

**COORDINACION GRAFICA DE PROTECCIONES  
PARA SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO**

**VATE ASDRUBAL LOPEZ SANDOVAL**

**QUITO, MAYO DE 1992**

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

Certifico que el presente trabajo fue elaborado por el Sr. Vate A. López S., bajo mi dirección.

A handwritten signature in black ink, reading "Antonio Bayas". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath it.

Ing. Antonio Bayas  
Director de Tesis.

**AGRADECIMIENTO:**

A todas las personas que en forma desinteresada colaboraron de una manera u otra para que este trabajo llegue a su final; especialmente al Ing. Antonio Bayas por su constante y acertada dirección, al Ing. Raúl Rúa e Ing. Manuel Rueda por su permanente ayuda técnica y a mi familia por su tesonero apoyo.

# INDICE

	<b>PAGINA</b>
<b>PROLOGO</b>	i
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Características Generales	2
1.3 Contenido del Trabajo	3
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MARCO TEORICO</b>	
2.1 Generalidades sobre sistemas de distribución, subtransmisión y transmisión.	5
2.1.1 Sistemas de Distribución.	5
2.1.2 Sistemas de Subtransmisión y Transmisión.	6
2.2 Corrientes de Cortocircuito para Sistemas Radiales de Distribución.	7
2.2.2 Corrientes máxima y mínima de falla.	9
2.2.3 Corrientes de falla asimétrica y simétrica.	10
2.3 Esquemas de protección para sistemas radiales de distribución, para subtransmisión y transmisión.	11
2.3.1 Esquema de protección para sistemas radiales de distribución.	11
2.3.1.1 Fusibles.	12
2.3.1.2 Reconectores.	13
2.3.1.3 Relés.	16
2.3.2 Esquema de protección para subtransmisión y transmisión.	19

2.3.2.1	Esquema de protección a distancia.	19
2.3.2.1.1	Relé de reactancia.	20
2.3.2.2.2	Relé de impedancia.	21
2.3.2.2.3	Relé mho o de admitancia.	22
2.3.2.2.4	Relé offset mho.	22
2.4	Criterios de coordinación	23
2.4.1	Criterios de coordinación para sistemas radiales de distribución.	23
2.4.1.1	Coordinación fusible - fusible.	23
2.4.1.2	Coordinación reconectador - fusible.	27
2.4.1.3	Coordinación relé - reconectador.	31
2.4.1.4	Coordinación relé - relé en un mismo nivel de voltaje.	33
2.4.1.5	Coordinación relé del alimentador (B.V.) relé (A.V.)	35
2.4.1.6	Coordinación relé - fusible.	38
2.4.2	Criterios de coordinación para relés de distancia.	40
2.4.2.1	Efecto de la resistencia de falla.	41
2.4.2.2	Efecto de la impedancia mutua.	43
2.4.2.2.1	Efecto aditivo	43
2.4.2.2.2	Efecto sustractivo	44

### **CAPITULO III**

#### **DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS**

3.1	Programas de coordinación de protecciones para sistemas radiales de distribución.	45
3.1.1	Objetivos del programa.	45
3.1.2	Requerimientos del programa.	45
3.1.3	Descripción del programa.	
3.2	Programas de coordinación de distancia.	50

3.2.1	Objetivos del programa.	50
3.2.2	Requerimientos del programa.	51
3.2.3	Descripción del programa.	51
3.2.4	Datos, parámetros y variables del paquete	54
3.3	Programas de cortocircuitos para sistemas radiales de distribución.	56
3.3.1	Programa para calcular las impedancias de secuencia.	56
3.3.2	Programa de cortocircuitos.	60

#### **CAPITULO IV**

##### **APLICACIONES**

4.1	Descripción general del S.E.Q.	63
4.2	Elementos de protección usados en el S.E.Q.	64
4.3	Ejemplos de Aplicación	72

	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	132
--	---------------------------------------	-----

##### **BIBLIOGRAFIA**

<b>ANEXO A</b>
<b>ANEXO B</b>
<b>ANEXO C</b>
<b>ANEXO D</b>
<b>ANEXO E</b>
<b>ANEXO F</b>

## ***PROLOGO***

*El presente trabajo, ha sido desarrollado con el objetivo de ofrecer a los profesionales que trabajan en protecciones de sistemas eléctricos de potencia, una herramienta que les permita de una manera rápida y confiable, probar diseños de protección de sobrecorriente y estudio de cortocircuitos en sistemas radiales de distribución, protección de distancia para sistemas de subtransmisión y transmisión; así como también este proyecto contribuirá como material didáctico en la realización de prácticas adicionales en el Laboratorio de Protecciones de la Facultad de Ingeniería Eléctrica.*

*Para cumplir con los objetivos anteriores, se desarrolló un programa que realiza la coordinación gráfica de protecciones para un sistema eléctrico de potencia, mejorando e integrando en un solo ambiente, varios paquetes computacionales desarrollados anteriormente. El programa contiene tres partes que son: cortocircuitos en sistemas radiales de distribución, coordinación gráfica de protecciones para sistemas radiales*

*de distribución y coordinación gráfica de protección de distancia para sistemas de subtransmisión y transmisión. El paquete maneja los datos de entrada y salida mediante el administrador de base de datos foxpro para windows; los diferentes programas de coordinación y cortocircuitos fueron todos trasladados y desarrollados en lenguaje C++ para windows, con lo que el producto final obtenido para la coordinación gráfica de protecciones, se desarrolla en ambiente windows.*

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

### 1.1. Antecedentes.-

El continuo crecimiento de la demanda eléctrica, exige a las empresas eléctricas el incremento del control de los sistemas de protección, con el propósito de poder servir a los usuarios con sistemas selectivos, rápidos y confiables. Desde este punto de vista, se vienen realizando proyectos como parte de un convenio entre la Escuela Politécnica Nacional y la Empresa Eléctrica Quito S.A. con el objetivo de poder ayudar con soluciones en la problemática de las protecciones.

Los proyectos anteriores han sido desarrollados en forma separada y conllevan programas diferentes, así como también utilizan diversos paquetes computacionales que complican el uso y en ciertos casos retardan el tiempo de respuesta. También cabe mencionar que los proyectos anteriores no son completos en el sentido de que requieren como datos de entrada resultados provenientes de otros paquetes, como por ejemplo corrientes de cortocircuitos, lo que será implementado en este proyecto. El objetivo del presente trabajo será dotar al Ingeniero de Protecciones de una herramienta rápida, confiable y lo más completa posible, con lo cual pueda desarrollar su trabajo con mayor eficiencia y pueda realizar la simulación completa de los diferentes

esquemas de protección de sistemas eléctricos de potencia. Para esto, se modificarán y mejorarán los programas que en su totalidad están hechos en fortran por lenguaje C++ para windows, dada la tendencia de desarrollo de este paquete computacional; así mismo todos los datos se almacenarán en una base de datos que para el efecto será foxpro para windows. De esta manera el producto final es un paquete moderno de alta calidad, que cumple con las expectativas planteadas.

### **1.2. Características Generales.**

El presente trabajo se lo planificó de tal manera de ser modular, y actualmente consta de tres módulos principales que son:

- Coordinación gráfica de protecciones para sistemas radiales de distribución,
- Corrientes de cortocircuito para sistemas radiales de distribución, y
- Coordinación gráfica de protección de distancia para sistemas de transmisión y subtransmisión.

El carácter modular del proyecto permitirá seguir integrando otros paquetes adicionales que no están cubiertos en este proyecto como por ejemplo flujos de potencia, estudios de estabilidad, cortocircuitos en sistemas de transmisión y subtransmisión.

El proyecto es desarrollado tomando como base el Sistema Eléctrico Quito, puesto que las características físicas de este sistema, donde existen niveles de voltaje que abarcan prácticamente todos los casos a presentarse en nuestro país, se justifica la elección de éste como referencial, puesto que con pequeñas variaciones puede ser adaptado a cualquiera de las restantes empresas eléctricas.

Con respecto al módulo de coordinación de protecciones para sistemas radiales de distribución (1), se puede decir que los esquemas de protección son exclusivamente para redes radiales. Los equipos considerados son: relés de sobrecorriente, reconectores automáticos y fusibles de expulsión. Las posibles situaciones de coordinación que se consideran en el presente trabajo son:

- Fusible-fusible.
- Reconector-fusible.
- Relé-fusible.
- Relé-reconector.
- Relé-rele en el mismo nivel de voltaje (en una S/E).
- Relé-relé en diferente nivel de voltaje (en una S/E).

El orden admitido de ubicación en serie de los equipos para un alimentador primario, desde la subestación hacia la carga es: relé, reconector automático, fusible.

En cuanto al módulo de coordinación de distancia (10,11,12), la coordinación se realiza tanto para redes radiales como para redes malladas. Los equipos considerados son los siguientes:

- Relé de impedancia.
- Relé de reactancia.
- Relé Mho Normal.
- Relé Offset Mho.
- Relé Cuadramho.

Las marcas de los diferentes relés de distancia para los cuales se realizan los ajustes son: Ragoza, KD10, Pyts y Cuadramho.

El módulo de cortocircuitos, calcula las impedancias de secuencia y las corrientes de cortocircuito para un alimentador primario radial de distribución (2). El programa calcula los valores máximos y mínimos de las corrientes de falla en puntos específicos para un sistema radial de distribución; dichos valores de corriente, sirven de entrada para el programa de coordinación de protecciones en sistemas

radiales de distribución.

Los requerimientos generales para hacer un buen uso de este paquete son :

- Diagramas unifilares lo más completos posibles; para primarios radiales se debe incluir el diagrama de la subestación, para sistemas de transmisión y subtransmisión se debe incluir las impedancias de secuencia de líneas y transformadores.
- Un computador personal con microprocesador 386 o superior, que contenga sistema windows.

### **1.3. Contenido del Trabajo.**

El presente trabajo se divide en cinco capítulos:

Capítulo I: contiene los antecedentes del proyecto así como una breve descripción de su contenido.

Capítulo II: involucra el marco teórico sobre el que se basa el proyecto. Se describe generalidades sobre sistemas de transmisión, subtransmisión y distribución, así como los esquemas y criterios de coordinación empleados en este proyecto; también se tiene un análisis de cortocircuitos en sistemas radiales de distribución.

Capítulo III: Se presenta una descripción de los programas de cada uno de los tres módulos.

Capítulo IV: contiene un conjunto de ejemplos demostrativos para cada uno de los diferentes módulos.

Capítulo V: contiene las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Anexos: se presenta el manual del usuario del programa, así como los diferentes procesos matemáticos involucrados en el desarrollo de la presente tesis de grado; se incluyen también las copias de todas las curvas características de los equipos de protección considerados.

# CAPITULO II

## MARCO TEORICO

### 2.1 GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS DE DISTRIBUCION, SUBTRANSMISION Y TRANSMISION.

#### 2.1.1 SISTEMAS DE DISTRIBUCION.

Un sistema de distribución es la parte del sistema de potencia, que está comprendida entre las barras de alto voltaje de las subestaciones de distribución y los puntos de suministro de energía a los consumidores, en lo que se refiere a los componentes básicos y a la disposición de los elementos que determinan su configuración general para la operación en condiciones normales y emergentes. Ref. [9]

Los componentes básicos que tiene el sistema de distribución son:

Subestaciones de distribución: lugar donde se transforma del voltaje de subtransmisión al de distribución primaria, incluye la recepción de las líneas de transmisión y subtransmisión, salida de las líneas primarias, transformador y los equipos asociados de protección, control y seccionamiento.

Red de distribución: es el conjunto de elementos componentes del sistema de distribución y son los conductores, aisladores, estructuras de soporte, canalizaciones y equipos.

Sistema primario de distribución: es el conjunto de líneas troncales, ramales, seccionamiento y protecciones que enlaza la subestación de distribución con los transformadores de distribución.

Transformador de distribución: transformador que reduce

el nivel de voltaje primario al nivel de voltaje de utilización.

Red secundaria: líneas a nivel de voltaje de utilización que unen al transformador de distribución con las acometidas de los abonados.

Acometida: circuito que enlaza un punto de la red de distribución con la instalación individual del abonado.

### 2.1.2 SISTEMAS DE SUBTRANSMISION Y TRANSMISION.

Un sistema de transmisión es la parte del sistema de potencia, que está comprendida entre las barras de alto voltaje de las centrales de generación y las barras de alto voltaje de las subestaciones de subtransmisión, que tiene por objeto transportar la energía eléctrica desde los puntos de generación hacia los centros de carga. Ref. [9]

Mientras que el sistema de subtransmisión es la parte comprendida entre las barras de alto voltaje de las subestaciones de subtransmisión, y las barras de alto voltaje de las subestaciones de distribución.

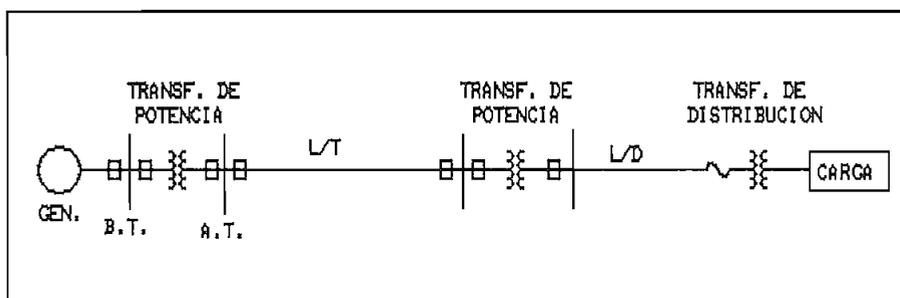


Figura No. 2.1

En la figura No. 2.1 se muestra los componentes básicos de un sistema eléctrico de potencia.

Las protecciones tienen un papel muy importante en asegurar el servicio continuo y confiable de un sistema eléctrico de potencia. Para lograr esto se utilizan ciertos equipos de protección, que en casos de falla desconectan una parte del sistema de potencia en el menor tiempo posible, para proteger al sistema de daños y minimizar la interrupción de servicio.

## **2.2 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA SISTEMAS RADIALES DE DISTRIBUCION .**

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, sobrecargas del sistema, y fallas en los equipos, los cuales son causados por disturbios atmosféricos, por la interferencia de animales y errores humanos. Ref. [8]

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.

Por lo tanto es necesario conocer los tipos de falla que pueden existir en el sistema y el origen de su causa, para minimizar los efectos negativos que puedan ocasionar en la operación del sistema.

### **2.2.1 TIPOS DE FALLA.**

Los tipos de fallas que pueden ocurrir dependen del sistema de distribución. Las fallas línea a tierra, línea a línea y doble línea a tierra son comunes a sistemas monofásicos, bifásicos y trifásicos. La falla trifásica es

solamente una característica de los sistemas trifásicos.

La falla línea a tierra ocurre cuando un conductor cae a tierra o hace contacto con el conductor neutro, como se muestra en la figura No. 2.2.

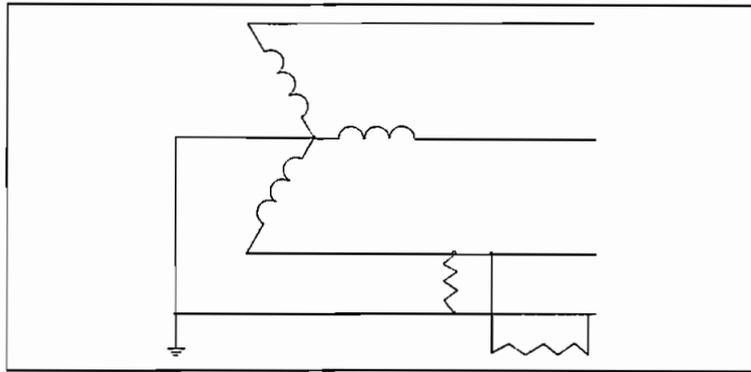


Figura No. 2.2

La falla línea a línea ocurre cuando los conductores de un sistema bifásico o trifásico son cortocircuitados, como se indica en la figura No. 2.3, lo cual puede suceder a lo largo de un sistema trifásico estrella o delta, o a lo largo de una derivación formada por dos fases.

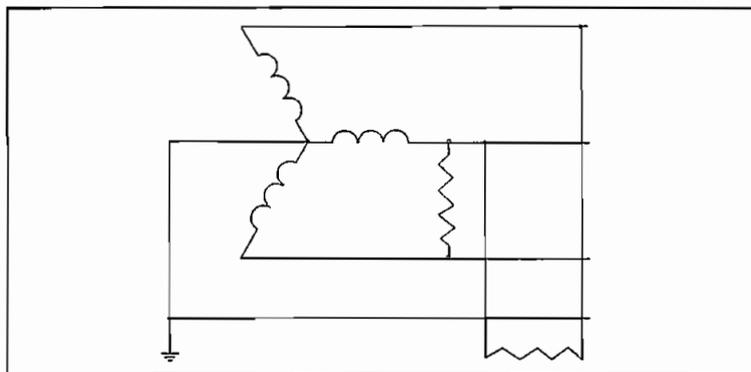


Figura No. 2.3

La falla doble línea a tierra ocurre cuando dos conductores caen y se conectan a través de tierra, o cuando existe contacto entre dos conductores y el neutro de un sistema trifásico o bifásico puesto a tierra. Ref. [2]

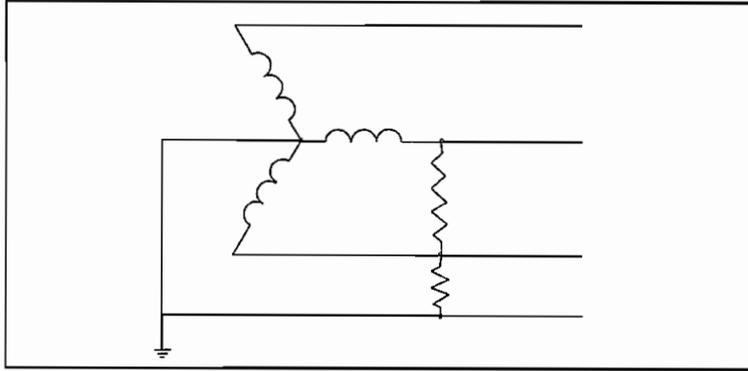


Figura No. 2.4

### 2.2.2 CORRIENTE MAXIMA Y MINIMA DE FALLA.

En un sistema de distribución la máxima y mínima corriente de falla está determinada por los siguientes factores:

#### TIPO DE FALLA.

Usualmente la falla trifásica produce la mayor corriente de falla. Sin embargo en algunos circuitos de distribución, una falla línea a tierra cerca de la subestación puede producir una corriente de falla que puede exceder a la producida por una falla trifásica en el mismo punto. Ref. [8]

#### VOLTAJE.

El voltaje máximo (el voltaje nominal fase neutro si no es conocido) determina la corriente máxima de falla, mientras que el voltaje mínimo (obtenido del perfil de voltaje para carga máxima) determina la corriente mínima de falla.

#### IMPEDANCIA DE GENERACION.

La impedancia de máxima generación es la impedancia equivalente vista desde la subestación, cuando está alimentada por varios circuitos, y además al sistema están

conectados el mayor número de generadores; y es la que determina la corriente máxima de falla

La impedancia de mínima generación es la impedancia equivalente vista desde la subestación, cuando ésta está alimentada por un menor número de circuitos, y además disminuye el número de generadores conectados al sistema; y es la que determina la corriente mínima de falla

#### **IMPEDANCIA DE FALLA.**

Dependiendo de los sistemas de distribución, y por los estudios de cortocircuitos, se ha determinado en última instancia que el único valor que diferencia la corriente de cortocircuito máxima de la mínima, es la impedancia de falla ( $Z_f$ ), que según la Ref. [8] es simplemente la impedancia en la falla, y su valor es altamente variable, pues depende de la causa de la falla, el tipo de falla y el medio en que ocurre la falla.

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 cinco y cuarenta ohmios, para tener un valor de corriente de falla mínimo razonable y que pueda ser detectado por los aparatos de protección utilizados en el sistema.

#### **2.2.3 CORRIENTE DE FALLA ASIMETRICA Y SIMETRICA.**

Al producirse una falla, la corriente de cortocircuito tiene dos etapas: Transitoria y Permanente.

En la etapa Transitoria la corriente de cortocircuito es asimétrica respecto a un eje horizontal, ya que aparece una componente continua de corriente que disminuye en forma exponencial, hasta desaparecer en los primeros semiciclos. Esta corriente es usada principalmente para la selección de

los fusibles a instalarse en un sistema, ya que éstos deben despejar la falla en los primeros instantes.

En la etapa Permanente, que es la que sigue a la Transitoria, la corriente es sinusoidal y por tanto simétrica respecto a un eje horizontal. El valor RMS y valor pico de la corriente en la etapa Permanente es menor que en la etapa Transitoria, y es la que se utiliza para la selección de interruptores y reconectores. Ref. [1]

## **2.3 ESQUEMAS DE PROTECCION PARA SISTEMAS RADIALES DE DISTRIBUCION, PARA SUBTRANSMISION Y TRANSMISION.**

### **2.3.1 ESQUEMA DE PROTECCION PARA SISTEMAS RADIALES DE DISTRIBUCION.**

Los objetivos principales de un sistema de protecciones de sobrecorriente de un sistema de distribución son: reducir interrupciones de servicio al consumidor, proteger a los equipos de daños durante las fallas, localizar las fallas y restaurar el servicio en el menor tiempo posible.

El esquema lógico utilizado en este trabajo, para la ubicación de equipos dentro de un sistema de distribución, es el aceptado por las Normas Internacionales, el cual da las características de selectividad, rapidez, sensibilidad y confiabilidad al sistema de protecciones instalado. Ref. [1]

En la figura No. 2.5, se observa esquemáticamente la configuración de un sistema de protecciones de un alimentador principal, del cual se puede visualizar las siguientes características:

- Indica los elementos de protección de sobrecorriente que lo componen y en especial, los que se consideran dentro del sistema de distribución de la Empresa Eléctrica

Quito S.A.

- Indica la función de cada uno de los elementos y su ubicación en el sistema de distribución.
- Indica la interrelación que existe entre los equipos de protección, definiendo el equipo protegido y el equipo protector.

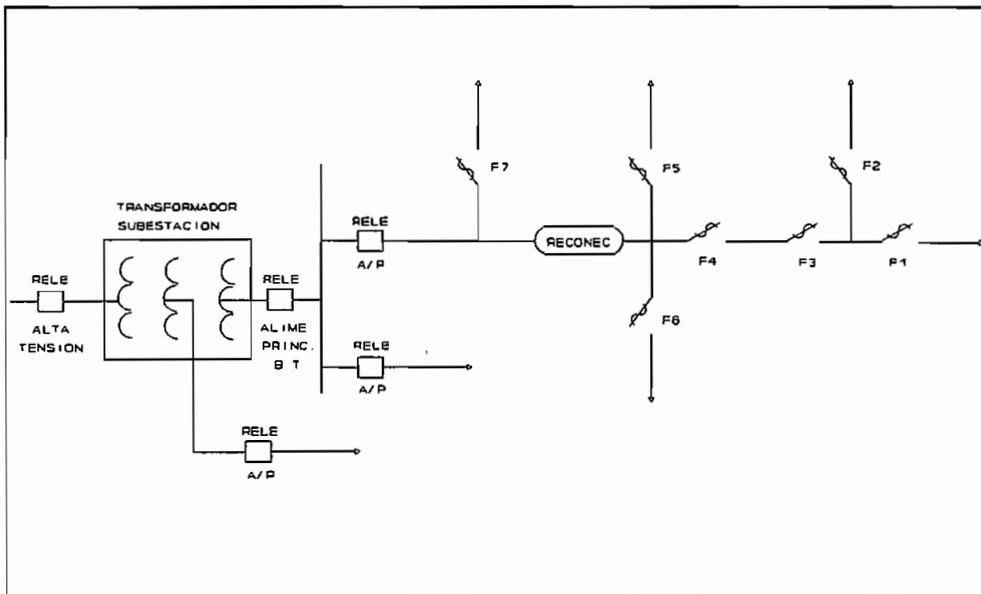


Figura No. 2.5

Los equipos de protección a ser considerados son:

### 2.3.1.1 FUSIBLES.

Se consideran dos tipos de fusibles de expulsión según su velocidad de respuesta frente a corrientes de cortocircuito iguales: los fusibles de tipo abierto-Link más lentos son los tipo "T", mientras que los más rápidos son los tipo "K" de estaño (Normas EEI-NEMA). Estos equipos se encuentran cercanos al lado de carga, es decir en los extremos de los Alimentadores Primarios del Sistema de Distribución. Ref. [1]

El siguiente cuadro contiene un resumen de las características de estos equipos.

TIPO	VALOR	Icarga(max) (A)	VOLTAJE (KV)	FRECUENC. (Hz)	Iccmax (A)
K	6K	9.0	V	50/60	400.0
	10K	15.0	A	"	800.0
	15K	22.5	R	"	1300.0
	25K	37.5	I	"	2000.0
	40K	60.0	O	"	3000.0
	65K	97.5	S	"	5000.0
	100K	150.0		"	9000.0
T	6T	9.0		50/60	400.0
	10T	15.0	V	"	800.0
	15T	22.5	A	"	1300.0
	25T	37.5	R	"	2000.0
	40T	60.0	I	"	3000.0
	65T	97.5	O	"	5000.0
	100T	150.0	S	"	9000.0

Nota: el voltaje para cada uno de los fusibles es variado y depende de los fabricantes.

**Cuadro No. 2.1**

**2.3.1.2 RECONECTADORES.**

Se consideran cinco tipos de reconectadores, que tienen los rangos de voltaje típicos de los Sistemas de Distribución del país. Estos reconectadores son de bobina serie, es decir que sensan directamente la corriente de falla y funcionan mediante control hidráulico. Existen reconectadores con medio de extinción del arco en aceite y otros en vacío.

Las variedades de reconectadores considerados son: W, R, RX, VW y VWV, según el manual de la Mcgraw Edison Company. Se aclara la fuente de la que provienen, pues las denominaciones que se dan a estos equipos no siguen ningún normativo internacional, sino que se la asignan libremente las fábricas. Ref. [23]

Estos equipos normalmente se ubican "aguas arriba" de los fusibles; es decir se encuentran más cercanos a la barra

de generación (subestación), y por tanto más alejados de la carga. Ref. [1]

En los siguientes cuadros se presentan las principales características de operación de los reconectores que se consideran en el presente trabajo.

TIPO	CORR.BOBIN.	CORR.TRIP.	CORR. C.C. INTERRUPCION(A)		
CARAC.	(A)	(A)	4.8KV	8.32KV	14.4KV
R	25	50	1500	1500	1500
	35	70	2100	2100	2100
	50	100	3000	3000	3000
	70	140	4200	4200	4000
	100	200	6000	5000	
	140	280			
Interr. en Aceite	160	320			
	185	370			
	225	450			
	280	560			
	400	800			
	400*	560*	6000	5000	4000

Cuadro No. 2.2

TIPO	CORR.BOBIN.	CORR.TRIP.	CORR. C.C. INTERRUPCION(A)		
CARAC.	(A)	(A)	4.8KV	8.32KV	14.4KV
W	100	200	6000	6000	6000
	140	280	8400	8400	8400
	160	320	9600	9600	9600
	185	370	11100	10000	10000
	225	450	12000		
	280	560			
Interr. en Aceite	400	800			
	400*	560*			
	560	1120			
	560*	750	12000	10000	10000

Cuadro No. 2.3

TIPO	CORR. BOBIN.	CORR. TRIP.	CORR. C.C. INTERRUPCION(A)
CARAC.	(A)	(A)	2.4 Hasta 14.4 KV
RX  Interr. en Aceite	25	50	1500
	35	70	2100
	50	100	3000
	70	140	4200
	100	200	6000
	140	280	
	160	320	
	185	370	
	225	450	
	280	560	
	400	800	
	400*	560*	6000

Cuadro No. 2.4

TIPO	CORR. BOBIN.	CORR. TRIP.	CORR. C.C. INTERRUPCION(A)
CARAC.	(A)	(A)	2.4 Hasta 14.4 KV
VW  Interr. en Vacío	50	100	3000
	70	140	4200
	100	200	6000
	140	280	8400
	160	320	9600
	185	370	11100
	225	450	12000
	280	560	
	400	800	
	400*	560*	
	560	1120	
	560*	750*	12000

Cuadro No. 2.5

TIPO	CORR. BOBIN.	CORR. TRIP.	CORR. C.C. INTERRUPCION(A)	
CARAC.	(A)	(A)	2.4 Hasta 14.4 KV	
VWV	50	100	3000	
	70	140	4200	
	100	200	6000	
	140	280	8400	
	160	320	9600	
	185	370	10000	
	225	450		
	Interr. en Vacío	280	560	
		400	800	
		400*	560*	
560		1120		
	560*	750*	10000	

\* Corriente de disparo (Trip) igual al 140% de la corriente de bobina. En todos los otros casos, se toma como el 200%.

Cuadro No. 2.6

**2.3.1.3 RELES.**

Generalmente los alimentadores primarios de la EEQSA tienen relés a la salida de las subestaciones. Por tanto éstos son los equipos más cercanos a la barra de salida en bajo voltaje de la subestación, y los más alejados de la carga, con relación a los otros equipos de protección.

Los relés considerados en el trabajo son: los tipo CDG (normas BS-142) de la General Electric Company (GEC) con tres curvas características a saber: extremadamente inversos, medianamente inversos e inversos; los tipos: CO6, CO7, CO9 de la Westinghouse, el tipo CO8 (normas BS-142) de la Mitsubishi y por último los relés programables RXIDF de la fábrica ASEA, que pueden tener cualesquiera de los tipos de curvas características posibles (se toma en cuenta sólo la característica de tiempo normalmente inverso que es de uso común en nuestro medio). Ref. [1]

En el cuadro No. 2.7 se observa la clasificación general de los relés.

El orden de ubicación de los equipos, partiendo desde el lado de carga del sistema de distribución, se puede ver en la figura 2.5, y es: fusible - reconectador - relé; y se debe básicamente a los siguientes factores:

- Velocidad de respuesta requerida.
- Sensibilidad deseada de los equipos.
- Modo de funcionamiento de cada uno de los equipos.
- Costo unitario de cada tipo de equipo.

Por lo antes mencionado, los fusibles, son los que están en los extremos del sistema de distribución, pues son de menor costo, su sensibilidad es menor que cualquier otro, y al operar frente a la eventualidad de una falla, se destruye, con el fin de aislar la parte afectada, dejando sin servicio, en lo posible, al menor número de abonados. Ref. [23]

TIPO	FABRICANTE			APLICACION
	GENER. ELEC.	WESTINGHOUSE	ASEA	
Tiempo Definido		CO6		Cuando la capacidad de generación y las corrientes de corto circuito varían en límites muy extens.
Tiempo Inverso	CDG11 CDG16 RXIDF	CO8	RXIDF	En protección frente a fallas entre fases y a tierra, de líneas y barras de subestaciones. También en protección de transform. y máquinas de corriente alterna en general, o como protección de respaldo.
Tiempo Muy Inverso	CDG13	CO9		Los relés de tiempo extremadamente inverso, además son empleados para coordinar con fusibles.
Tiempo Extremadamente Inverso	CDG14			

**Cuadro No. 2.7**

Los reconectores, equipos que se encuentran en segunda instancia, son más costosos que los fusibles, su modo de operación es especial y puede ser seleccionado, ya que tienen algunas opciones, según sea la necesidad del punto donde van a ser ubicados. Son equipos con mayor sensibilidad que los fusibles, su operación no es de tipo destructiva. Sirven fundamentalmente para evitar cortes innecesarios de la energía eléctrica a grandes sectores del sistema de distribución, frente a fallas de carácter temporal. Ref. [23]

Los relés, aparte de ser los más costosos y de necesitar equipos adicionales para cumplir su función, transformadores de corriente (T/C) por ejemplo, son los más importantes, pues son los que ordenan, en caso de ser necesario, el disparo de los disyuntores principales de salida desde las barras de bajo voltaje de la subestación. Tienen la más alta sensibilidad y su modo de operación no es de tipo destructivo. Estos equipos, según la teoría básica del Sistema de Protecciones, deben ser los que operen solamente en condiciones insalvables, es decir en última instancia.

De la misma manera, por la ubicación de los equipos mostrada en la figura No. 2.5, se puede analizar ahora un detalle que es muy importante en el sistema de protecciones, y es el "respaldo" que da un equipo a otro. Se entiende como "respaldo", al hecho de que el equipo de protección adyacente y que está "aguas arriba" de cualquier otro equipo de protección, deberá estar en posibilidad de abrir la parte fallosa del sistema de distribución que le compete a su correspondiente equipo protegido, en caso de que este último, debido a algún error o defecto indeseable, no opere. La orden de apertura deberá darse para valores de corriente de cortocircuito mínimas esperadas en cada tramo del "equipo protector", es decir, para la mínima corriente de falla que pueda presentarse en el fin del tramo o sección cubierto por el equipo que se encuentra "aguas abajo".

### 2.3.2 ESQUEMA DE PROTECCION PARA SUBTRANSMISION Y TRANSMISION.

El esquema de protección para subtransmisión y transmisión utilizado en este trabajo es la protección a distancia.

#### 2.3.2.1 ESQUEMA DE PROTECCION A DISTANCIA.

La impedancia de una línea de transmisión es proporcional a su longitud, por lo tanto para la medición de distancia es apropiado usar un relé capaz de medir la impedancia de una determinada línea hasta un punto dado. El relé que cumple con estas características se denomina **relé de distancia** y está diseñado a operar sólo para fallas que ocurren entre la localización del relé y el punto seleccionado de la línea. Ref. [14]

La protección de distancia es no unitaria, en el sentido que puede dar protección no sólo a un elemento del sistema eléctrico; y su uso principal es para proteger a líneas de subtransmisión y transmisión. Ref. [25]

El funcionamiento del relé está definido en términos del alcance, de la exactitud y tiempo de operación.

Considerando el sistema de la figura No. 2.6 se puede notar que durante la operación normal del relé de distancia, este medirá una impedancia equivalente a la línea ABC más la impedancia de la carga.

Cuando ocurre una falla, la carga es cortocircuitada y el relé medirá solamente la impedancia de la línea hasta el punto de falla; esto será  $Z_{AF1}$  para una falla en el punto  $F_1$  y  $Z_{AB} + Z_{BF2}$  para una falla en  $F_2$ . Ref. [25]

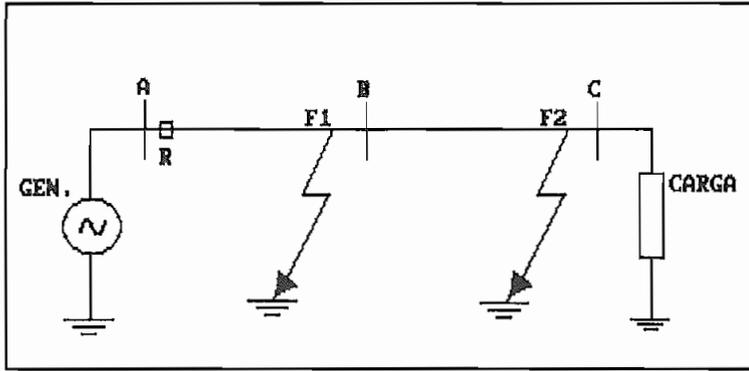


Figura No. 2.6

El relé necesitará señales de corriente y voltaje para evaluar la impedancia ( $Z = V/I$ ), que pueden ser obtenidas de dos formas:

- a.- A través de un comparador por amplitud o,
- b.- A través de un comparador por fase.

Los equipos de protección a ser considerados son:

2.3.2.1.1 RELE DE REACTANCIA.

El relé de reactancia está compuesto de un elemento de reactancia, el cual da la primera y segunda zona de protección, y de un elemento mho el cual da protección a la tercera zona.

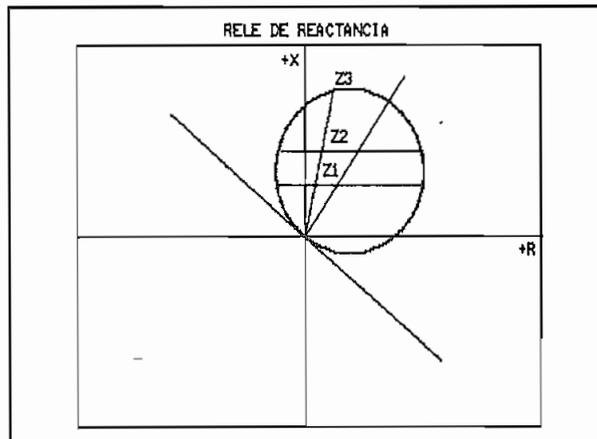


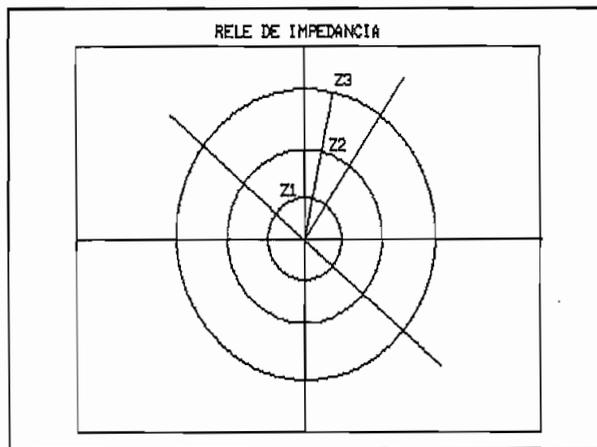
Figura No. 2.7

No es direccional, por lo que al añadirle un elemento direccional se impide la operación del relé para fallas en la dirección inversa o sobre corrientes de carga.

Responde sólo a la parte reactiva de la impedancia, por lo que se usa para fallas con arco. Se utiliza para protección de distancia contra fallas a tierra en líneas cortas.

**2.3.2.1.2 RELE DE IMPEDANCIA.**

Está compuesto de 3 elementos de impedancia, cada uno ajustado para un alcance diferente. El relé de impedancia no es direccional, por lo que puede operar para fallas detrás del relé. Por si solo no tiene aplicación en circuitos interconectados o en paralelo. Combinado con una unidad direccional se usa para protección de fase en líneas medianas.



**Figura No. 2.8**

Es más sensible que el relé de reactancia al efecto del arco, y menos sensible que el relé de admitancia ante la presencia de oscilaciones.

**2.3.2.1.3 RELE MHO O DE ADMITANCIA.**

Está compuesto de 3 elementos mho, cada uno ajustado para un diferente alcance. No tiene necesidad de un elemento direccional adicional como los dos relés anteriores, porque este relé tiene una característica direccional inherente.

En su característica se puede observar que su zona de operación es reducida, por esta razón es usado en zonas con grandes oscilaciones del sistema. En líneas largas se utiliza para protección de fase ya que es sumamente sensible a la resistencia de arco.

Una de las principales desventajas de este relé es que una falla en la localización del relé puede causar un colapso de voltaje.

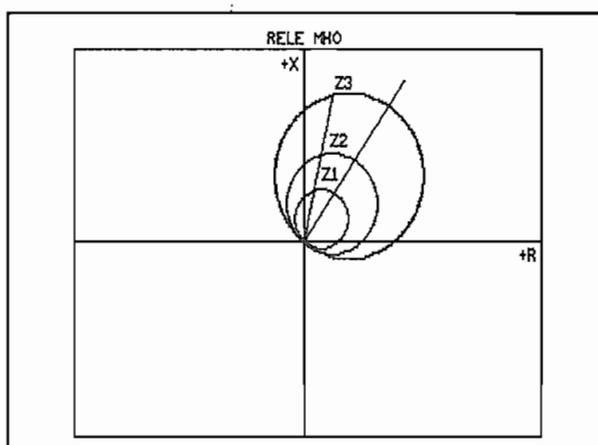


Figura No. 2.9

**2.3.2.1.4 RELE OFFSET MHO.**

Se usa para dar una protección de respaldo a la protección principal de la barra; para proteger al generador ante una pérdida del campo.

Da un rango muy flexible de operación, que puede ser modificado para resolver algunos problemas particulares

debido a oscilaciones de potencia o elevadas corrientes de carga.

Otra característica útil es que este relé es similar al relé mho, pero tiene una porción de la corriente de operación introducida en el voltaje de la ecuación. Si se cambia la fracción de la corriente de operación se cambia el offset (compensación).

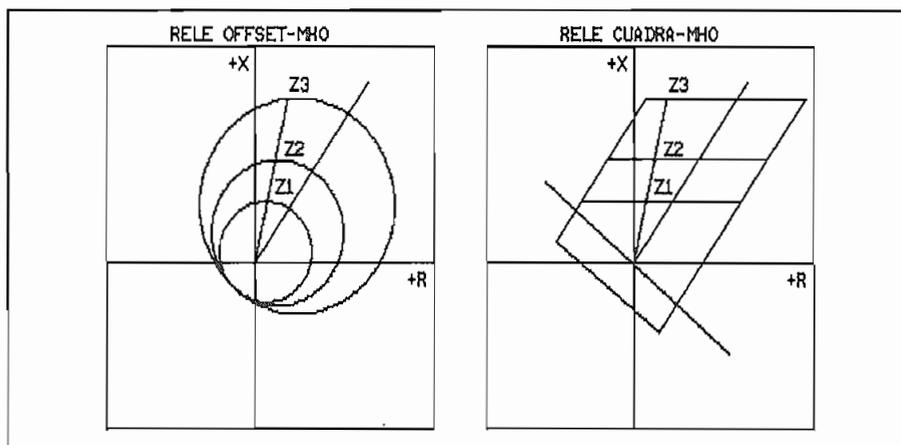


Figura No. 2.10

**2.4 CRITERIOS DE COORDINACION .**

**2.4.1 CRITERIOS DE COORDINACION PARA SISTEMAS RADIALES DE DISTRIBUCION.**

**2.4.1.1 COORDINACION FUSIBLE-FUSIBLE.**

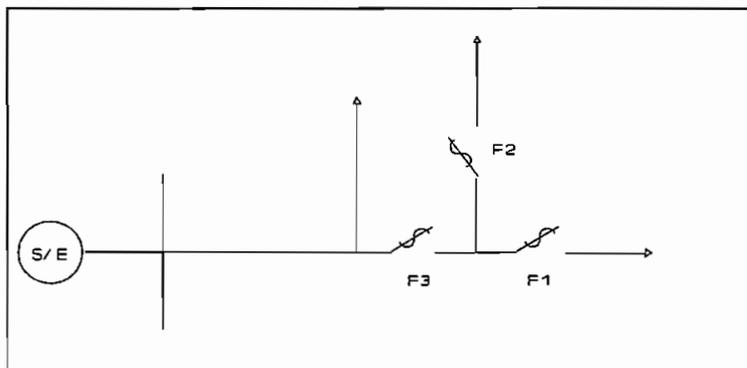


Figura No. 2.11

Este caso se tiene en puntos cercanos a la carga, y por tanto lejanos a la subestación. Para este tipo de coordinación se considera siempre un mismo nivel de voltaje, es decir no debe existir un transformador de potencia entre dos fusibles consecutivos. Esta es una limitación del programa que se justifica, porque en la práctica al poner fusibles en las subestaciones ocurre lo siguiente: Ref. [26]

- Se debe reemplazar el fusible cada vez que se funda.
- Para lograr coordinación con los relés de los alimentadores la operación del fusible debe ser muy lenta.
- Por la existencia de motores monofásicos y trifásicos conectados al sistema hay la posibilidad de que se quemen los fusibles innecesariamente.
- El fusible sólo detecta pocas fallas internas del transformador de potencia; además puede operar cuando exista una falla en el otro devanado.

En la figura No. 2.11, los fusibles F1 y F2, son los protegidos o los respaldados por el fusible F3, el cual se constituye en el elemento protector o de respaldo para los otros dos. Para una correcta operación del sistema de protecciones, la coordinación de cada uno de ellos y de forma independiente debe ser la adecuada.

Para coordinar dos fusibles consecutivos que están en serie, por ejemplo F1 y F3, existe un principio fundamental:

- Para la corriente de cortocircuito máxima en el punto de ubicación del fusible protegido (F1), el tiempo de operación en la curva de máximo tiempo de despeje (MTD) de este último, debe ser menor o máximo igual al 75% del tiempo de operación en la curva de mínimo tiempo de fusión (MTF) del fusible de respaldo (F3), para la misma corriente de falla.

