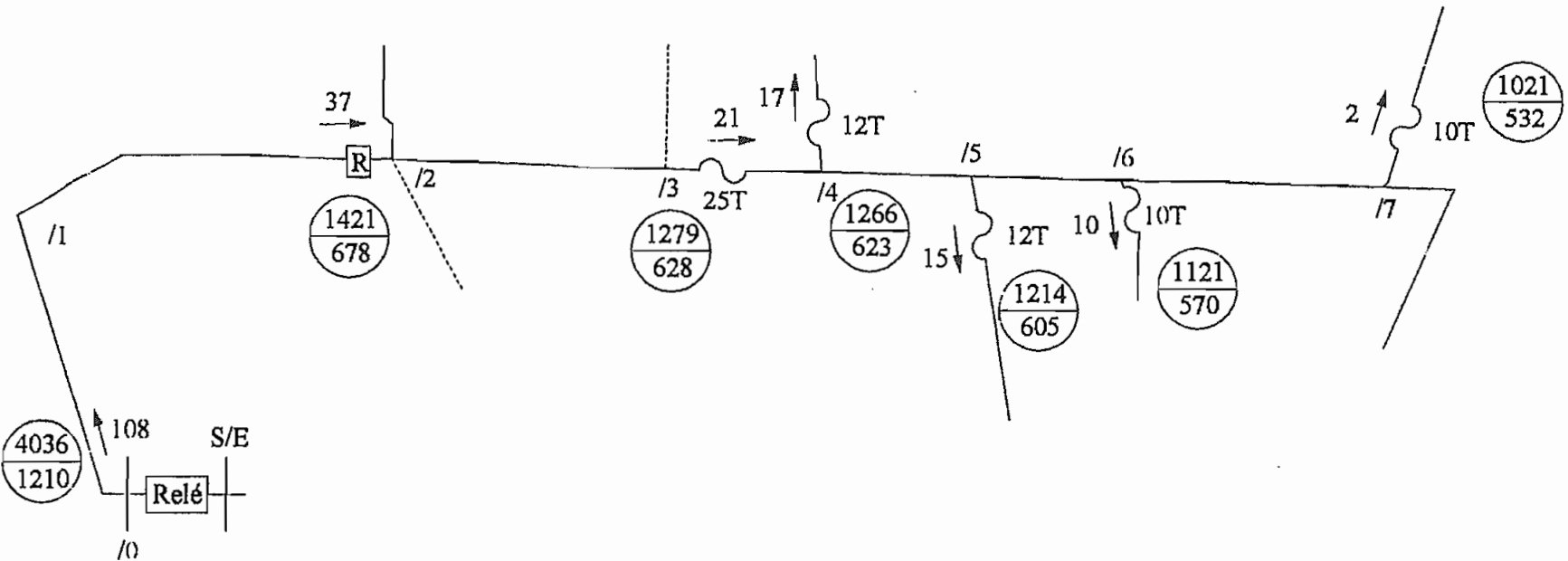
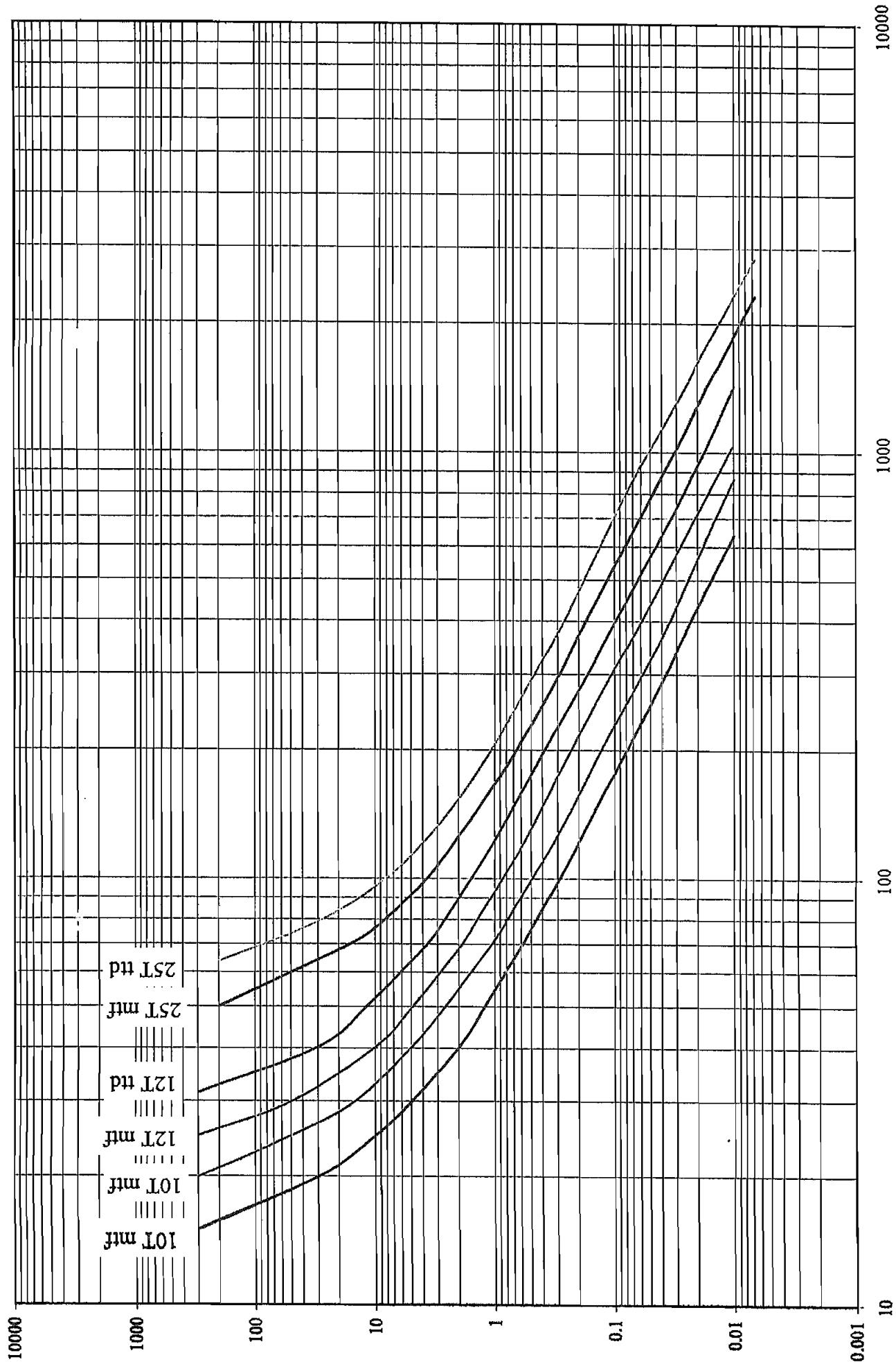