Se denomina margen de coordinación al margen del 25% entre las curvas, el cual se justifica, por la necesidad de compensar las variables de operación de los fusibles, las cuales son: precalentamiento debido a la corriente de carga, temperatura ambiente posiblemente diferente a la esperada y el calor de fusión. Para lograr este objetivo, existen varias formas, así: Ref. [27]

- La coordinación gráfica de protecciones con las curvas tiempo-corriente de los fusibles (MTF y MTD).
- Utilizar tablas diseñadas específicamente para este caso.
- Con reglas prácticas y aproximadas que sirven solamente para coordinar fusibles de un mismo tipo entre sí.

Para realizar una coordinación gráfica de las protecciones, se ha optado por el primer método.

Un segundo detalle a considerar para cualquiera de las coordinaciones es verificar que el fusible de respaldo (F3), sienta la corriente mínima de falla del tramo cubierto por el fusible protegido (F1).

Para esta coordinación se requieren los siguientes datos:

- Las corrientes de falla máxima y mínima simétricas, en cada punto donde se ubican los fusibles (F1 y F3).
- La corriente máxima de carga en los sitios de ubicación de los fusibles (F1 y F3).
- Que el fusible protegido esté completamente definido, ya sea por coordinación con otros equipos que se encuentran aguas abajo respecto a éste (F1), o por la corriente máxima de carga que debe llevar. Para definir un fusible por corriente de carga, se considerará para los dos tipos de fusibles (K y T) que pueden llevar una corriente menor o máximo igual al 150% de su valor

nominal, así: un fusible 6K podrá llevar normalmente una corriente de  $6 * 1.5 = 9(A)$  Ref. [27]

- El tipo del fusible de respaldo (F3), ya sea K o T (IEE-NEMA).

En el siguiente gráfico se puede observar la manera como debe estar especificado un alimentador para el caso de querer coordinar fusibles consecutivos.

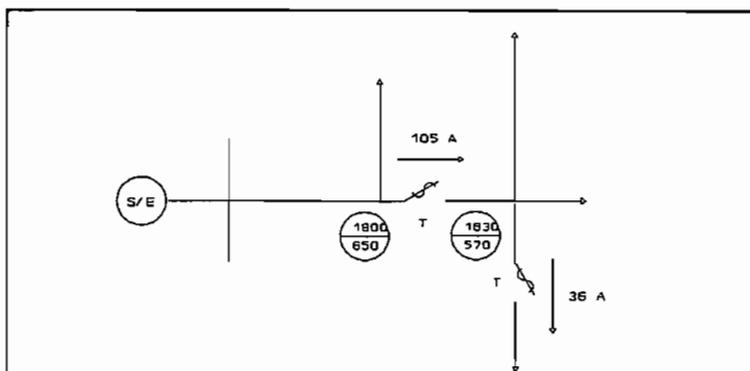


Figura No. 2.12

El esquema de la coordinación gráfica para este caso, se puede ver en la siguiente figura.

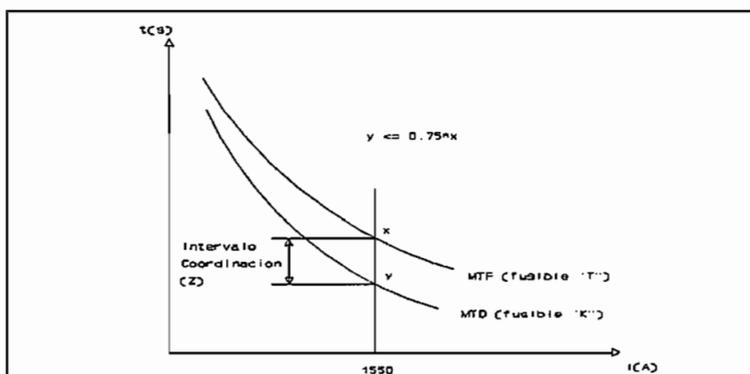


Figura No. 2.13

La coordinación puede darse entre fusibles consecutivos de un mismo tipo o de diferente tipo, pero por razones prácticas y por recomendación de los fabricantes, se puede coordinar máximo siete fusibles del mismo tipo en serie.

También se recomienda que sean preferiblemente tipo T, ya que sus características presentan mayores facilidades para coordinar bajo las mismas condiciones, que los tipo K; además reducen el costo de la instalación. Ref. [1]

#### 2.4.1.2 Coordinación Reconectador - Fusible.

En este tipo de coordinación se considera siempre un mismo nivel de voltaje para los equipos. En la figura No. 2.14, el reconectador se encuentra aguas arriba del fusible, por lo que debe dar respaldo al fusible, y por tanto debe sentir la mínima corriente de falla que se puede presentar en el tramo que protege el fusible.

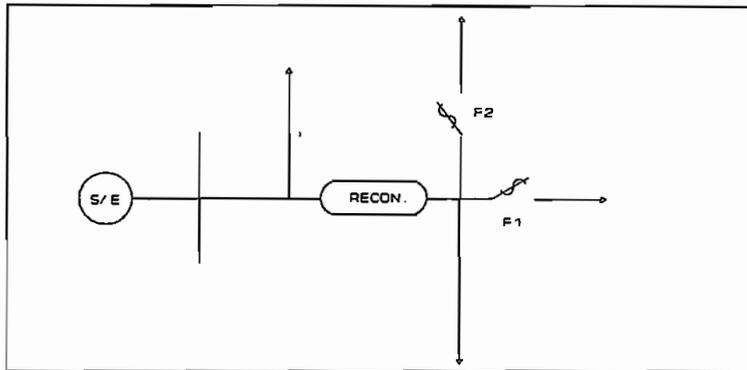


Figura No. 2.14

Para la coordinación es necesario que el fusible se funda después de las operaciones rápidas del reconectador. En este caso se toma para el reconectador el modo de operación: 2 operaciones rápidas y 2 operaciones lentas (2R2L) para asegurar una buena coordinación con el fusible, y con los equipos que se hallan aguas arriba del reconectador (relés). Las fallas transitorias se despejan con las dos operaciones rápidas que tiene el reconectador, evitando así que el fusible se funda innecesariamente. Ref. [1]

Los criterios para coordinación son:

1. Para todos los valores de corriente de falla en la zona

de protección del fusible, el mínimo tiempo de fusión de este elemento, debe ser mayor que el tiempo de despeje rápido del reconectador.

Tiempo Recierre (Ciclos)	F A C T O R			
	1 Operación Rápida		2 Operaciones Rápidas	
	val. prom.	val. max.	val. prom.	val. max.
25 - 30	1.3	1.2	2.0	1.8
60	1.3	1.2	1.5	1.35
90	1.3	1.2	1.5	1.35
120	1.3	1.2	1.5	1.35

**Cuadro No. 2.8**

La curva de operación rápida del reconectador se debe afectar por un factor multiplicador que se indica en el cuadro No. 2.8, el cual depende de la secuencia de operación del reconectador y del tiempo de recierre. Si el tiempo es mayor, el fusible tiene más tiempo para enfriarse y volver a sus condiciones normales, por lo que el factor será menor; si el tiempo de recierre es menor sucede lo contrario. En cuanto a la secuencia de operación, si sólo se tiene una operación rápida, el fusible siente una sola vez la corriente de falla, lo cual también afecta las características del fusible y por ende la coordinación; por lo que para este caso, el factor multiplicador es menor que si se eligen dos operaciones rápidas. Ref. [1]

El factor multiplicador constituye un factor de seguridad para esta coordinación. Este factor también depende de si la curva característica rápida del reconectador, está graficada para sus valores promedios o para sus valores máximos.

Para los reconectores de los tipos: RX, W, VW y VWV, se toman como referencia los valores promedios de los factores, los cuales son recomendados cuando las curvas son graficadas en sus valores promedios [27], ya que dan un buen

margen de seguridad para la coordinación. En el reconectador tipo R se toman los valores máximos ya que la curva característica está graficada para los valores máximos.

2. Para todos los valores de corriente de falla en la zona de protección del fusible, el máximo tiempo de despeje de este elemento, debe ser menor que el mínimo tiempo de despeje de la operación lenta del reconectador.

Por el primer criterio se define el punto máximo de coordinación, es decir, el punto de intersección de la curva de operación rápida del reconectador afectada por el factor multiplicador, con la curva de mínimo tiempo de fusión del fusible. La corriente en este punto, debe ser mayor que la máxima corriente de falla que se puede presentar en la ubicación del fusible. Ref. [1]

El cruce de las curvas de máximo tiempo de despeje del fusible con la característica lenta seleccionada para el reconectador es el punto mínimo de coordinación. Si no hay intersección, el punto mínimo se toma como la corriente de mínimo corte del reconectador, llamada también corriente de disparo. El punto mínimo de coordinación, no debe ser mayor que la mínima corriente de falla que se puede dar en la zona de protección del fusible. Ref. [1]

Entre estos dos puntos extremos, se garantiza que exista un margen de coordinación aceptable.

En la figura No. 2.15 se observa las características esquematizadas de dos elementos de protección para tener una correcta coordinación. El reconectador tiene una secuencia de operación predefinida de 2A2C (2R2L), y un tiempo de recierre de 120 ciclos (2 seg.). Para el fusible la máxima corriente de falla es IFM mientras que la mínima es Ifm.

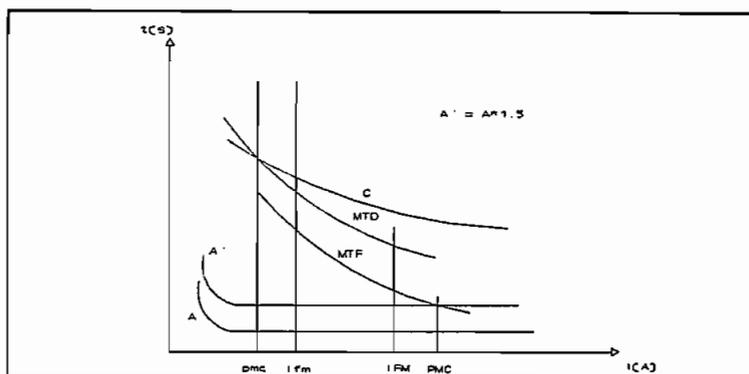


Figura No. 2.15

donde:

- A: Curva de operación rápida del reconectador.
- A': Curva de operación rápida del reconectador, multiplicada por el factor 1.5 según el cuadro No. 2.8.
- C: Curva de operación lenta del reconectador.
- MTD: Curva de máximo tiempo de despeje del fusible.
- MTF: Curva de mínimo tiempo de fusión del fusible.
- IFM: Corriente máxima de falla.
- Ifm: Corriente mínima de falla.
- PMC: Punto máximo de coordinación.
- pmc: Punto mínimo de coordinación.

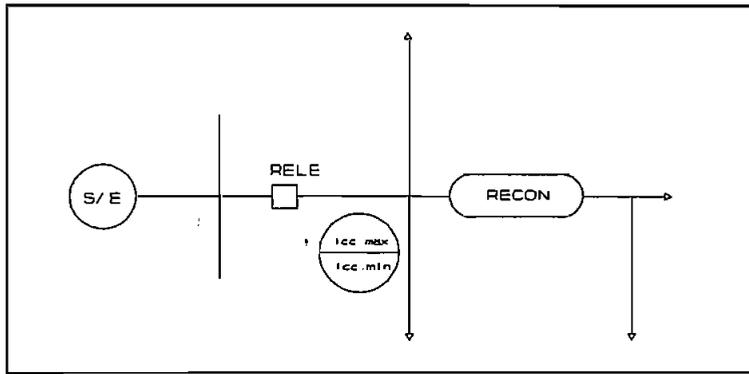
Del esquema de la figura No. 2.15 se puede concluir lo siguiente:

- Se garantiza una correcta coordinación entre los puntos PMC y pmc respectivamente, para una falla con valor de corriente entre IFM e Ifm.
- Si IFM es mayor o igual que el PCM se puede perder la coordinación, ya que si la falla es temporal, el fusible se fundiría antes de que el reconectador pueda despejarla con las operaciones rápidas.
- Si Ifm es menor o igual a pmc, el reconectador puede despejar la falla antes que el fusible, dejando así sin

servicio una mayor zona del Sistema de Distribución.

Se recomienda usar fusibles tipo "T" aguas abajo de los reconectores debido a que las características tiempo-corriente de estos fusibles son menos inversas que los tipo "K", por lo que son casi paralelas con las características de los reconectores, lo cual da como resultado mayores rangos de coordinación.

**2.4.1.3 Coordinación Relé - Reconector.**



**Figura No. 2.16**

En este tipo de coordinación se considera siempre un mismo nivel de voltaje para los equipos.

Los criterios de coordinación son:

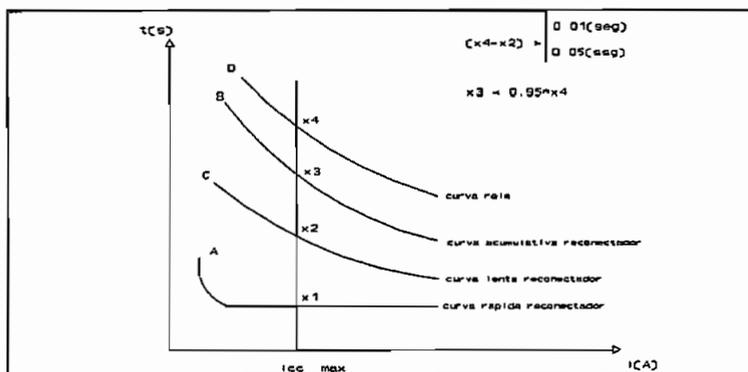
1. El relé debe dar respaldo al reanclador inclusive para la mínima corriente de falla en la zona protegida por el relé.
2. Para que exista coordinación entre un reanclador (elemento protegido) y un relé (elemento de respaldo), se requiere que para los valores de corriente de falla posibles en la zona de protección del reanclador, las curvas de éste se encuentren bajo la curva seleccionada para el relé.

Por recomendaciones prácticas, en el programa se verifica que la curva del reconectador esté por debajo de la curva del relé con un margen de tiempo de 0.01 segundos si el relé es electrónico y 0.05 segundos cuando el relé es electromecánico. Esta verificación se hace de derecha a izquierda hasta el punto de corriente mínima de falla posible en el tramo correspondiente al reconectador, con el fin de garantizar una operación selectiva de los equipos. Ref. [1]

3. Puesto que el relé tiende a integrar las operaciones del reconectador, debe verificarse que para el valor de la máxima corriente de cortocircuito en el punto de ubicación del reconectador, el tiempo acumulado de las operaciones de este último, sea menor que el tiempo que corresponde a la curva del relé para esa misma corriente de falla.

El tiempo acumulado se refiere al avance real del disco del relé mientras se dan las operaciones del reconectador, pues el disco tiene momentos de avance y de retroceso del mismo cuando el reconectador abre el circuito. Ref. [1]

En la figura No. 2.17 se puede observar un esquema ilustrativo de este caso de coordinación.



**Figura No. 2.17**

Para una buena coordinación relé-reconectador, hay dos opciones típicas de secuencias de operación del reconectador:

dos operaciones rápidas y dos operaciones lentas (2R2L), o, dos operaciones rápidas y una operación lenta (2R1L). Por razones de coordinación con elementos que están aguas abajo del reconectador, se toma en este caso la opción de 2R2L. Ref. [26]

Mientras mayor es el tiempo de reposición del relé, se dificulta más la coordinación. También la secuencia de operación 2R2L para el reconectador, dificulta la coordinación con relés de un tiempo de reposición muy grande, por lo que puede ser necesario, disminuir una de las operaciones lentas, cuando se haya elegido el lever más alto posible para el relé, o aumentar el tiempo de recierre del reconectador. Ref. [1]

#### 2.4.1.4 Coordinación Relé - Relé en un mismo nivel de Voltaje.

Este tipo de coordinación se presenta cuando no existe transformador de potencia entre los dos relés a coordinarse. En la figura No. 2.18 se tiene el esquema de una subestación de la EEQSA, donde se quiere coordinar los relés de los primarios con el relé de la alimentación general del lado de baja tensión.

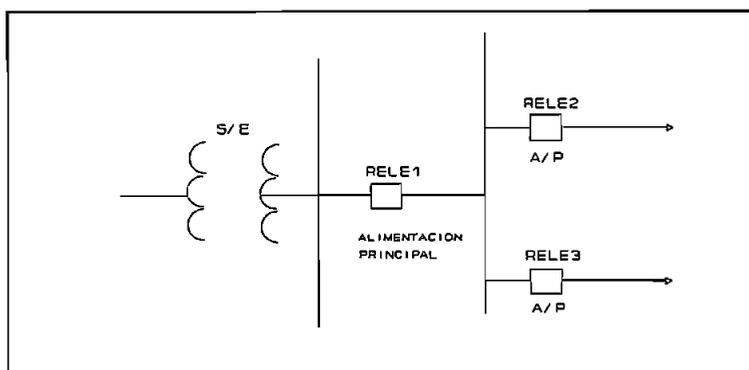


Figura No. 2.18

Para realizar esta coordinación se parte de la información del ajuste del tap y del lever o dial del relé

del primario (relé protegido); el lever se determina en base a la coordinación con el resto de equipos de protección de sobrecorriente ubicados "aguas abajo" a lo largo del primario. Ref. [1]

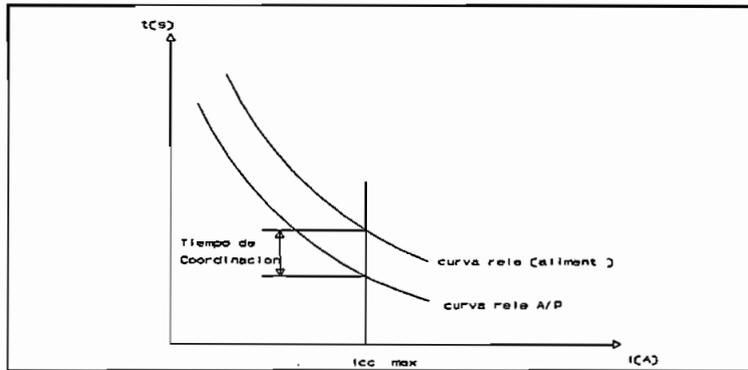
El punto de coordinación está determinado por la corriente máxima de cortocircuito calculada para la salida del primario. Sobre este punto se verifica el margen o tiempo de coordinación correspondiente, el cual considera: error de los relés en tiempo, la sobrecarrera de los mismos y el tiempo de operación de los interruptores de potencia. Estos parámetros varían de acuerdo a los fabricantes, la tecnología empleada en la fabricación y por el criterio del ingeniero.

El margen de coordinación normalmente varía entre 0.2 y 0.6 segundos, siendo 0.4 segundos el valor más usado. El tiempo se deduce de la siguiente manera:

- Tiempo de sobregiro del relé protector: 0.05 segundos para los relés electromecánicos y 0.03 segundos para los electrónicos.
- Errores de los equipos que constituyen el relé: el transformador de corriente y el relé propiamente dicho. Para compensarlos se considera un +/- 7.5% del tiempo de operación en los electromecánicos y +/- 5% en los electrónicos.
- El margen de seguridad que garantice un buen contacto para la operación del relé: 0.1 segundos para los relés electromecánicos y 0.05 segundos para los electrónicos.
- Valores de compensación por errores en las curvas de los equipos: normalmente se toma el 7.5% del tiempo de operación del equipo protegido.
- El tiempo de apertura del relé protector, considerado en

alrededor de 0.1 segundos.

Con los valores del tiempo de operación del relé aguas abajo, y el margen de coordinación deseado, se define el tiempo de operación del otro relé y por medio de éste, se escoge el lever que permita tener al relé de la alimentación (respaldo), un tiempo de operación mayor o mínimo igual al calculado. Ref. [1]



**Figura No. 2.19**

En la figura No. 2.19 se puede observar un esquema de las curvas para esta coordinación.

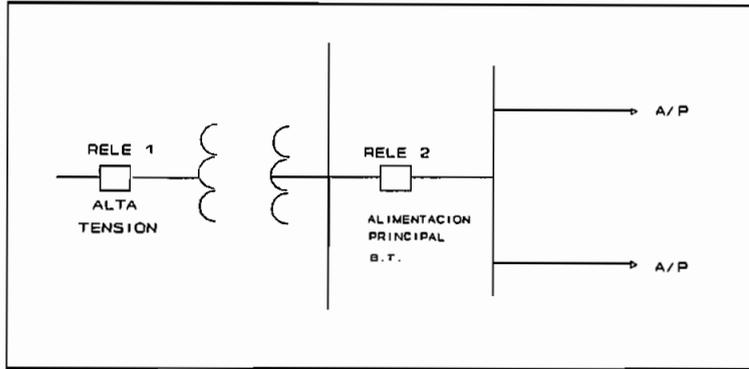
A la coordinación de las unidades temporizadas de los relés, se debe añadir la regulación de la unidad instantánea de los mismos, para los valores máximos de corriente de falla tanto de fases como de tierra, ya que en este caso, tanto los relés de fase como los de tierra tienen este tipo de unidad. Para que exista coordinación, se calibran estas unidades para que operen con valores de corriente superiores en un 20% o 30% a la máxima corriente de falla en el punto de ubicación del siguiente equipo de protección aguas abajo del relé que actúa como equipo protector.

#### **2.4.1.5 Coordinación Relé del Alimentador (B.T.) - Relé (A.T.)**

Este caso de coordinación es similar al anterior, con la

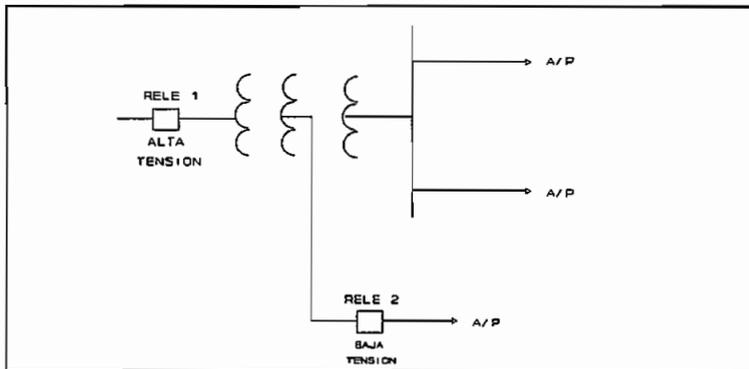
diferencia de que entre los relés existe un transformador de potencia. En nuestros Sistemas de Distribución se presenta en las siguientes situaciones:

- Entre los relés de la alimentación o alimentaciones de baja tensión y el relé de la alimentación de alta tensión. (Figura No. 2.20)



**Figura No. 2.20**

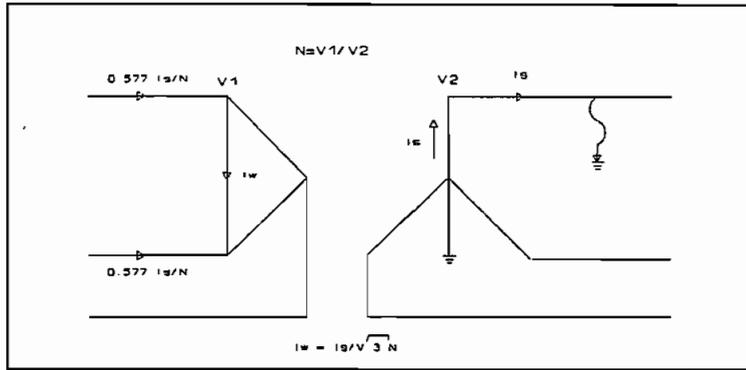
- En el caso de no existir alimentaciones generales en el lado de baja tensión, la coordinación se realiza entre los relés de los primarios y el relé de la alimentación de alta tensión. (Figura No. 2.21)



**Figura No. 2.21**

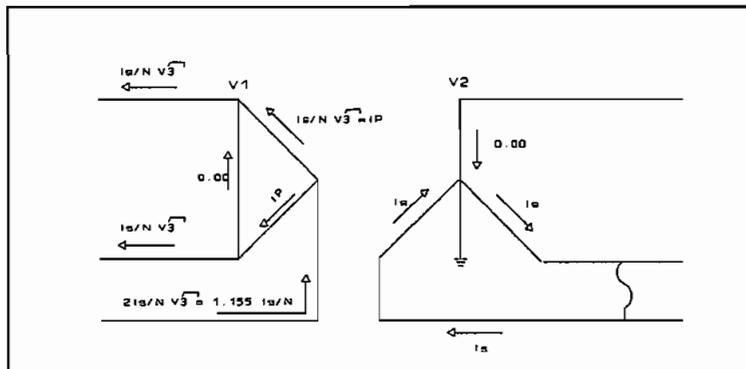
En este caso hay que llevar los datos de corriente de falla a una base común, la misma que puede ser cualquiera de los lados del transformador. Las ecuaciones para determinar

la corriente en cualquiera de los lados del transformador de potencia, asumen que para la conexión típica ya indicada de los mismos, la ubicación de los transformadores de corriente será siempre en las líneas principales y no en las fases en el lado de la conexión delta (D). Ref. [1]



**Figura No. 2.22**

En la coordinación de los relés de fase, hay que tomar en cuenta el tipo de conexión del transformador de potencia, ya que las corrientes de falla en el lado de baja tensión se reflejan en el lado de alta tensión según las siguientes fórmulas para los tipos de conexión más usados (delta en el lado de alta tensión y estrella en el lado de baja tensión).



**Figura No. 2.23**

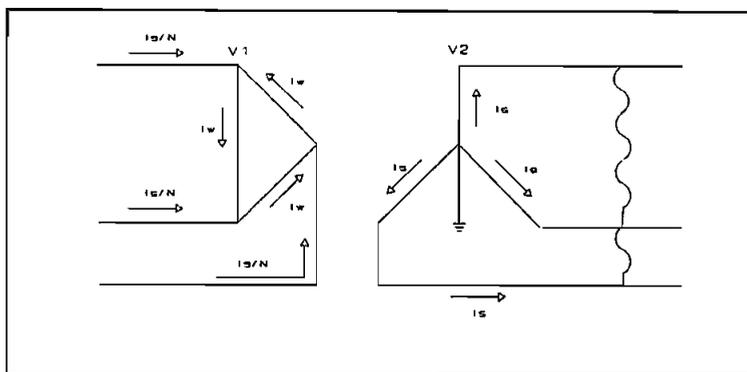


Figura No. 2.24

Los restantes procesos de coordinación, son los mismos que se indican en el punto 2.4.1.4.

El esquema de las curvas para esta coordinación es similar al de la figura No. 2.19.

#### 2.4.1.6 Coordinación Relé - Fusible

En este tipo de coordinación se considera siempre un mismo nivel de voltaje para los equipos.

Para la coordinación, se consideran las curvas de máximo tiempo de despeje (MTD) del fusible y las curvas de todos los tipos de relés disponibles en el presente programa.

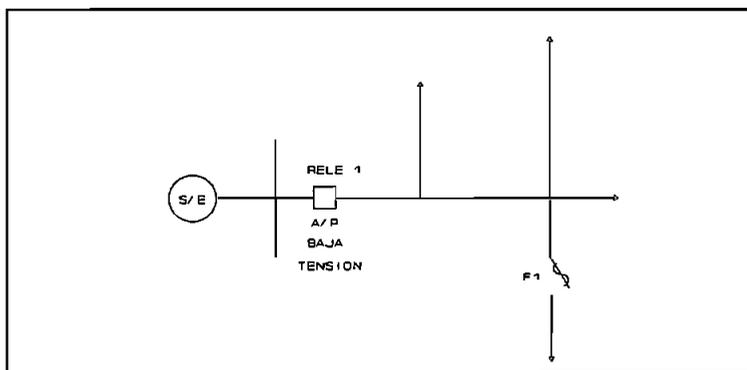


Figura No. 2.25

Para determinar el tiempo mínimo de coordinación o

tiempo de paso, se emplea el criterio de coordinación entre relés [28], con las siguientes consideraciones:

1. El tiempo de sobregiro del relé: 0.05 segundos en los electromecánicos y 0.01 segundos en los relés electrónicos.
2. Los errores que presentan los equipos componentes del relé (el transformador de corriente y el relé propiamente dicho): +/- 7.5% en los electromecánicos y +/- 5% en el caso de los electrónicos. El error máximo aceptado por los fabricantes para la graficación de las curvas del fusible (7.5%).
3. El margen de seguridad que garantice un buen contacto cuando opere el relé: 0.1 segundos para los electromecánicos y 0.05 segundos para los electrónicos.

En el presente trabajo, para cumplir los requerimientos 1 y 3 se considera un tiempo total de 0.15 segundos. Entonces el tiempo mínimo de coordinación se define así:

$$T_{\text{coord}} = Z_{22} + Z_{33} \quad [\text{seg.}]$$

donde:

$T_{\text{coord}}$ : tiempo o margen de coordinación.

$$Z_{22} = 0.075 * \text{toper}(r) + 0.15 \quad [\text{seg.}]$$

$$Z_{33} = 0.075 * \text{toper}(f) \quad [\text{seg.}]$$

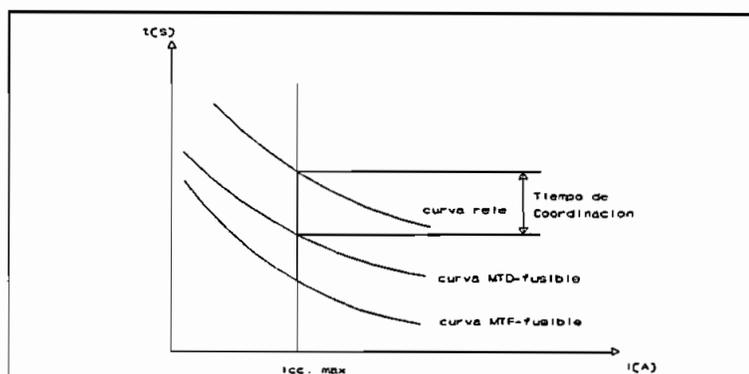
donde:

$\text{toper}(r)$ : tiempo de operación (en seg.) del relé para la corriente de coordinación.

$\text{toper}(f)$ : tiempo de operación (en seg.) del fusible correspondiente a la corriente de coordinación

En la figura No. 2.26 se muestra el esquema de las

curvas de coordinación para este caso.

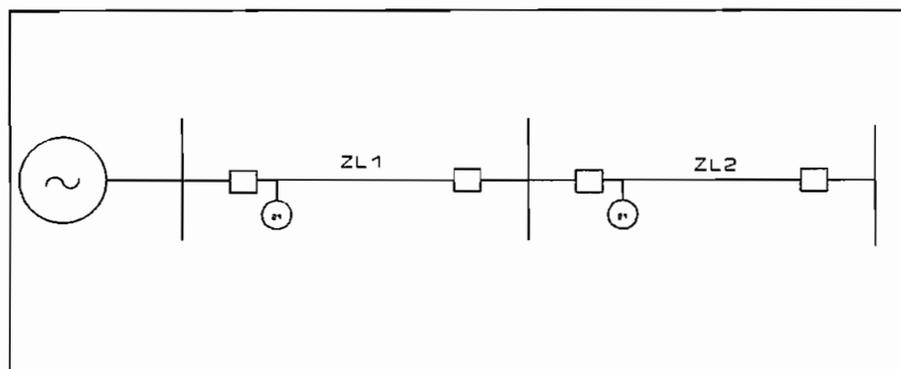


**Figura No. 2.26**

En este caso no se considera el tiempo de apertura del disyuntor de potencia, por cuanto no es el relé el que opera primero en esta situación [26].

Los relés de características extremadamente inversas, son los más recomendados para la coordinación con los fusibles.

#### **2.4.2 CRITERIOS DE COORDINACION PARA RELES DE DISTANCIA.**



**Figura No. 2.27**

En base al esquema de la figura No. 2.27 la calibración de los relés se hace de la siguiente forma:

##### **a. Primera zona.**

Cubrir un 80 - 90 % de la impedancia de la línea que se

quiere proteger, para evitar así el sobrealcance.

$$80 \% Z_{L1}$$

La protección es instantánea.

**b. Segunda zona.**

Cubrir el 100 % de la línea que se quiere proteger, más un 20 % de la siguiente línea.

$$100 \% Z_{L1} + 20 \% Z_{L2}$$

El tiempo de calibración es de 0.2 - 0.5 segundos.

El 100 % cubre el 20 % ó 10 % que no está protegido por la primera zona, ya que se puede calibrar el tiempo para no perder la selectividad. Ref. [26]

Sirve como protección de respaldo a la primera zona, y a la protección primaria de la segunda línea.

**c. Tercera zona.**

Cubrir el 100 % de la línea que se quiere proteger, más el 100 % de la siguiente línea.

$$100 \% Z_{L1} + 100 \% Z_{L2}$$

El tiempo de calibración es de 0.2 - 0.5 segundos sobre el tiempo de segunda zona.

En el Anexo D se presenta el algoritmo para encontrar el Conjunto de Pares de relés en la protección a distancia de un sistema.

**2.4.2.1 EFECTO DE LA RESISTENCIA DE FALLA.**

Al producirse una falla en la línea de transmisión, el

relé que la protege, no mide sólo la impedancia de la línea desde la localización del relé al punto de falla sino que mide la impedancia de la línea más la resistencia de falla.

La resistencia de falla tiene dos componentes: la resistencia de arco y la resistencia a tierra. Para fallas entre fases, la única componente es la del arco envuelto. Ref. [25].

La resistencia de falla varía de acuerdo a la longitud del arco, el mismo que puede alargarse por efecto del viento. No existen datos muy concretos, pero en base a pruebas realizadas se puede decir que la resistencia del arco viene dada por:

$$R_a = \frac{2667 * L}{I^{1.4}} \quad [\Omega]$$

donde:

$R_a$  = resistencia del arco [ $\Omega$ ]

$L$  = longitud del arco [m]

$I$  = corriente de falla [A]

El alargamiento del arco por efecto del viento se calcula con la ecuación:

$$L = 3 * v * t + L_0$$

donde:

$v$  = velocidad del viento [m/s]

$t$  = tiempo de duración del arco [s]

$L_0$  = Longitud inicial del arco, por ejemplo la distancia entre los conductores o a través de los aisladores [m]

$L$  = Longitud del arco [m]

El efecto de la resistencia de falla es introducir un error en la medida de la distancia al punto de falla,

produciendo una disminución en el alcance de la protección, ya que añade una caída de voltaje producida en la falla, lo que ocasiona una diferencia entre el voltaje real y el esperado y una disminución en el alcance del relé [25].

Si se considera las características de los relés bajo condiciones de falla con resistencia se tiene:

- Con relés de reactancia se obtiene el mejor funcionamiento.
- Con el relé mho y de impedancia se tiene un buen alcance.
- Con los relés mho y offset mho, dependiendo del porcentaje de la resistencia de falla, el punto de la característica vista por el relé puede caer fuera del rango de operación.

#### **2.4.2.2 EFECTO DE LA IMPEDANCIA MUTUA.**

Debido a la presencia de dos líneas paralelas entre dos barras aparece una impedancia mutua  $Z_m$  por el efecto inductivo de las líneas. Esta impedancia tiene un efecto aditivo o sustractivo sobre las impedancias propias de las líneas, de acuerdo a los sentidos de la corriente de cortocircuito.

##### **2.4.2.2.1 EFECTO ADITIVO.**

La impedancia mutua se añade a la impedancia propia de la línea siempre que las corrientes de cortocircuito de cada línea tengan el mismo sentido como se puede ver en la figura No. 2.28.

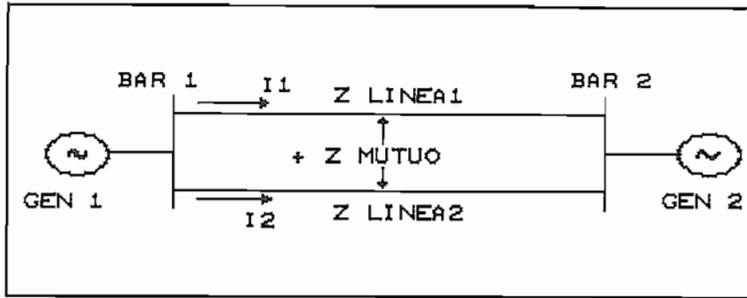


Figura No. 2.28

$$Z_{TOTAL LINEA} = Z_{LINEA} + Z_{MUTUA}$$

2.4.2.2.2 EFECTO SUSTRACTIVO.

La impedancia mütua se resta a la impedancia propia de la línea siempre que las corrientes de cortocircuito de cada línea tengan sentidos contrarios como se muestra en la figura No. 2.29.

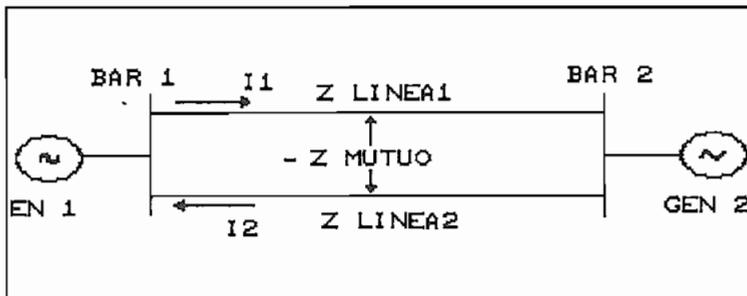


Figura No. 2.29

$$Z_{TOTAL LINEA} = Z_{LINEA} - Z_{MUTUA}$$

# CAPITULO III

## DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS

### 3.1 PROGRAMAS DE COORDINACION DE PROTECCIONES PARA SISTEMAS RADIALES DE DISTRIBUCION.

#### 3.1.1 OBJETIVOS DEL PROGRAMA.

El objetivo principal del programa es realizar la coordinación gráfica de protecciones de sobrecorriente con las características de rapidez y confiabilidad para sistemas radiales de distribución, en forma interactiva, para evitar hacer largos y tediosos cálculos, y disponer de mayor tiempo para la preparación de datos, análisis de resultados y toma de decisiones.

#### 3.1.2 REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA.

Para utilizar el programa, el usuario previamente debe obtener la siguiente información:

1. Un estudio de corrientes de cortocircuito del primario con los valores de corriente de carga máxima, de falla mínima y máxima en cada uno de los nodos o derivaciones que tenga el primario.
2. Un diagrama unifilar del primario con toda la información requerida, con la numeración asignada a cada nodo.

Por la configuración del programa, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. El nodo inicial del primario a coordinarse (en la subestación) siempre debe ser asignado con el número 1. Los otros nodos pueden ser numerados aleatoriamente.

- b. Siempre debe existir por lo menos un tramo inicial antes de la primera derivación, tomando como punto inicial el número 1.
  
- c. Para el ingreso de los fusibles que se encuentran en el lado de alto voltaje de los transformadores de distribución, se recomienda crear un tramo adicional, en el cual se va a ubicar el fusible en cuestión. Ref. [1]

Además, por las necesidades del compilador de base de datos Foxpro For Windows versión 2.5, se requiere de las siguientes características de hardware:

- Un computador personal AT-386 o superior.
- Un disco duro de 80 Mega Bytes o superior.
- Una memoria RAM de 4 Mega Bytes o superior.

Para instalar el programa de coordinación de distancia se debe tener instalado los siguientes programas:

- Windows versión 3.1.
- Foxpro For Windows versión 2.5.

### **3.1.3 DESCRIPCION DEL PROGRAMA.**

Los programas ejecutables, bases de datos y archivos que forman parte del programa son:

#### **COORD.EXE.**

Este programa realiza la coordinación entre pares de relés conectados a un mismo nivel de voltaje, ya sean unidades de fase o de tierra.

Los datos de entrada para coordinación de relés de fase son: para el relé protegido: tipo del relé, relación de transformación del transformador de corriente asociado, tap,

lever, valor de corriente para el cual está ajustada su unidad instantánea, corriente de cortocircuito máxima en el nodo donde está ubicado. Para el relé protector: tipo de relé, relación de transformación del transformador de corriente asociado, tap, lever, valor de corriente para el cual está ajustada su unidad instantánea. Ref. [1]

Para coordinación entre unidades de tierra, se requieren los mismos datos que las unidades de fase.

Los datos generales que se verifican antes de ejecutar el programa son: tiempo o margen de coordinación, factores para las corrientes de fase y de tierra, y el tiempo mínimo de operación deseado para los relés en sus unidades instantáneas. Ref. [1]

Como resultado entrega el lever del relé de respaldo, y además ordena graficar todas las curvas características de los relés implicados, dando la opción de imprimirlas.

#### **DIBUJO.EXE.**

Este programa muestra gráficamente la coordinación entre los relés correspondientes, cuando están en un mismo nivel de voltaje, o cuando tienen un transformador de potencia de por medio.

El archivo de entrada tiene los siguientes datos: indicador del tipo de coordinación, valor de la corriente de cortocircuito máximo en el punto de coordinación, y el equivalente caracter de la corriente de falla máxima en el punto de coordinación. Ref. [1]

#### **COORDA.EXE.**

Este programa realiza la coordinación entre pares de relés que se encuentran en diferentes niveles de voltaje, es

decir tienen de por medio un transformador de potencia. El relé protegido se encuentra en el lado de bajo voltaje, en tanto que el relé de respaldo está en el lado de alto voltaje.

Los datos de entrada, son los mismos que los del programa COORD.EXE, con los siguientes datos adicionales: corriente de falla máxima en los puntos de ubicación del relé de alto voltaje.

#### **CORFUFU.EXE.**

Este programa realiza la coordinación de dos fusibles consecutivos, pudiendo ser o no del mismo tipo.

Los datos de entrada son: tipo del fusible protegido (K o T), tipo del fusible de respaldo (K o T), corrientes de cortocircuito máxima y mínima en el sitio de ubicación del fusible protegido.

El programa entrega como resultados: un indicador que dice si la coordinación se realizó o no, los valores del fusible protegido y del fusible de respaldo, los tiempos de operación para ambos fusibles en el punto de corriente de falla máxima en la ubicación del fusible protegido, y un comentario que indica las condiciones en que se realizó la coordinación. Ref. [1]

El programa también muestra un gráfico correspondiente a este tipo de coordinación, donde se indican las curvas de máximo tiempo de despeje del fusible protegido, y las de mínimo tiempo de fusión del fusible de respaldo.

#### **CORFURE.EXE.**

Este programa realiza la coordinación de un relé de fase con un fusible ubicado en el lado de carga.

Los datos de entrada son: valor del fusible, tipo de relé elegido, valor del transformador de corriente asociado al relé, tap en que se encuentra el relé, corrientes de cortocircuito máxima y mínima en el punto de ubicación del fusible, y el valor de corriente para la cual está fijada la unidad instantánea del relé. Ref. [1]

El programa entrega como resultados: un indicador que dice si la coordinación se realizó o no, el lever en que se debe operar el relé como consecuencia de la coordinación, el tiempo de operación del relé calculado para la corriente de falla máxima en el punto de ubicación del fusible, el nuevo valor del fusible en caso de existir un cambio, el tiempo de operación del fusible para la curva de máximo tiempo de despeje en el punto de coordinación, y el comentario pertinente.

**CORDREF.EXE.**

Este programa realiza la coordinación entre un reconectador y un fusible ubicado en el lado de carga.

Los datos de entrada son: tipo de reconectador que va a intervenir en la coordinación, nivel de voltaje del sistema, corriente de carga en el punto de ubicación del reconectador, corrientes de falla máxima y mínima en el punto de ubicación del fusible, la corriente de cortocircuito máxima en el punto de ubicación del reconectador, valor del fusible, y el tiempo de apertura elegido para el reconectador.

Los resultados que entrega son: un indicador que dice si la coordinación se realizó o no; para el reconectador se define: curva lenta con la que debe operar, el tiempo de operación para la corriente de falla máxima en el punto de ubicación del fusible para la curva lenta elegida, la corriente de bobina que debe tener, tiempo de apertura entre reconexiones, el valor normalizado de la corriente de falla

que debe estar en capacidad de interrumpir. Para el fusible se define el valor en que quedó como consecuencia de la coordinación, el tiempo de operación para la curva de máximo tiempo de despeje en el punto de coordinación, y el comentario pertinente.

#### **CORERE.EXE.**

Este programa realiza la coordinación entre un relé y un reconectador ubicado "aguas abajo" del mismo.