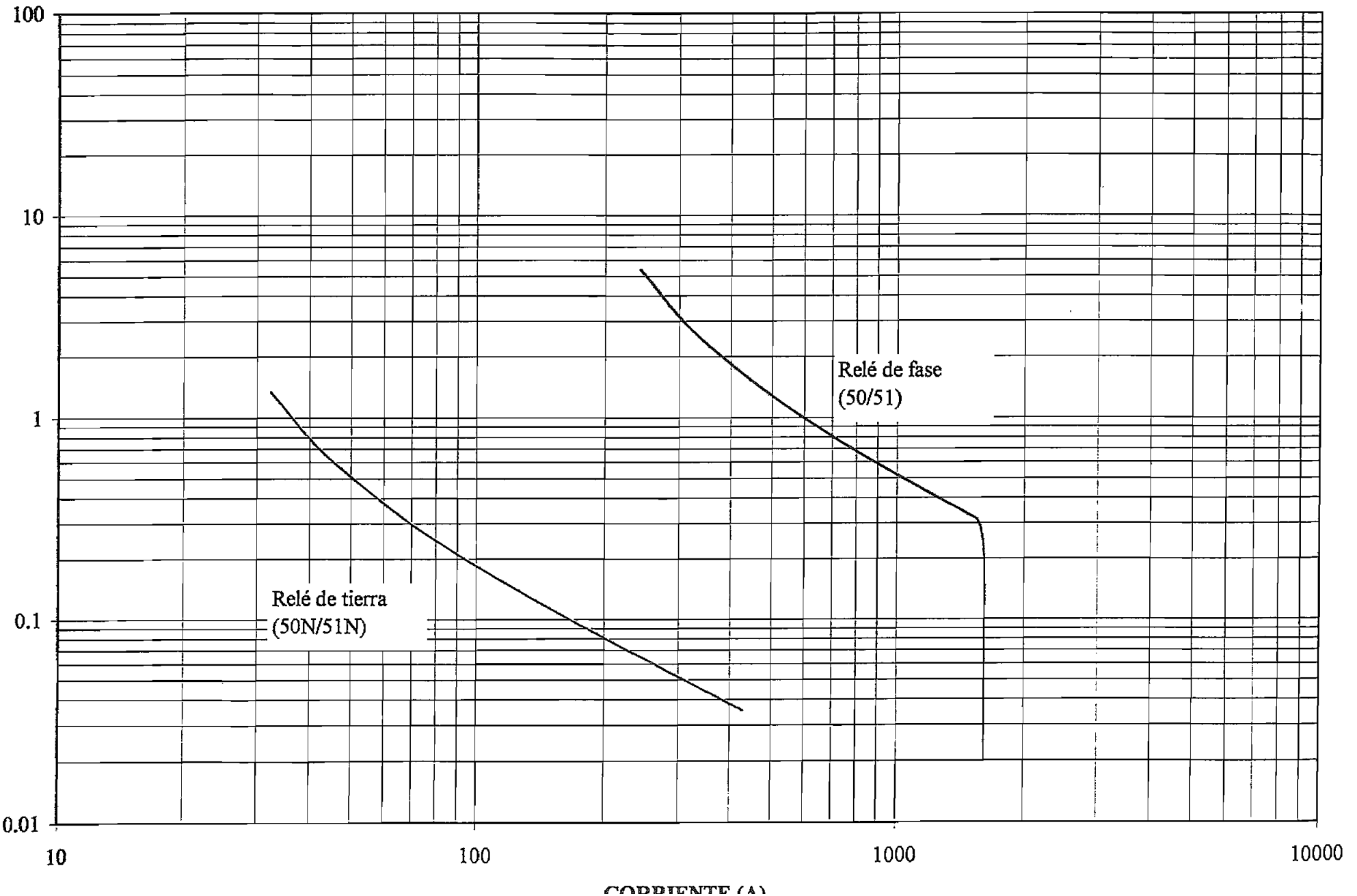