Los datos de entrada son: tipo de reconectador, tipo de relé, relación de transformación del transformador de corriente asociado al relé, tap en el que se encuentra el relé, valor de corriente para la que está fijada la unidad instantánea del relé, corrientes de falla máxima y mínima en el punto de ubicación del reconectador, tiempo de apertura elegido para el reconectador (código), corriente de carga máxima en el punto ubicación del reconectador, la curva lenta con la que está operando el reconectador como consecuencia de las coordinaciones previas, y la corriente de carga en el punto de ubicación del reconectador.

El programa entrega como resultados: un indicador que dice si la coordinación se realizó o no; el tiempo de operación del relé para la máxima corriente de falla en el punto de ubicación del reconectador, lever con el que debe operar el relé. Para el reconectador se define: curva lenta con la que debe operar, modo de operación, tiempo de apertura que debe tener entre reconexiones, y el comentario.

### **3.2 PROGRAMAS DE COORDINACION DE DISTANCIA.**

#### **3.2.1 OBJETIVOS DEL PROGRAMA.**

El objetivo principal del programa es realizar la coordinación gráfica de protección de distancia con las

características de objetividad, rapidez y confiabilidad para un sistema de transmisión y/o subtransmisión, donde el número de pares de relés primario/respaldo y las fallas para los cuales estos deben ser coordinados, es grande, y por tanto se requiere de la ayuda computacional.

### **3.2.2 REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA.**

Para utilizar el programa, el usuario previamente debe obtener la siguiente información:

1. Un estudio de fallas del S.E.P. con el fin de conocer las corrientes de cortocircuito trifásico en todos los elementos (líneas, transformadores, generadores) del sistema de potencia, para cada una de las barras.
2. Un diagrama unifilar del S.E.P. con todos los datos que va pidiendo el programa en cada ventana, los mismos que se detallan más adelante.

Además, se requiere de las mismas características de hardware descritas en la sección 3.1.2.

### **3.2.3 DESCRIPCION DEL PROGRAMA.**

Los programas ejecutables, bases de datos y archivos que forman parte del programa son:

#### **CREBDD01.EXE.**

Este programa está elaborado en Turbo C con librerías y funciones de Code-Base 4.2 y del Turbo C, y se ejecuta siempre al inicio del programa cuando se crea un nuevo directorio de trabajo o se elige un directorio ya existente.

Además, se encarga de crear todas las bases de datos e índices necesarias para que corra el programa. Si ya existen

estas bases e índices simplemente los actualiza.

Las bases de datos creadas por este archivo son:

SIS001.DBF: Guarda los datos del sistema; tiene un índice de acuerdo a la descripción de sistema llamado DSCSIS.NDX.

BAR001.DBF: Guarda los datos de barras; tiene un índice de acuerdo al número de barra llamado BARNUM.NDX.

LIN001.DBF: Guarda los datos de líneas; tiene un índice de acuerdo al número de línea llamado LINNUM.NDX.

TRF001.DBF: Guarda los datos de transformadores; tiene un índice de acuerdo al número de transformador llamado TRFNUM.NDX.

GEN001.DBF: Guarda los datos de generadores; tiene un índice de acuerdo al número de generador llamado GENNUM.NDX.

REL001.DBF: Guarda los datos de relés; tiene dos índices, uno de acuerdo al número de relé llamado RELNUM.NDX y el otro de acuerdo a la marca y el código de descripción del relé llamado RELMCD.NDX.

PAR001.DBF: Guarda los datos de pares de relés; tiene un índice de acuerdo al número de los relés de respaldo llamado PARRES.NDX.

COR001.DBF: Guarda los datos de corrientes de cortocircuito para fallas trifásicas; tiene un índice de acuerdo al número de barra y al

número de línea llamado CORXBL.NDX.

**CORDIN01.EXE.**

Este programa está elaborado en Turbo C con librerías y funciones de Code-Base 4.2 y del Turbo C, y se encarga de realizar la coordinación de los relés de distancia, para lo cual utiliza funciones de búsqueda y asignación de valores en todas las bases de datos e índices anteriormente mencionados. Este programa guarda los resultados de coordinación: las impedancias de la zona 1, zona 2, zona 3; tiempo de retardo de la zona 1, y tiempo de retardo de la zona 2, en la base de datos REL001.DBF.

**AJUSTE01.EXE.**

Este programa está elaborado en Turbo C con librerías y funciones de Code-Base 4.2 y del Turbo C, y en forma iterativa se encarga de realizar el cálculo de los parámetros de acuerdo a la marca del relé. Este programa utiliza los resultados de coordinación, es decir, las impedancias y tiempo de las zonas, para realizar los ajustes de todos los relés, para lo cual crea un archivo llamado AJUSTE.TXT donde guarda los resultados.

**GRAFICOS.EXE.**

Este programa está elaborado en Turbo C para Windows y utiliza librería gráficas. Contiene las ecuaciones que describen las características de los relés; utiliza como parámetros de entrada los resultados del programa de coordinación, es decir, las impedancias para las tres zonas y el ángulo de máximo torque, para realizar el gráfico de las características.

El programa de gráficos se encuentra implementado para cinco tipos de relés de distancia, y los gráficos de cada

relé se realizan de acuerdo al tipo del mismo.

Todas las validaciones, manejadores de bases de datos e índices se encuentran implementadas en Foxpro For Windows versión 2.5.

#### **3.2.4 DATOS, PARAMETROS Y VARIABLES DEL PAQUETE.**

Máximo número de Líneas (MAX\_LIN) 250.

Máximo número de Barras (MAX\_BAR) 200.

Sistema (SIS001.DBF):

- Descripción del sistema (DSCSIS).
- Factor de alcance de la primera zona (FAZ1).
- Factor de alcance de la segunda zona (FAZ2).
- Factor de alcance de la tercera zona (FAZ3).
- Factor de seguridad de la primera zona (FS2Z).
- Factor de seguridad de la segunda zona (FS3Z).
- Tiempo de retardo de la segunda zona (TRZ2).
- Tiempo de retardo de la tercera zona (TRZ3).
- Potencia base del sistema eléctrico (POTBAS).
- Frecuencia del sistema (FRCSIS).

Barras (BAR001.DBF):

- Número de barra (NUMBAR).
- Código de la barra (CODBAR).
- Descripción de la barra (DSCBAR).
- Voltaje de la barra (VOLBAR).

Líneas (LIN001.DBF):

- Número de línea (NUMLIN).
- Código de la línea (CODLIN).
- Barra de envío (BARENV).
- Barra de recepción (BARREC).
- Resistencia de secuencia positiva (RSPLIN).
- Reactancia de secuencia positiva (XSPLIN).

Resistencia de secuencia cero (RSOLIN).  
Reactancia de secuencia cero (XSOLIN).  
Resistencia de falla 1 (RF1LIN).  
Resistencia de falla 2 (RF2LIN).  
Resistencia de falla 3 (RF3LIN).  
Impedancia mútua de la línea (ZMULIN).  
Capacidad de la línea (CAPLIN).

Transformadores (TRF001.DBF):

Número de transformador (NUMTRF).  
Código del transformador (CODTRF).  
Reactancia del transformador (REATRF).

Generadores (GEN001.DBF):

Número del generador (NUMGEN).  
Código del generador (CODGEN).

Relés (REL001.DBF):

Número del relé (NUMREL).  
Tipo de relé (TIPREL).  
Marca del relé (MARREL).  
Código del relé (CODREL).  
Impedancia de la zona 1 (Z1ZREL).  
Impedancia de la zona 2 (Z2ZREL).  
Impedancia de la zona 3 (Z3ZREL).  
Angulo de la línea (ANGREL).  
Tiempo de retardo de la zona 2 (T2ZREL).  
Tiempo de retardo de la zona 3 (T3ZREL).  
Angulo de máximo torque (AMTREL).  
Corriente en alta del T.C. (IATREL).  
Corriente en baja del T.C. (IBTREL).  
Voltaje en alta del T.P. (VATREL).  
Voltaje en baja del T.P. (VBTREL).  
Resistencia de falla 1 en el secundario (RT1LIN).  
Resistencia de falla 2 en el secundario (RT2LIN).  
Resistencia de falla 3 en el secundario (RT3LIN).  
Factor de transformación del relé (FTRREL).

Pares de relés (PAR001.DBF):

Número del relé primario (NUMRE1).

Número del relé de respaldo (NUMRE2).

Corrientes de cortocircuito trifásico (COR001.DBF):

Intensidad de corriente (INTCOR).

Tipo de elemento (TIPELE).

Número de elemento (NUMELE).

Marcas de los relés.

Relé Razona (REL\_RAZOA = 1).

Relé KD10/KD11 (REL\_WHOUS = 2).

Relé Pits (REL\_PITS1 = 3).

Relé Cuadramho (REL\_CUMHO = 4).

### **3.3 PROGRAMAS DE CORTOCIRCUITOS PARA SISTEMAS RADIALES DE DISTRIBUCION.**

Los programas son una adaptación en Lenguaje C++ para windows de los programas de cálculo de las impedancias de secuencia y de las corrientes de cortocircuito de alimentadores primarios radiales de distribución del Ing. Manuel Rueda. Ref. [2]

#### **3.3.1 PROGRAMA PARA CALCULAR LAS IMPEDANCIAS DE SECUENCIA.**

El programa calcula las impedancias propias, y de secuencia positiva y cero de diez tipos de alimentadores primarios radiales aéreos de distribución, usando el calibre del conductor, el material y los datos de la geometría de la línea.

La impedancia de un circuito de distribución está afectada también por factores como la presencia o ausencia de un conductor neutro, la puesta a tierra, y la conexión del transformador de la subestación; los cuales determinan

diferentes tipos de circuitos.

Además en la práctica existen circuitos bifásicos o monofásicos como derivaciones laterales, los cuales son varias combinaciones de una o dos fases con el neutro.

La impedancia de secuencia positiva se designa como  $Z_{11}$  y la de secuencia cero como  $Z_{00}$ . Dependiendo del método de puesta a tierra hay tres tipos de impedancia de secuencia cero:

$Z_{001}$ : falla que envuelve a tierra

$Z_{002}$ : falla que envuelve al neutro

$Z_{003}$ : falla que envuelve al neutro y tierra

Los tipos de circuitos que maneja el programa se muestran en el siguiente cuadro:

### TIPOS DE CIRCUITOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCION

TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCION DE LA LINEA	$Z_{11}$	IMPEDANCIA DE SECUENCIA		
		$\frac{3}{3}$	$Z_{001}$ Tierra	$Z_{002}$	$Z_{003}$ Neutro-N-T
1. 3 $\phi$ - Y, 4 hilos	3 fases, 1 conductor neutro (multigrounded-neutral)	multi-tierra		x	x
2. 3 $\phi$ - Y, 4 hilos	3 fases, 1 conductor neutro (unigrounded-neutral)	uni-tierra		x	xxx
3. 3 $\phi$ - Y, 3 hilos	3 fases, neutro a tierra en la subestación (unigrounded-system)			x	x
4. 3 $\phi$ - , 3 hilos	3 fases		x		
5. $\phi$ - $\phi$ - Y, abierta 3 hilos	2 fases, 1 conductor neutro	multi-tierra		x	x
6. $\phi$ - $\phi$ - Y, abierta 3 hilos	2 fases, 1 conductor neutro	uni-tierra		x	xxx
7. 1 $\phi$ - , 2 hilos	2 fases, neutro a tierra en la subestación			x	x
8. 1 $\phi$ - , 2 hilos	2 fases, sin conductor neutro		x		
9. 1 $\phi$ - , 2 hilos	1 fase , 1 conductor neutro	multi-tierra		x	x
10. 1 $\phi$ - , 2 hilos	1 fase , 1 conductor neutro	uni-tierra		x	xxx

\*\* Se emplea el término uni-tierra para indicar que el conductor neutro está a tierra únicamente en un punto, siendo éste la subestación

$\phi$  Fase

**DATOS DE ENTRADA.**

Para preparar los datos de entrada del programa hay que señalar el esquema del circuito a ser estudiado.

El programa permite la división del circuito radial en cualquier número de secciones de líneas, las cuales son identificadas por puntos de comienzo y fin, llamados nodos. Los nodos se codifican a través de un número de cinco o menos caracteres numéricos. Un nodo es un punto en el cual hay un cambio en el tipo de circuito, calibre del conductor, material, o configuración. También pueden ser puntos donde estén ubicados equipos de corrección de voltaje, o cualquier punto donde se necesite calcular las corrientes de falla.

Las secciones de línea, son determinadas por los nodos específicos. Algunas secciones del circuito primario pueden tener el mismo número de línea, diferenciándose únicamente por la longitud. Cuando el número de línea cambia significa que ha cambiado el tipo de circuito, por ejemplo de circuito trifásico a monofásico, o que el material del conductor, calibre o configuración ha cambiado.

Los datos del programa son ingresados por líneas de acuerdo a un formato específico, y son los siguientes: nombre de la empresa, identificación del sistema primario, fecha; indicación de fase o neutro, número de línea, tipo de circuito, material del conductor, calibre, cableado, resistencia, radio medio geométrico, diámetro del conductor, geometría del conductor y la resistividad de la tierra.

Mayor información de la preparación de los datos de entrada, así como del método de cálculo y las ecuaciones utilizadas, se pueden consultar en la Ref. [2].

**DATOS DE SALIDA.**

En el listado de resultados se repite la información de los datos de entrada; además se da los valores de reactancia interna del conductor, espaciamento medio geométrico de un grupo de conductores, espaciamento promedio conductor-imagen, altura promedio de un grupo de conductores sobre tierra y espaciamento promedio horizontal entre conductores.

En los resultados se tabulan las impedancias de secuencia como las de fase en sus componentes real e imaginaria, en ohmios por Km para cada una de las líneas ingresadas. La impedancia de secuencia positiva ( $Z_{11}$ ) y los tres posibles valores de secuencia cero ( $Z_{00}$ ) se muestran en la primera fila de resultados, y las impedancias propias y mútuas ( $Z_{aa-t}$ ,  $Z_{ab-t}$ ,  $Z_{nn-t}$  y  $Z_{nn-t}$ ) en la segunda fila.

Además se sacan las impedancias de secuencia de las secciones individuales en ohmios, las cuales son utilizadas por el programa de cortocircuitos para calcular las corrientes de falla.

**3.3.2 PROGRAMA DE CORTOCIRCUITOS.**

El programa calcula los valores máximos y mínimos de las corrientes de falla en puntos específicos sobre un circuito primario radial, usando los datos de impedancia del primer programa, y considerando además el voltaje, la impedancia de la fuente y la impedancia de la falla.

Las fallas pueden ser trifásicas, bifásicas y monofásicas, y se considera la presencia o no del conductor neutro y las características del sistema de puesta a tierra.

Las fallas más comunes dentro de un sistema de distribución son: línea a tierra, línea a línea y doble línea

a tierra.

#### **DATOS DE ENTRADA.**

Los datos de entrada de este programa son los resultados obtenidos del programa de impedancias de secuencia, y además los valores de impedancias de la fuente para máxima y mínima generación. Se debe ingresar el voltaje nominal del sistema, si no se dispone de los valores de voltaje (para condiciones máxima carga) obtenidos del programa de flujo de carga.

Hay que ingresar el valor de la impedancia de la fuente vista desde la barra de bajo voltaje de la subestación, es decir la impedancia vista hacia el sistema que alimenta al circuito de distribución. Los valores deben estar en ohmios, y deben incluir la impedancia del cable de salida.

También hay que ingresar el valor de la impedancia de falla, para determinar las corrientes mínimas de falla. Este valor puede ser determinado estadísticamente, o por referencias asumir un valor entre cinco y cuarenta ohmios.

La preparación de los datos de entrada, así como del método de cálculo y las ecuaciones utilizadas, se pueden consultar en la Ref. [2].

#### **DATOS DE SALIDA.**

Para cada nodo del sistema se muestran las corrientes de falla, el punto terminal de una sección y el tipo de línea de dicha sección considerada en dirección de la fuente. En una primera fila se representa las magnitudes máximas de corrientes de falla, calculadas usando el voltaje nominal, impedancia de falla igual a cero e impedancia de la fuente para condiciones de máxima generación. En la segunda fila se indica las corrientes mínimas de falla, calculadas usando los

mínimos voltajes si éstos son conocidos, impedancia de falla e impedancia de la fuente para mínima generación.

Si una clase de falla no existe para un nodo, aparecen espacios en blanco. Además se usa asteriscos para designar al mayor y menor valor de corrientes de falla para un nodo.

Si existe una falla doble línea a tierra o neutro, el programa calcula dos valores de corriente, ya que no necesariamente son iguales las magnitudes en las dos líneas.

# CAPITULO IV

## APLICACIONES

### 4.1 DESCRIPCION GENERAL DEL S.E.Q.

Es necesario recordar que el presente proyecto se desarrolló tomando como referencia el Sistema Eléctrico Quito (S.E.Q.); por tal razón se hará una ligera descripción del mismo. Ref.[1]

Los niveles de voltaje que se tiene para un sistema de distribución son:

6300 (V) en la zona centro-urbana.

13800 (V) en las zonas norte urbana y sureste rural.

22000 (V) en la periferia urbana, zonas industriales y en el sector rural.

Para los sistemas de subtransmisión se tienen niveles de voltaje de:

46000 (V) para toda la parte interna de Quito.

138000 (v) para la periferia de la ciudad.

Los sistema de distribución son todos radiales con excepción de la parte céntrica de la ciudad en donde se tienen sistemas subterráneos mallados a 6300 (V).

En cuanto a los sistemas de protecciones para los sistemas radiales de distribución, estos guardan todos los esquemas y criterios descritos en el presente trabajo. Así mismo la diversidad de los diferentes tipos de circuitos están considerados para el estudio de cortocircuitos.

Dentro de los sistemas de subtransmisión se tienen líneas radiales y malladas lo que se considera en este trabajo.

**4.2. ELEMENTOS DE PROTECCION USADOS EN EL S.E.Q.**

Para distribución, los equipos de protección de sobrecorriente que utiliza la empresa (1) están descritos en el capítulo II, sin embargo a continuación se presentan unos cuadros con los diferentes elementos usados en el S.E.Q.

**FUSIBLES:** (tipo expulsión - normas IEE-NEMA)

TIPO	VALORES					
	6K	10K	25K	40K	65K	100K
K	6K	10K	25K	40K	65K	100K
T	6T	10T	25T	40T	65T	100T
I carga Max (A)	9.0	15.0	37.5	60.0	97.5	150.0
Icc max (A)	400.0	800.0	2000.0	3000.0	5000.0	9000.0

**RECONECTADORES:** La denominación depende del fabricante del equipo (no obedece a una norma internacional).

TIPO	VOLTAJE NOMINAL SISTEMA (KV)	VOLTAJE MAXIMO SISTEMA (KV)	CORRIENTE BOBINA (A)	VOLTAJE IMPULSO (KV)	MEDIO EXTINC. ARCO
RX	14.4	15.5	25 - 400	110	Aceite
W	14.4	15.5	100 - 560	110	Aceite
VW	14.4	15.5	50 - 560	110	Vacío
VWV	24.9	27.0	50 - 560	125	Vacío
R	14.4	15.5	25 - 400	110	Aceite

**RELES DE SOBRECORRIENTE:** Las denominaciones corresponden a la norma BS142

TIPO	GENERAL ELECTRIC	WESTING-HOUSE	ASEA	TIEMPO RESET (seg)	RANGO LEVER	TAPS DISPONIBLES
TIEMPO DEFINIDO		CO6		8.0	0.5-10.0	4.0-12.0
TIEMPO INVERSO	CDG11	CO8	RXIDF	9.0	0.05-1.0	4.0-16.0
				26.0	0.5-10.0	4.0-12.0
	CDG16			0.08	0.05-1.0	1.0-4.0
TIEMPO MUY INVERSO	CDG13	CO9		4.0	0.05-1.0	4.0-16.0
				50.0	0.5-10.0	4.0-12.0
TIEMPO EXTREMA-DAMENTE INVERSO	CDG14			45.0	0.05-1.0	4.0-16.0

TIPO DE RELE	TAPS DISPONIBLES							
CDG16 CDG11	2.5	3.75	5.0	6.25	7.5	8.75	10.0	
CDG63 CDG23 CDG64 CDG66 CDG36 CDG26 CDG21	4.0	4.8	6.0	8.0	9.6	12.0	16.0	
CDG14	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
CO6 CO7 CO8 CO9	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	
RIDI RXIDF	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0		

Para los sistemas de subtransmisión, los equipos de protección usados son los relés de distancia, estos existen de diferentes marcas, los cuales serán revisados con más detalle a continuación:

- Para líneas de 138 [KV].- Se utilizan:

Transformadores de Corriente (T.C.) = 800/5

$$\text{Transformadores de Voltaje (T.P.)} = \frac{138000/\sqrt{3}}{115/\sqrt{3}}$$

- Para líneas de 46 [KV].- Se utilizan:

$$\text{Transformadores de Corriente (T.C.)} = 600/5$$

$$\text{Transformadores de Voltaje (T.P.)} = \frac{46000/\sqrt{3}}{115/\sqrt{3}}$$

Para cambiar la impedancia de [pu] a ohmios en el primario (alto voltaje) se usa la impedancia base:

$$Z_{\text{BASE}} = V_{\text{BARRA}}^2 / (\sqrt{3} * S_{\text{BASE}}) \text{ (p.u)}$$

$$Z_{\text{prim}} = Z_{\text{BASE}} * Z_{\text{pu}} \text{ (ohm)}$$

Para cambiar la impedancia de ohmios del primario a ohmios del secundario se usa los transformadores de Corriente y Voltaje:

$$Z_{\text{sec}} = \text{T.C.} * Z_{\text{prim}} / \text{T.P. (ohm)}$$

En la E.E.Q. básicamente se utilizan 4 tipos de relés de distancia:

**RAZOA.-** Fabricante: ASEA. Se encuentra instalado en la S/E Selva Alegre. Tiene las siguientes variables de ajuste:  
Ref.(13)

- a: Ajuste del factor de corriente reactivo. Perilla de ajuste entre 5 y 99 en pasos de 1.
- b: Ajuste del factor de corriente resistivo. Perilla de ajuste entre 5 y 99 en pasos de 1.
- p1: Ajuste del factor de voltaje para la primera zona. Perilla de ajuste entre 5 y 99 en pasos de 1.
- p2: Ajuste del factor de voltaje para la segunda zona. Perilla de ajuste entre 5 y 99 en pasos de 1.
- p3: Ajuste del factor de voltaje para la tercera zona. Perilla de ajuste entre 5 y 99 en pasos de 1.

- E(x1): Porcentaje de error en el ajuste de la reactancia de Z1.
- E(x2): Porcentaje de error en el ajuste de la reactancia de Z2.
- E(x3): Porcentaje de error en el ajuste de la reactancia de Z3.
- E(r1): Porcentaje de error en el ajuste de la resistencia de Z1.
- Y: Factor de compensación homopolar. Perilla de ajuste entre 1 y 15 en pasos de 1.
- N2: Ajuste del escalonamiento de tiempo para T2 de la Zona 2. Perilla de ajuste entre 1 y 15 en pasos de 1.
- N3: Ajuste del escalonamiento de tiempo para T3 de la Zona 3. Perilla de ajuste entre 1 y 15 en pasos de 1.

Cada marca de relé tiene sus ecuaciones, las cuales son proporcionadas por el fabricante. Para obtener estas variables se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$x1 = 3.2 * f * a / (In * 50 * p1)$$

$$x2 = x1 * p1 / p2$$

$$x3 = x1 * p1 / p3$$

$$r1 = 3.2 * b / (In * p1)$$

$$K_N = x0 - xL / (3 * xL)$$

$$Y = K_N / 0.1$$

$$T2 = N2 * 50 \text{ ms.}$$

$$T3 = N3 * 200 \text{ ms.}$$

Donde:

x1 = reactancia de la zona 1 en ohmios secundarios.

x2 = reactancia de la zona 2 en ohmios secundarios.

x3 = reactancia de la zona 3 en ohmios secundarios.

r1 = resistencia de la zona 1 en ohmios secundarios.

KN = factor de compensación homopolar.

xL = reactancia de secuencia positiva de la línea.

x0 = reactancia homopolar de la línea.

T2 = tiempo de retardo de la zona 2 en [ms.]

T3 = tiempo de retardo de la zona 3 en [ms.]

Luego de correr el programa iterativo de ajustes, se tendrán los diferentes valores de calibración; en caso de que no se pueda ajustar los parámetros del relé RAZOA, esto se deberá a que las variables descritas anteriormente salen fuera de los rangos dados por el fabricante.

**KD10.-** Fabricante: Westinghouse. Se encuentra instalado en la S/E Vicentina, Norte, Sur, Eplicachima. Tiene las siguientes variables de ajuste: Ref.(22)

S: Taps del bobinado principal del auto-transformador.

T: Compensador para el transformador con doble bobinado con entre-hierro.

M: Taps para el bobinado terciario que puede ser aditivo o sustractivo.

L-R: Pueden ser positivo o negativo y dan el signo a M.

Este relé utiliza el alcance de la primera zona (Z1) en ohmios del secundario para el ajuste. Por lo tanto, sólo se pueden ajustar líneas que se encuentran entre 0.230 y 4.5 ohmios en el secundario. Una vez encontrados estos parámetros, se puede comprobar que estén bien calculados mediante la siguiente expresión:

$$z1 = S * T / ( 1 + M )$$

Donde :

z1 = impedancia de la zona 1 en ohmios secundarios.

Luego de correr el programa iterativo de ajustes, y si no se pueden ajustar los parámetros del relé KD10, se deberá a que las variables descritas anteriormente salen fuera de los rangos dados por el fabricante.

**PYTS101.-** Fabricante: GEC. Se encuentra instalado en la S/E Selva Alegre, Santa Rosa, Cumbayá, Guangopolo II, San Rafael. Tiene las siguientes variables de ajuste: Ref.(29)

**KD:** Switch en el circuito de restricción de voltaje. Puede ser 0.1, 1 ó 2.

**KZ:** Ajuste de impedancia. Tiene 7 taps de 0, 1, 2, 3, 5, 10 y 20 para T.C. de 1[A] en bajo voltaje y tiene 7 taps 0, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0, 2.0 y 4.0 para T.C. de 5[A] en bajo voltaje.

**K1:** Ajuste del potenciómetro de la zona 1 del circuito de restricción de voltaje. Tiene valores entre 0.5 y 1.

**K2:** Ajuste del potenciómetro de la zona 2 del circuito de restricción de voltaje.

**K3:** Ajuste del potenciómetro de la zona 3 del circuito de restricción de voltaje.

**KZN:** Ajuste para medición de impedancia neutra.

**K1N:** Ajuste para medición de impedancia a tierra. Tiene valores entre 0.5 y 1.5.

Para obtener estas variables se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$z1 = KZ * K1 * KD$$

$$z2 = K2 * KZ * K1 * KD$$

$$z3 = K3 * KZ * K1 * KD$$

$$KZN = (z0 - zL) * z1 / (3 * zL)$$

$$K1N = KZN / (KD * KZN)$$

Donde:

z1 = impedancia de la zona 1 en ohmios secundarios.

z2 = impedancia de la zona 2 en ohmios secundarios.

z3 = impedancia de la zona 3 en ohmios secundarios.

zL = impedancia de secuencia positiva de la línea.

z0 = impedancia de secuencia cero de la línea.

Así mismo, luego de correr el programa iterativo de ajustes, y si no se puede ajustar los parámetros del relé PYTS, se deberá a que las variables descritas anteriormente salen fuera de los rangos dados por el fabricante.

**CUADRAMHO.-** Fabricante: GEC. Se encuentra instalado en la S/E 7, 3, Selva Alegre. Tiene las siguientes variables de ajuste: Ref.[30]

- Factores de ajuste de la primera zona:  $k_1, k_2, k_{11}, k_{12}, k_{13}, k_{14}$ .
- Factores de ajuste de la segunda zona:  $k_{21}, k_{22}$ .
- Factores de ajuste de la tercera zona:  $k_{31}, k_{32}, k_{33}, k_{34}, k_{35}, k_{36}, k_{37}$ .
- Factores de compensación para el ajuste de falla a tierra:  $k_4, k_5, k_6$ .

Para obtener estas variables se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}z_1 &= (k_1 + k_2) / I_{bt} \\z_{1m} &= (k_{11} + k_{12} + k_{13}) * k_{14} \\z_{1c} &= (k_{11} + k_{12} + k_{13}) * k_{14} * z_1 \\z_{2m} &= z_2 / z_1 \\z_{2m} &= (k_{21} + k_{22}) * k_{14} \\z_{2c} &= (k_{21} + k_{22}) * k_{14} * z_1 \\z_{3m} &= z_3 / z_1 \\z_{3m} &= (k_{31} + k_{32}) * k_{33} \\z_{3i} &= 0.25 * z_1 \\z_{3im} &= z_3 / z_1 \\z_{3im} &= (k_{35} + k_{36}) * k_{33} * k_{37} \\KN &= (z_0 - z_L) / (3 * z_L) \\KN * z_1 &= (k_4 + k_5 + k_6) / I_{bt}\end{aligned}$$

Donde:

- $z_1$  = impedancia de la zona 1 en ohmios secundarios.
- $z_{1m}$  = multiplicador de la zona 1.

$z1c$ = impedancia de la zona 1 corregido en ohmios secundarios.

$z2$  = impedancia de la zona 2 en ohmios secundarios.

$z2m$ = multiplicador de la zona 2.

$z2c$ = impedancia de la zona 2 corregido en ohmios secundarios.

$z3$  = impedancia de la zona 3 en ohmios secundarios.

$z3m$ = multiplicador de la zona 3.

$z3c$ = impedancia de la zona 3 corregido en ohmios secundarios.

$z3i$ = impedancia inversa de la zona 3 en ohmios secundarios.

$z3im$ = multiplicador de la impedancia inversa de la zona 3.

$KN$  = factor de compensación de falla a tierra.

Luego de correr el programa iterativo de ajustes, si no se pueden ajustar los parámetros del relé CUADRAMHO, se debe a que las variables descritas anteriormente salen fuera de los rangos dados por el fabricante.

**4.3 EJEMPLOS DE APLICACION**

Se han preparado cuatro ejemplos de aplicación, de los cuales tres corresponden a datos reales de la E.E.Q., en tanto que el primero es un ejemplo de carácter ilustrativo. Los dos primeros ejemplos corresponden a coordinación de protecciones para distribución, el tercero es un ejemplo de cortocircuitos para sistemas radiales de distribución, y finalmente el cuarto corresponde a coordinación y ajustes de relés de distancia.

**4.3.1 EJEMPLO # 1**

Ejemplo ilustrativo para coordinación de protecciones en un sistema radial de distribución; contempla todos los posibles casos de coordinación entre los diferentes equipos existentes. Ref.[1]

El diagrama unifilar se muestra en la figura No. 4.1

Datos de Entrada:

FUSIBLES:

FUSIBLE	TIPO	I CARGA MAX (A)	I FALLA MAX (A)	I FALLA MIN (A)
F1	K	16	610	215
F2	K	10	610	200
F3	T	26	920	220
F4	T	59	1015	675
F5	K	68	1015	340
F6	K	28	1500	800
F7	T	46	1500	820



RECONECTADORES:

RECONECTADOR	REC1
TIPO	W
I CARGA MAX (A)	117
I FALLA MAX (A)	1500
I FALLA MIN (A)	763
MODO OPERACION	2R2L
INTERVALO RECIERRE (ciclos)	30

RELES (Unidades de Fase):

RELE	R1	R2	R3	R4	R5
MARCA	GEC	WESTING-HOUSE.	MITSUBISHI	GEC	GEC
TIPO	CDG16	C07	CO8	CDG11	CDG16
I CARGA MAX (A)	191	225	416	135	124.5
I FALLA MAX (A)	2250	2250	2250	860	226
I FALLA MIN (A)	1100	2000	2000	620	162
REL T/C	150/5 (30)	300/5 (60)	600/5 (120)	200/5 (40)	200/5 (40)
INSTANT. PRIM (A)	1800	2500	2700	1668	516
INSTANT. SECU (A)	60	41.7	22.5	20.5	12.9
TAP CAL.	7.32	4.41	3.79	3.88	3.58
TAP DISP	7.5	5.0	4.0	3.75	3.75
I PICK UP (A)	225	300	480	150	150
CABLE PROTEGE	350 MCM	500 MCM	2*500 MCM	4/0 AWG	4/0 AWG
I MAX CABLE(A)	310	380	760	230	230
CODIGO NODO	445	445	445	446	444
POSICION COORD.	11	12	10	20	01
VOLTAJE (KV)	6.3	6.3	6.3	23	46

FACTOR DE DESBALANCE DE CARGA: 1.15

RELES (Unidades de tierra):

RELE	R1	R2	R3
MARCA	GEC	WESTINGHOUSE	MITSUBISHI
TIPO	CDG16	CO7	CO8
TAP CAL.	1.43	1.12	1.04
TAP DISP	2.5	2.0	2.0
INSTANT. PRIM (A)	1600	0	2000
INSTANT. SECU (A)	25	0	10.8
I PICK UP (A)	75	120	240

FACTOR DE DESBALANCE DE CARGA: 0.3

Se recomienda leer el manual del usuario (Anexo A) antes de ingresar los datos y continuar con la coordinación, ya que se podrá optimizar el tiempo de uso y minimizar errores en el ingreso de datos.

En cuanto al ingreso de datos de relés, es muy importante señalar que el valor del tap sea ingresado con el máximo disponible, ya que luego será actualizado al valor óptimo que será menor. Caso contrario si el tap ingresado es menor que el mínimo calculado, éste no intervendrá en la coordinación.

Cuando se coordina un primario que ha sido coordinado anteriormente, se debe tener mucho cuidado en revisar los intervalos de apertura de los reconectores seleccionados inicialmente.

Los resultados de la coordinación se obtienen en el siguiente orden:

Coordinación del primario A

Coordinación fusible-fusible:

Tramo 8 - 9 : fusible protegido F1

Tramo 7 - 8 : fusible protector F3

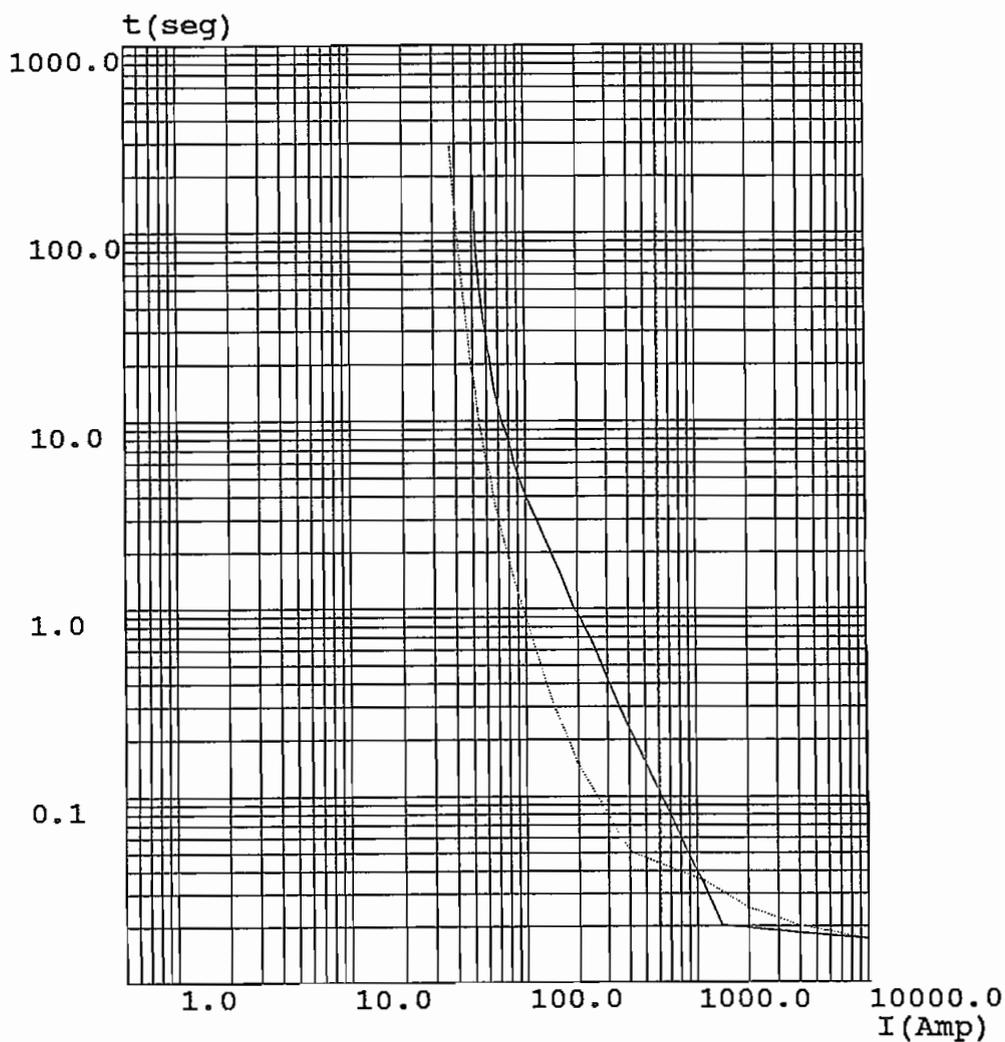
COORDINACION ENTRE FUSIBLES

Corr. Coordinacion: 610.00

F. Protector: 25T F. Protegido: 15K

Fus.proteg.(MTD), tiempo oper.: 0.046

Fus.protec.(MTF), tiempo oper.: 0.104



Coordinación fusible-fusible:

Tramo 8 - 10 : fusible protegido F2

Tramo 7 - 8 : fusible protector F3

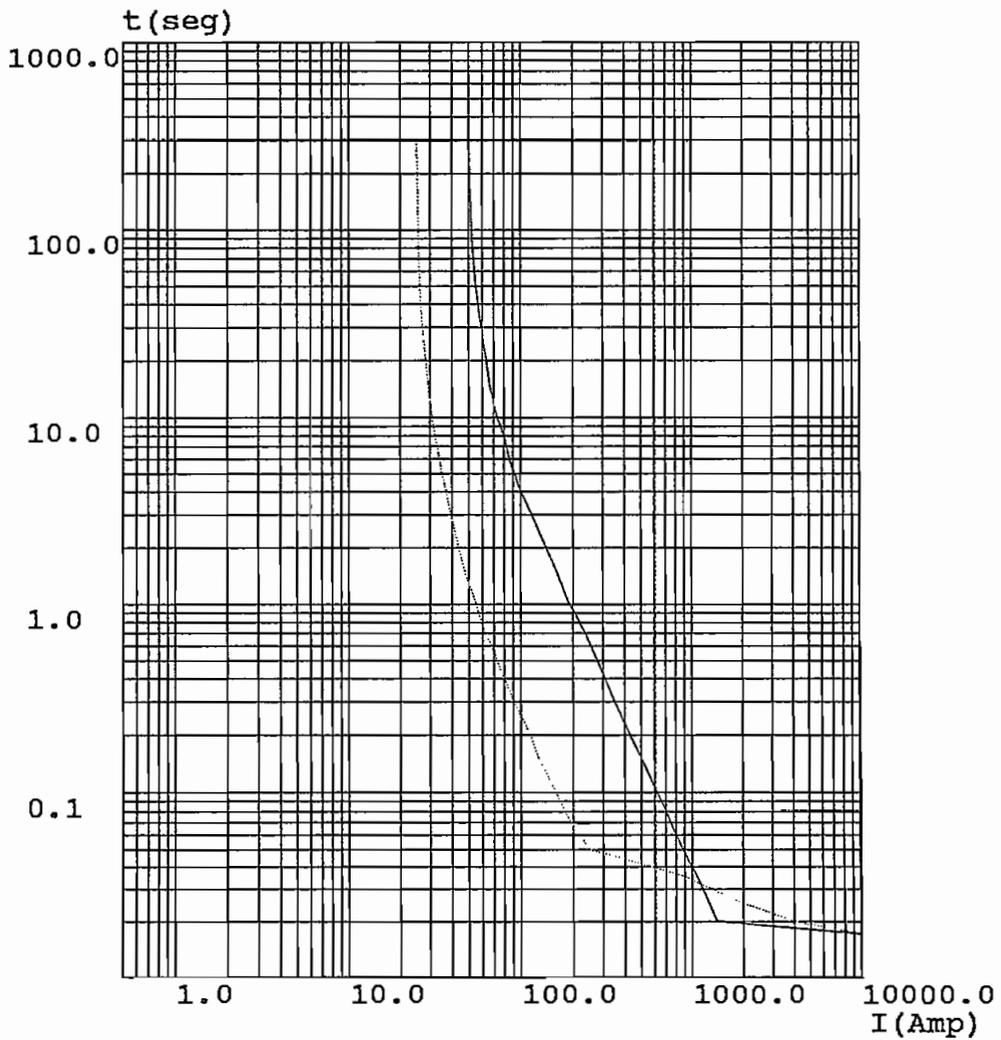
COORDINACION ENTRE FUSIBLES

Corr. Coordinacion: 610.00

F. Protector: 25T F. Protegido: 10K

Fus.proteg.(MTD), tiempo oper.: 0.042

Fus.protec.(MTF), tiempo oper.: 0.104



Coordinación fusible-fusible:

Tramo 7 - 8 : fusible protegido F3

Tramo 5 - 7 : fusible protector F4

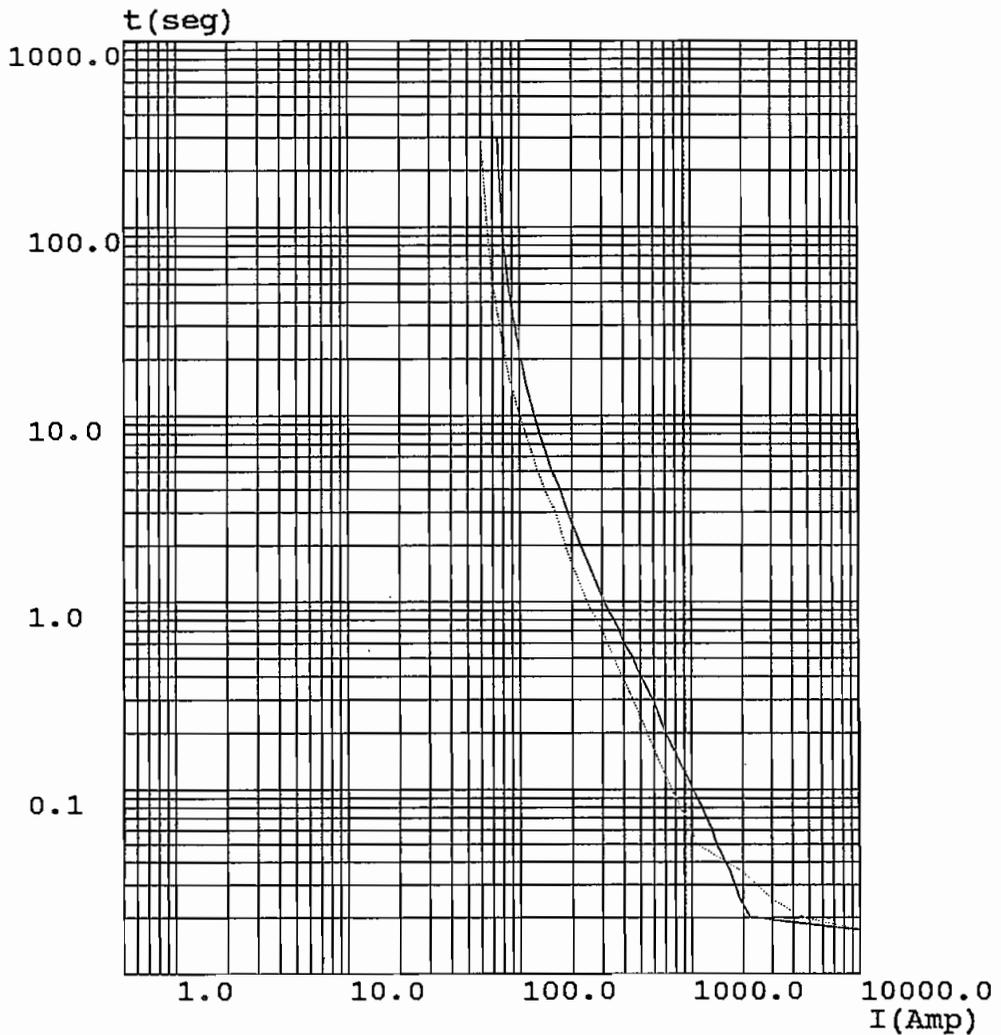
COORDINACION ENTRE FUSIBLES

Corr. Coordinacion: 920.00

F. Protector: 40T F. Protegido: 25T

Fus.proteg.(MTD), tiempo oper.: 0.071

Fus.protec.(MTF), tiempo oper.: 0.124



Coordinación reconectador - fusible

Tramo 5 - 6 : F5 (fusible) protegido

Tramo 2 - 5 : Rec1 (reconectador) protector

Cambio en el intervalo de apertura.