Figura 4.8.- Protección del alimentador # 3 de la S/E La Esperanza

4C3.1.- COORDINACION FUSIBLE - FUSIBLE (E3)



4C3.2.- COORDINACION RELE (E3)



4C3.3.- COORDINACION RECONDECTADOR - FUSIBLE (E3)

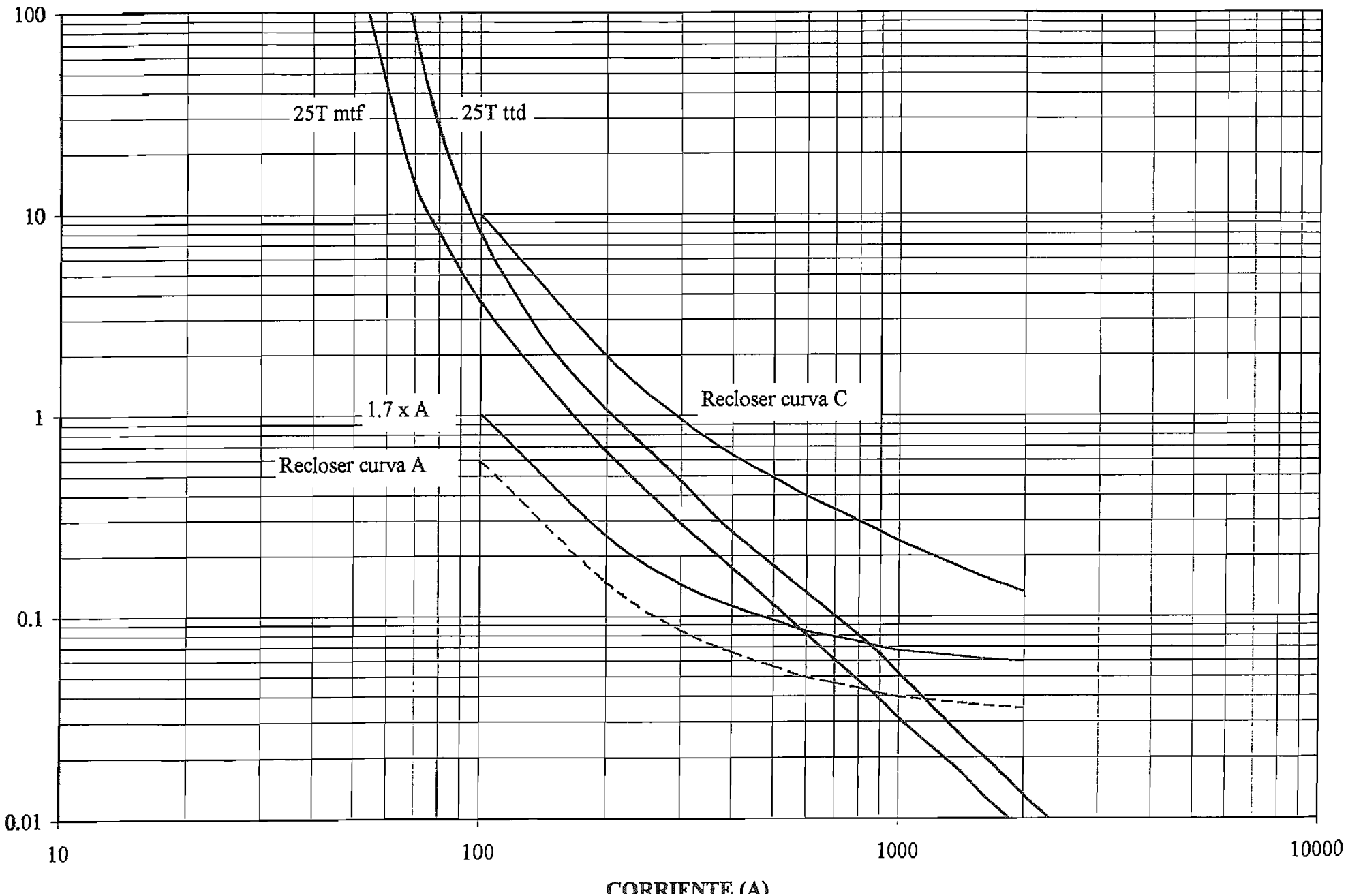
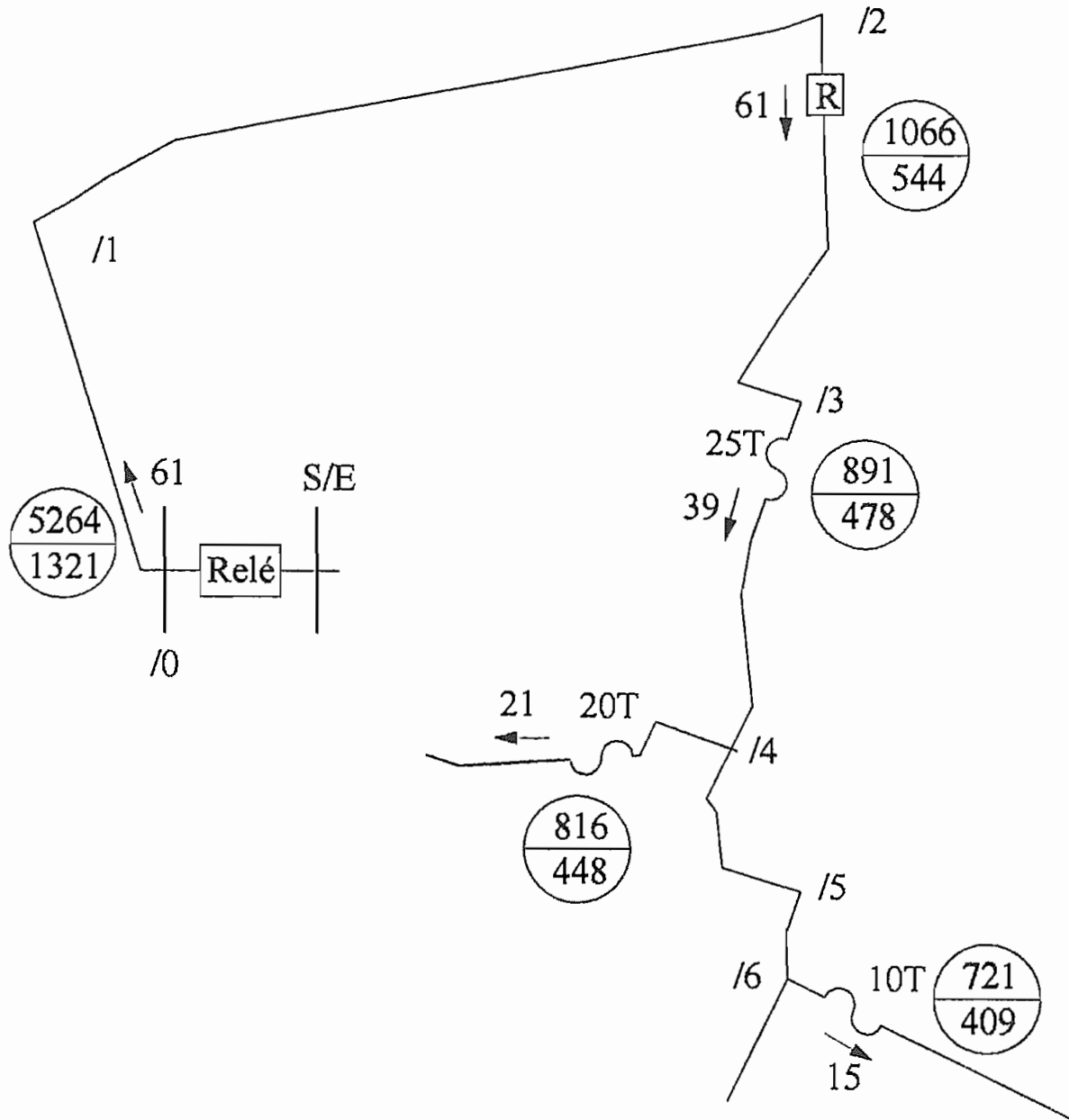
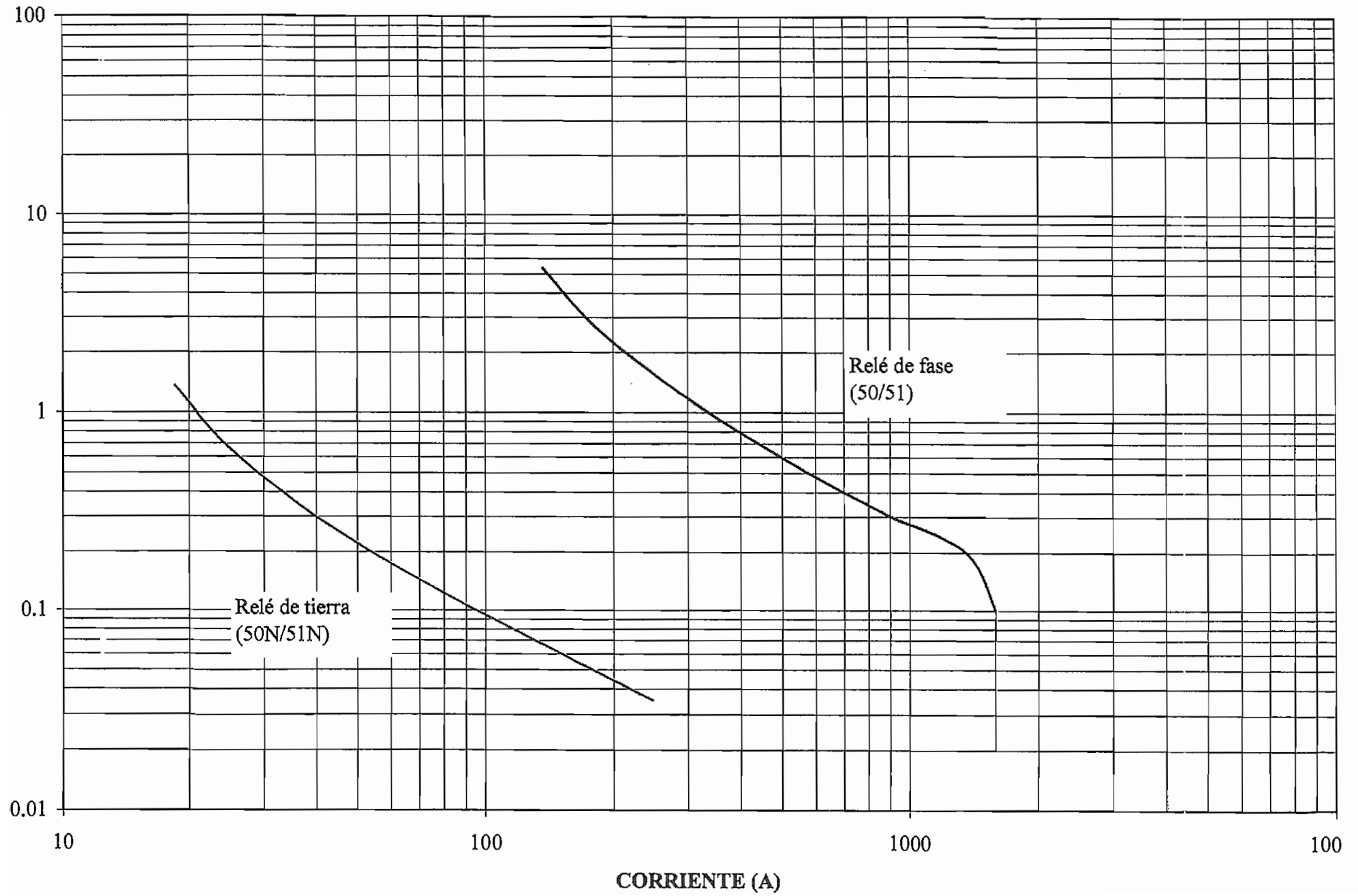