COORDINACION: RECONECTADOR - FUSIBLE

Puntos Cruce:1302 (A)(sup.) 280 (A)(inf.)

RECONEC. tipo:W (Modo:2R2L, Curv.lenta:D - Fusible:65K

FUSIBLE(cur.MTD), tie.oper.:0.1411

FUSIBLE(cur.MTF), tie.oper.:0.07937

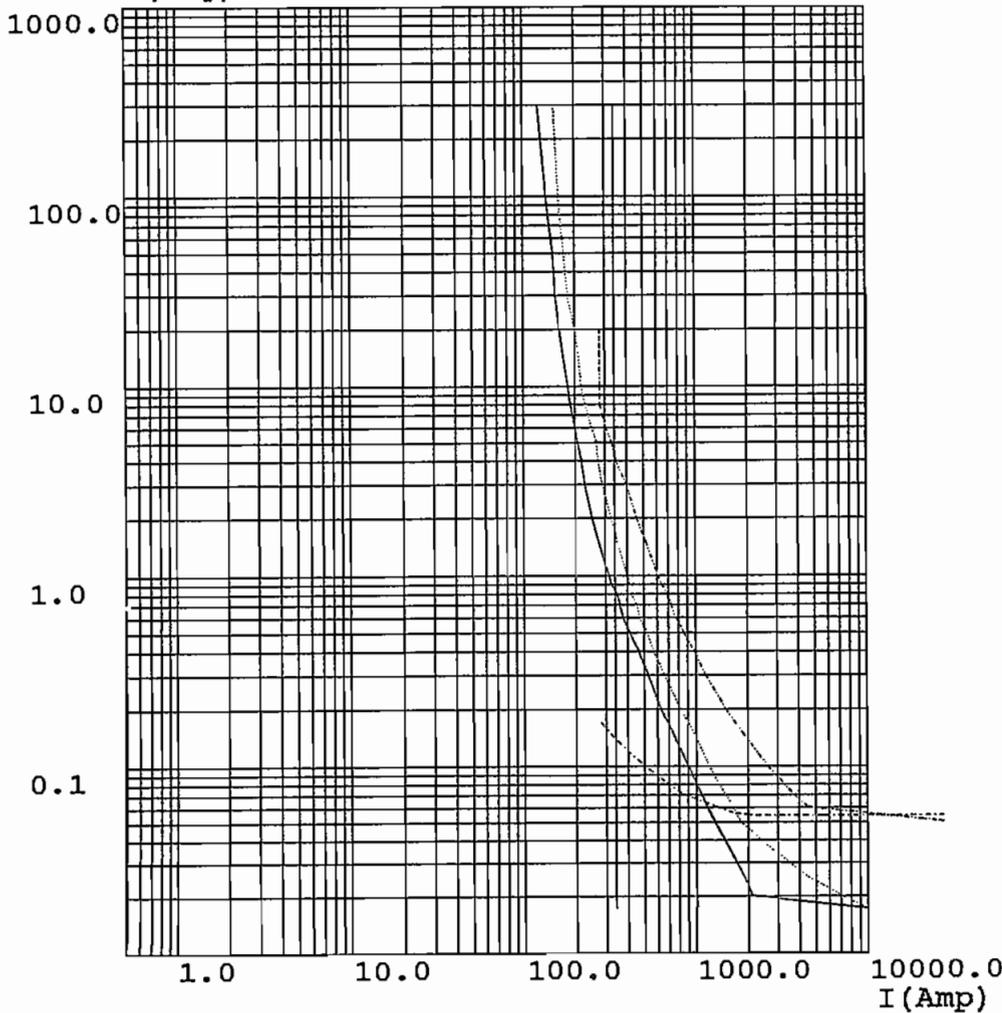
RECONEC.(cur.rap.), tie.oper.:0.06628

RECONEC.(cur.len.), tie.oper.:0.3792

corr. de coord. inferior:340

corr. de coord. superior:1015

t(seg)



Coordinación reconectador - fusible

Tramo 5 - 7 : F4 (fusible) protegido

Tramo 2 - 5 : Rec1 (reconectador) protector

Cambio en el intervalo de apertura del reconectador a 60 ciclos.

COORDINACION: RECONECTADOR - FUSIBLE

Puntos Cruce:1302 (A)(sup.) 280 (A)(inf.)

RECONEC. tipo:W (Modo:2R2L, Curv.lenta:D - Fusible:40T

FUSIBLE(cur.MTD), tie.oper.:0.1466

FUSIBLE(cur.MTF), tie.oper.:0.1012

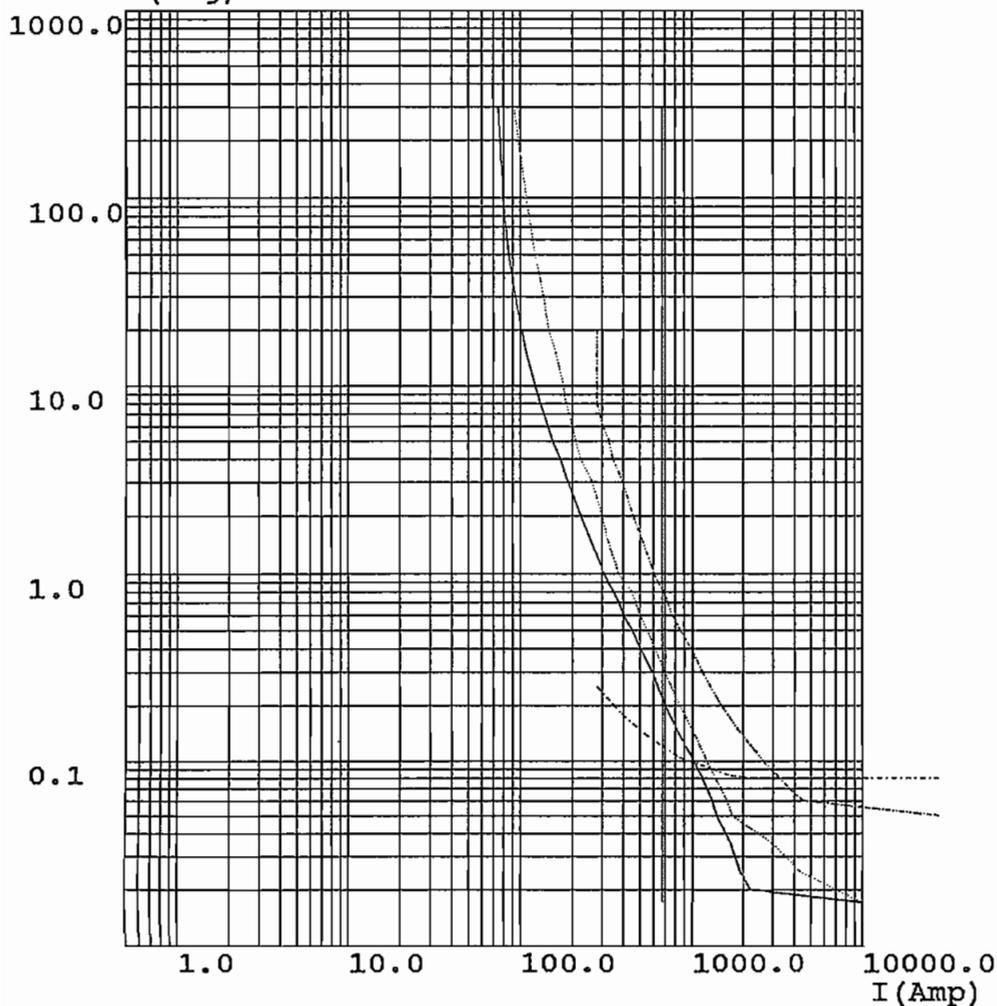
RECONE.(cur.rap.), tie.oper.:0.0982

RECONE.(cur.len.), tie.oper.:0.3792

corr. de coord. inferior:675

corr. de coord. superior:1015

t(seg)



Coordinación relé - fusible

Tramo 2 - 3 : F6 (fusible) protegido

Tramo 1 - 2 : R1 (relé) protector

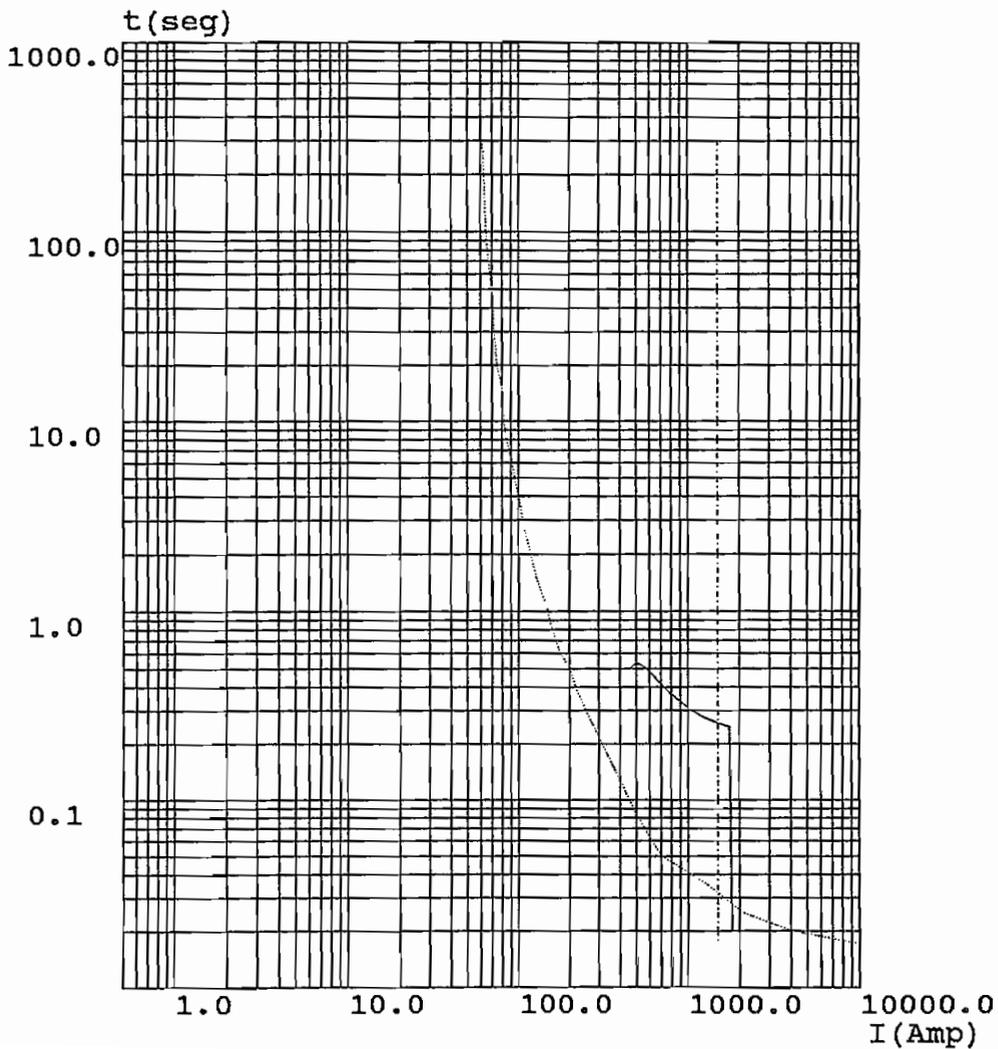
COORDINACION: RELE- FUSIBLE

Corr. Coordinacion:1500

Coordinacion:RELE tipo:CDG16 con FUSIBLE:25K

FUSIBLE(Cur.MTD):tiempo oper.: 0.0325

RELE: lev.:0.05 ,tap:7.5 , tie.oper.:0.2555



Coordinación relé - fusible

Tramo 2 - 4 : F7 (fusible) protegido

Tramo 1 - 2 : R1 (relé) protector

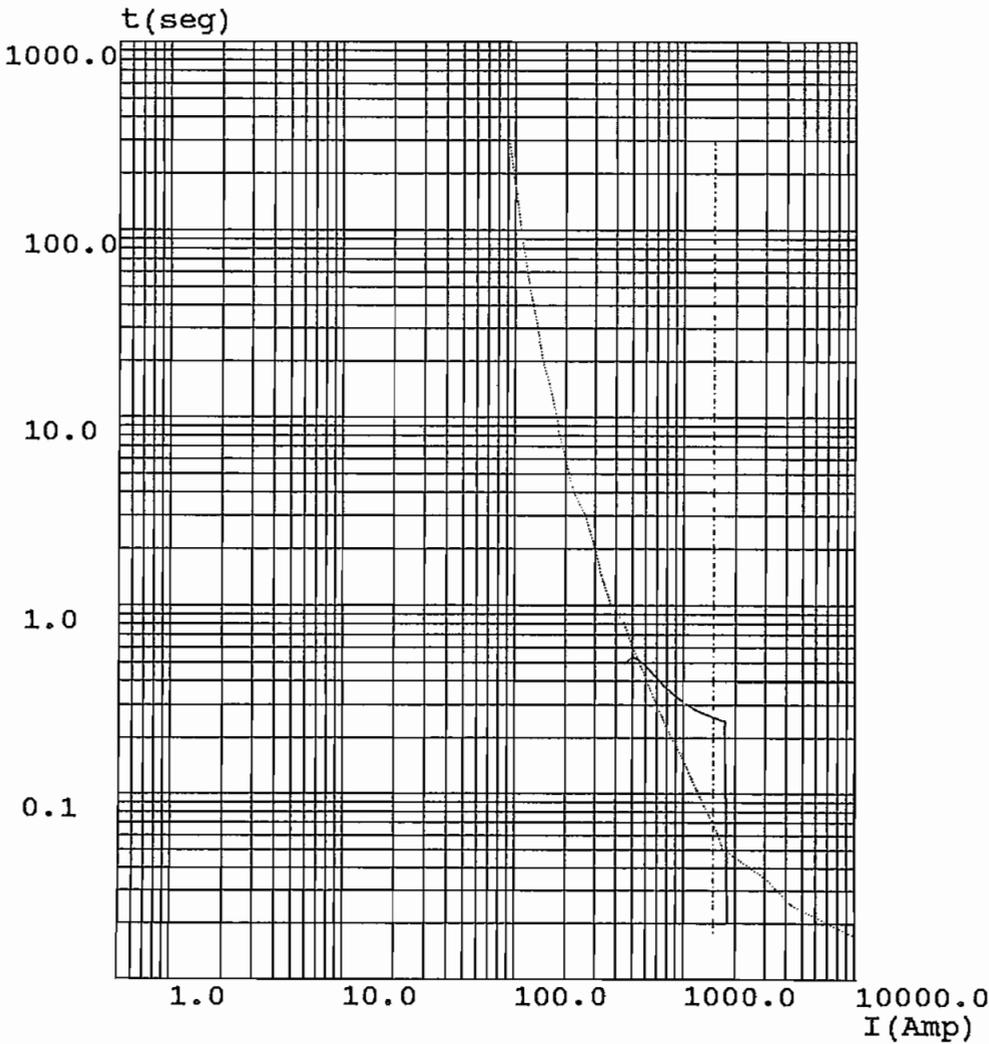
COORDINACION: RELE- FUSIBLE

Corr. Coordinacion:1500

Coordinacion:RELE tipo:CDG16 con FUSIBLE:40T

FUSIBLE(Cur.MTD):tiempo oper.: 0.0687

RELE: lev.:0.05 ,tap:7.5 , tie.oper.:0.2555



Coordinación relé - reconectador

Tramo 2 - 5 : Rec1 (reconectador) protegido

Tramo 1 - 2 : R1 (relé) protector

COORDINACION: RELE- RECLOSER

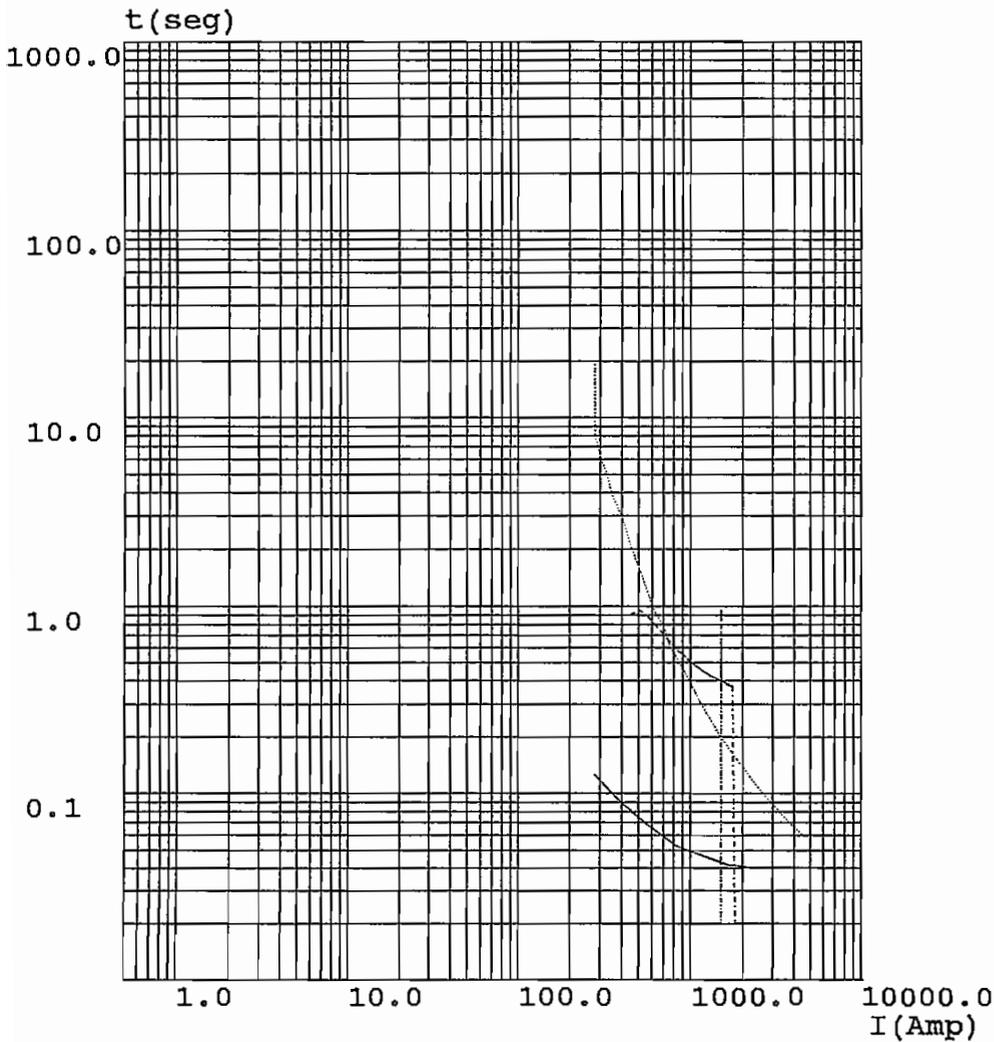
Corr. Coordinacion:1500.000

RELE tipo:CDG16 RECONEC. tipo:W (Modo:2R2L Int.apert.:2

RECONEC.(Curv.lenta: D tie.oper.:0.198

RECONEC.(Curva rapida: tie.oper.:0.043

RELE: Tap:7.500 Lever:0.100 tie.oper:0.394



REPORTE DE COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE EN UN PRIMARIO

EMPRESA: E.E.Q. S.A.

SUBESTACION: EJEMPLO

PRIMARIO: A

VOLTAJE: 6300

FECHA DE LA ULTIMA COORDINACION:

94.05.27

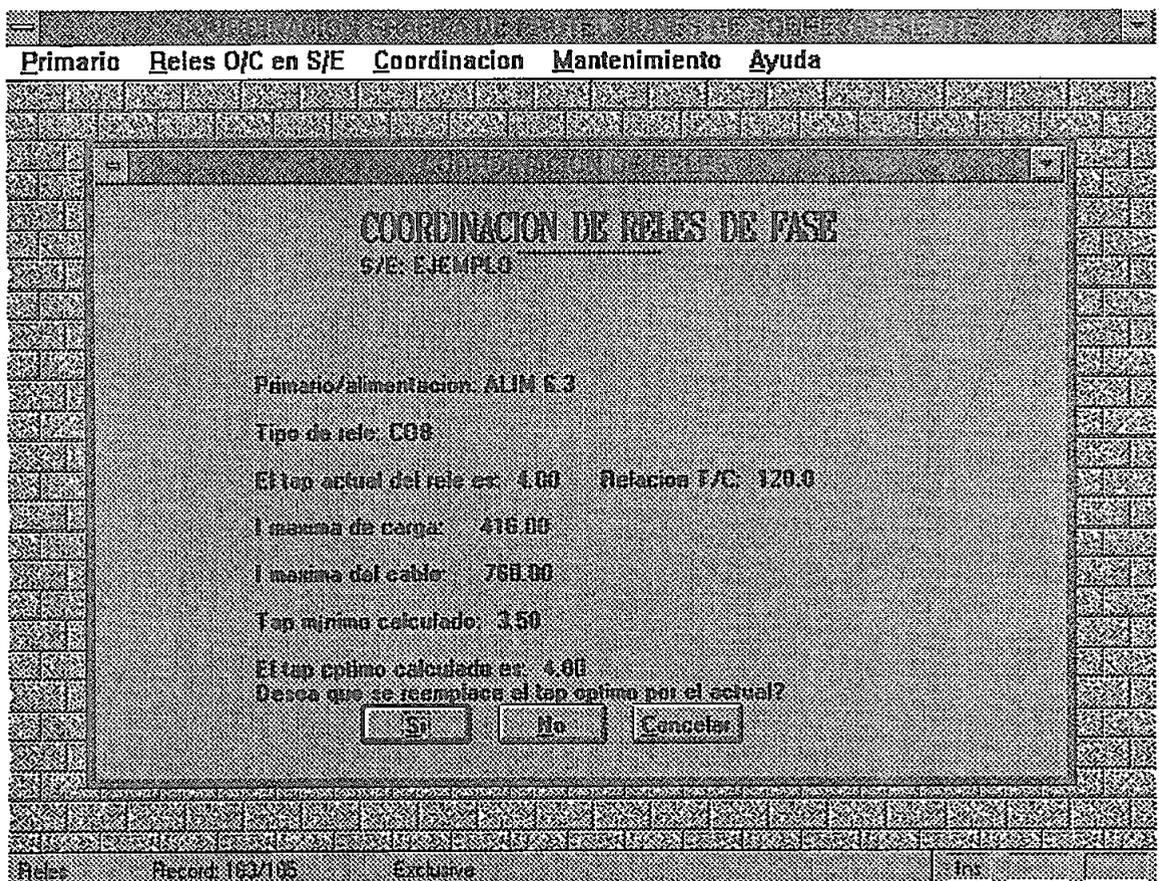
NODO INICIO	NODO FIN	NOMBRE EQUIPO	TIPO EQUIPO	VALOR FUSL.	TIEMPO OPERA. FUSIB. (seg)	MODO OPER. RECON.	C R I A U E N P R C T E V O E R A N R T V U (COD)	CORR. TRIP RECON. (A)	COR.c.c. APERTURA RECON. (A)	TIEMPO OPER. RECLOSER (SEG)	TAP RELE	LEVER RELE	TIEMPO OPERAC. RELE (SEG)	RELAC. T/C (RELE)	CALIB. INST. (RELE)	CORR. CARGA (A)	CORR. FALLA MINIMA (A)	CORR. FALLA MAXIMA (A)	OBSERVACIONES
01	02	RELE	CDG16		0.000			0.0	0.0	0.000	7.50	0.10	0.394	30.0	1800.0	191.0	1100.0	2250.0	
02	03	FUSIBLE	K	25K	0.032			0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0	28.0	800.0	1500.0	
02	04	FUSIBLE	T	40T	0.069			0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0	46.0	820.0	1500.0	
02	05	RECLOSE	W		0.000	2R2L	D 2	280.0	6000.0	0.379	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0	117.0	763.0	1500.0	
05	06	FUSIBLE	K	65K	0.141			0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0	68.0	340.0	1015.0	CAMBIO DE INTERVALO DE APERTURA A 60 CICLOS
05	07	FUSIBLE	T	40T	0.124			0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0	59.0	675.0	1015.0	
07	08	FUSIBLE	T	25T	0.104			0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0	26.0	220.0	920.0	
08	09	FUSIBLE	K	15K	0.046			0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0	16.0	215.0	610.0	
08	10	FUSIBLE	K	10K	0.042			0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0	10.0	200.0	610.0	

Coordinación de los relés en la subestación EJEMPLO.

Coordinación de las unidades de fase en bajo voltaje:

R3 (ALIM 6.3) con R1 (A/P A), el lever resultante para R3 es 1.5 ; R3 (ALIM 6.3) con R2 (A/P B), el lever resultante para R3 es 2.5 ; por tanto el lever mayor que se fijará en R3 es 2.5

Los diferentes pasos de coordinación se pueden observar en los siguientes gráficos:

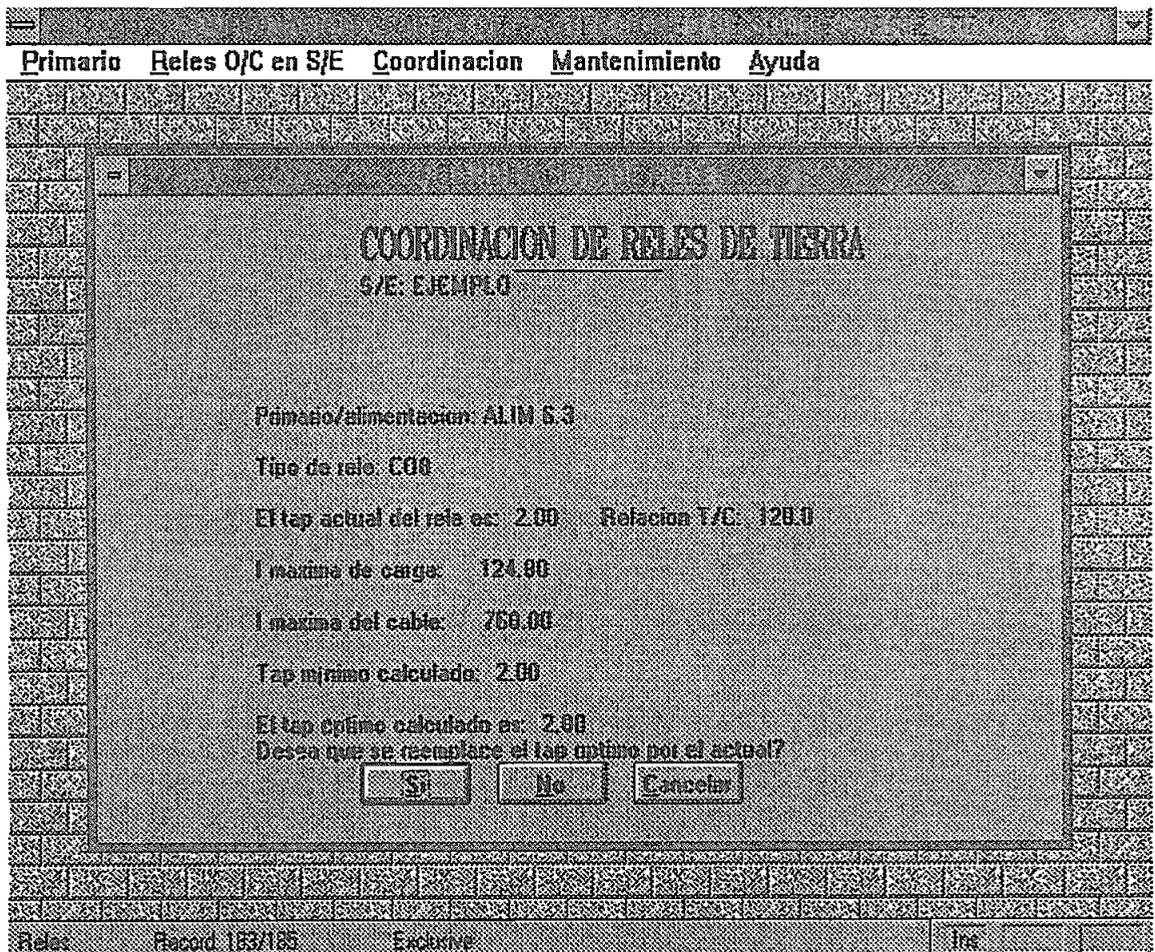




Coordinación de las unidades de tierra en bajo voltaje:

R3 (ALIM 6.3) con R1 (A/P A), el lever resultante para R3 es 1.0 ; R3 (ALIM 6.3) con R2 (A/P B), el lever resultante para R3 es 2.5 ; por tanto el lever mayor que se fijará en R3 es 2.5

Los diferentes pasos de coordinación se pueden observar en los siguientes gráficos:



**Primario** **Reles O/C en S/E** **Coordinacion** **Mantenimiento** **Ayuda**

**COORDINACION DE RELES DE PASE**  
S/E: EJEMPLD

Coordinando entre los reles:

ALIM 6.3	CG6	4.00	2.50
B	CG7	5.00	2.00

PRIMARIO/ALIMEN: ALIM 6.3  
Lever actual: 2.50  
Lever calculado: 2.50

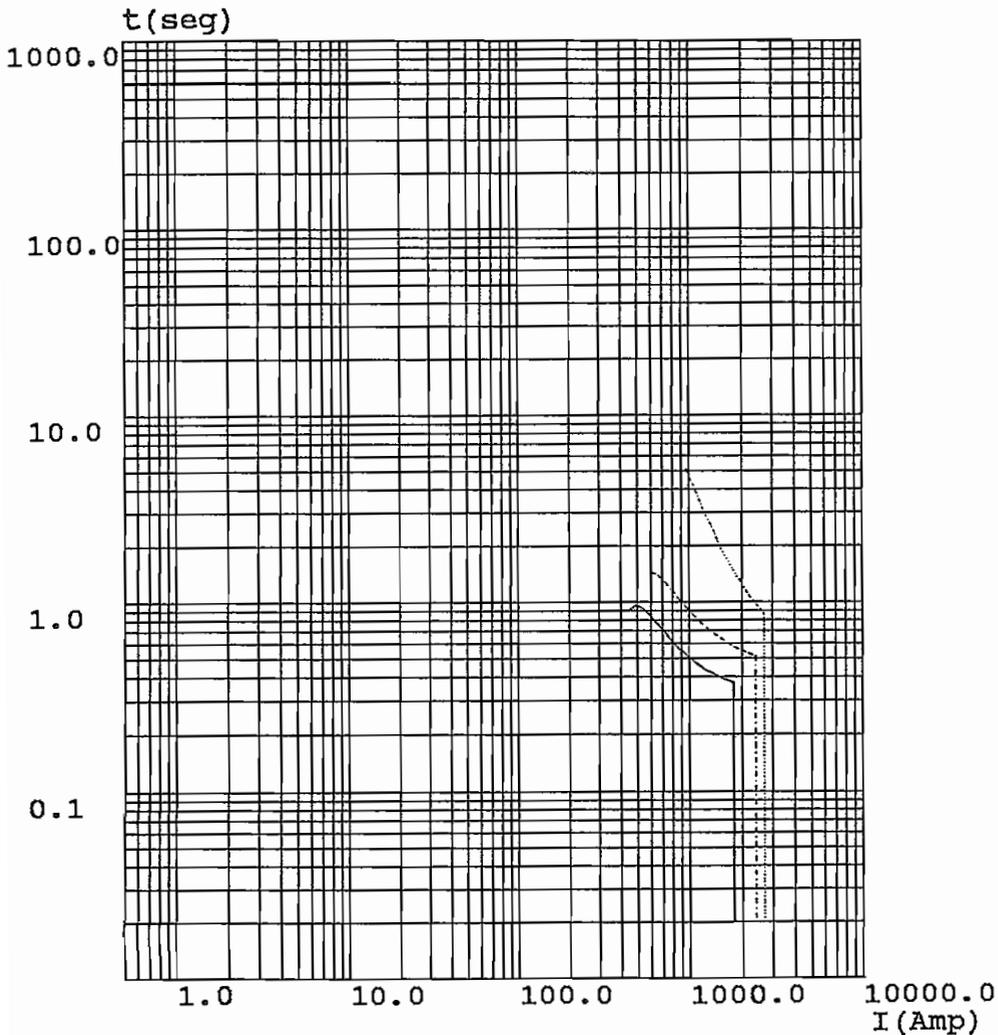
Desea reemplazar el lever actual con el calculado?

Reles Record: 183/185 Exclusive Ins

Gráfico de la coordinación de relés de fase en bajo voltaje:

COORDINACION RELES O/C. (RELES(S) DE BAJA: FASES  
S/E: EJEMPLO  
I Coor.= 2250 A.

ALIM 6.3	CO8	TAP=4.0	LEV=2.550	INS=22.50	(A) SEC.
A/P A	CDG16	TAP=7.5	LEV=0.110	INS=60.0	(A) SEC.
A/P B	CO7	TAP=5.0	LEV=2.00	INS=41.70	(A) SEC.



Primario **Reles O/C en S/E** Coordinacion Mantenimiento Ayuda

**COORDINACION DE RELES DE TIERRA**  
S/E: EJEMPLO

Primaria/alimentación: A  
Tipo de relé: CDS16  
El tap actual del relé es: 2.50 Relación T/E: 30.0  
I máxima de carga: 57.30  
I máxima del cable: 318.00  
Tap mínimo calculado: 2.50  
El tap óptimo calculado es: 2.50  
¿Desa que se reemplaza el tap óptimo por el actual?

Reles Record: 181/185 Excluir Inc

Primario **Reles O/C en S/E** Coordinacion Mantenimiento Ayuda

**COORDINACION DE RELES DE TIERRA**  
S/E: EJEMPLO

Primaria/alimentación: B  
Tipo de relé: CD7  
El tap actual del relé es: 2.00 Relación T/C: 60.0  
I máxima de carga: 67.50  
I máxima del cable: 380.00  
Tap mínimo calculado: 2.00  
El tap óptimo calculado es: 2.00  
¿Desa que se reemplaza el tap óptimo por el actual?

Reles Record: 182/185 Excluir Inc

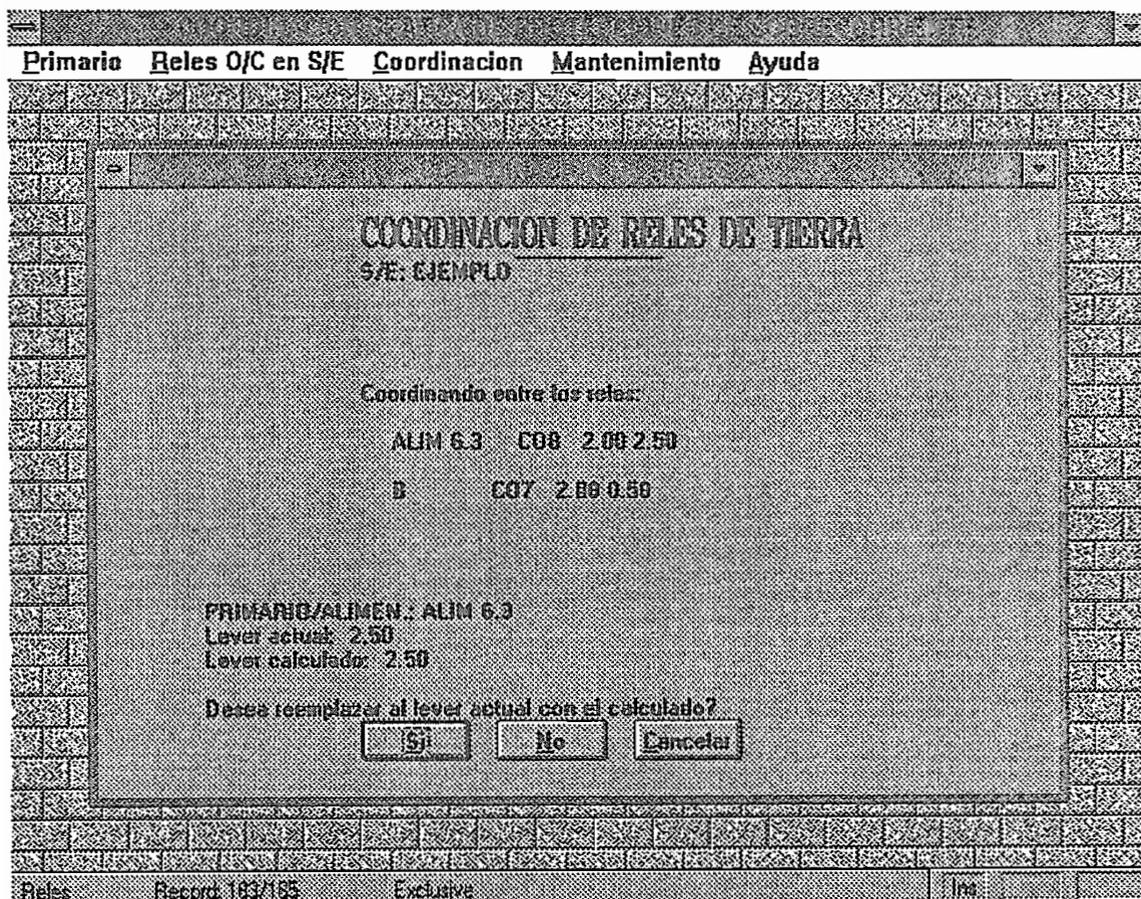
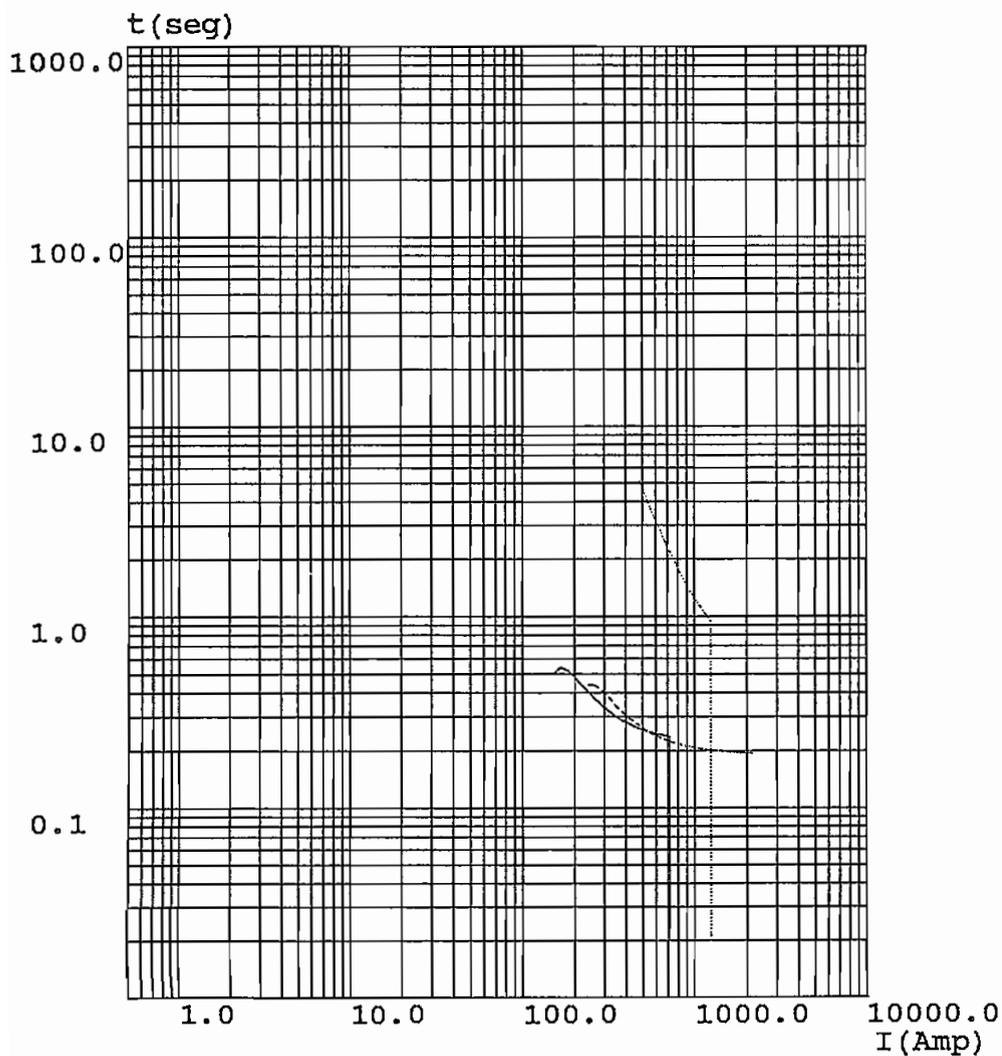


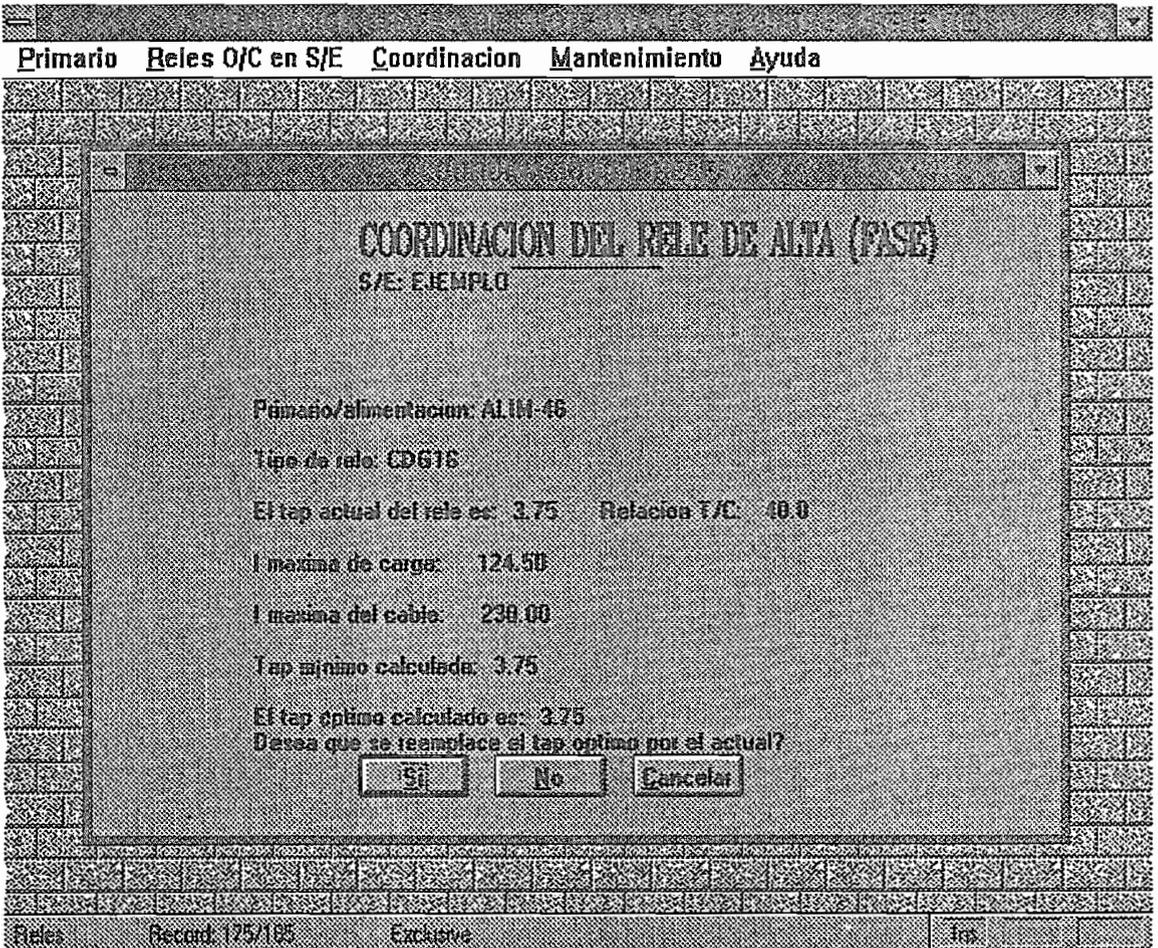
Gráfico de la coordinación de relés de tierra en bajo voltaje:

COORDINACION RELES O/C. (RELES(S) DE BAJA: TIERRA  
S/E:EJEMPLO  
I Coor.= 2000 A.