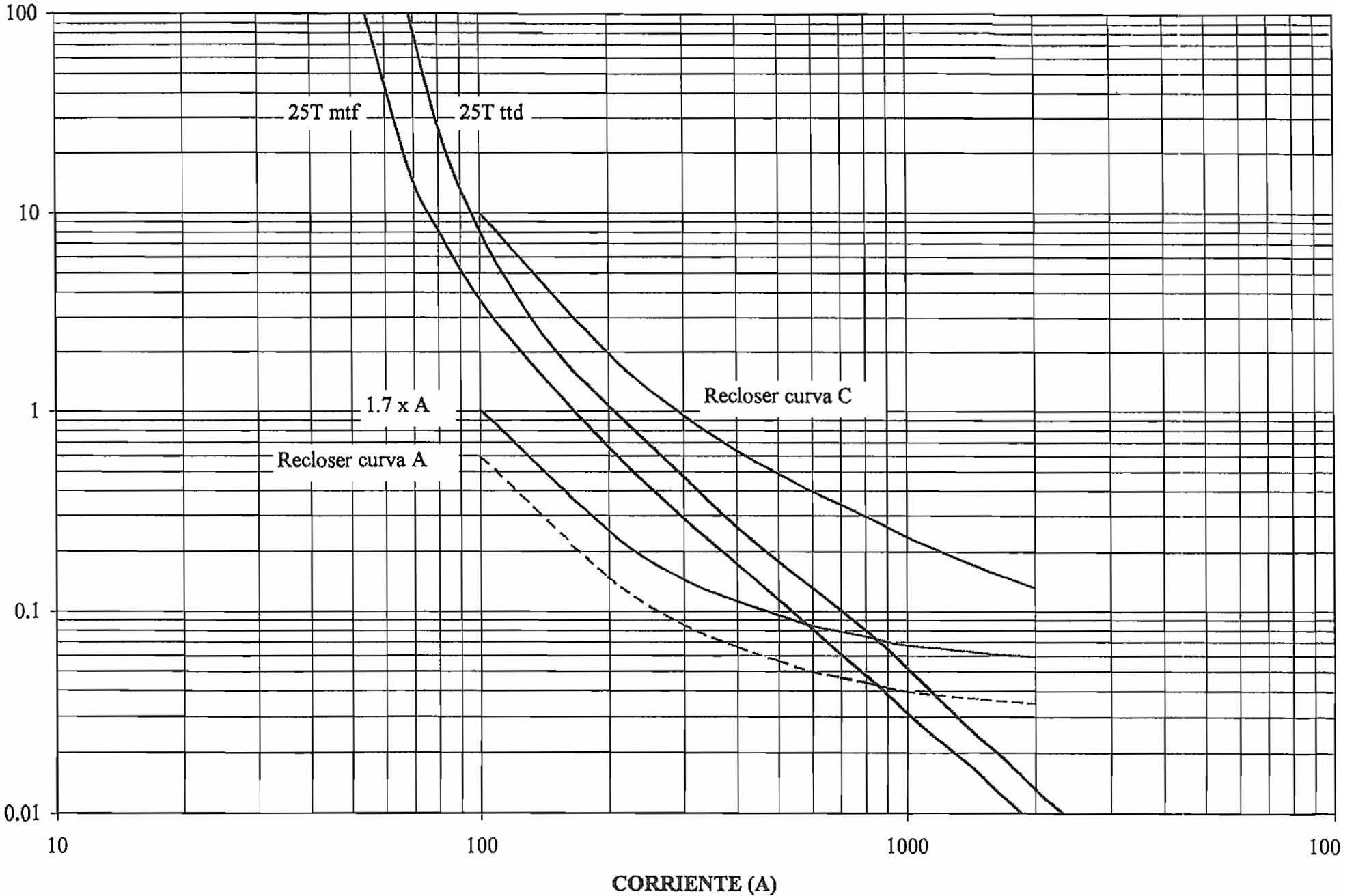
Figura 4.9.- Protección del alimentador # 4 de la S/E La Esperanza



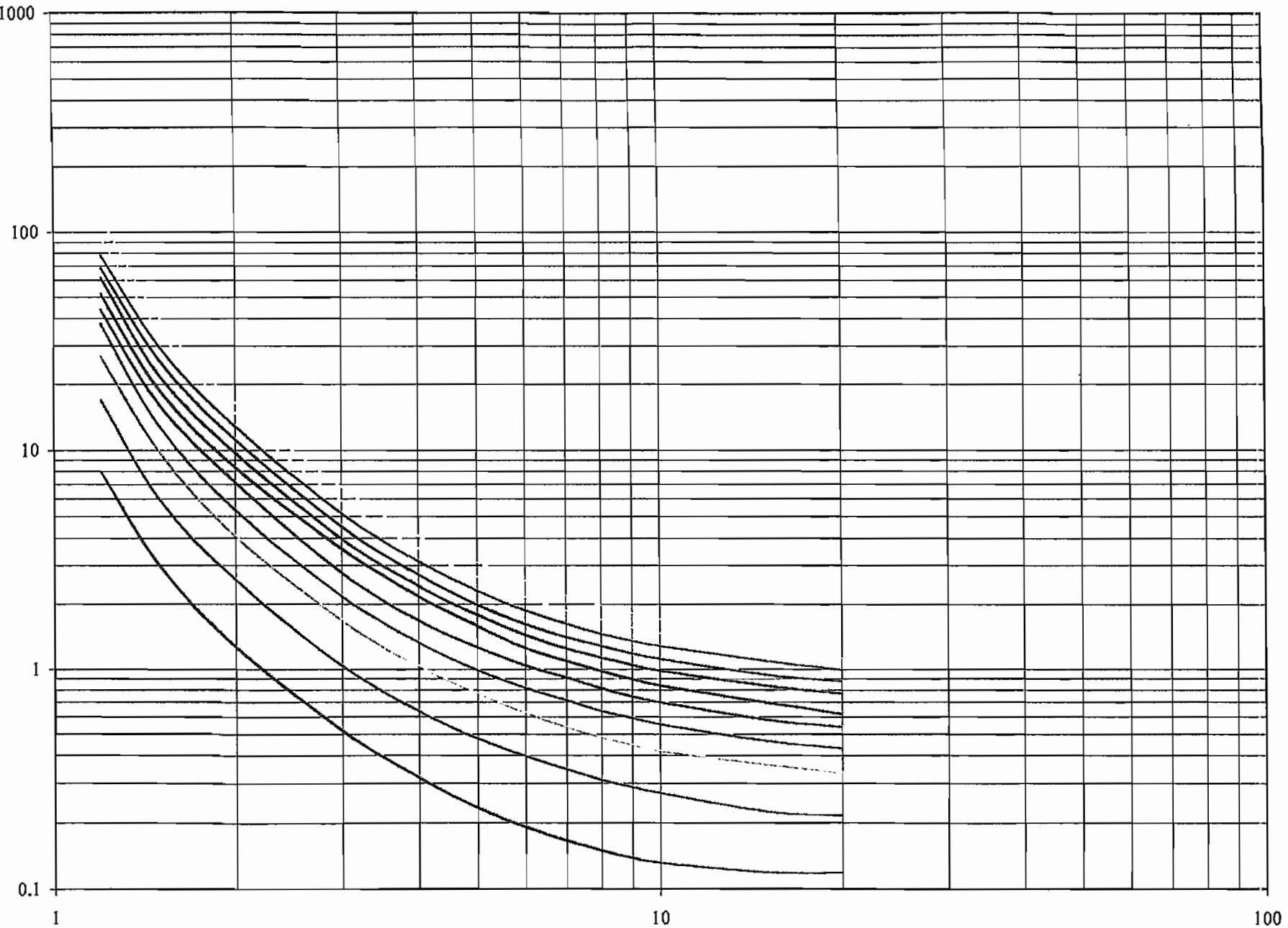
4C4.1.- COORDINACION RELE (E4)