---	ALIM 6.3	CO8	TAP=2.0	LEV=2.550	INS=10.80	(A)SEC.
-	A/P A	CDG16	TAP=2.5	LEV=0.05	INS=25.0	(A)SEC.
---	A/P B	CO7	TAP=2.0	LEV=0.550	INS=0.0	(A)SEC.



En cuanto a la coordinación de los relés de alto voltaje, se sigue un procedimiento similar, los gráficos que indican la coordinación son los siguientes:



Primario **Reles O/C en S/E** Coordinacion **Mantenimiento** Ayuda

**COORDINACION DEL RELE DE ALTA (FASE)**  
S/E: EJEMPLO

Primario/alimentación: ALIM G.3  
Tipo de rele: CDG

El tap actual del rele es: 4.00      Relación I/C: 126.0

Limite de carga: 416.00  
Limite del cable: 760.00

Tap minimo calculado: 3.50

El tap optimo calculado es: 4.00  
Desea que se reemplazo el tap optimo por el actual?

Reles: Record: 183/185      Exclusivo      Ins

Primario **Reles O/C en S/E** Coordinacion **Mantenimiento** Ayuda

**COORDINACION DEL RELE DE ALTA (FASE)**  
S/E: EJEMPLO

Primario/alimentación: PRIM C  
Tipo de rele: CDG11

El tap actual del rele es: 3.75      Relación I/C: 40.0

Limite de carga: 135.00  
Limite del cable: 230.00

Tap minimo calculado: 3.75

El tap optimo calculado es: 3.75  
Desea que se reemplazo el tap optimo por el actual?

Reles: Record: 174/185      Exclusivo      Ins

Primario Reles O/C en S/E Coordinación Mantenimiento Ayuda

**COORDINACION DEL RELE DE ALTA (PASE)**  
S/E: EJEMPLO

PRIMARIO/ALBEN: A1M-46  
Lever actual: 0.20  
Lever calculado: 0.30

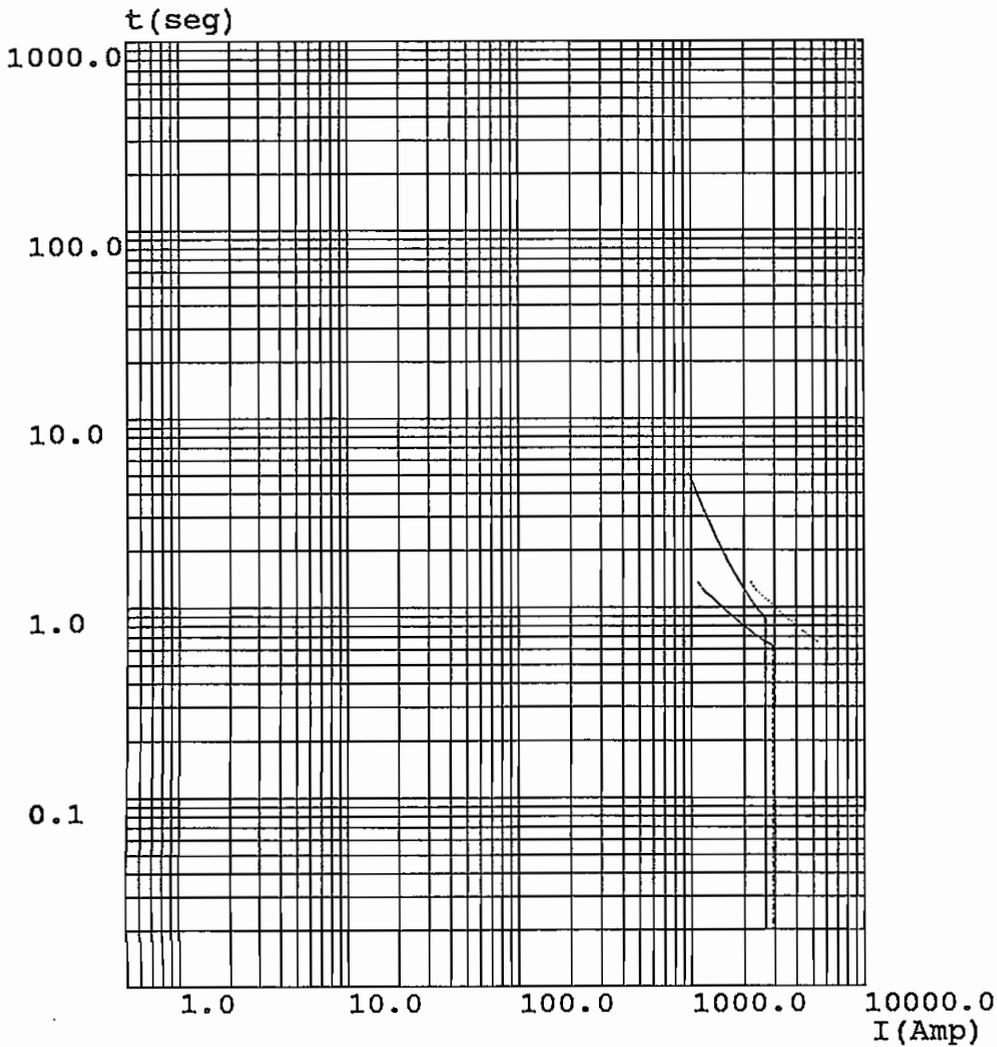
Desea reemplazar al lever actual con el calculado?

Reles: Record 175/185 Excluye: Ina

Gráfico de la coordinación de relés de fase en alto voltaje:

COORDINACION RELES O/C. (RELES(S) DE ALTA: FASES  
S/E: EJEMPLO  
I<sub>Coor.</sub> = 4200 A.

---	ALIM 46	CDG11	TAP=3.7	LEV=0.440	INS=20.50	(A) SEC.
-	ALIM 6.3	CO8	TAP=4.0	LEV=2.550	INS=22.50	(A) SEC.
---	A/P C	CDG11	TAP=3.7	LEV=0.440	INS=20.50	(A) SEC.



REPORTE DE COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE EN UNA SUBESTACION

SUBESTACION: EJEMPLO

ALIMENTACION O PRIMARIO	TIPO DE CABLE O CONDUCTOR	RELACION T/C	MARCA RELE DE FASE	TIPO RELE F	FASES TAP	FASES LEVER	FASES INSTAN	MARCA RELE DE TIERRA	TIPO RELE T	TIERRA TAP	TIERRA LEVER	TIERRA INSTAN	I MAX
ALIM 46	4/0 AWG	200.50	GEC	CDG11	3.75	0.40	20.5			0.00	0.00	0.0	230
ALIM 6.3	2 * 500 MCM	600.50	MITSUBISHI	CO8	4.00	2.50	22.5	MITSUBISHI	CO8	2.00	2.50	10.8	760
A/P A	350 MCM	150.50	GEC	CDG16	7.50	0.10	60.0	GEC	CDG16	2.50	0.05	25.0	310
A/P B	500 MCM	300.50	WESTINGHOU	CO7	5.00	2.00	41.7	WESTINGHOU	CO7	2.00	0.50	0.0	380
A/P C	4/0 AWG	200.50	GEC	CDG11	3.75	0.40	20.5			0.00	0.00	0.0	230

#### 4.3.2 EJEMPLO # 2

Coordinación de protecciones en el alimentador primario "B" de la subestación 18 de la E.E.Q.S.A.

El alimentador tiene un nivel de voltaje de 23 kV., cuyo diagrama unifilar se lo tiene en la figura No. 4.2. Ref.[1]

Los datos de entrada se los tiene indicados en el diagrama unifilar, la forma de ingreso de los mismos es similar al ejemplo anterior.

De este ejemplo, se presentarán únicamente los gráficos donde se logra la coordinación, ya que existen varios casos en donde no se logra coordinación, cuyas razones se indican en el reporte de coordinación.

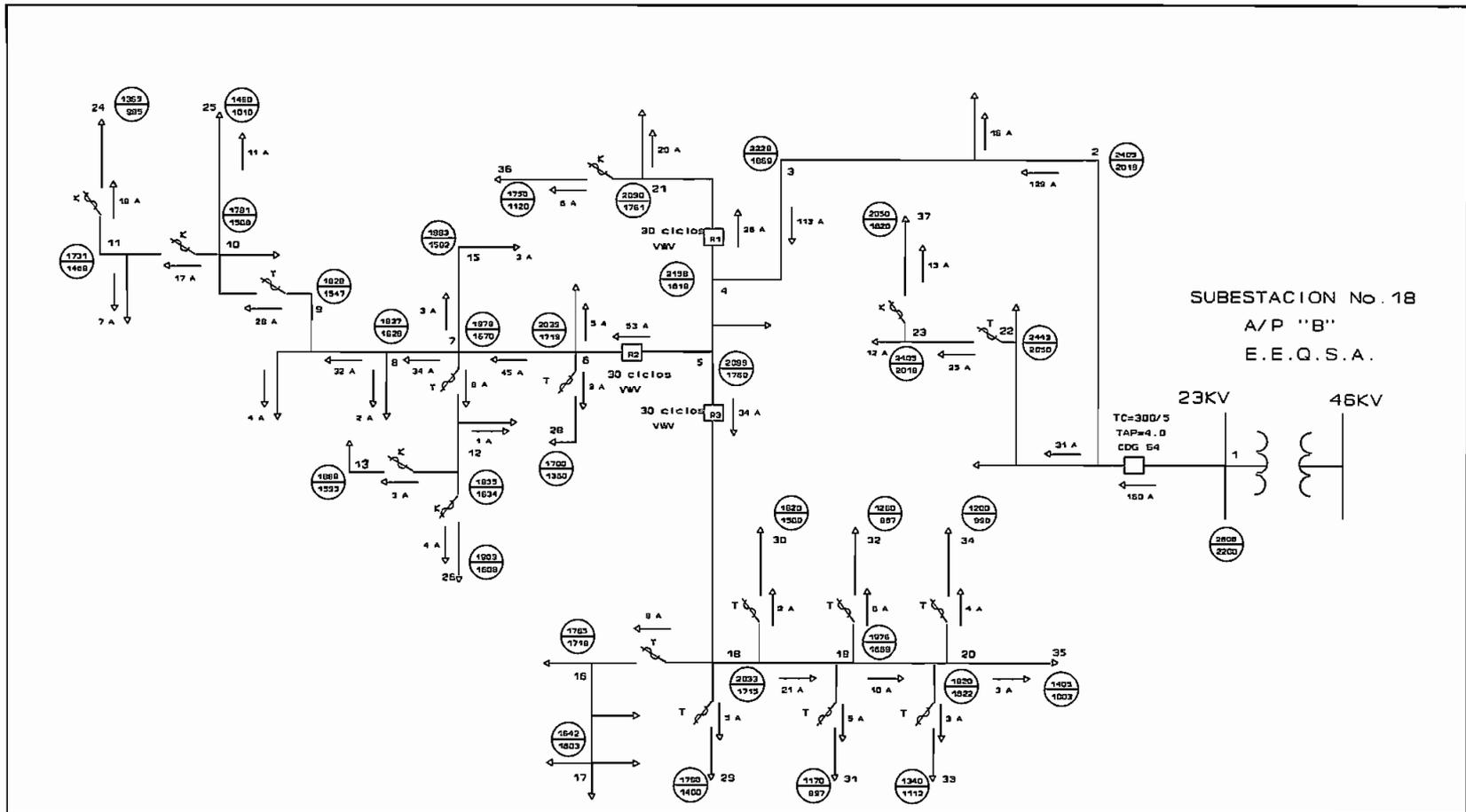


Figura No. 4.2

EJEMPLO PARA COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE.

Coordinación fusible - fusible

Tramo 23 - 37 : fusible tipo K protegido

Tramo 22 - 23 : fusible tipo T protector

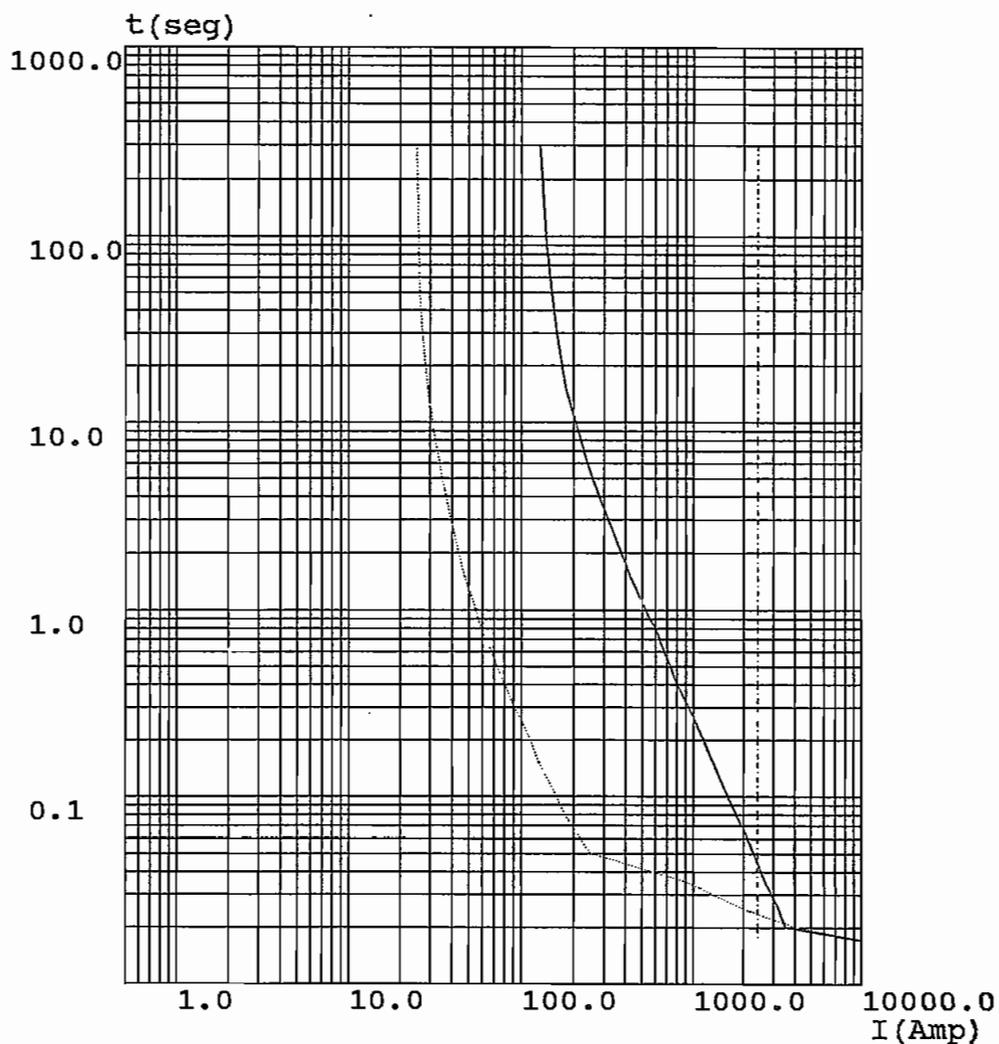
COORDINACION ENTRE FUSIBLES

Corr. Coordinacion: 2405.00

F. Protector: 65T F. Protegido: 10K

- Fus.proteg. (MTD), tiempo oper.: 0.024

- Fus.protec. (MTF), tiempo oper.: 0.046



Coordinación fusible - fusible

Tramo 12 - 13 : fusible tipo K protegido

Tramo 7 - 12 : fusible tipo T protector

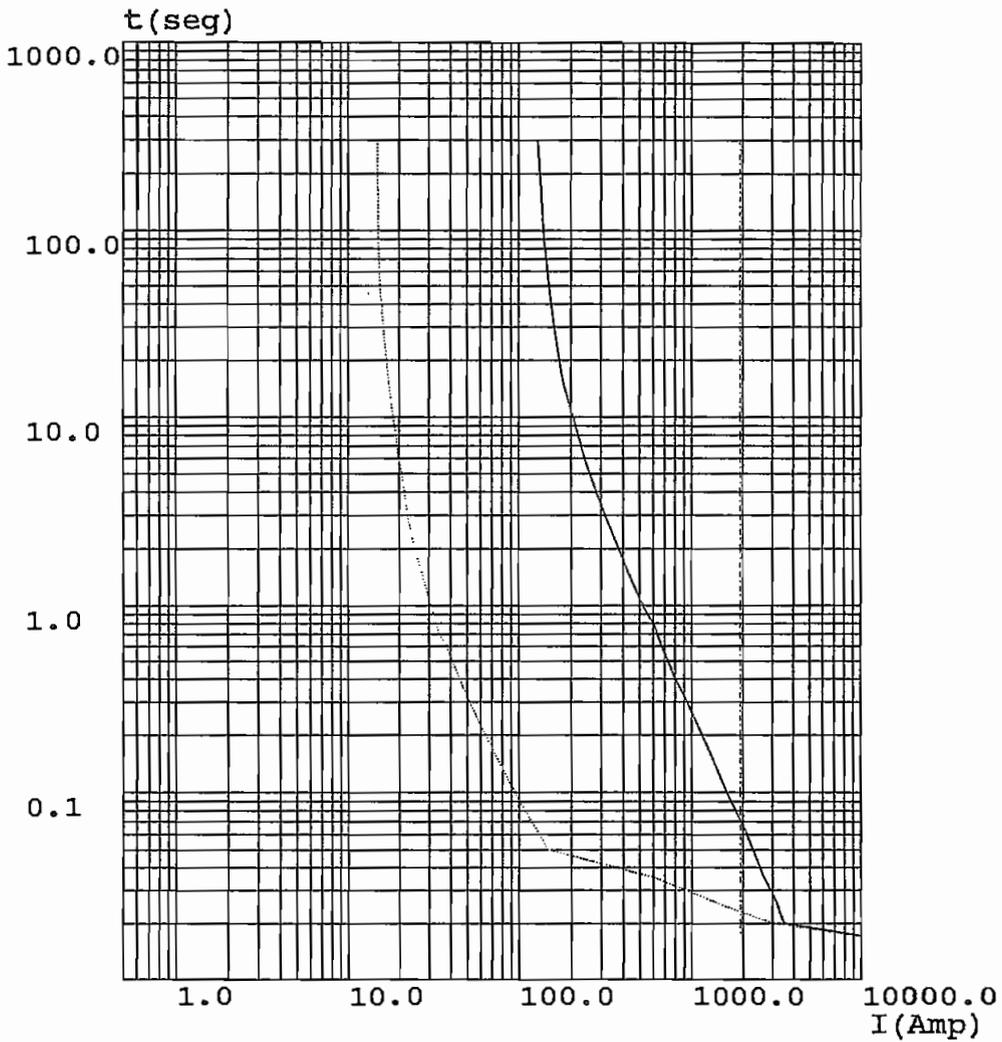
COORDINACION ENTRE FUSIBLES

Corr. Coordinacion: 1935.00

F. Protector: 65T F. Protegido: 6K

- Fus.proteg.(MTD), tiempo oper.: 0.024

- Fus.protec.(MTF), tiempo oper.: 0.071



Coordinación fusible - fusible

Tramo 11 - 24 : fusible tipo K protegido

Tramo 10 - 11 : fusible tipo K protector

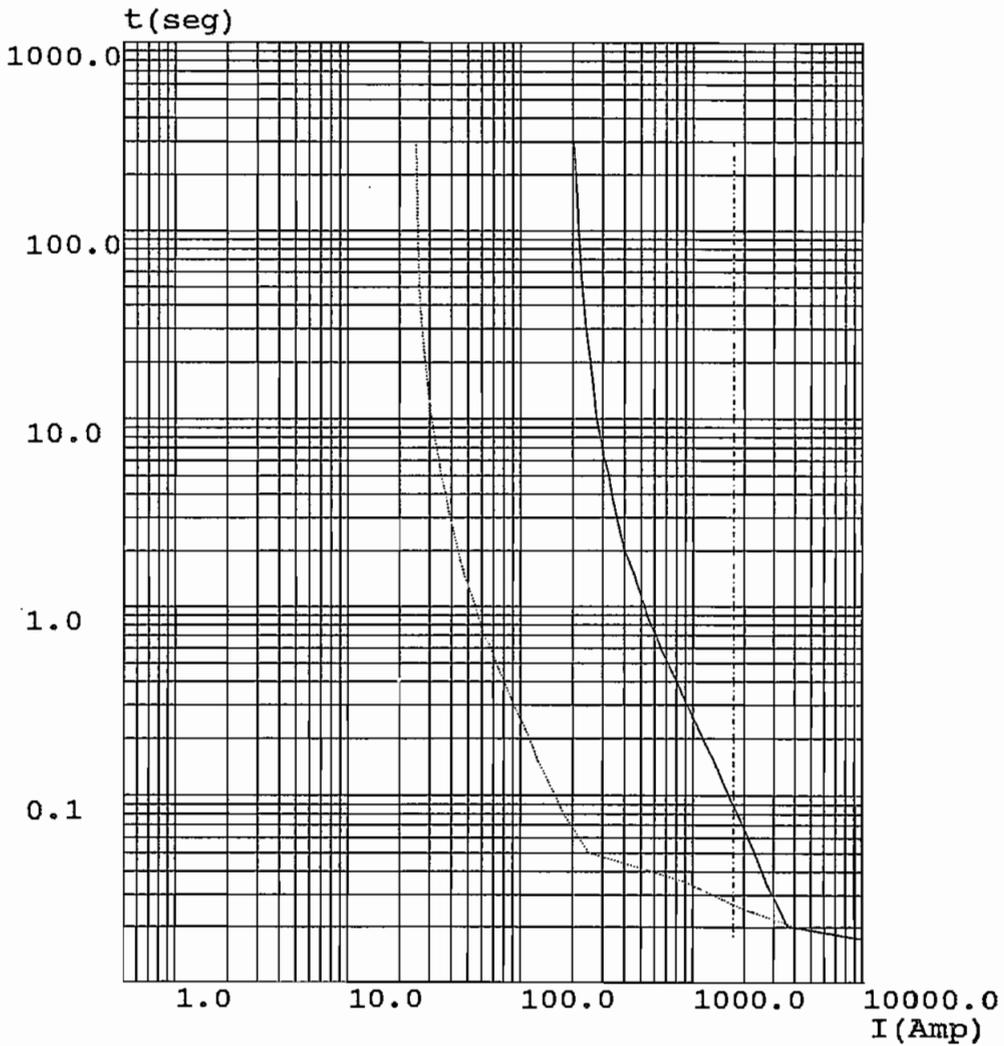
COORDINACION ENTRE FUSIBLES

Corr. Coordinacion: 1731.00

F. Protector: 100K F. Protegido: 10K

Fus.proteg.(MTD), tiempo oper.: 0.027

Fus.protec.(MTF), tiempo oper.: 0.089



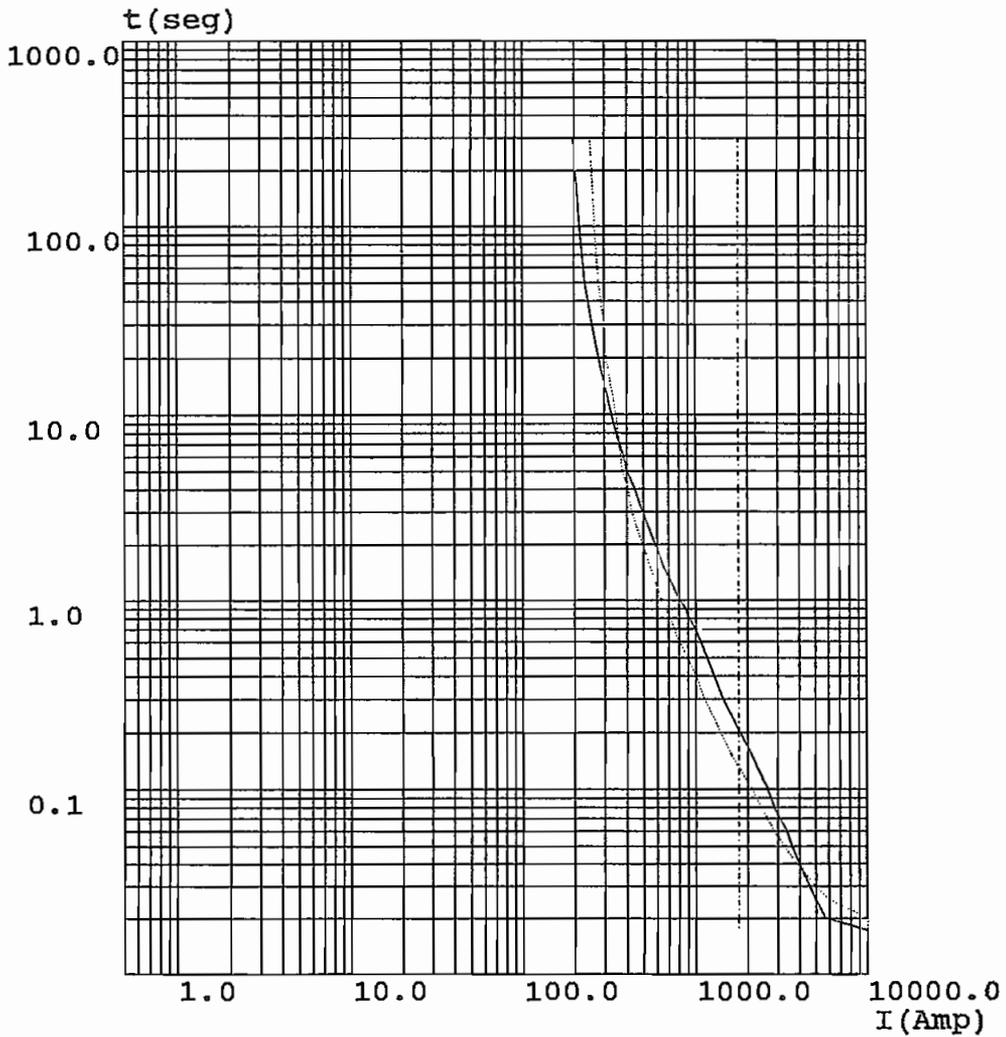
Coordinación fusible - fusible

Tramo 10 - 11 : fusible tipo K protegido

Tramo 9 - 10 : fusible tipo T protector

COORDINACION ENTRE FUSIBLES

Corr. Coordinacion: 1781.00  
F. Protector: 100T F. Protegido: 100K  
Fus.proteg.(MTD), tiempo oper.: 0.133  
Fus.protec.(MTF), tiempo oper.: 0.205



Coordinación relé - fusible

Tramo 22 - 23 : fusible tipo T protegido

Tramo 1 - 2 : relé protector

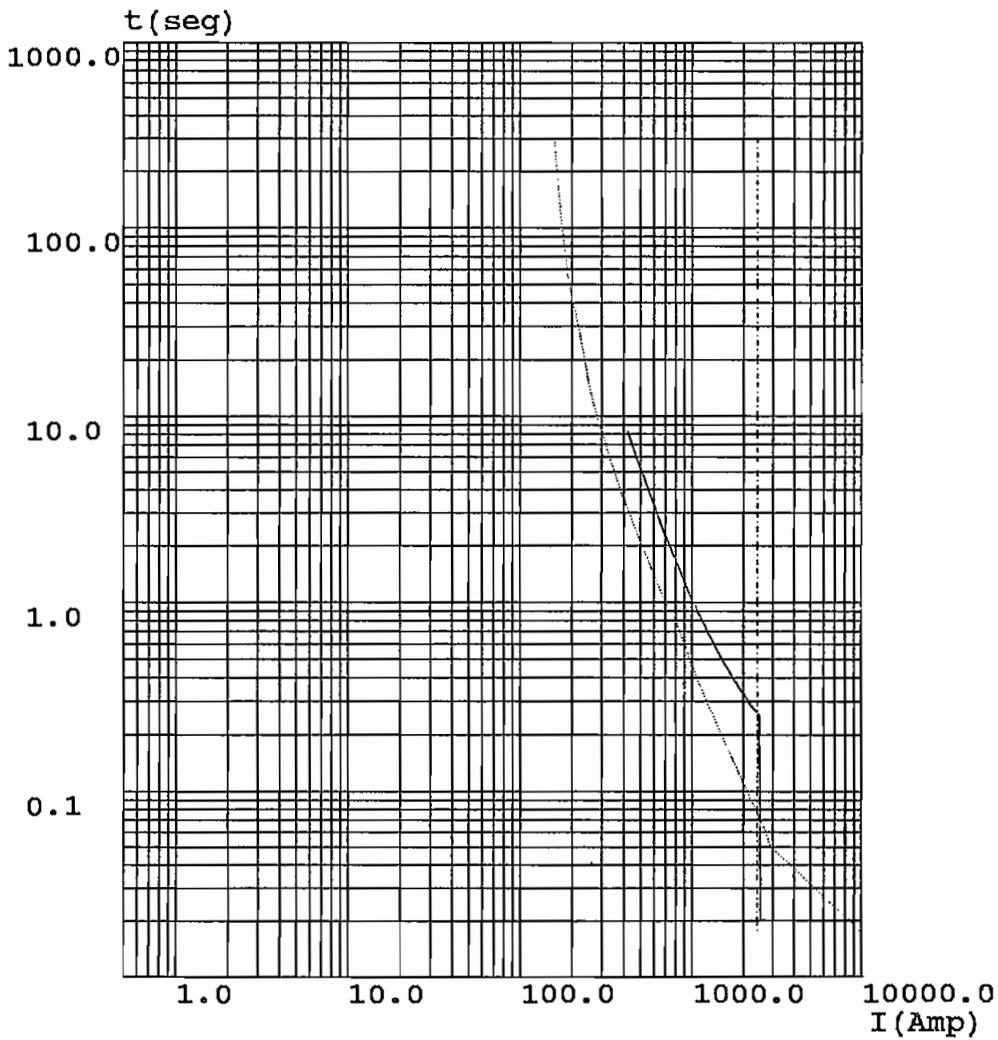
COORDINACION: RELE- FUSIBLE

Corr. Coordinacion:2405

Coordinacion:RELE tipo:CDG14 con FUSIBLE:65T

FUSIBLE(Cur.MTD):tiempo oper.: 0.07735

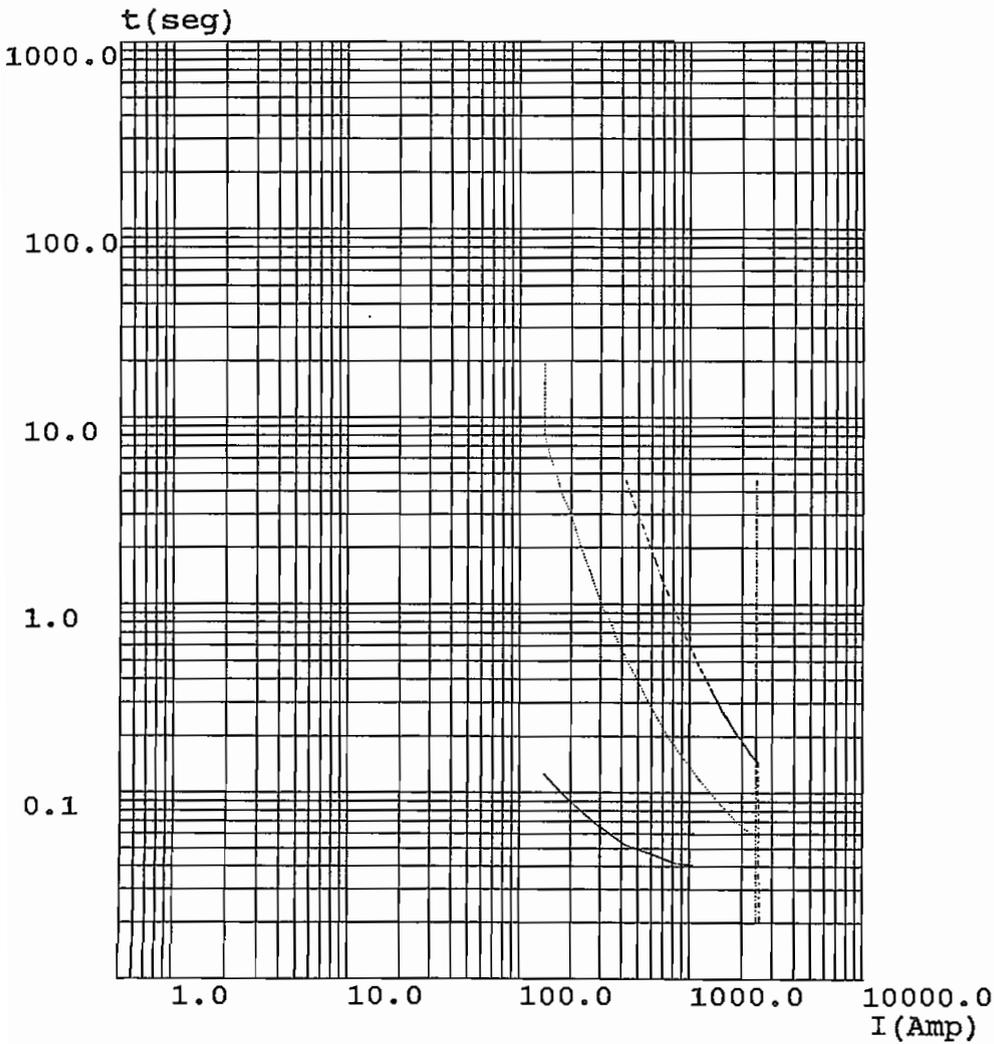
RELE: lev.:0.5 ,tap:3.5 , tie.oper.:0.2602



Coordinación relé - reconectador

Tramo 1 - 2 : relé protector

COORDINACION: RELE- RECLOSER  
Corr. Coordinacion:2405.000  
RELE tipo:CDG14 RECONEC. tipo:VWV (Modo:2R2L Int.apert.:1  
RECONEC.(Curv.lenta: D tie.oper.:0.060  
RECONEC.(Curva rapida: tie.oper.:0.040  
RELE: Tap:3.500 Lever:0.300 tie.oper.:0.149



REPORTE DE COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE EN UN PRIMARIO

EMPRESA: E.E.Q. S.A.

SUBESTACION: 18

PRIMARIO: B

VOLTAJE: 23000

FECHA DE LA ULTIMA COORDINACION:

94.04.05

NODO INICIO	NODO FIN	NOMBRE EQUIPO	TIPO EQUIPO	VALOR FUSI.	TIEMPO OPERA.	MODO OPER.	C R I A U E N P R C T E	CORR. TRIP	COR.c.c. APERTURA	TIEMPO OPER.	TAP RELE	LEVER RELE	TIEMPO OPERAC.	RELAC. T/C	CALIB. INST.	CORR. CARGA	CORR. FALLA	CORR. FALLA	OBSERVACIONES
-------------	----------	---------------	-------------	-------------	---------------	------------	-------------------------------	------------	----------------------	--------------	----------	------------	----------------	------------	--------------	-------------	-------------	-------------	---------------

4.3.3 EJEMPLO # 3

Cálculo de las impedancias de secuencia y corrientes de cortocircuito para el circuito primario "D" de la subestación 18 de la E.E.Q.S.A. El circuito tiene un nivel de voltaje de 13.2 kV.

Se adjuntan dos diagramas unifilares en las figuras 4.3 y 4.4. La figura 4.3 representa el diagrama unifilar real del primario 18 D, en tanto que la figura 4.4 es el diagrama unifilar adaptado a este circuito para realizar el estudio de cortocircuitos; en éste se indica los nodos, longitudes entre nodos y el tipo de circuito que se tiene, los que servirán de parámetros de entrada al programa respectivo.

Datos de entrada:

DATOS DE LINEA Y GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA				
LINEA No	1	2	3	4
TIPO CIRCUITO	1	1	1	1
RESISTENCIA (ohm/mt)	0.560	0.706	0.888	1.410
GMR (ft)	0.00600	0.00510	0.00446	0.00504
DIAMETRO (in)	0.502	0.447	0.398	0.325
ALTURA A (mt)	9.2	9.3	9.3	9.3
ALTURA B (mt)	9.6	9.7	9.7	9.7
ALTURA C (mt)	9.2	9.3	9.3	9.3
ESPACIAMIENTO A-B (mt)	1.1	1.1	1.1	1.1
ESPACIAMIENTO A-C (mt)	2.2	2.2	2.2	2.2
TIERRA (ohm/mt)	100.0	100.0	100.0	100.0
MATERIAL CONDUCTOR	ALUMINIO (AL)	ALUMINIO (AL)	ALUMINIO (AL)	ALUMINIO (AL)
TAMAÑO CONDUCTOR	3/0	2/0	1/0	2

DATOS DEL NEUTRO Y GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA				
RESISTENCIA (ohm/mt)	0.888	0.888	1.410	2.240
GMR (ft)	0.00446	0.00446	0.00504	0.00452
DIAMETRO (in)	0.398	0.398	0.325	0.257
ALTURA (mt)	8.5	8.5	8.5	8.5
ESPACIAMIENTO A - N (mt)	1.1	1.1	1.1	1.1
MATERIAL CONDUCTOR	ALUMINIO (AL)	ALUMINIO (AL)	ALUMINIO (AL)	ALUMINIO (AL)
TAMAÑO CONDUCTOR	1/0	1/0	2	4

DATOS FISICOS DE SECCIONES			
NODO ENVIO	NODO RECEPCION	CODIGO LINEA	LONGITUD (mt)
1	2	1	2000
2	4	2	500
4	5	3	1900
4	6	3	4200
6	7	4	7500
2	3	1	1500
3	8	3	4300
8	9	3	2300
8	10	4	2600
3	11	1	1700
11	12	4	1200
11	13	3	2500
13	14	3	4600

DATOS DE IMPEDANCIA DE LA FUENTE (ohmios)										
GENERALACION	SECUENCIA POSITIVA		SECUENCIA NEGATIVA		SECUENCIA CERO					
					Z001		Z002		Z003	
	R	X	R	X	R	X	R	X	R	X
MAX	0.3930	6.7661	0.3930	5.7661	0.0000	3.5945	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MIN	0.3930	5.7661	0.3930	5.7661	0.0000	3.5945	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

IMPEDANCIAS DE FALLA (ohmios)							
TRIFASICA		LINEA-LINEA		LINEA TIERRA		LINEA-LINEA TIERRA	
R	X	R	X	R	X	R	X
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

VOLTAJE NOMINAL DEL SISTEMA: 13279.00 (voltios)

A continuación se adjuntan los reportes que genera el programa. Existen cuatro cuadros que son:

Cuadro I: Características geométricas de los conductores.

Cuadro II: Impedancias de secuencia y de fase.

Cuadro III: Impedancias de secuencia de cada sección de conductor.

Cuadro IV: Magnitudes de las corrientes de falla. Se indica con asteriscos el valor de las corrientes máxima y mínima en cada sección.

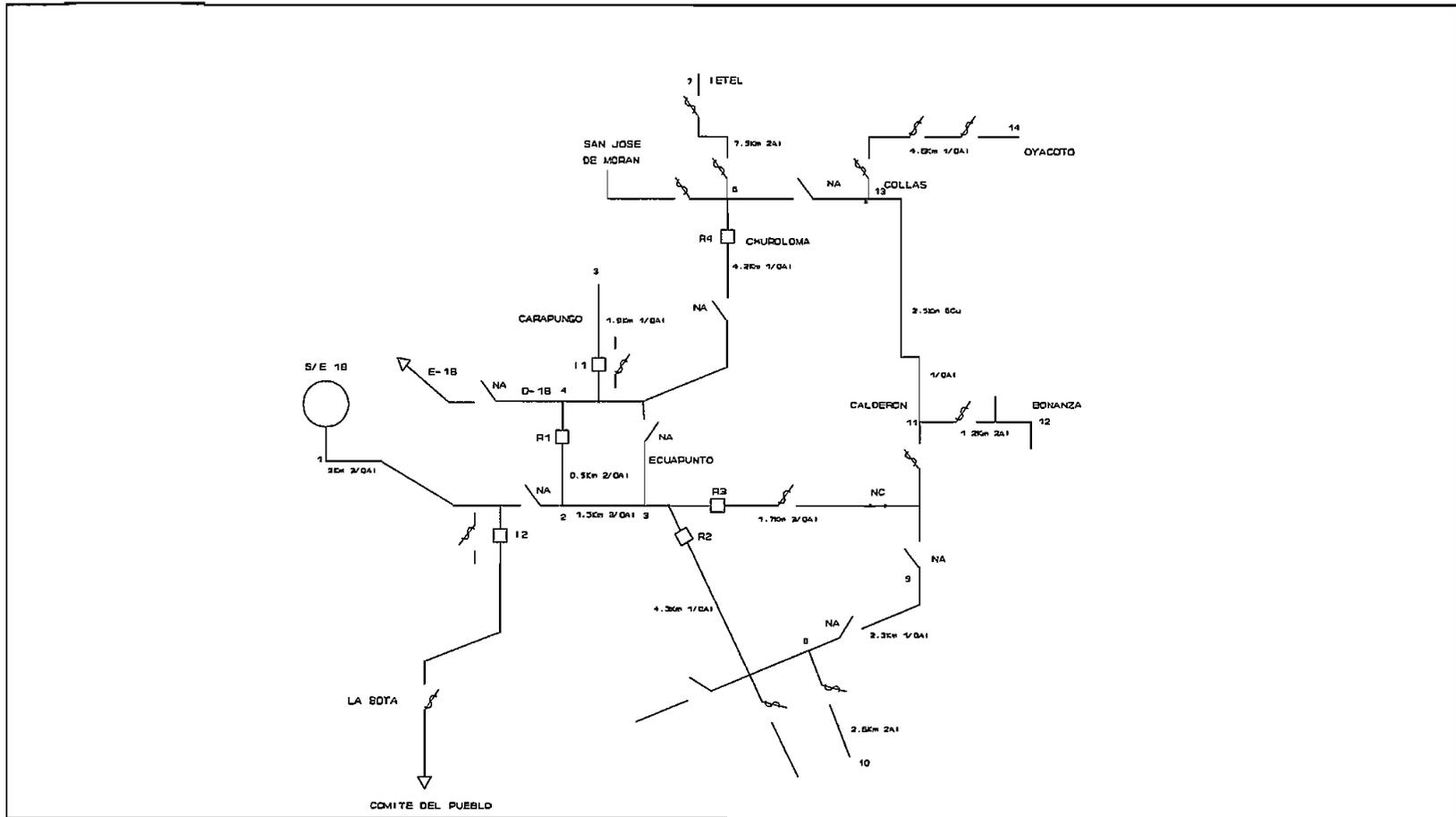
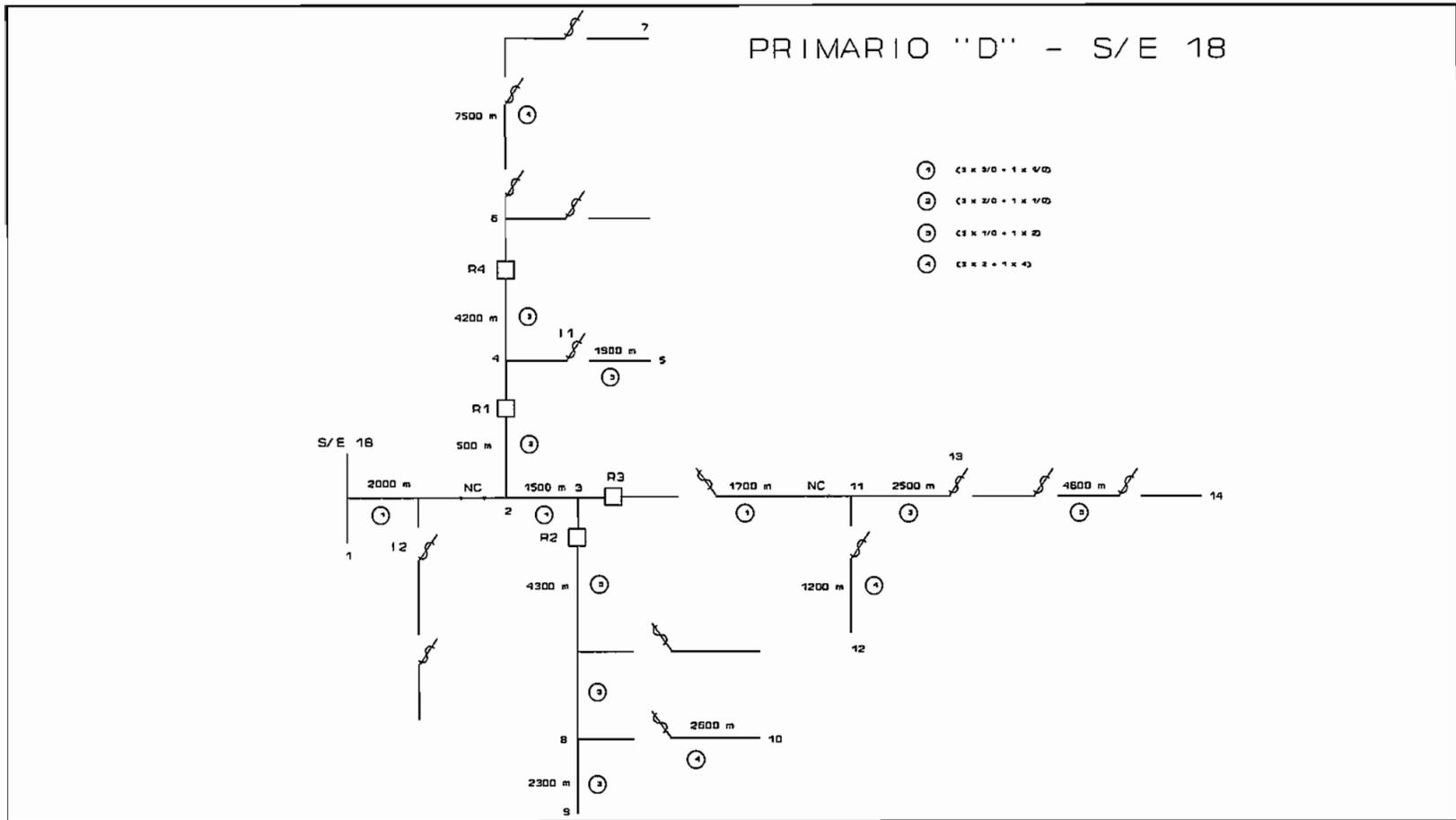


Figura No. 4.3

EJEMPLO PARA COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE.