4C4.2.- COORDINACION RECONECTADOR - FUSIBLE (E4)



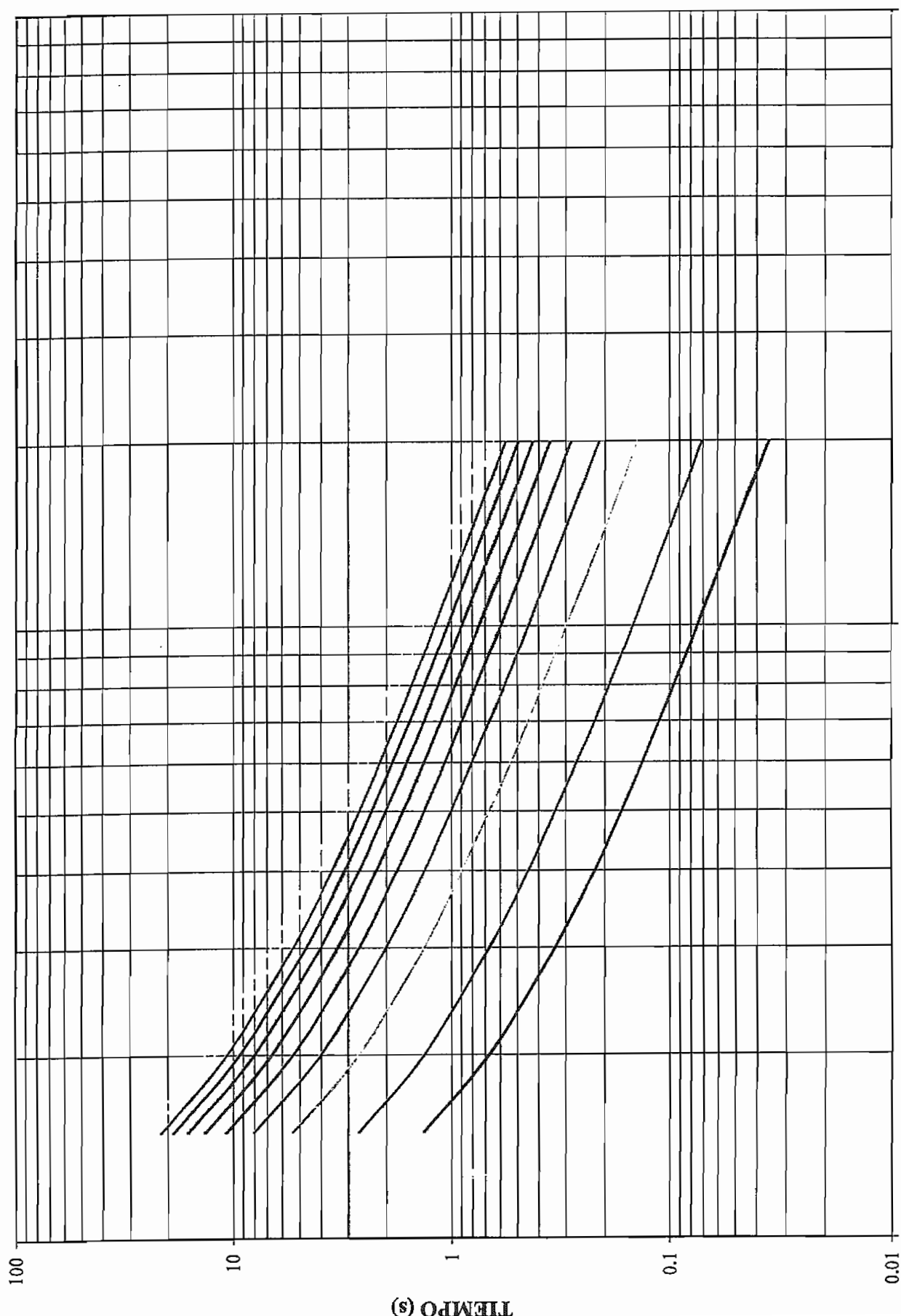
ANEXO 4D.- CURVAS MUY INVERSAS RELES MITSUBISHI CO-9I-D



- DIAL 1
- DIAL 2
- DIAL 3
- DIAL 7
- DIAL 5
- DIAL 6
- DIAL 7
- DIAL 8
- DIAL 9
- DIAL 1
- DIAL 1

MULTIPLO DEL TAP

ANEXO 4E.- CURVAS MUY INVERSAS RELES ABB



- DIAL 0.0
- DIAL 0.1
- - - DIAL 0.2
- DIAL 0.3
- DIAL 0.4
- DIAL 0.5
- DIAL 0.6
- DIAL 0.7
- DIAL 0.8
- DIAL 0.9
- DIAL 1

ANEXO 4

**Análisis económico para la instalación de reconectores en el
alimentador primario C2 de la S/E Cayambe**

Costos de Inversión de reconectores: 3249 USS

AÑO	Demanda MW	C. desabast. USS	n	Vp C. Desabast. USS	Recuperación Inversión
2002	3.05	1322	0	1321.96	1,321.96
2003	3.21	1391	1	1250.62	2,572.58
2004	3.31	1434	2	1159.28	3,731.86
2005	3.41	1478	3	1074.66	4,806.52
2006	3.52	1523	4	996.24	5,802.76
2007	3.62	1570	5	923.60	6,726.36
Sumatorio de Vp =				6726	
Relación B/C =				1.83	

**Análisis económico para la instalación de reconectores en el
alimentador primario C5 de la S/E Cayambe**

Costos de Inversión de reconectores: 2460 USS

AÑO	Demanda MW	C. desabast. USS	n	Vp C. Desabast. USS	Recuperación Inversión
2002	1.64	711	0	711.18	711.18
2003	1.64	711	1	639.55	1,350.73
2004	1.64	711	2	575.14	1,925.87
2005	1.64	711	3	517.21	2,443.08
2006	1.64	711	4	465.12	2,908.20
2007	1.64	711	5	418.27	3,326.47
Sumatorio de Vp =				3326	
Relación B/C =				1.03	

**Análisis económico para la instalación de reconectores en el
alimentador primario E1 de la S/E La Esperanza**
Costos de Inversión de reconectores: 2939 USS

AÑO	Demanda MW	C. desabast. USS	n	Vp C. Desabast. USS	Recuperación Inversión
2002	0.96	414	0	414.18	414.18