**Figura No. 4.4**

EJEMPLO PARA COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION

PROGRAMA PARA CALCULAR LAS IMPEDANCIAS DE SECUENCIA DE CIRCUITOS PRIMARIOS

E.E.Q. S.A.

IDENTIFICACION DEL SISTEMA:S/E 18-D

CUADRO I.-CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LOS CONDUCTORES

LINEA NO.	CIRC. TIPO	COND. MATL.	COND. TAMANIO	RESIS.		REACT.	GMR	DIAM.	ESPAC.		ALTURA	ESPAC.		TIERRA
				R	X				S	SM		H	HM	
				O/M	O/M		FT.	IN.	MT.	MT.	MT.	MT.	O/MC	
1	1	F AL	3/0	0.5600	0.1515	0.0060	0.5020	1.444	18.732	9.33	1.467	100		
		N AL	1/0	0.8880	0.1594	0.0045	0.3980	1.232	17.856	8.50	0.733			
2	1	F AL	2/0	0.7060	0.1572	0.0051	0.4470	1.444	18.931	9.43	1.467	100		
		N AL	1/0	0.8880	0.1594	0.0045	0.3980	1.305	17.956	8.50	0.733			
3	1	F AL	1/0	0.8880	0.1594	0.0045	0.3980	1.444	18.931	9.43	1.467	100		
		N AL	2	1.4100	0.1199	0.0050	0.3250	1.305	17.956	8.50	0.733			
4	1	F AL	2	1.4100	0.1199	0.0050	0.3250	1.444	18.931	9.43	1.467	100		
		N AL	4	2.2400	0.1047	0.0045	0.2570	1.305	17.956	8.50	0.733			

CUADRO II.-IMPEDANCIAS DE SECUENCIA Y DE FASE EN OHMS/KM.

LINEA	SECCION MT.	Z11		Z001		Z002		Z003	
		ZAAT		ZABT		ZNNT		ZANT	
		R	X	R	X	R	X	R	X
1	1000	0.3480	0.5030					0.7145	1.3494
		0.4058	0.9854	0.0578	0.4823	0.6097	1.0076	0.0579	0.4943
2	1000	0.4387	0.5153					0.8007	1.3716
		0.4965	0.9976	0.0578	0.4823	0.6097	1.0076	0.0579	0.4900
3	1000	0.5518	0.5254					0.9892	1.5081
		0.6096	1.0078	0.0578	0.4823	0.9341	0.9984	0.0579	0.4900
4	1000	0.8761	0.5162					1.3251	1.6546
		0.9340	0.9985	0.0578	0.4823	1.4498	1.0066	0.0579	0.4900

CUADRO III.-IMPEDANCIAS DE SECUENCIAS DE CADA SECCION DE CONDUCTOR EN OHMS

COMZ	FIN	LINEA	SECCION MT.	Z11		Z001		Z002		Z003	
				R	X	R	X	R	X	R	X
1	2	1	2000	0.6960	1.0061					1.4291	2.6989
2	4	2	500	0.2193	0.2576					0.4004	0.6858
4	5	3	1900	1.0484	0.9983					1.8795	2.8654
4	6	3	4200	2.3175	2.2067					4.1548	6.3341
6	7	4	7500	6.5711	3.8714					9.9384	12.4092
2	3	1	1500	0.5220	0.7546					1.0718	2.0242
3	8	3	4300	2.3727	2.2592					4.2537	6.4849
8	9	3	2300	1.2691	1.2084					2.2752	3.4687
8	10	4	2600	2.2780	1.3421					3.4453	4.3019
3	11	1	1700	0.5916	0.8552					1.2147	2.2940
11	12	4	1200	1.0514	0.6194					1.5902	1.9855
11	13	3	2500	1.3795	1.3135					2.4731	3.7703
13	14	3	4600	2.5382	2.4169					4.5504	6.9373

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

PROGRAMA PARA CALCULAR LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

E.E.Q. S.A.

IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA :S/E 18-D

CUADRO IV.-MAGNITUDES DE LAS CORRIENTES DE FALLA EN AMPERIOS

NODO	LINEA	CIRC.		3FASES	LL	LT	LN	LNT	LLT	LLT	LLN	LLN	LLNT	LLNT
NO.	TIPO													
2	1	1	MX	1935.95	1676.63			2394.21					2456.96*	2105.50
			MI	1935.95	1676.63*			2394.21						2456.96
4	2	1	MX	1857.06	1608.31			2212.92					2265.78*	1930.98
			MI	1857.06	1608.31*			2212.92						2265.78
5	3	1	MX	1587.09	1374.50			1670.78					1742.89*	1508.57
			MI	1587.09	1374.50*			1670.78						1742.89
6	3	1	MX	1338.24	1158.99			1279.11					1375.01*	1241.23
			MI	1338.24	1158.99*			1279.11						1375.01
7	4	1	MX	799.60*	692.49			658.84					739.50	754.39
			MI	799.60	692.49			658.84*						739.50
3	1	1	MX	1725.17	1494.09			1934.97					1987.65*	1704.49
			MI	1725.17	1494.09*			1934.97						1987.65
8	3	1	MX	1256.80	1088.45			1167.58					1269.35*	1161.49
			MI	1256.80	1088.45*			1167.58						1269.35
9	3	1	MX	1089.80*	943.83			958.89					1066.10	1005.22
			MI	1089.80	943.83*			958.89						1066.10
10	4	1	MX	1039.96*	900.66			903.85					1003.85	966.26
			MI	1039.96	900.66*			903.85						1003.85
11	1	1	MX	1532.23	1326.99			1585.29					1657.98*	1451.16
			MI	1532.23	1326.99*			1585.29						1657.98
12	4	1	MX	1387.36	1201.53			1351.50					1440.33*	1293.74
			MI	1387.36	1201.53*			1351.50						1440.33
13	3	1	MX	1284.74	1112.65			1207.17					1307.11*	1187.96
			MI	1284.74	1112.65*			1207.17						1307.11
14	3	1	MX	978.50*	847.43			832.87					940.68	902.12
			MI	978.50	847.43			832.87*						940.68

**4.3.4 EJEMPLO # 4**

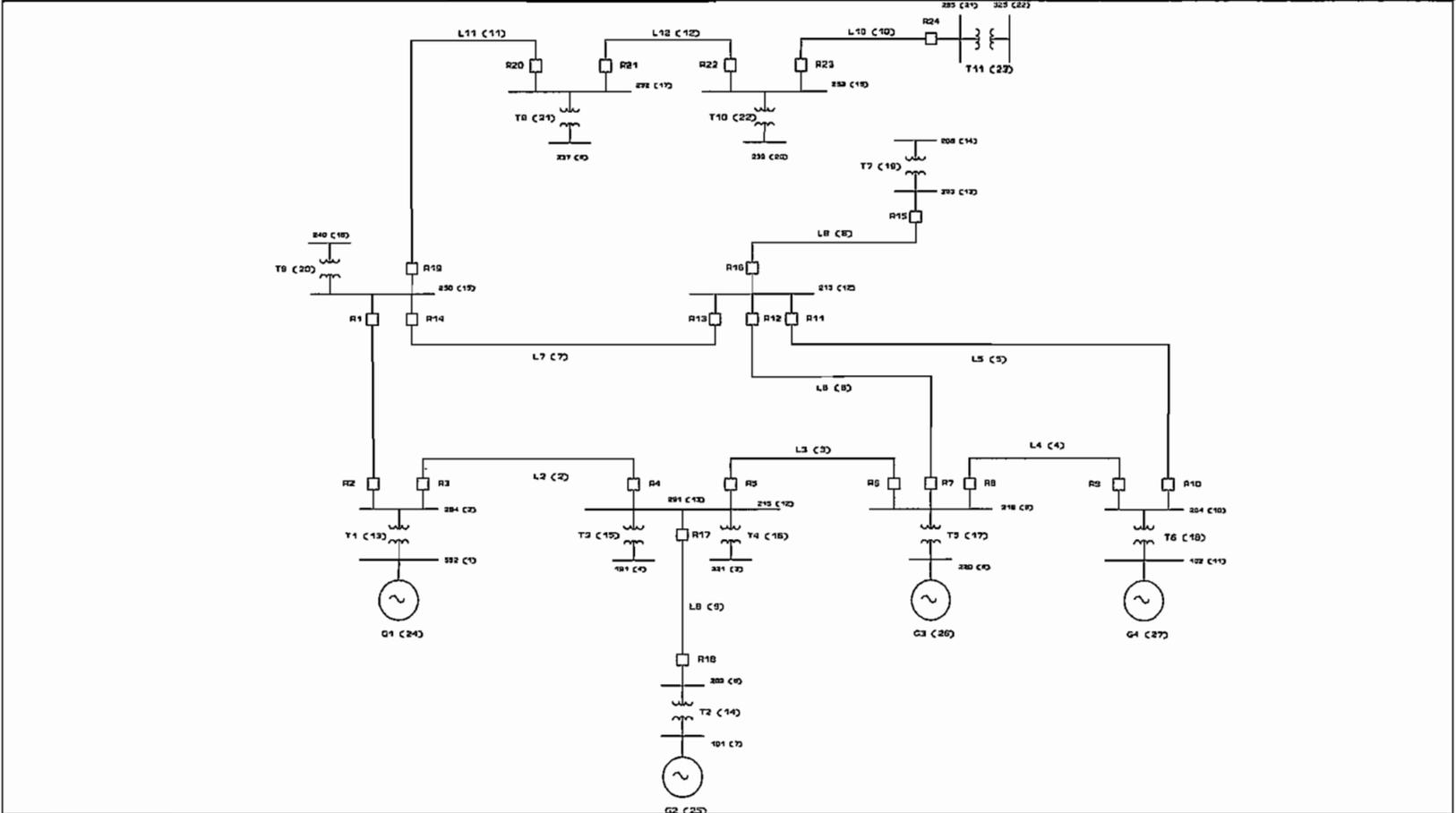
Este ejemplo realiza la coordinación y ajustes de los relés de distancia, para el sistema mallado de 46 kV. de la Empresa Eléctrica Quito. El diagrama unifilar del circuito, se lo tiene en la figura No 4.5

**DATOS DE ENTRADA:**

<u>Descripción:</u>	<u>EEQ</u>
Factor de alcance de la Zona 1:	0.80
Factor de alcance de la Zona 2:	1.20
Factor de alcance de la Zona 3:	2.00
Factor de seguridad de la Zona 2:	0.9
Factor de seguridad de la Zona 3:	0.9
Tiempo de retardo de la Zona 2:	0.3
Tiempo de retardo de la Zona 3:	0.6
Potencia Base:	100.0
Frecuencia del sistema:	60.0

**Datos de Barras:**

<u>Número</u>	<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Voltaje</u>
1	552	S/E STA. ROSA	138.00
2	294	S/E STA. ROSA	46.00
3	291	S/E SAN RAFAEL	46.00
4	191	S/E SAN RAFAEL	46.00
5	221	S/E SAN RAFAEL	46.00
6	202	S/E PASOCHOA	46.00
7	101	S/E PASOCHOA	46.00
8	216	C.T. GUANGOPOLO	46.00
9	220	C.T. GUANGOPOLO	46.00
10	204	C.H. GUANGOPOLO	46.00
11	102	C.H. GUANGOPOLO	46.00
12	215	S/E SUR	46.00
13	293	S/E 4	46.00
14	206	S/E 4	46.00
15	250	S/E EPICLACHIMA	46.00
16	240	S/E EPICLACHIMA	46.00
17	252	S/E 3	46.00
18	237	S/E 3	6.30
19	253	S/E 7	46.00
20	239	S/E 7	6.30
21	285	S/E SELVA ALEGR	46.00
22	325	S/E SELVA ALEGR	138.00



**Figura No. 4.5**

EJEMPLO PARA COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE.

Datos de Líneas:

No	Desc.	BE	BR	RS+	XS+	RS0	XS0	ZMU	RF1	RF2	RF3	Im.
1	1	2	15	0.0345	0.1245	0.1036	0.4810	0.000	5	10	20	670
2	2	2	3	0.0810	0.2900	0.2490	1.0900	0.000	5	10	20	670
3	3	3	8	0.0023	0.0830	0.0711	0.3114	0.000	5	10	20	670
4	4	8	10	0.0067	0.0244	0.0170	0.0600	0.000	5	10	20	670
5	5	10	12	0.0540	0.1970	0.1450	0.5750	0.000	5	10	20	670
6	6	8	12	0.0477	0.1550	0.1620	0.6349	0.000	5	10	20	670
7	7	15	12	0.0429	0.1164	0.1310	0.4800	0.000	5	10	20	670
8	8	12	13	0.0116	0.0316	0.0228	0.1301	0.000	5	10	20	670
9	9	3	6	0.3289	0.4863	0.5975	1.7267	0.000	5	10	20	670
10	10	19	21	0.0351	0.1734	0.0500	0.2000	0.000	5	10	20	670
11	11	15	17	0.0219	0.0789	0.0400	0.1000	0.000	5	10	20	670
12	12	17	19	0.0420	0.1540	0.1436	0.3871	0.000	5	10	20	670

Donde:

- No = Número de la línea.
- Desc. = Descripción de la línea
- BE = Barra de Envío
- BR = Barra de Recepción
- RS+ = Resistencia de Secuencia Positiva
- XS+ = Reactancia de Secuencia Positiva
- RS0 = Resistencia de Secuencia Cero
- XS0 = Reactancia de Secuencia Cero
- ZMU = Impedancia mutua
- RF1 = Resistencia de Falla 1.
- RF2 = Resistencia de Falla 2.
- RF3 = Resistencia de Falla 3.

Datos de Transformadores:

Número	Descripción	Barra envío	Barra recepción	Corriente
13	T1	2	1	0.67950
14	T2	7	6	1.16070
15	T3	3	4	0.82840
16	T4	3	5	0.67950
17	T5	9	8	0.20000
18	T6	11	10	0.48050
19	T7	13	14	0.73740
20	T8	15	16	0.32300
21	T9	17	18	0.68900
22	T10	19	20	0.68550
23	T11	21	22	0.14000

## Datos de Generadores:

<u>Número</u>	<u>Descripción</u>	<u>Barra de Recepción</u>
24	G1	1
25	G2	7
26	G3	9
27	G4	11

## Datos de Relés:

<u>Número</u>	<u>Tipo</u>	<u>Marca</u>	<u>Descrip.</u>	<u>Barra</u>	<u>Línea</u>	<u>AMTREL</u>	<u>IAV</u>	<u>IBV</u>	<u>VAT</u>	<u>VBT</u>
1	1	1	R1	15	1	60.00	600	5.0	46.	115.
2	1	3	R2	2	1	60.00	600	5.0	46.	115.
3	1	3	R3	2	2	60.00	600	5.0	46.	115.
4	1	4	R4	3	2	60.00	600	5.0	46.	115.
5	1	1	R5	3	3	60.00	600	5.0	46.	115.
6	1	2	R6	8	3	60.00	600	5.0	46.	115.
7	1	3	R7	8	6	60.00	600	5.0	46.	115.
8	1	4	R8	8	4	60.00	600	5.0	46.	115.
9	1	1	R9	10	4	60.00	600	5.0	46.	115.
10	1	2	R10	10	5	60.00	600	5.0	46.	115.
11	1	2	R11	12	5	60.00	600	5.0	46.	115.
12	1	2	R12	12	6	60.00	600	5.0	46.	115.
13	1	2	R13	12	7	60.00	600	5.0	46.	115.
14	1	3	R14	15	7	60.00	600	5.0	46.	115.
15	1	3	R15	13	8	60.00	600	5.0	46.	115.
16	1	4	R16	12	8	60.00	600	5.0	46.	115.
17	1	1	R17	3	9	60.00	600	5.0	46.	115.
18	1	2	R18	6	9	60.00	600	5.0	46.	115.
19	1	2	R19	15	11	60.00	600	5.0	46.	115.
20	1	2	R20	17	11	60.00	600	5.0	46.	115.
21	1	2	R21	17	12	60.00	600	5.0	46.	115.
22	1	2	R22	19	12	60.00	600	5.0	46.	115.
23	1	1	R23	19	10	60.00	600	5.0	46.	115.
24	1	1	R24	21	10	60.00	600	5.0	46.	115.

## Donde:

IBV = Corriente en bajo voltaje del transformador de corriente.

VAP = Voltaje en alto voltaje del transformador de potencial.

VBP = Voltaje en bajo voltaje del transformador de potencial.

AMTREL = Angulo de máximo torque del relé

IAV = Corriente en alto voltaje del transformador de corriente.

Datos de Pares:

<u>Número de Relé Pimario</u>	<u>Número de Relé de Respaldo</u>
3	1
14	2
19	2
5	3
17	3
2	4
7	5
8	5
4	6
11	7
13	7
16	7
10	8
6	9
7	9
12	10
13	10
16	10
9	11
8	12
6	12
1	13
12	14
11	14
16	14
11	15
12	15
13	15
4	18
5	18
21	19
1	20
14	20
23	21
20	22
22	24

Datos de Corrientes de c.c. trifásico:

<u>Barra fallada</u>	<u>Tipo de Elemento</u>	<u>Número de Elemento</u>	<u>Corriente</u>
1	1	1	0.4790
1	1	2	0.2683
1	1	3	0.1733
1	1	4	0.0605
1	1	5	0.0785
1	1	6	0.0912
1	1	7	0.2192

1	1	8	0.0931
1	1	9	0.0604
1	1	10	0.0000
1	1	11	0.1682
1	1	12	0.0700
1	2	13	0.0604
1	2	14	0.1976
1	2	15	0.1329
1	2	16	0.0837
1	2	17	0.0345
1	2	18	0.1812
1	2	19	0.8095
1	2	20	0.1936
1	2	21	0.0609
1	2	22	0.1238
1	2	23	0.7677
1	3	1	8.5102
1	3	7	0.0746
1	3	9	0.2916
1	3	11	0.1416
2	1	1	0.9531
2	1	2	0.5342
2	1	3	0.3451
2	1	4	0.1204
2	1	5	0.1563
2	1	6	0.1816
2	1	7	0.4364
2	1	8	0.1854
2	1	9	0.1202
2	1	10	0.0000
2	1	11	0.3349
2	1	12	0.1394
2	2	13	0.1202
2	2	14	0.3934
2	2	15	0.2646
2	2	16	0.0918
2	2	17	0.0608
2	2	18	0.3084
2	2	19	1.2595
2	2	20	0.2124
2	2	21	0.1174
2	2	22	0.1946
2	2	23	0.7677
2	3	1	1.4513
2	3	7	0.1402
2	3	9	0.4975
2	3	11	0.2840
16	1	1	0.6974
16	1	2	0.0507
16	1	3	0.0594
16	1	4	0.0350

16	1	5	0.1858
16	1	6	0.201
16	1	7	0.5046
16	1	8	0.1119
16	1	9	0.0663
16	1	10	0.0000
16	1	11	0.2136
16	1	12	0.0889
16	2	13	0.0663
16	2	14	0.2263
16	2	15	0.1531
16	2	16	0.0894
16	2	17	0.0414
16	2	18	1.5823
16	2	19	0.6054
16	2	20	0.2071
16	2	21	0.0827
16	2	22	0.1527
16	2	23	0.7677
16	3	1	0.8275
16	3	7	0.0861
16	3	9	0.3499
16	3	11	0.1715
3	1	1	0.3093
3	1	2	0.8567
3	1	3	1.3479
3	1	4	0.5320
3	1	5	0.2754
3	1	6	0.4261
3	1	7	0.5295
3	1	8	0.1832
3	1	9	0.1431
3	1	10	0.0000
3	1	11	0.2871
3	1	12	0.1195
3	2	13	0.1431
3	2	14	0.4321
3	2	15	0.2873
3	2	16	0.0957
3	2	17	0.0700
3	2	18	0.2760
3	2	19	0.9377
3	2	20	0.2100
3	2	21	0.1024
3	2	22	0.1763
3	2	23	0.7677
3	3	1	1.1420
3	3	7	0.1631
3	3	9	0.5304
3	3	11	0.3062
4	1	1	0.1080

4	1	2	0.2996
4	1	3	0.4714
4	1	4	0.1860
4	1	5	0.0963
4	1	6	0.1490
4	1	7	0.1852
4	1	8	0.0641
4	1	9	0.0500
4	1	10	0.0000
4	1	11	0.1004
4	1	12	0.0418
4	2	13	0.0500
4	2	14	0.1511
4	2	15	0.1005
4	2	16	0.9338
4	2	17	0.0364
4	2	18	0.2037
4	2	19	0.3313
4	2	20	0.2187
4	2	21	0.0749
4	2	22	0.1431
4	2	23	0.7677
4	3	1	0.6003
4	3	7	0.0693
4	3	9	0.2867
4	3	11	0.1167
5	1	1	0.1195
5	1	2	0.3315
5	1	3	0.512
5	1	4	0.2058
5	1	5	0.1066
5	1	6	0.1648
5	1	7	0.109
5	1	8	0.0709
5	1	9	0.0554
5	1	10	0.0000
5	1	11	0.1111
5	1	12	0.0462
5	2	13	0.0554
5	2	14	0.1672
5	2	15	0.1112
5	2	16	0.0893
5	2	17	0.9649
5	2	18	0.2022
5	2	19	0.3660
5	2	20	0.120
5	2	21	0.0735
5	2	22	0.1414
5	2	23	0.7677
5	3	1	0.6215
5	3	7	0.0742

5	3	9	0.2957
5	3	11	0.1268
6	1	1	0.1220
6	1	2	0.3677
6	1	3	0.5785
6	1	4	0.2283
6	1	5	0.1182
6	1	6	0.1829
6	1	7	0.2272
6	1	8	0.0786
6	1	9	0.9835
6	1	10	0.0000
6	1	11	0.1232
6	1	12	0.0513
6	2	13	0.1540
6	2	14	0.1855
6	2	15	0.1233
6	2	16	0.0986
6	2	17	0.0461
6	2	18	0.2374
6	2	19	0.4055
6	2	20	0.2340
6	2	21	0.0885
6	2	22	0.1628
6	2	23	0.7677
6	3	1	0.7398
6	3	7	0.1725
6	3	9	0.3520
6	3	11	0.1510
7	1	1	0.0637
7	1	2	0.1771
7	1	3	0.2786
7	1	4	0.1100
7	1	5	0.0569
7	1	6	0.0881
7	1	7	0.1094
7	1	8	0.0379
7	1	9	0.4737
7	1	10	0.0000
7	1	11	0.0593
7	1	12	0.0247
7	2	13	0.4737
7	2	14	0.0893
7	2	15	0.0594
7	2	16	0.0974
7	2	17	0.0357
7	2	18	0.2199
7	2	19	0.1980
7	2	20	0.2378
7	2	21	0.0849
7	2	22	0.1555

7	2	23	0.7677
7	3	1	0.5542
7	3	7	0.2055
7	3	9	0.2694
7	3	11	0.0834
13	1	1	0.6927
13	1	2	0.2749
13	1	3	0.4538
13	1	4	0.2087
13	1	5	0.4746
13	1	6	0.6299
13	1	7	1.0822
13	1	8	2.1522
13	1	9	0.1132
13	1	10	0.0000
13	1	11	0.2993
13	1	12	0.1246
13	2	13	0.1132
13	2	14	0.4001
13	2	15	0.2718
13	2	16	0.0924
13	2	17	0.0588
13	2	18	0.2933
13	2	19	0.8937
13	2	20	0.2314
13	2	21	0.1102
13	2	22	0.1871
13	2	23	0.7677
13	3	1	1.1138
13	3	7	0.1338
13	3	9	0.5114
13	3	11	0.2929
8	1	1	0.4503
8	1	2	0.6048
8	1	3	0.8165
8	1	4	0.6877
8	1	5	0.4020
8	1	6	0.6101
8	1	7	0.8238
8	1	8	0.2008
8	1	9	0.1340
8	1	10	0.0000
8	1	11	0.3037
8	1	12	0.1264
8	2	13	0.1340
8	2	14	0.4843
8	2	15	0.3213
8	2	16	0.0927
8	2	17	0.0657
8	2	18	0.2886
8	2	19	0.9514

8	2	20	0.2176
8	2	21	0.1082
8	2	22	0.1835
8	2	23	0.7677
8	3	1	1.1542
8	3	7	0.1535
8	3	9	0.5836
8	3	11	0.3412
9	1	1	0.3233
9	1	2	0.4344
9	1	3	0.5864
9	1	4	0.4939
9	1	5	0.2887
9	1	6	0.4382
9	1	7	0.5916
9	1	8	0.1442
9	1	9	0.0962
9	1	10	0.0000
9	1	11	0.2181
9	1	12	0.0908
9	2	13	0.0962
9	2	14	1.5082
9	2	15	0.2307
9	2	16	0.0841
9	2	17	0.0486
9	2	18	0.2229
9	2	19	0.6847
9	2	20	0.1948
9	2	21	0.0785
9	2	22	0.1463
9	2	23	0.7677
9	3	1	0.8730
9	3	7	0.1134
9	3	9	0.6309
9	3	11	0.2463
10	1	1	0.4682
10	1	2	0.5536
10	1	3	0.7571
10	1	4	1.6282
10	1	5	0.5621
10	1	6	0.4615
10	1	7	0.8369
10	1	8	0.1972
10	1	9	0.1288
10	1	10	0.0000
10	1	11	0.2969
10	1	12	0.1236
10	2	13	0.1288
10	2	14	0.4644
10	2	15	0.3270
10	2	16	0.0919

10	2	17	0.0637
10	2	18	0.2843
10	2	19	0.9251
10	2	20	0.2165
10	2	21	0.1062
10	2	22	0.1811
10	2	23	0.7677
10	3	1	1.1296
10	3	7	0.1483
10	3	9	0.5649
10	3	11	0.3469
11	1	1	0.2330
11	1	2	0.2758
11	1	3	0.3772
11	1	4	0.8112
11	1	5	0.2800
11	1	6	0.2299
11	1	7	0.4169
11	1	8	0.0982
11	1	9	0.0642
11	1	10	0.0000
11	1	11	0.1479
11	1	12	0.0616
11	2	13	0.0642
11	2	14	0.2314
11	2	15	1.0872
11	2	16	0.0860
11	2	17	0.0380
11	2	18	0.1987
11	2	19	0.4634
11	2	20	0.2012
11	2	21	0.0697
11	2	22	0.1365
11	2	23	0.7677
11	3	1	0.6777
11	3	7	0.0811
11	3	9	0.3365
11	3	11	0.4074
12	1	1	0.7469
12	1	2	0.2963
12	1	3	0.4892
12	1	4	0.215
12	1	5	0.5117
12	1	6	0.6791
12	1	7	1.1667
12	1	8	0.2215
12	1	9	0.1220
12	1	10	0.0000
12	1	11	0.3227
12	1	12	0.1343
12	2	13	0.1220

12	2	14	0.4313
12	2	15	0.2930
12	2	16	0.0929
12	2	17	0.0620
12	2	18	0.3073
12	2	19	0.9631
12	2	20	0.2300
12	2	21	0.1167
12	2	22	0.1949
12	2	23	0.7677
12	3	1	1.1761
12	3	7	0.1424
12	3	9	0.5388
12	3	11	0.3139
15	1	1	1.2284
15	1	2	0.0892
15	1	3	0.1046
15	1	4	0.0616
15	1	5	0.3271
15	1	6	0.4211
15	1	7	0.8887
15	1	8	0.1971
15	1	9	0.1168
15	1	10	0.0000
15	1	11	0.3762
15	1	12	0.1566
15	2	13	0.1168
15	2	14	0.3985
15	2	15	0.2695
15	2	16	0.0938
15	2	17	0.0607
15	2	18	0.3493
15	2	19	1.0621
15	2	20	0.2249
15	2	21	0.1360
15	2	22	0.2197
15	2	23	0.7677
15	3	1	1.2770
15	3	7	0.1378
15	3	9	0.5117
15	3	11	0.2910
14	1	1	0.2999
14	1	2	0.1191
14	1	3	0.1966
14	1	4	0.0904
14	1	5	0.2057
14	1	6	0.2730
14	1	7	0.4690
14	1	8	0.9327
14	1	9	0.0491
14	1	10	0.0000

14	1	11	0.1297
14	1	12	0.0540
14	2	13	0.0491
14	2	14	0.1734
14	2	15	0.1178
14	2	16	0.0912
14	2	17	0.0367
14	2	18	0.2074
14	2	19	0.3902
14	2	20	1.1928
14	2	21	0.0746
14	2	22	0.1433
14	2	23	0.7677
14	3	1	0.6496
14	3	7	0.0690
14	3	9	0.3081
14	3	11	0.1357
22	1	1	0.5600
22	1	2	0.0407
22	1	3	0.0477
22	1	4	0.0281
22	1	5	0.1492
22	1	6	0.1921
22	1	7	0.4053
22	1	8	0.0899
22	1	9	0.0533
22	1	10	1.2309
22	1	11	1.0556
22	1	12	1.1389
22	2	13	0.0533
22	2	14	0.1818
22	2	15	0.1229
22	2	16	0.0912
22	2	17	0.0382
22	2	18	0.2169
22	2	19	0.4873
22	2	20	0.2126
22	2	21	0.1019
22	2	22	0.1530
22	2	23	0.6687
22	3	1	0.7293
22	3	7	0.0736
22	3	9	0.3171
22	3	11	0.1417
21	1	1	0.5983
21	1	2	0.0435
21	1	3	0.0510
21	1	4	0.0300
21	1	5	0.1594
21	1	6	0.2052
21	1	7	0.4330

21	1	8	0.0961
21	1	9	0.0569
21	1	10	1.3151
21	1	11	1.1277
21	1	12	1.2168
21	2	13	0.0569
21	2	14	0.1942
21	2	15	0.1313
21	2	16	0.0921
21	2	17	0.0402
21	2	18	0.2287
21	2	19	0.5202
21	2	20	0.124
21	2	21	0.1125
21	2	22	0.1623
21	2	23	0.7677
21	3	1	0.7731
21	3	7	0.0783
21	3	9	0.3334
21	3	11	0.1520
19	1	1	0.7750
19	1	2	0.0563
19	1	3	0.0660
19	1	4	0.0389
19	1	5	0.2064
19	1	6	0.2657
19	1	7	0.5607
19	1	8	0.1244
19	1	9	0.0737
19	1	10	0.0000
19	1	11	1.4604
19	1	12	1.5757
19	2	13	0.0737
19	2	14	0.2515
19	2	15	0.1701
19	2	16	0.0917
19	2	17	0.0455
19	2	18	0.2576
19	2	19	0.6721
19	2	20	0.2144
19	2	21	0.1449
19	2	22	0.1861
19	2	23	0.7677
19	3	1	0.9136
19	3	7	0.0952
19	3	9	0.3824
19	3	11	0.1915
17	1	1	1.0330
17	1	2	0.0750
17	1	3	0.0880
17	1	4	0.0518

17	1	5	0.2751
17	1	6	0.3541
17	1	7	0.7473
17	1	8	0.1658
17	1	9	0.0982
17	1	10	0.0000
17	1	11	1.9462
17	1	12	0.1598
17	2	13	0.0982
17	2	14	0.3351
17	2	15	0.2267
17	2	16	0.0924
17	2	17	0.0540
17	2	18	0.3075
17	2	19	0.8940
17	2	20	0.2182
17	2	21	0.1408
17	2	22	0.2266
17	2	23	0.7677
17	3	1	1.1199
17	3	7	0.1195
17	3	9	0.4555
17	3	11	0.2483
18	1	1	0.4388
18	1	2	0.0319
18	1	3	0.0374
18	1	4	0.0220
18	1	5	0.1169
18	1	6	0.1505
18	1	7	0.3177
18	1	8	0.0705
18	1	9	0.0418
18	1	10	0.0000
18	1	11	0.8273
18	1	12	0.0679
18	2	13	0.0418
18	2	14	0.1424
18	2	15	0.0963
18	2	16	0.0928
18	2	17	0.0355
18	2	18	0.2064
18	2	19	0.3830
18	2	20	0.2181
18	2	21	0.0752
18	2	22	1.0498
18	2	23	0.7677
18	3	1	0.6421
18	3	7	0.0623
18	3	9	0.2883
18	3	11	0.1147
20	1	1	0.3790

20	1	6	0.1300
20	1	7	0.2744
20	1	8	0.0609
20	1	9	0.0361
20	1	10	0.0000
20	1	11	0.7147
20	1	12	0.7711
20	2	13	0.0361
20	2	14	0.1231
20	2	15	0.0832
20	2	16	0.0942
20	2	17	0.0349
20	2	18	0.2062
20	2	19	0.3316
20	2	20	0.2228
20	2	21	0.8692
20	2	22	0.1435
20	2	23	0.7677
20	3	1	0.6084
20	3	7	0.0573
20	3	9	0.2781
20	3	11	0.1024

A CONTINUACIÓN SE ADJUNTAN LOS REPORTES QUE GENERA EL PROGRAMA.

RESULTADOS DE LA COORDINACION

Nombre del sistema: EEQ

NUMERO	CODIGO	Z1ZREL (OHMIOS)	Z2ZREL (OHMIOS)	Z3ZREL (OHMIOS)	T2ZRE (SEG)	T3ZRE (SEG)
1	R1	0.654	2.755	3.948	0.30	0.60
2	R2	0.654	1.466	2.336	0.30	0.60
3	R3	1.530	2.438	6.227	0.30	0.90
4	R4	1.530	3.079	4.767	0.30	0.60
5	R5	0.419	0.667	1.796	0.30	0.60
6	R6	0.419	3.752	4.844	0.30	0.60
7	R7	0.825	1.460	5.231	0.30	0.90
8	R8	0.127	2.406	3.212	0.30	0.60
9	R9	0.127	0.876	1.428	0.30	0.60
10	R10	1.035	1.879	4.951	0.30	0.90
11	R11	1.035	1.555	2.520	0.60	0.60
12	R12	0.825	1.244	2.298	0.30	0.60
13	R13	0.628	2.038	2.838	0.30	0.60
14	R14	0.628	1.022	2.571	0.30	0.90
15	R15	0.171	2.907	10.049	0.30	0.90
16	R16	0.171	0.254	0.425	0.30	0.60
17	R17	2.984	4.469	7.453	0.30	0.60
18	R18	2.984	6.596	8.043	0.30	0.60
19	R19	0.419	1.270	2.285	0.30	0.60
20	R20	0.419	2.196	2.571	0.30	0.60
21	R21	0.813	1.835	2.285	0.30	0.90
22	R22	0.813	1.619	4.602	0.30	0.60
23	R23	0.901	1.346	2.012	0.30	0.60
24	R24	0.901	5.472	5.472	0.30	0.60

REPORTE DE AJUSTES

NOMBRE DE LA EMPRESA: EEQ

AJUSTE DE LOS RELES RAZOA

RELÉ	AJUSTE DE CORRIENTE Y VOLTAJE					PORCENTAJE DE ERROR DE X1, X2, X3 Y R1				FACTOR HOMOPOLAR Y	AJUSTE DE TIEMPO	
	A	B	P1	P2	P3	E(X1)	E(X2)	E(X3)	E(R1)		N2	N3
R1	57	99	69	16	12	-0.01	-0.03	+0.04	-0.00	10	6	2
R5	40	97	73	46	17	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00	9	6	2
R9	9	91	56	8	5	-0.01	-0.02	-0.00	+0.00	5	6	2
R17	97	92	30	20	12	-0.00	-0.01	-0.01	-0.00	9	6	2
R23	45	99	39	26	18	-0.00	-0.01	+0.03	-0.00	1	6	2
R24	45	99	39	6	6	-0.00	-0.07	-0.07	-0.00	1	6	2

AJUSTE DE LOS RELES KD10/KD11

RELÉ	S	T	M	L	R
R6	1.00	0.38	-0.09	0.03	0.09
R10	1.00	0.92	-0.12	0.00	0.09
R11	1.00	0.92	-0.12	0.00	0.09
R12	1.00	0.92	0.09	0.09	0.03
R13	1.00	0.69	0.09	0.09	0.03
R18	2.00	1.23	-0.18	0.00	0.06
R19	1.00	0.38	-0.09	0.03	0.09
R20	1.00	0.38	-0.09	0.03	0.09
R21	1.00	0.92	0.09	0.09	0.03
R22	1.00	0.92	0.09	0.09	0.03

AJUSTE DE LOS RELES PYTS

RELÉ	FACTORES DE AJUSTE PARA LAS ZONAS 1, 2, 3					FALLAS A TIERRA	
	KD	KZ	K1	K2	K3	KZN	K1N
R2	1.00	1.00	0.65	2.24	3.57	0.94	0.94
R3	1.00	2.00	0.77	1.59	4.07	0.90	0.90
R7	1.00	1.00	0.82	1.77	6.34	1.01	1.01
R14	1.00	1.00	0.63	1.63	4.09	1.01	1.01
R15	1.00	0.20	0.85	17.00	58.77	0.97	0.97

AJUSTE DE LOS RELES QUADRAMHO

RELÉ	FACTORES DE AJUSTE DE LA ZONA 1					AJUSTE ZONA 2			FACTORES DE AJUSTE DE LA ZONA 3				AJUSTE DE LA COMPENSACIÓN Z3 INVERSA FALLA TIERRA					
	k1	k2	k11	k12	k13	k14	k21	k22	k31	k32	k33	k34	k35	k36	k37	k4	k5	k6
R4	7	6.00	0.0	0.50	0.08	1.0	1.0	0.10	1.0	0.80	1.0	0.00	1.0	0.00	0.14	11	0.70	0.70
R8	0	6.00	0.0	0.10	0.00	1.0	2.0	0.00	2.0	0.60	1.0	0.00	1.0	0.00	0.02	2	0.90	0.90
R16	0	8.00	0.0	0.10	0.00	1.0	0.0	0.10	0.0	0.20	1.0	0.00	1.0	0.00	0.02	7	0.70	0.70

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo recopila y destaca los aspectos importantes del presente trabajo, estableciendo conclusiones y recomendaciones generales.

Partiendo del hecho de que el objetivo principal es el de dotar al Ingeniero de Protecciones de una herramienta que le permita desarrollar su trabajo con mayor agilidad y eficiencia en el proceso de coordinación de las protecciones para S.E.P., se concluye que se ha cumplido totalmente, ya que como se ha demostrado en los diferentes ejemplos los resultados obtenidos son válidos y confiables.

Cabe destacar la funcionalidad y versatilidad del programa desarrollado como producto final del presente trabajo, ya que posee características que están de acuerdo al avance y desarrollo de la tecnología moderna en el aspecto de software, es así que se ha obtenido un paquete computacional en ambiente windows, lo que le da una gran versatilidad en el uso del mismo. Es importante señalar que se utilizó las últimas versiones de los paquetes computacionales de C++ y foxpro para windows, lo que permitió conseguir un paquete de alto nivel, demostrando que se pueden realizar en el interior de la Facultad de Ingeniería Eléctrica proyectos que solucionen las necesidades del país, con trabajos de alta calidad, y

no tener que recurrir a la importación de software del extranjero que además es muy costoso.

En cuanto al objetivo de desarrollar todo el trabajo en un solo ambiente, es decir de haber trasladado todos los paquetes computacionales a un solo lenguaje de programación (lenguaje C++ para windows) está plenamente justificado ya que de esta manera además de conseguir funcionalidad, se consigue también mayor rapidez en los tiempos de respuesta, así por ejemplo el programa desarrollado en la ref [1] necesita de tres minutos para resolver el ejemplo 4.2.1 en cambio que este paquete requiere menos de cuarenta segundos; así mismo el uso de los diversos paquetes en forma separada requiere mayor esfuerzo por parte del usuario en cuanto a la preparación e ingreso de los datos, en cambio ahora se tiene un sistema totalmente amigable en el sentido de la facilidad que representa el ingreso de datos y manejo de la información además de ser muy similar en los diferentes módulos desarrollados.

Se ha respetado los diferentes criterios técnicos que se tienen en los trabajos precedentes, es decir se ha mantenido la estructura interna básica de los mismos puesto que se trata de trabajos garantizados, lo que se debe indicar es que se realizaron mejoras sugeridas por los diferentes autores, de esta manera el trabajo final es más completo.

En cuanto al aspecto modular que se tiene de los tres paquetes presentes, permite poder realizar trabajos simultáneamente consiguiendo así mayor eficiencia, esto por su desarrollo en ambiente windows, además de que facilitará en el futuro el poder integrar nuevos módulos referentes al tema como por ejemplo flujos de potencia, estudios de estabilidad, cortocircuitos en subtransmisión

y transmisión, programas gráficos que manejen estructuras de redes, entre otros.

En cuanto a la aplicación directa que se dará al presente trabajo se debe indicar que será instalado en la E.E.Q.S.A. en donde su uso será inmediato, puesto que hasta la presente fecha la E.E.Q.S.A. realiza las coordinaciones con los criterios que se incluyen en este proyecto de una manera hasta cierto punto manual, por lo que se puede decir que se justifica en su totalidad el convenio existente. Por otro lado, es importante señalar que éste trabajo constituirá una parte de las prácticas de Laboratorio de Protecciones de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la E.P.N., lo que facilitará al estudiante el aprendizaje de las protecciones en un S.E.P.; desde este punto de vista, se debe indicar que el marco teórico descrito en el capítulo II y sobre el que se basa este proyecto, es sumamente básico, por tanto los estudiantes que realicen las prácticas deberán consultar las diferentes referencias bibliográficas, para entender y aprovechar mejor el programa desarrollado.

La base de datos implementada (en foxpro para windows) permitirá tener toda la información de los diferentes circuitos que se vayan ingresando, lo que facilitará en el futuro los cambios que se hagan sobre los mismos, de esta manera se tendrá una actualización continua de los diferentes esquemas de protección.

Si bien es cierto que se consideró como base para el desarrollo al S.E.Q, ésto no implica que no se pueda adaptar este trabajo a las restantes empresas eléctricas del país.