2003	1.00	435	1	391.32	805.50
2004	1.06	457	2	369.78	1,175.28
2005	1.11	481	3	349.52	1,524.80
2006	1.17	505	4	330.44	1,855.25
2007	1.23	531	5	312.50	2,167.75
Sumatorio de Vp =				2168	
Relación B/C =				0.47	

**Análisis económico para la instalación de reconectores en el
alimentador primario E2 de la S/E La Esperanza**
Costos de Inversión de reconectores: 2939 USS

AÑO	Demanda MW	C. desabast. USS	n	Vp C. Desabast. USS	Recuperación Inversión
2002	2.34	1012	0	1012.39	1,012.39
2003	2.47	1071	1	963.46	1,975.85
2004	2.62	1134	2	917.20	2,893.05
2005	2.77	1201	3	873.51	3,766.56
2006	2.94	1272	4	832.20	4,598.76
2007	3.11	1349	5	793.21	5,391.97
Sumatorio de Vp =				5392	
Relación B/C =				1.57	

**Análisis económico para la instalación de reconectores en el
alimentador primario E3 de la S/E La Esperanza**
Costos de Inversión de reconectores: 3249 USS

AÑO	Demanda MW	C. desabast. USS	n	Vp C. Desabast. USS	Recuperación Inversión
2002	2.64	1146	0	1145.64	1,145.64
2003	2.77	1200	1	1079.12	2,224.76
2004	2.90	1257	2	1016.76	3,241.51
2005	3.04	1318	3	958.22	4,199.73
2006	3.19	1381	4	903.31	5,103.04
2007	3.34	1448	5	851.76	5,954.80
Sumatorio de Vp =				5955	
Relación B/C =				1.59	

**Análisis económico para la instalación de reconectores en el
alimentador primario E4 de la S/E La Esperanza**
Costos de Inversión de reconectores: 3249 USS

AÑO	Demanda MW	C. desabast. USS	n	Vp C. Desabast. USS	Recuperación Inversión
2002	3.45	1495	0	1495.38	1,495.38
2003	3.64	1578	1	1418.65	2,914.03
2004	3.84	1665	2	1346.24	4,260.27
2005	4.06	1757	3	1277.93	5,538.20
2006	4.28	1855	4	1213.49	6,751.69
2007	4.52	1960	5	1152.82	7,904.51
Sumatorio de Vp =				7905	
Relación B/C =				2.19	