Finalmente se debe indicar que el presente trabajo como parte del convenio entre la E.P.N. y la E.E.S.A., cumple

con todas las expectativas y objetivos planteados de las dos partes.

## BIBLIOGRAFIA .

- 1.- Pinos, M., "Coordinación Gráfica de Protecciones de Sobrecorriente en Sistemas Radiales de Distribución", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Quito, 1992.
- 2.- Rueda, M., "Cálculo de las Impedancias de Secuencia y de las Corrientes de Cortocircuito de Alimentadores Primarios Radiales de Distribución", Quito, Octubre 1986.
- 3.- IEEE, "Coordination of Directional Relays without Generating all Circuits", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 6, No. 2, April 1991.
- 4.- Rector, B., "Developing Windows 3.1 Applications with Microsoft C/C++", 1993.
- 5.- McCord, J., "Developing Windows Applications with Borland C:++3.1", 1993.
- 6.- Slater, L., "Using FoxPro 2.5 for Windows", 1994.
- 7.- ASEA BROWN BOVERI, AST-Advanced Systems Technology, "Computer-Aided Protection Device Coordination Software", 1994.
- 8.- Mc. Graw Edison Company, Power System Division, "Overcurrent Protection-System Faults".
- 9.- E.E.Q.S.A., "Normas para Sistemas de Distribución", PARTE A, Quito, 1979.
- 10.- Damborg, M., et al., "Computer Aided Transmission

- Protection System Design, Part I: Algorithms", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, No. 1, January 1984.
- 11.- Damborg, M., Ramaswami, R., et al., "Computer Aided Transmission Protection System Design, Part II: Implementation and Results", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, No. 1, January 1984.
  - 12.- Damborg, M., Ramaswami, R., Venkata, S., Jampala, A., "Enhanced Algorithms for Transmission Protective Relay Coordination", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. PWRD-1, No. 1, January 1986, pp. 280-287.
  - 13.- ASEA RELAY DIVISION, "Ajustes y cálculos para la protección de distancia", RAZOA, Edición 2, Octubre 1980.
  - 14.- Bergen, A., "Power Systems Analysis", Prentice-Hall, Inc., New Jersey-USA, 1986.
  - 15.- Cook, V., "Analysis of Distance Protection", Department of Electrical and Electronic Engineering University College, Cardiff, Wales, Research studies press ltd., Inglaterra, 1985.
  - 16.- Moncayo, R., "Programa Digital de Coordinación de Protecciones de Distancia", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Quito, 1982.
  - 17.- Rueda, M., "Algoritmo para la Determinación de la secuencia de Pares de Relés Direccionales de Sobrecorriente a Coordinarse usando un Computador Personal", JIEEE, Vol. 13, 1992.

- 18.- Rueda, M., Albuja, M., "Coordinación de Relés en Sistemas de Subtransmisión con Ayuda de un Computador", E.E.Q.S.A.
- 19.- GENERAL ELECTRIC, "Use of the R-X Diagram in Relay Work", General Electric Co., Power Systems Management Dept. Philadelphia, 1966.
- 20.- Shchildt, H, "C Manual de Referencia", McGraw-Hill/ Interamericanos de España S.A., Segunda Edición, España, 1990.
- 21.- Humpage, W., Kandil, M., "Distance-protection performance under conditions of single-circuit working in double-circuit transmission lines", IEEE, Vol. 117, No. 4, April 1970, pp. 766-770.
- 22.- WESTINGHOUSE, "Type KD-10 And KD-11 Compensator Distance Relay", October, 1975.
- 23.- IEEE, Power Engineering Education Committee and the IEEE Switchgear Committee. The IEEE Power Engine Society. Tutorial Course. Application and Coordination of Reclosers, Sectionalizers, and Fuses.
- 24.- Mc. Graw Edison Company, Publication D280-30-1.
- 25.- Ruiz, R., "Distance Protection - MSc. Lab. Project", University of Manchester, England, 1989.
- 26.- GENERAL ELECTRIC, "Distribution System Feeder Overcurrent Protection". Bulletin.
- 27.- Mc. Graw Edison Company, Power System Division, "Distribution System Protection Manual".

- 28.- IEEE Committee Report, "Applications of Protective Relays and Devices to Distribution Circuits", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, October 1964, pp. 1034-1042.
- 29.- PYTS & PYTSC, "Commissioning instructions for static switched distance protection type PYTS 101", May 1985.
- 30.- QUADRAMHO, "Application notes modular distance protection scheme with microprocesor based scheme logic type SHPM 101", MAY 1985.

## Manual del Usuario: Coordinación Gráfica de Protecciones en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Para arrancar el programa principal de coordinación, se debe ingresar a Windows y abrir el grupo de de la aplicación de Coordinación S.E.P., seleccionar el icono (gráfico) que representa a la aplicación que se desea ingresar y presionar Enter o dar dos clicks con el mouse sobre el gráfico correspondiente. La pantalla correspondiente es la siguiente:



Opciones del submenú.

Cortocircuitos

Coordinación en Distribución

Coordinación de Distancia

Para seleccionar cualquiera de las de las opciones, puede optarse por posicionarse sobre esta letra y luego presionar Enter o usando el mouse y dar un click, o sencillamente presionar la teclas que se encuentran subrayadas. Para activar el menú usando el teclado, seguir los estándares de windows.

#### **Cortocircuitos**

Corre la aplicación correspondiente a la obtención de las corrientes de cortocircuito para un sistema radial de distribución.

#### **Coordinación en Distribución**

Corre la aplicación correspondiente a la coordinación gráfica de protecciones para sistemas radiales de distribución.

#### **Coordinación de Distancia**

Corre la aplicación correspondiente a la coordinación gráfica de distancia para sistemas de transmisión y subtransmisión.

## **Manual del Usuario: Coordinación Gráfica de Protecciones en Sistemas Radiales de Distribución.**

Para arrancar con este programa, se debe seleccionar el icono (gráfico) que representa a la aplicación y presionar Enter o dar dos clicks con el mouse sobre el gráfico correspondiente. Seguidamente aparecerá el submenú correspondiente.

#### **Opciones del submenú.**

Primario

Relés O/C en S/E

Coordinación

Mantenimiento

Para seleccionar cualquiera de las de las opciones, puede optarse por posicionarse sobre ésta y luego presionar Enter o posicionarse usando el mouse y dar un click, o sencillamente presionar la teclas que se encuentran subrayadas. Para activar el menú usando teclado seguir los estándares de windows.

### Primario

Este submenú tiene opciones que permiten editar un primario.

Crear primario nuevo

Variar calibración de elemento primario

Consulta

Borrar un primario completo

Reporte

Copiar un primario a diskette

Salir

### Crear primario nuevo

Permite ingresar un primario nuevo o añadir un elemento. Para ello se debe ingresar:

- 1 Nombre de la empresa, que puede ser de máximo 40 caracteres alfanuméricos. Presionar Enter después de cada ingreso para ir al siguiente campo.
- 2 Nombre de subestación, cadena de máximo 11 caracteres alfanuméricos.
- 3 Nombre del primario, cadena de máximo 10 caracteres alfanuméricos.
- 4 Fecha de coordinación con el formato año-mes-día.
- 5 El nivel de voltaje del sistema, que por supuesto es el voltaje entre fases del sistema donde se encuentra el primario a coordinarse, debe ser ingresado en voltios y acepta un valor máximo de 35000(V). Se puede usar la opción buscar para recuperar esta información cuando se esté añadiendo un nuevo elemento.

Primario Reles O/C en S/E Coordinacion Mantenimiento Ayuda

Nombre de la Empresa :

Nombre de Subestación :

Nombre del Primario :

Fecha de Coordinación : 24.05.15

Nivel de Voltaje :

Nodo Inicial :

Nodo Final :  Equipo entre nodos:

Seleccione el tipo de equipo.

Financ Record 12/89 Estructura Inc

- 6 Nodo inicial. Como nodo inicial se ingresa el número asignado al extremo del tramo que se encuentra hacia el lado de la fuente.
- 7 Nodo final. Como nodo final se ingresa el número asignado al extremo del tramo que queda al lado de la carga.
- 8 Presionar aceptar. Si los datos ese elemento ya existe no se puede seleccionar el tipo de equipo, y crear ese elemento.
- 9 Seleccionar el equipo entre nodos.
- 10 Presionar Crear para continuar ingresando los datos. Dependiendo del tipo de equipo se tendrá una pantalla de ingreso de datos del elemento.

Luego de haber ingresado los datos de pasos 1 a 7, se puede optar por:

- Aceptar Verifica los datos y activa las opciones crear, otro y equipo .
- Nuevo Permite blanquear los datos ingresados.

Otro Permite añadir otro elemento permitiendo cambiar los nodos.

Buscar Permite recuperar los datos principales(1 a 5).  
 Crear llama a la siguiente pantalla, esta puede ser fusible, recloser, relé, o no tiene equipo.

COORDINACION GRAFICA DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE

Primario Reles O/C en S/E Coordinacion Mantenimiento Ayuda

## COORDINACION GRAFICA

**Crear primario nuevo**

Nombre de la Empresa:

Nombre de Subestación:

Nombre del Primario:

Fecha de Coordinación:

Nivel de Voltaje:

Nodo Inicial:

Nodo Final:   Equipos entre nodos.

Seleccione el tipo de equipo

RECLOSER

RELE

NO TIENE EQUIPO

Formato    Record EOP/ES    Excluir    Ins.    Num.    Caus.

### Fusible

Permite ingresar todos los datos del fusible. A esta ventana se accede cuando se presiona crear o modificar desde la ventana de creación de un primario nuevo o desde variar calibración de un elemento primario respectivamente.

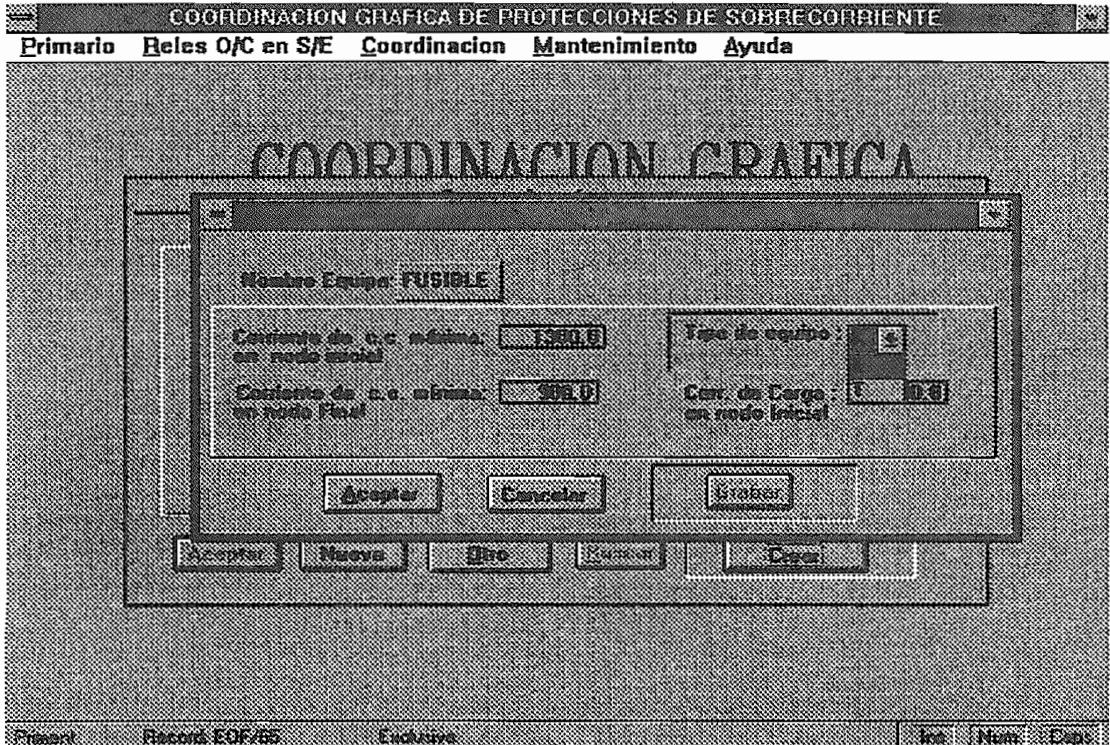
En esta ventana se debe ingresar:

- 1 Corriente de cortocircuito máxima(Iccmax) en el nodo inicial. Los valores máximos y mínimo aceptados como referenciales para que no se ingresen valores exagerados, son 15000(A) como máximo, y el

- mínimo se define como un valor por lo menos mayor a la corriente mínima de falla en el nodo final de dicho tramo.
- 2 Corriente de cortocircuito mínimo(Iccmin) en el nodo final, que corresponde a la mínima corriente de falla en el nodo inicial del tramo siguiente hacia abajo también es un número que debe ser menor a Iccmax y por otro lado mayor a la corriente de carga máxima en el nodo inicial.
- 3 La corriente de carga máxima en el nodo inicial que debe ser menor a la corriente mínima de falla en el nodo final del tramo en cuestión.
- 4 Seleccionar el tipo de fusible(K o T).

Luego de ingresado estos datos se puede seleccionar:

- Aceptar Verifica los datos y activa la opción grabar.
- Cancelar Cancela la acción y sale de la ventana.
- Grabar Graba los datos y retorna a la pantalla anterior.

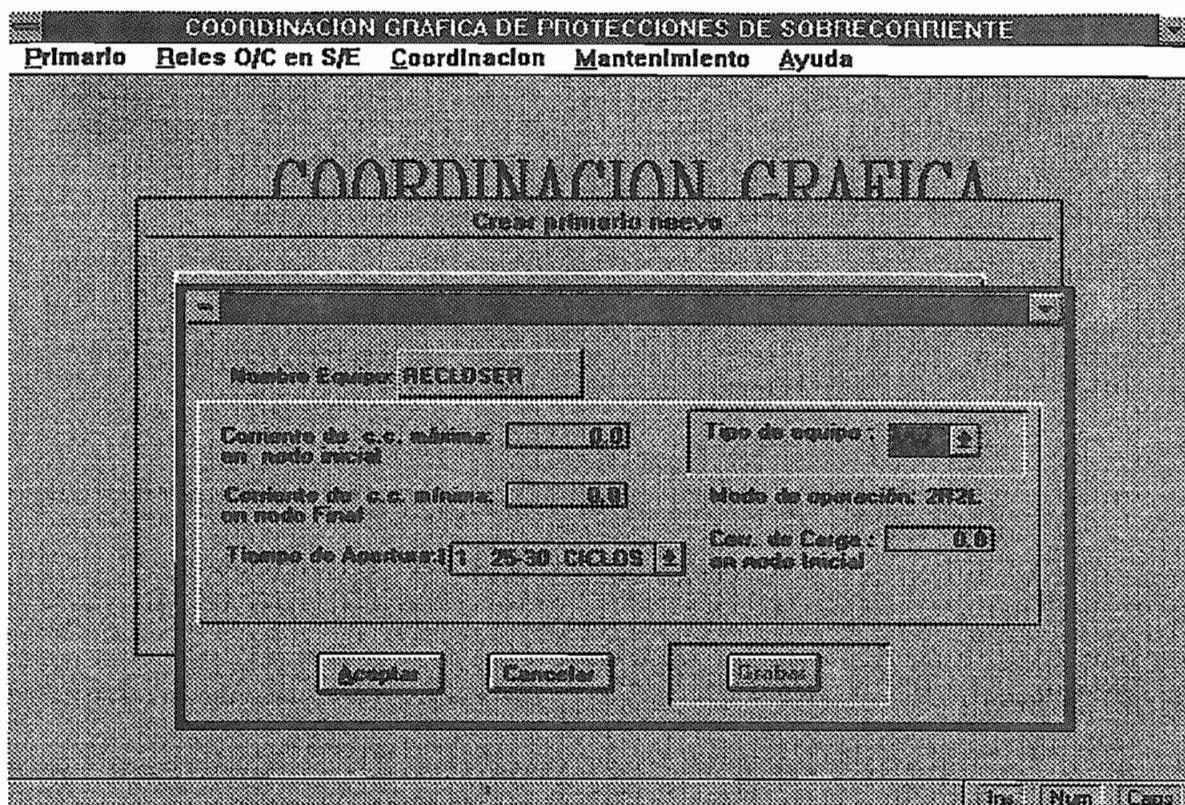


## Recloser

Permite ingresar todos los datos del reconectador. A esta ventana se accede cuando se presiona crear o modificar desde la ventana de creación de un primario nuevo o desde variar calibración de un elemento primario respectivamente.

En esta ventana se debe ingresar:

- 1 Corriente de cortocircuito máxima( $I_{ccmax}$ ) en el nodo inicial. Los valores máximos y mínimo aceptados como referenciales para que no se ingresen valores exagerados, son 15000(A) como máximo, y el mínimo se define como un valor por lo menos mayor a la corriente mínima de falla en el nodo final de dicho tramo.
- 2 Corriente de cortocircuito mínimo( $I_{ccmin}$ ) en el nodo final, que corresponde a la mínima corriente de falla en el nodo inicial del tramo siguiente hacia abajo, debe ser menor a  $I_{ccmax}$  y por otro lado mayor a la corriente de carga máxima en el nodo inicial.
- 3 La corriente de carga máxima en el nodo inicial que debe ser menor a la corriente mínima de falla en el nodo final del tramo en cuestión.
- 4 Seleccionar el tipo recloser(R,RX,W,VW,VWV).
- 5 Para definir el tiempo de apertura entre conexiones se selecciona usando mouse, o teclas de cursor. El modo de operación del reconectador se asume internamente como dos operaciones rápidas y dos lentas(2R2L); cuando se está coordinando un reconectador con un relé existe la posibilidad de que internamente se cambie este modo de operación a dos operaciones rápidas y una lenta(2R1L).



Luego de ingresado estos datos se puede seleccionar:

- |          |   |
|----------|---|
| Aceptar  | Verifica los datos y activa la opción grabar.     |
| Cancelar | Cancela la acción y sale de la ventana.           |
| Grabar   | Graba los datos y retorna a la pantalla anterior. |

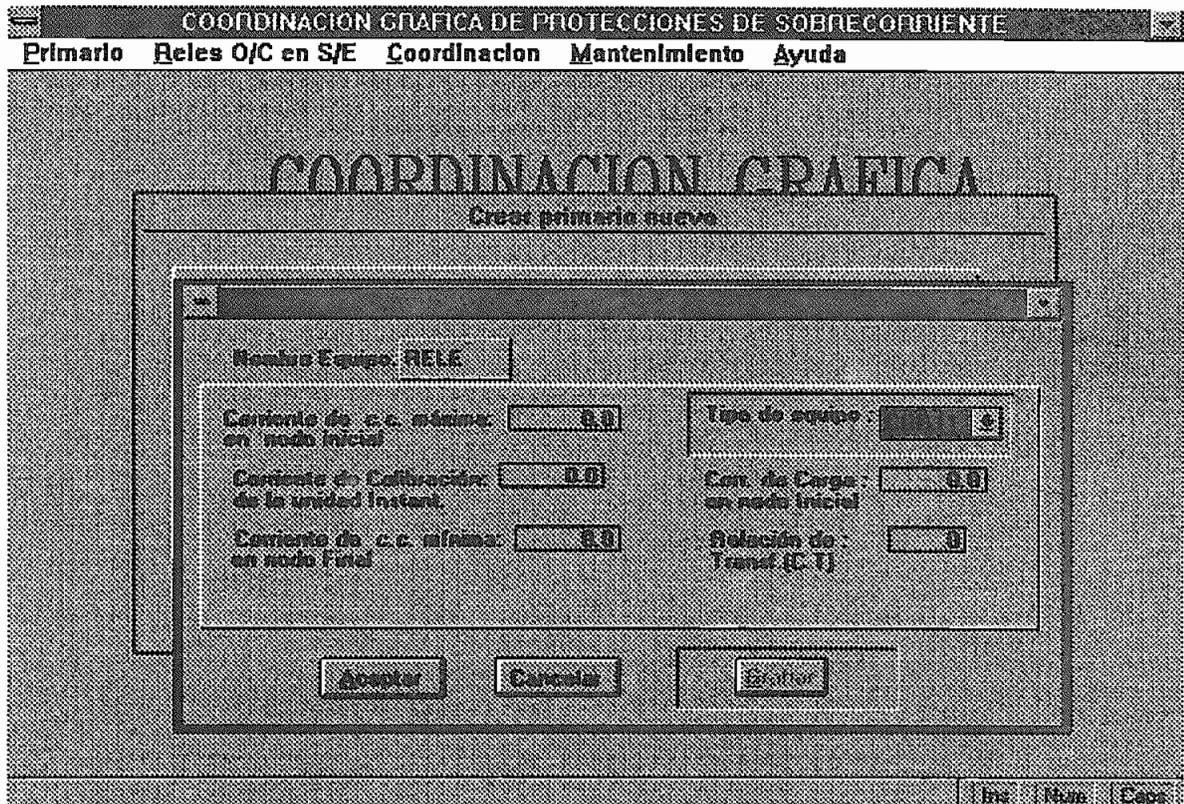
### Relé

Permite ingresar todos los datos del relé este ventana se accede cuando se presiona crear o modificar desde la ventana de creación de un primario nuevo o desde variar calibración de un elemento primario respectivamente.

En esta ventana se debe ingresar:

- 1 Corriente de cortocircuito máxima ( $I_{ccmax}$ ) en el nodo inicial. Los valores máximos y mínimo aceptados como referenciales para que no se ingresen valores exagerados, son 15000(A) como máximo, y el

- mínimo se define como un valor por lo menos mayor a la corriente mínima de falla en el nodo final de dicho tramo.
- 2 Corriente de cortocircuito mínimo ( $I_{ccmin}$ ) en el nodo final, que corresponde a la mínima corriente de falla en el nodo inicial del tramo siguiente hacia abajo, debe ser menor a  $I_{ccmax}$  y por otro lado mayor a la corriente de carga máxima en el nodo inicial.



- 3 La corriente de carga máxima en el nodo inicial que debe ser menor a la corriente mínima de falla en el nodo final del tramo en cuestión.
- 4 Seleccionar el tipo de relé (CDG11, CDG14, CDG15, CDG13, RXIDF, C06, C07, C08, C09).
- 5 Ingrese la corriente de calibración de la unidad instantánea del relé de fase cuyos datos se están ingresando, es un número de 6

dígitos que indica el valor real de la corriente de falla, es decir medido en el primario T.C., para la cual se dispara la unidad instantánea.

- 6 La relación de transformación del transformador de corriente T.C.

Luego de ingresado estos datos se puede seleccionar:

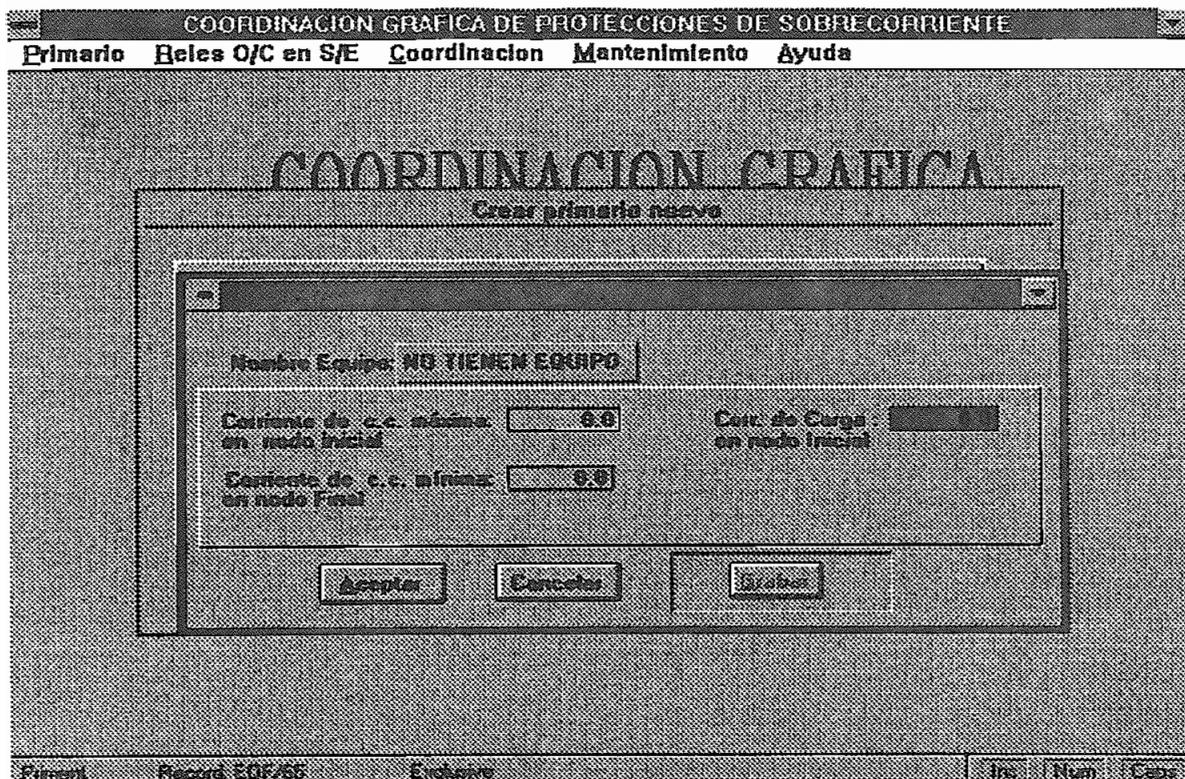
- |          |   |
|----------|---|
| Aceptar  | Verifica los datos y activa la opción grabar.     |
| Cancelar | Cancela la acción y sale de la ventana.           |
| Grabar   | Graba los datos y retorna a la pantalla anterior. |

### No tiene equipo

Permite ingresar todos los datos de un tramo sin protección. A esta ventana se accede cuando se presiona crear o modificar desde la ventana de creación de un primario nuevo o desde variar calibración de un elemento primario respectivamente.

En esta ventana se debe ingresar:

- 1 Corriente de cortocircuito máxima( $I_{ccmax}$ ) en el nodo inicial. Los valores máximos y mínimo aceptados como referenciales para que no se ingresen valores exagerados, son 15000(A) como máximo, y el mínimo se define como un valor por lo menos mayor a la corriente mínima de falla en el nodo final de dicho tramo.
- 2 Corriente de cortocircuito mínima( $I_{ccmin}$ ) en el nodo final, que corresponde a la mínima corriente de falla en el nodo inicial del tramo siguiente hacia abajo, debe ser menor a  $I_{ccmax}$  y por otro lado mayor a la corriente de carga máxima en el nodo inicial.
- 3 La corriente de carga máxima en el nodo inicial que debe ser menor a la corriente mínima de falla en el nodo final del tramo en cuestión.



Luego de ingresado estos datos se puede seleccionar:

- |          |   |
|----------|---|
| Aceptar  | Verifica los datos y activa la opción grabar.     |
| Cancelar | Cancela la acción y sale de la ventana.           |
| Graba    | Graba los datos y retorna a la pantalla anterior. |

#### Variar calibración de elemento primario.

El funcionamiento de esta pantalla es similar al de crear nuevo primario, pero adicionalmente permite cambiar el tipo de equipo entre nodos. Si el tramo especificado no existe saldrá un mensaje indicando tal situación.

Luego de realizar el ingreso de datos también permite seleccionar entre:

- |         |   |
|---------|---|
| Aceptar | Verifica los datos y activa las opciones modificar, otro y equipo |
| Nuevo   | Permite blanquear los datos ingresados.                           |
| Otro    | Permite añadir otro elemento permitiendo cambiar los nodos.       |

- Buscar** Permite recuperar los datos principales.  
**Modificar** Llama a la siguiente pantalla, esta puede ser fusible, recloser, relé, o no tiene equipo.

COORDINACIÓN GRAFICA DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE

Primario Ecies O/C en S/E Coordinacion Mantenimiento Ayuda

## COORDINACIÓN GRAFICA

Varias calibración de primario

Nombre de la Empresa:	<input type="text" value="E.E.V.S.A."/>	
Nombre de Subestación:	<input type="text" value="CIENPEPE"/>	
Nombre del Primario:	<input type="text" value="R1"/>	Equipo entre otros:
Modo Inicial:	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="FUSIBLE"/>
Modo Final:	<input type="text" value="3"/>	
Fecha de Recalibración:	<input type="text" value="24/04/15"/>	Seleccione un nuevo equipo si desea cambiar el actual.
Nuevo equipo:	<input type="text" value="FUSIBLE"/>	

Primari Record 1/55 Exclusivo In Num Cap

### Consulta

Permite consultar los datos existentes de un primario, para ello dispone de múltiples opciones, la primera es ingresar los datos del primario y presionar aceptar; la segunda es presionar buscar y sin necesidad de ingreso de datos se puede realizar la consulta, esta opción también permite ingresar condiciones de búsqueda.



## Borrar un primario completo

COORDINACION GRAFICA DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE

Primario Heles O/C en S/E Coordinacion Mantenimiento Ayuda

COORDINACION GRAFICA  
EN SISTEMAS PARALELOS

Borrado de un primario

Nombre de la Empresa :

Nombre de Subestación :

Nombre del Primario :

Aceptar Cancelar Borrar Buscar

Primario Heles O/C en S/E Exclusiva | Heles Num. Cap.

Permite borrar los datos de un primario, para ello se debe ingresar:

- 1 El nombre de la empresa.
- 2 El nombre de la subestación.
- 3 El nombre del primario.
- 4 Presionar el botón aceptar.

Si no se recuerda el nombre del primario se puede presionar el botón buscar, este le permite visualizar los datos, y recuperarlos para luego presionar el botón Aceptar.

Si no desea realizar ninguna acción presione cancelar.

## Reporte

Esta opción permite sacar reportes tanto a pantalla como a impresora, para ello se debe ingresar:

- 1 El nombre de la empresa.
- 2 El nombre de la subestación.
- 3 El nombre del primario.
- 4 Presionar el botón aceptar.  
Si no recuerda el nombre del primario se puede presionar el boton buscar, este le permite visualizar los datos, y recuperarlos para luego presionar el botón Aceptar.  
Si no desea realizar ninguna acción presione cancelar.
- 5 Seleccionar donde desea el reporte(pantalla o impresora).

En el caso de pantalla:

Puede movilizarse presionando las teclas de cursor, o utilizando el mouse. Si desea agrandar el reporte de un click con el mouse en la pantalla, y esta se agrandará.

También puede ir a la siguiente(NEXT), o anterior(PREVIOUS) página, para ello debe dar un click o Enter en la opción respectiva. Adicionalmente puede incrementar el número de la página dando un click con el mouse en las flechas de incremento que están al lado derecho del número de página.

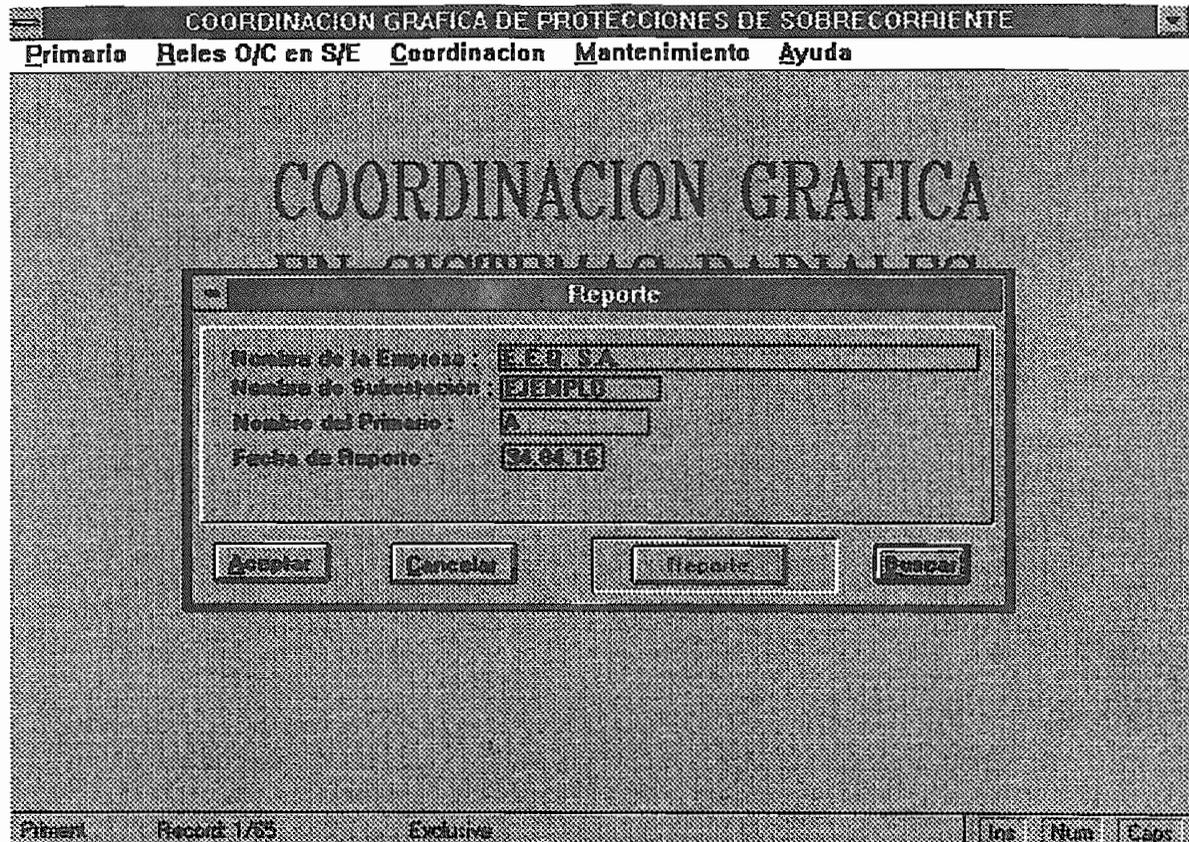
Para agrandar la imagen del reporte se dispone de dos botones los cuales permiten agrandar(Zoom In) o achicar la imagen(Zoom out). Para salir de la pantalla presionar OK.

En el caso de impresora:

Preparar la impresora.

Esperar hasta que acabe de enviar los documentos a la cola de impresión. Si desea cancelar la impresión, puede hacerlo presionando cancelar, o en el peor de los casos ingresar al administrador de impresión de windows y cancelar la tarea.

El reporte de coordinación de un alimentador primario, contiene el siguiente orden de información.

**Encabezamiento:**

- Fecha de la obtención del reporte.
- Subestación: nombre de la subestación.
- Primario: nombre del primario objeto del reporte.
- Voltaje: voltaje fase-fase del primario en voltios.
- Fecha de la última coordinación.
- Nombre de la empresa eléctrica.

**Campos:**

- **Nodo inicial:** número identificador de nodo inicial.
- **Nodo final:** número identificador del nodo final.
- **Nombre del equipo:** nombre del equipo entre los nodos.
- **Tipo de equipo:** tipo o variedad de los equipos considerados.

- 
- **Valor Fusible:** valor o especificación completa del fusible, si fuera el caso que exista uno en el tramo en cuestión.
  - **Tiempo de operación del fusible:** tiempo que corresponde a la curva de MTD o de MTF del fusible, en el punto de corriente de coordinación, cuando es elemento protegido o protector respectivamente.
  - **Modo Operación Recloser:** indica cual es el modo de operación de los reconectores existentes como consecuencia de la coordinación.
  - **Int. Aper. Recloser(código):** indica cual es el modo de operación de los reconectores existentes como consecuencia de la coordinación.
  - **Corr. Trip Recloser:** es el valor de corriente de disparo que debe elegirse para el reconector. Corresponde a valores típicos para cada variedad de reconector.
  - **Corr. CC. Apert. Recloser:** es el valor de corriente de falla que debe interrumpir el reconector. Corresponde a valores típicos para cada variedad de reconector.
  - **Tiempo Oper. Reclo.:** tiempo de operación del reconector en su curva lenta, para el valor equipos, este tiempo corresponde a la curva más lenta elegida para el reconector como consecuencia de varias coordinaciones.
  - **Tap relé:** tap en el que debe fijarse el relé.
  - **Lever relé:** dial o lever en que debe fijarse el relé como resultado de la coordinación con equipos "aguas abajo".
  - **Tiempo de oper. Relé:** es el tiempo de operación del relé para la corriente de coordinación, corresponde a la curva del mayor lever elegido para el relé como consecuencia de varias coordinaciones.
  - **C.T. del relé:** valor de la relación de transformación del transformador de corriente asociado al relé.
  - **Corr. Carga Máxima:** es el valor de la corriente de carga máxima en el punto de ubicación del equipo en cuestión (nodo inicial).
  - **Corr. Falla Máxima:** es el valor de la corriente máxima de falla en el punto de ubicación del equipo (nodo inicial).
  - **Corr. Falla Mínima:** es el valor de la corriente mínima de falla que puede presentarse en el tramo en que se encuentra ubicado el equipo en cuestión (nodo final).

- **Observaciones:** es el comentario correspondiente de la coordinación entre el equipo que se encuentra en este registro y el que está ubicado inmediatamente "aguas arriba" del mismo.

#### Copiar un primario a diskette

Permite sacar un respaldo de un primario a diskette. Para ello realizar el ingreso:

- 1 El nombre de la empresa.
- 2 El nombre de la subestación.
- 3 El nombre del primario.
- 4 Seleccionar la unidad (drive) destino.

Luego de ingresado estos datos se puede optar por :

- Aceptar Verifica los datos y activa la opción copiar.
- Cancelar Permite salir de la pantalla sin realizar acciones.
- Buscar Permite recuperar los datos principales.
- Copiar Permite copiar el primario a diskette.

COORDINACION GRAFICA DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE

Primario Relés O/C en S/E Coordinacion Mantenimiento Ayuda

## COORDINACION GRAFICA

### EN CIRCUNTAOS PARALELO

COPIA DE UN PRIMARIO A DISKETTE

Nombre de la Empresa:

Nombre de Subestación:

Nombre del Primario:

Drive:

Primario Record: 1/55 Escribe

Ino	Num	Cana

**Salir**

Permite salir del programa.

**Relés O/C en S/E**

Este submenú posee opciones para editar datos de relés, emitir reportes y actualizar ciertas variables de coordinación. Las opciones que posee son:

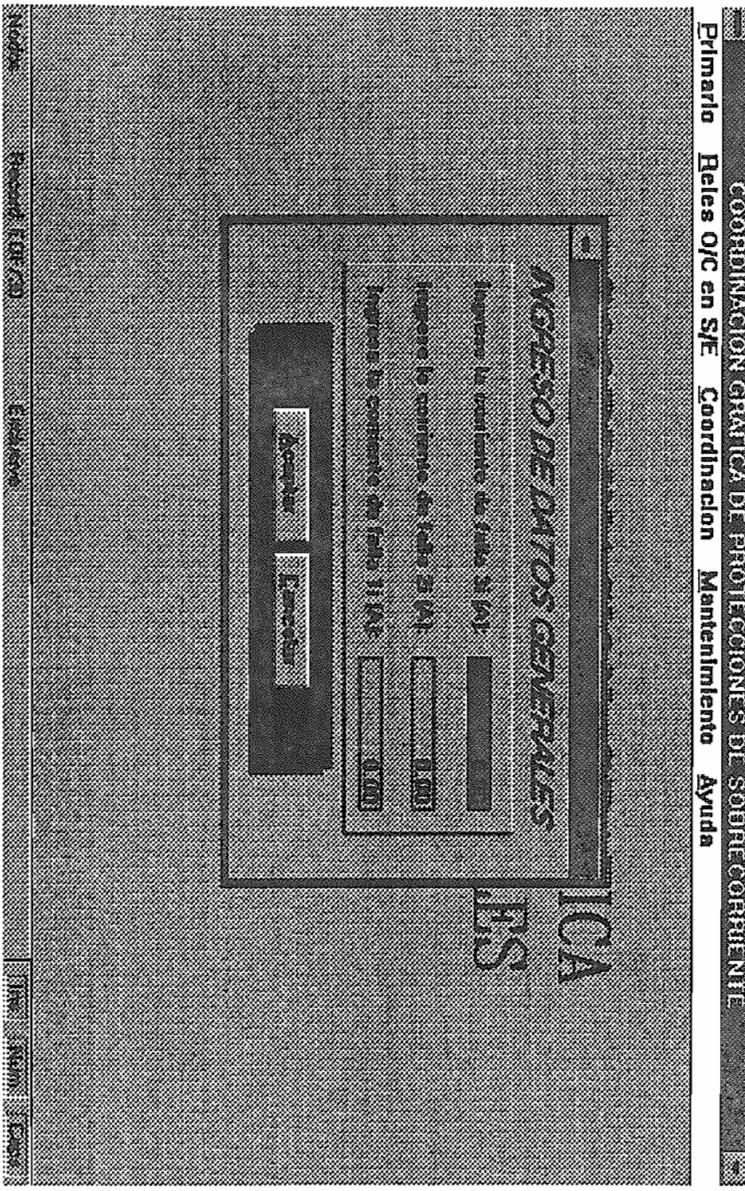
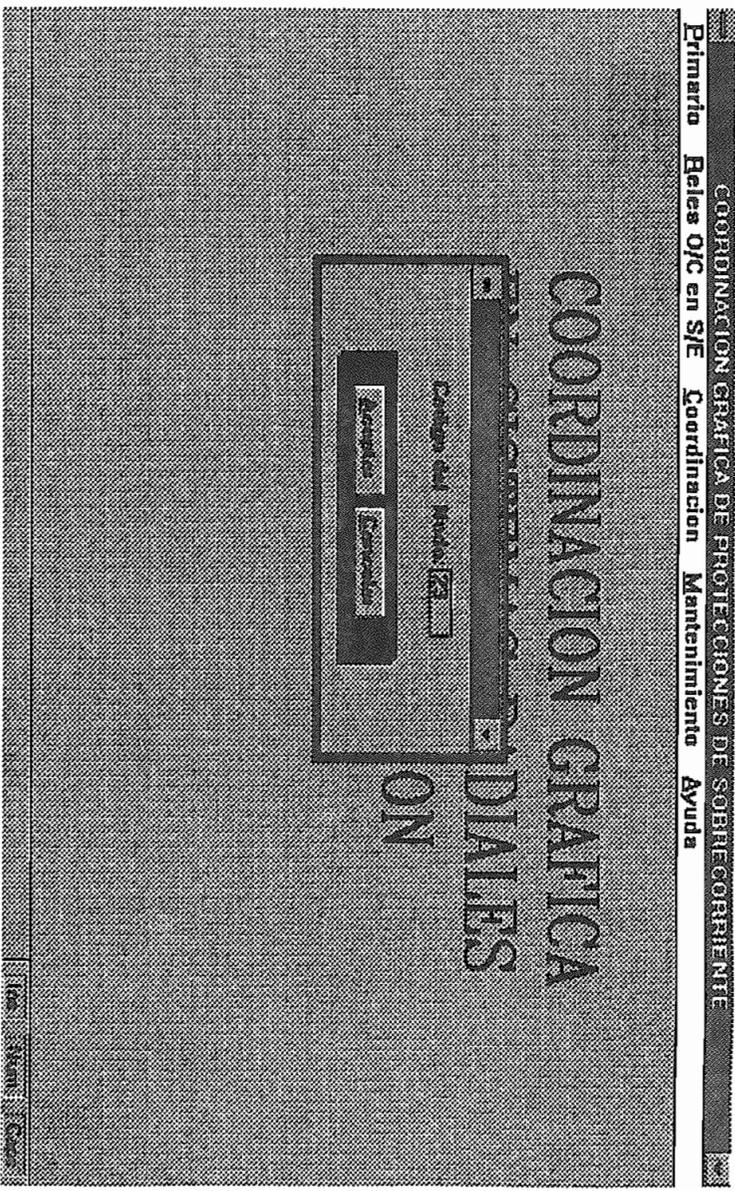
- Incluir primario/alimentación/subestación
- Modificar datos relés
- Eliminar primario/alimentación/subestación
- Reportes de relés
- Variables de coordinación
- Nodos

**Incluir primario/alimentación/subestación**

Permite ingresar los datos correspondientes a los relés de fase y de tierra para una subestación y primario que pueden ser ya existentes o nuevas.

Inicialmente aparece una ventana de ingreso de datos generales de la subestación donde se van a ingresar los relés donde deben ingresarse los siguientes datos:

- 1 Código del nodo, si el nodo no existe este es creado para lo cual se presenta un mensaje en pantalla indicando eso, y pregunta si se desea ingresar más datos en esa subestación. Si la pregunta es constestada negativamente se cancela la acción y se retorna al menú principal.
- 2 Ingresar las corrientes de fallas.



Luego del ingreso de estos datos aparece la ventana de ingreso de datos particulares de relés, permitiendo incrementar un relé en el lado de alta tensión, en un primario o en una alimentación. Para ingresar la información se puede posicionar en el campo deseado usando el mouse o las teclas de cursor.

COORDINACION GRAFICA DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE

Primario Relés O/C en S/E Coordinación Mantenimiento Ayuda

COORDINACION GRAFICA

Ingreso de datos de relés en la subestacion

Subestación:  Primario:

Cable o Conductor:  I Max(A):  Relación de T/C:

**FASES**

Marca Relé:  Tipo:  Iop:  Lever:  Instant. (A):

**TIERRA**

Marca Relé:  Tipo:  Iop:  Lever:  Instant. (A):

I Carga(A):  Cod. Modo:  Pos. Coordinac.:  Voltaje(KV):

Grabar Cancelar

Relés Pantalla 175/172 Evaluado Ino Nom Canc

Los datos que se necesitan ingresar son:

- 1 Subestación.
- 2 Primario
- 3 Cable o conductor: Es el calibre del conductor subterráneo de salida desde la subestación.
- 4 I<sub>max</sub>: Es la corriente máxima del cable subterráneo en amperios.
- 5 Relación del T/C: Es el valor de la relación del transformador de corriente asociado al relé, y tiene un formato de entrada especial por ejemplo en caso de tratarse de un transformador que para 300 amperios en el primario tenga 5 amperios en el secundario, debe ingresarse así: 300.50



de un transformador que para 300 amperios en el primario tenga 5 amperios en el secundario, debe ingresarse así: 300.50.

- La corriente en la que se encuentra fijada la unidad instantánea de fase y de tierra asociada al relé, se muestra y debe ser ingresada en caso de variaciones, como amperios vistos desde el lado secundario del transformador de corriente asociado. Así, si en el lado primario el valor fijado para el instantáneo es de 6000(A), y se tiene un transformador de corriente 600.50(valor de relación:120), el dato a ser ingresado será:50.0, que corresponde al resultado del cociente:6000/120.

COORDINACION GRAFICA DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE				
Primario	Relés O/C en S/E	Coordinacion	Mantenimiento	Ayuda
<b>COORDINACION GRAFICA</b>				
Modificación de datos de relés en una subestacion				
Subestacion:		Primario:	A1M 45	
Cable o Conductor:	500 MM2	I Max(A):	645	Relación de T/C:
<b>FASES</b>				
Marca Relé:	WESTINGHOUSE	Tipo:	CD7	Tes:
		Tes:	3.50	Lever:
		Lever:	1.50	Instant (A-sec):
		Instant (A-sec):	45.0	
<b>TIERRA</b>				
Marca Relé:	WESTINGHOUSE	Tipo:	CD7	Tes:
		Tes:	1.00	Lever:
		Lever:	4.50	Instant (A-sec):
		Instant (A-sec):	20.0	
I Carga(A):	150.00	Exp. Nada:	205	Por Coordinac:
		Por Coordinac:	01	Volts(RV):
		Volts(RV):	48.00	
<input type="button" value="Borrar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Anterior"/> <input type="button" value="Siguiente"/> <input type="button" value="Buscar"/>				
Fecha:	Format: 1/1/79	Estado:	Ina	Nun
			Capa	

Al ingreso automáticamente se posiciona en el primer registro. Para moverse entre registro se puede utilizar los botones:

Anterior Permite ir al registro anterior

Siguiente Permite ir al siguiente registro.

Buscar Despliega una ventana donde se puede ingresar condiciones de búsqueda.

- Grabar        Permite grabar los cambios.
- Cancelar     Cancela la acción si no se ha grabado, y sale de la pantalla.

### Eliminar primario/alimentación/subestación

COORDINACION GRAFICA DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE

Primario Relés O/C en S/E Coordinacion Mantenimiento Ayuda

**COORDINACION GRAFICA**

Eliminación de datos de relés en una subestación

Subestación:       Fila:

Cable o Conductor:       # Man(A):       Relación de T/C:

**FASES**

Marca Relé:       Tipo:       Tap:       Lever:       Instant. (A-seg):

**TIERRA**

Marca Relé:       Tipo:       Tap:       Lever:       Instant. (A-seg):

# Carga(A):       Cod. Hella:       Pos. Coordinac.:       Voltaje(V):

Relés      Record 1/170      Euflexión                       

Permite eliminar un registro del archivo de relés. Se ingresa al primer registro y se dispone de los botones:

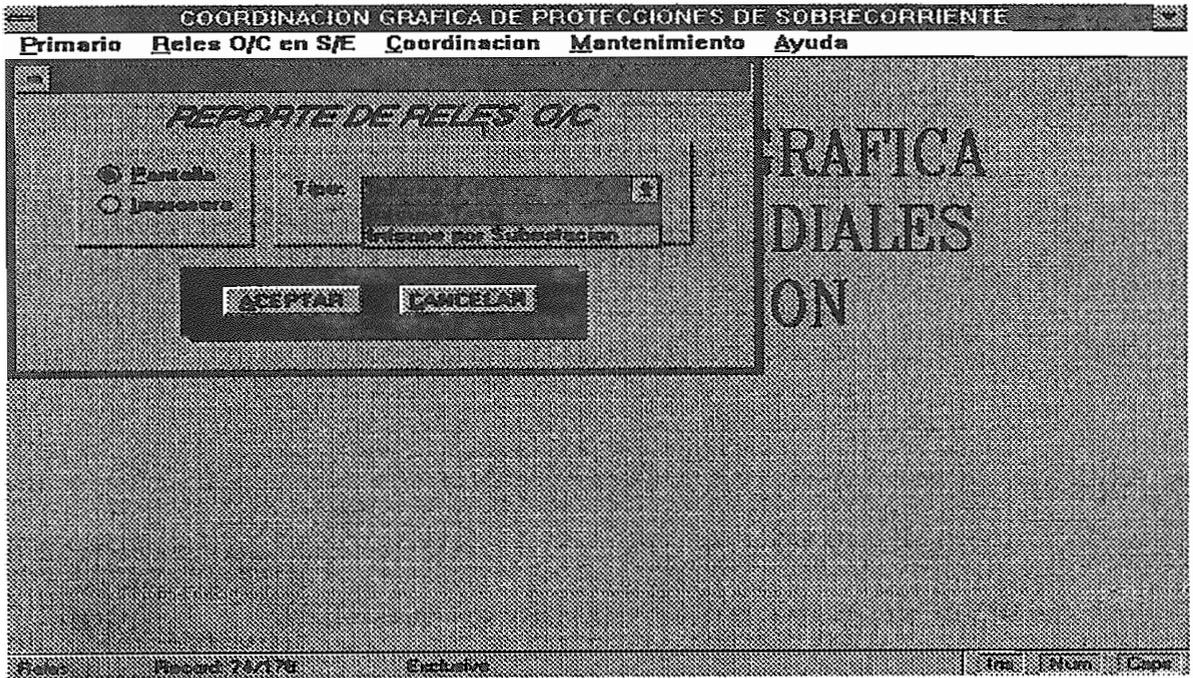
- Anterior     Permite ir al registro anterior
- Siguiente    Permite ir al siguiente registro.
- Buscar        Despliega una ventana donde se puede ingresar condiciones de búsqueda.
- Borrar        Permite borrar el registro.
- Cancelar     Cancela la acción si no se ha grabado, y sale de la pantalla.

Al seleccionar borrar se despliega una ventana de confirmación, la cual le permite arrepentirse si no está seguro.

Cuando se han eliminado todos los relés correspondientes a una subestación, se pregunta si se elimina el nodo correspondiente a la subestación en la base de datos NODOS.DBF.

**Reportes de relés**

Esta opción genera un informe en la pantalla o en la impresora de todos los relés existentes. Al ingresar se observa una ventana que presenta dos opciones: a pantalla o a impresora, adicionalmente le permite seleccionar el tipo de informe, es decir se puede obtener un informe total o por subestación.



Se dispone de los botones:

- Aceptar      Ejecuta la acción.
- Cancelar     Cancela la acción, y sale de la pantalla.

La información que se presenta en estos reportes se describe a continuación, según el orden que se presentan los campos de izquierda a derecha:

#### Encabezamiento

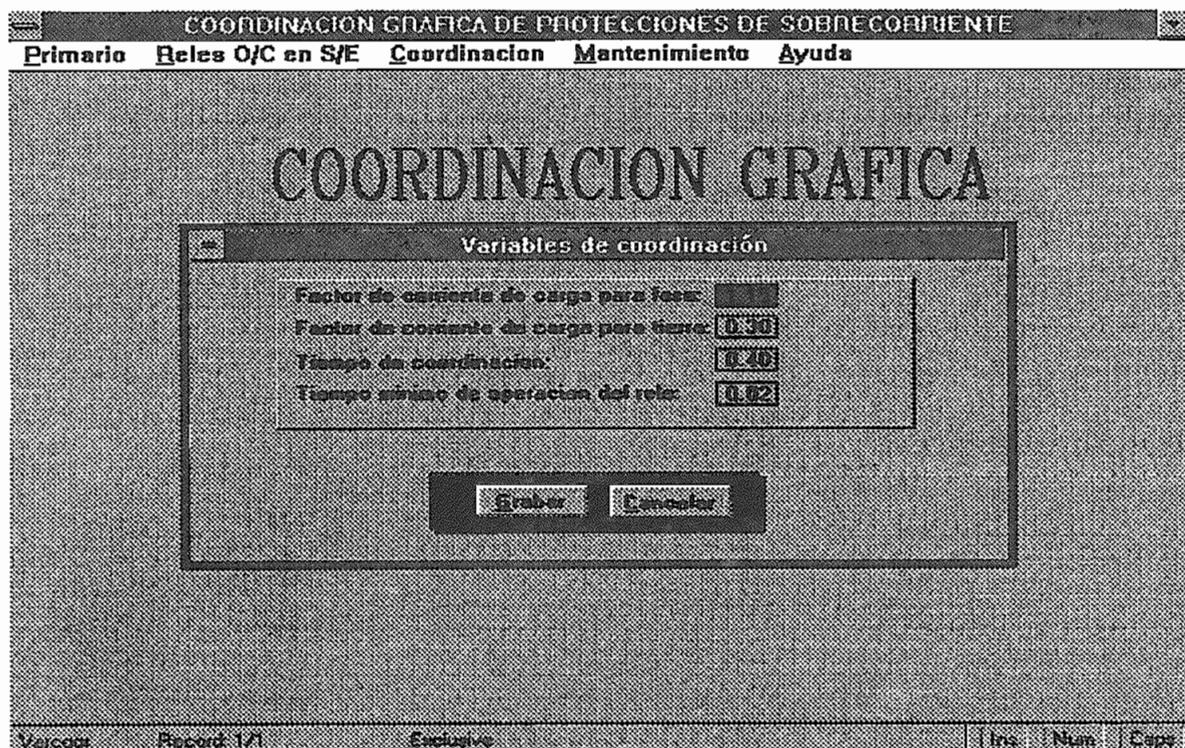
- **Subestación:** contiene el nombre de la subestación en la cual se encuentra ubicado el relé.

#### Campos:

- **Alimentación o primario:** indica el nombre del primario o alimentación en donde está ubicado el relé.
- **Tipo de cable o conductor:** indica el calibre del cable o conductor de salida desde la subestación hasta el primer poste.
- **Relación T/C:** es la relación del transformador de corriente que esta asociado al relé en cuestión. La modalidad es la ya mencionada anteriormente, es decir si una relación de 300(A) en el primario a 5 (A) en el secundario, en el reporte se presenta como: 300.50.
- **Marca Relé Fase:** es el nombre de la fábrica o la marca misma del relé conectado a la fase.
- **Tipo Relé F:** es el tipo o variedad de relé conectado a la fase según la fábrica o marca.
- **Fases Tap:** es el tap en el que debe o deben fijarse los relés conectados a las fases.
- **Fases lever:** es el lever o dial en el que debe o deben calibrarse los relés de fase para que se cumpla la coordinación.
- **Fases Instan:** es el valor de corriente en el secundario del transformador de corriente asociado a la unidad instantánea del relé o relés de las fases.
- **Marca Relé de tierra:** indica la fábrica o la marca del relé conectado al neutro (tierra) del sistema distribuido.

- **Tipo Relé T.:** es el tipo de relé de tierra, según la marca que ha sido previamente elegida.
- **Tierra tap:** es el tap en el que debe fijarse el relé conectado al neutro o a tierra.
- **Tierra Lever:** es el lever o dial en el que debe calibrarse el relé de tierra para que se cumpla la coordinación.
- **Tierra Instan.:** es el valor de corriente en el secundario del transformador de corriente asociado a la unidad instantánea del relé de tierra.
- **I Max:** es la corriente máxima que puede soportar el conductor o cable de salida desde la subestación hasta el primer poste.

#### Variables de coordinación



Permite cambiar ciertas variables que influyen en el escogitamiento del tap y en la coordinación. Las variables que son susceptibles de variación

por parte del usuario, con su respectivos rangos de validez, los mismos que deben ser ingresados son:

- 1.- Factor de corriente de carga para fases: este valor varía entre 1.05 y 1.5. es el valor que va a multiplicar a la corriente de carga por la fase.
- 2.- Factor de corriente de desbalance de carga para tierra: varía entre 0.2 y 1.0. Este factor multiplica a la corriente de carga máxima por fase, para encontrar la corriente en el neutro. Normalmente se toma como 0.3.
- 3.- Tiempo de coordinación: varía entre 0.2 y 0.6 segundos. Es el valor en segundos del tiempo que debe existir entre las curvas de relés consecutivos que se desea coordinar; se lo conoce también con el nombre de margen de coordinación. Valor que se escoge normalmente es 0.4 segundos.
- 4.- Tiempo mínimo de operación del relé: varía entre 0.016 y 0.1, y es el tiempo mínimo en segundos que se demora en operar el relé. Normalmente se toma como 0.02 segundos.

Se dispone de los botones:

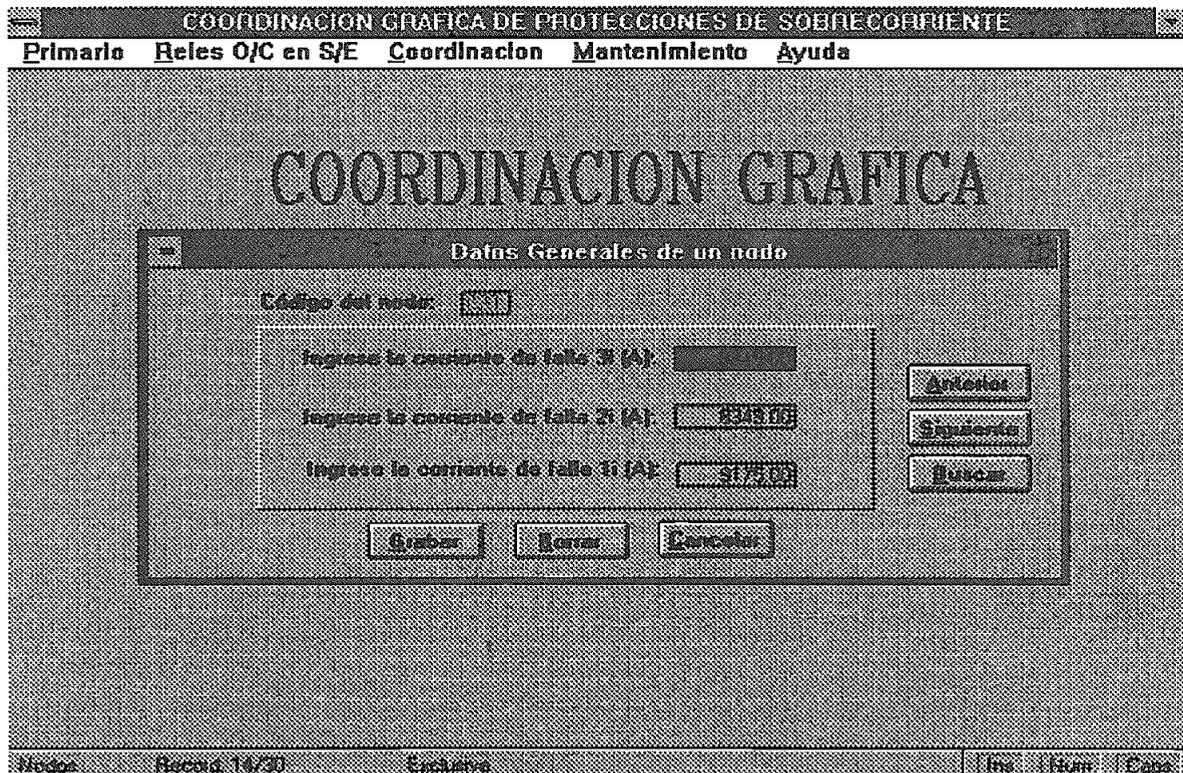
- |          |   |
|----------|---|
| Grabar   | Permite grabar los cambios.                                   |
| Cancelar | Cancela la acción si no se ha grabado, y sale de la pantalla. |

### Nodos

Permite editar los datos de un nodo de una subestación, permitiendo modificar los datos generales de ese nodo (corrientes de falla); permite la siguientes opciones:

- |           |  |
|-----------|--|
| Grabar    | Permite grabar los cambios.  |
| Cancelar  | Cancela la acción si no se ha grabado, y sale de la pantalla.          |
| Anterior  | Permite ir al registro anterior  |
| Siguiente | Permite ir al siguiente registro.                                      |
| Buscar    | Despliega una ventana donde se puede ingresar condiciones de búsqueda. |

Borrar Permite borrar el registro, si este no está relacionado con registros de relés.



### Coordinación

Este submenú posee opciones para realizar la coordinación de los elementos.

Coordinación relés O/C en S/E

Primario existente

### Coordinación relés O/C en S/E

Es submenú posee opciones para coordinar relés, que son:

De fase en baja (total)

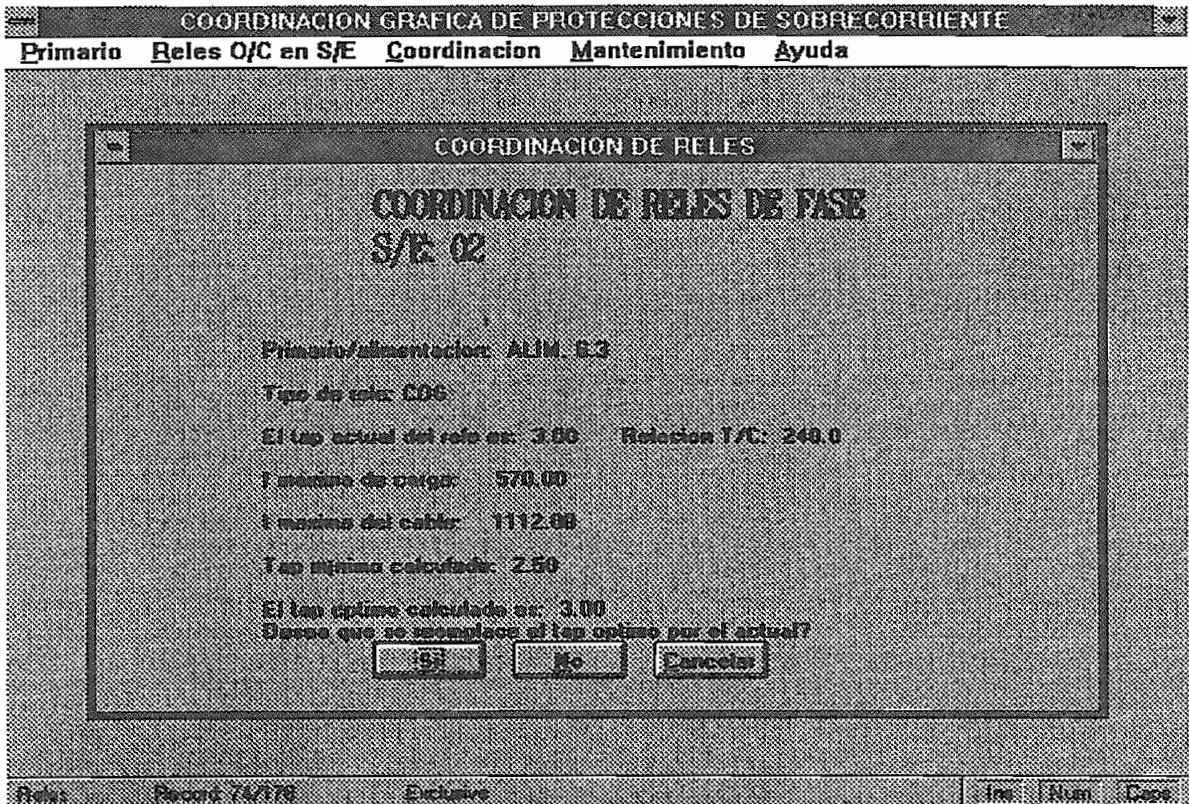
De tierra en baja(total)

De fase en baja

De tierra en baja  
De fase alta y baja

**De fase en baja (total)**

Sirve para coordinar relés en baja tensión. Empieza por la subestación que tenga el número de identificación menor y va hasta la última que existe en el archivo de relés. No se considera los relés ubicados en el lado de alto voltaje.



Al ingresar a esta opción se presenta una ventana que despliega la siguiente información:

- Subestación
- Primario/alimentación
- Tipo de relé
- El tap actual del relé, relación de transformación

- La corriente máxima de carga
- La corriente máxima del cable
- Tap mínimo calculado
- El tap óptimo calculado

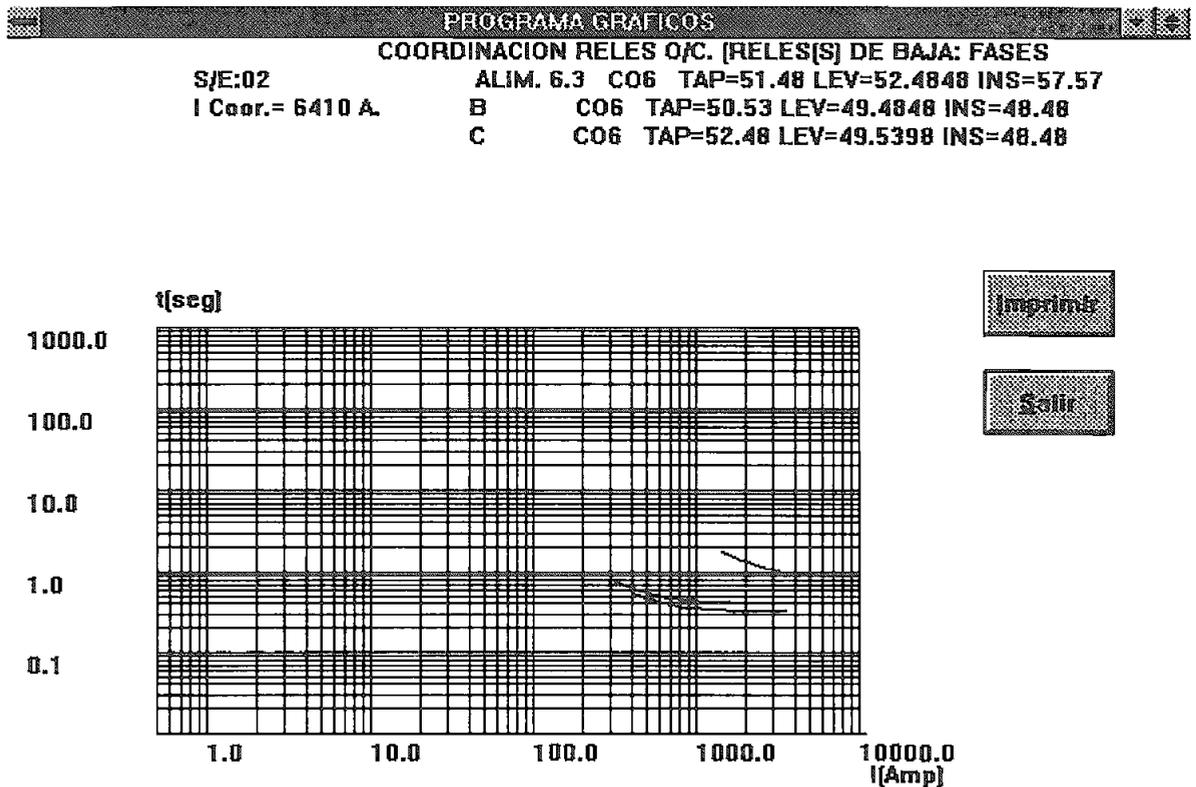
Adicionalmente posee los siguiente botones:

Si Realiza la acción.

No Cancela la acción

Cancelar Cancela la acción y retorna a la pantalla anterior.

Luego de reemplazar el tap, aparecerá la ventana del lever calculado, la misma que aparecerá hasta presionar Enter o Espaciador. Luego de los cálculos de lever, se procede a graficar los elementos.



En la pantalla que muestra las curvas de los elementos, se puede seleccionar:

Imprimir Permite imprimir el gráfico

Salir            Permite salir de la pantalla y retornar al submenú principal.

Si por accidente tocó con el mouse la pantalla anterior al gráfico, puede retornar a al ventana del gráfico presionado CTRL+ESC, o si la vizualizar dar dos clicks con el mouse.

El procedimiento a seguir es: se ubica en una subestación, se busca el relé de la primera alimentación(código 10), de acuerdo al código del nodo se busca la mayor corriente de cortocircuito entre la trifásica y la monofásica en ese punto.

Luego se coordina entre los relés de los alimentadores primarios correspondientes a esta alimentación principal. Se chequea el tipo de relé de la alimentacion y se escoge el tap. Si el tap escogido es cero, significa que de acuerdo a la corriente de carga, el tap estaría fuera de los rangos disponibles en el relé. El tap se escoge entre los disponibles de acuerdo al tipo de relé.

Cuando los datos de un relé o han sido ingresados completamente, no se lo toma en cuenta para la coordinación, es necesario verificar que los datos sean los adecuados y que estén completos.

Al escoger el tap, se realiza varios chequeos como: que la corriente máxima del cable sea mayor que la corriente máxima de carga, que la corriente que permite el tap sea menor que la corriente máxima del cable. Con la corriente de carga, se puede saber y se muestra por pantalla, el tap mínimo calculado. También, con el factor de proyección de carga, se calcula el tap óptimo. Por último se consulta si se desea reemplazar el tap óptimo calculado por el tap actual.

Luego de escogido el tap, busca los relés en los alimentadores primarios asociados a la misma barra (códigos 11,12,.. etc). Se busca el de código 11, se chequea el tipo de relé y se escoge el tap. Seguidamente la coordinación se realiza entre el relé de código 10, y el código 11. Esta coordinación da como resultado el lever del relé de la alimentación. Luego se realiza el mismo procedimiento entre los relés de códigos 10 y 12,10 y 13, etc.

Luego de cada coordinación entre pares de relés, se escoge el mayor de los levers calculados para el relé de la alimentación, y se pregunta por pantalla si se reemplaza el lever actual por el lever calculado.

Seguidamente se dibuja para el relé de la alimentación, y se pregunta por pantalla si se reemplaza el lever actual por el lever calculado.

#### **De fase en baja(total)**

Sirve para coordinar relés de fase en baja tensión, para todas las subestaciones de las bases de datos.

#### **De tierra en baja(total)**

Sirve para coordinar relés de tierra en baja tensión, para todas las subestaciones de las bases de datos.

#### **De fase en baja**

Permite ingresar el nombre de la subestación en la que desea realizar la coordinación. Se coordinan los relés de fase o de tierra en una sola subestación a a la vez.

#### **De tierra en baja**

Permite ingresar el nombre de la subestación en la que desea realizar la coordinación. Se coordinan los relés de fase o de tierra en una sola subestación a a la vez.

#### **De fase alta y baja**

En este caso se coordina entre el relé de alta tensión y los relés de las alimentaciones principales o de los alimentadores primarios solos; es decir, entre el relé de código de ubicación 01 y los relés de códigos 10,20,30, etc. En caso de no existir alimentadores primarios, es decir

entre el relé de código 01, y los relés de códigos de ubicación 11,12,13, etc.

En todos los casos de la opciones de este bloque, luego de ejecutarse la coordinación deseada, se muestra las curvas de los relés que han intervenido en la coordinación (máximo 8).

Luego de realizada la coordinación se retorna al menú principal.

#### Primario existente

Permite realizar la coordinación total del primario. Para ello hay que ingresar el nombre de la empresa, subestación, y el nombre del primario.

COORDINACION GRAFICA DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE

Primario Relés O/C en S/E Coordinacion Mantenimiento Ayuda

## COORDINACION GRAFICA

Coordinación de un primario

Nombre de la Empresa: E.E.R. S.A.

Nombre de Subestación: EJEMPLO

Nombre del Primario: A

Fecha de coordinación: 94.04.16

Aceptar Cancelar

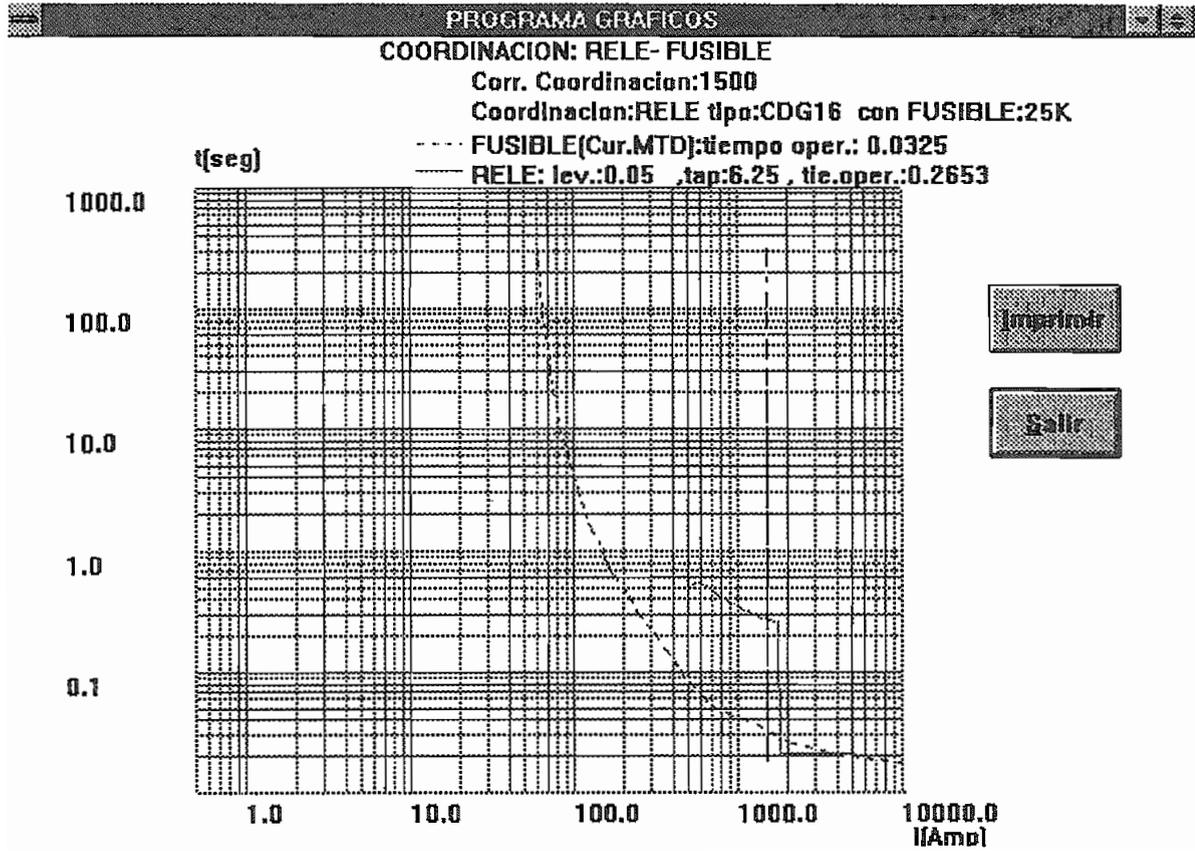
Primario Párrafo 1/55 Echegaray Ino. Num. Cap.

Luego de realizar la coordinación, mostrando donde es menester las curvas correspondientes de coordinación, retorna el cursor al menú principal.

En las gráficas se puede seleccionar :

Imprimir Permite imprimir el gráfico

Salir Permite salir de la pantalla y retornar a la pantalla principal



---

## Manual del Usuario: Corrientes de Cortocircuitos en Sistemas Radiales de Distribución.

Para arrancar con este programa, se debe seleccionar desde el menú principal, el icono (gráfico) que representa a la aplicación y presionar Enter o dar dos clicks con el mouse sobre el gráfico correspondiente. Seguidamente aparecerá el submenú correspondiente.

### Opciones del Submenú

Red

Ayuda

#### Red

Es el menú principal del programa, permite realizar la edición, cálculo, y reporte de las corrientes de cortocircuito. Posee las siguientes opciones:

Nueva

Editar

Cálculo de parámetros de líneas

Cálculo de fallas

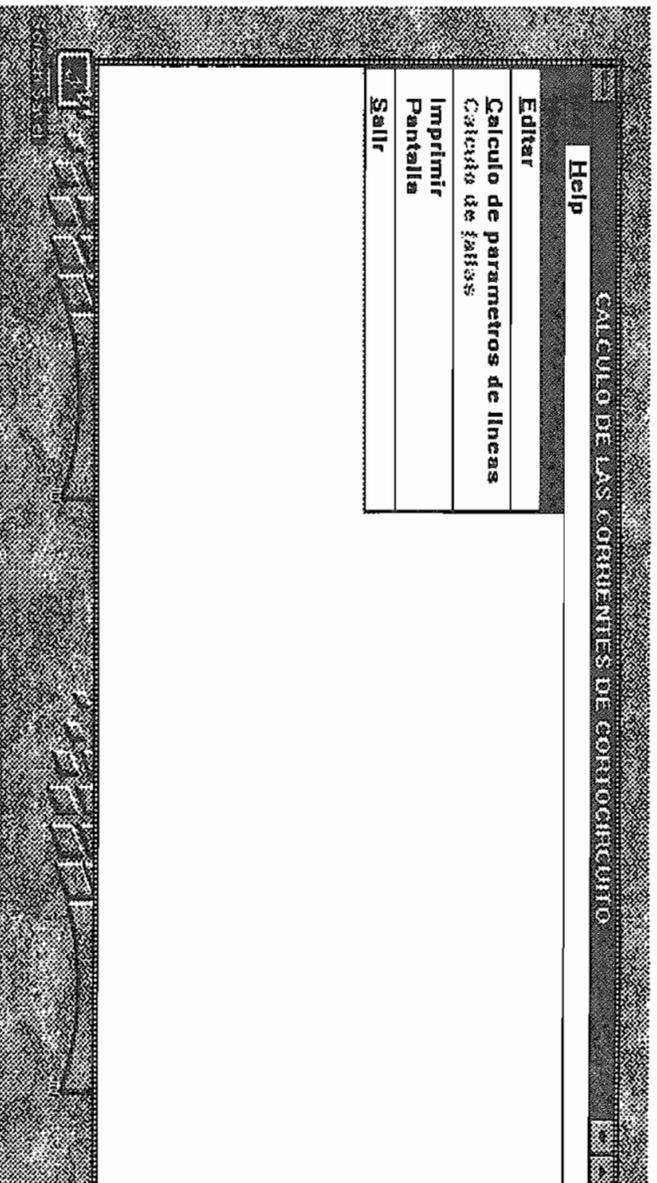
Imprimir

Pantalla

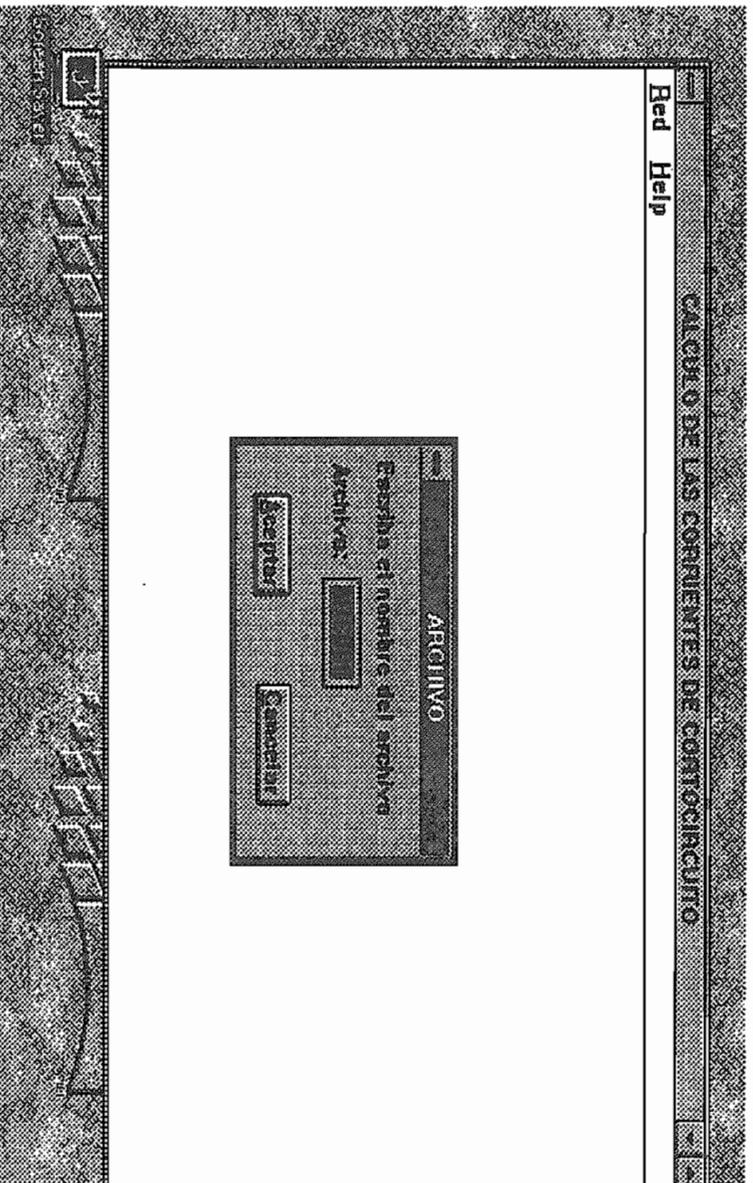
Salir

#### Ayuda

Permite desplegar la ayuda para el paquete, para ello se puede colocar en el menú y presionar la opción correspondiente. Adicionalmente se puede seleccionar la ayuda de contexto según la opción del menú presionando Shift+F1.



Nueva Red



---

Para crear una nueva red debemos realizar los siguientes pasos:

- 1 Ingresar el nombre de la red. Si el nombre ya existe saldrá el mensaje "Archivo ya existe".
- 2 Aparecerán las siguientes pantallas de ingreso de datos, en el mismo orden de la lista.

Fase Primaria

Neutro

Secciones

Impedancia de generación máxima

Impedancia de generación mínima

Impedancia de falla

Datos del sistema

- 3 Después de ingresar todos los datos se retornará al menú principal.

Nota: En el caso de que no coincidan el número de registros de fase primaria y neutro (cuando neutro sea mayor que cero), saldrá el mensaje "Revisar los datos de los conductores neutros".

### Editar Red

Permite editar los archivos de datos que posee la red, para lo cual todos disponen de pantallas de edición. Se debe realizar los siguientes pasos:

- 1 Ingresar el nombre de la red. Si el nombre no existe saldrá el mensaje "Archivo no existe".
- 2 Aparecerá una pantalla con las siguientes opciones:

Fase Primaria

Neutro

Secciones

Impedancia de generación máxima

Impedancia de generación mínima

Impedancia de falla

Datos del sistema

Salir

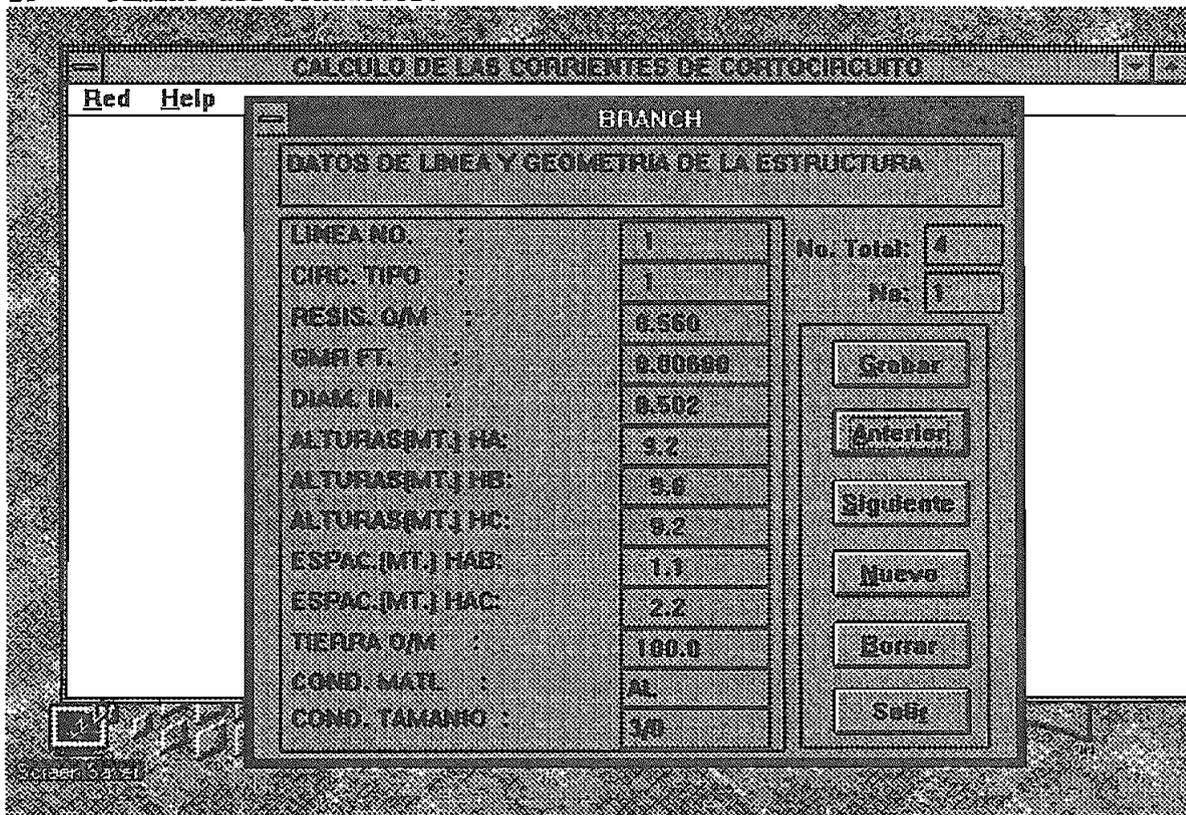
Para seleccionar una de las opciones se puede movilizar usando las teclas de cursor.

Fase Primaria

Permite ingresar los datos de línea y de geometría de la estructura de la fase primaria. Esta pantalla despliega información del número de registros que posee el archivo editado, y el registro que se está editando.

Para ello debe ingresar:

- 1 Número de la línea.
- 2 Tipo de circuito. Valores 1-10.
- 3 Resistencia O/M.
- 4 GMR FT.
- 5 Diametro IN.
- 6 Alturas(MT.) HA,HB,HC.
- 7 Espacio HAB,HAC.
- 8 Tierra O/M.
- 9 Material del conductor(MATL.).
- 10 Tamaño del conductor.



La pantalla posee los siguientes botones:

Grabar

Anterior

Siguiente

Nuevo

Borrar

Salir

**Grabar:** Valida los datos ingresados, si están mal formados despliega el mensaje correspondiente indicando el tipo y el tamaño. Luego de realizada la validación graba el registro.

**Anterior:** Permite editar los datos del registro anterior.

**Siguiente:** Permite editar los datos del registro que sigue, si el registro que se está editando es uno nuevo se posicionará en el último registro.

**Nuevo:** Blanquea la pantalla permitiendo ingresar un nuevo registro, incrementa el número del registro.

**Borrar:** Permite borrar un registro, para ello se debe colocar en el registro deseado.

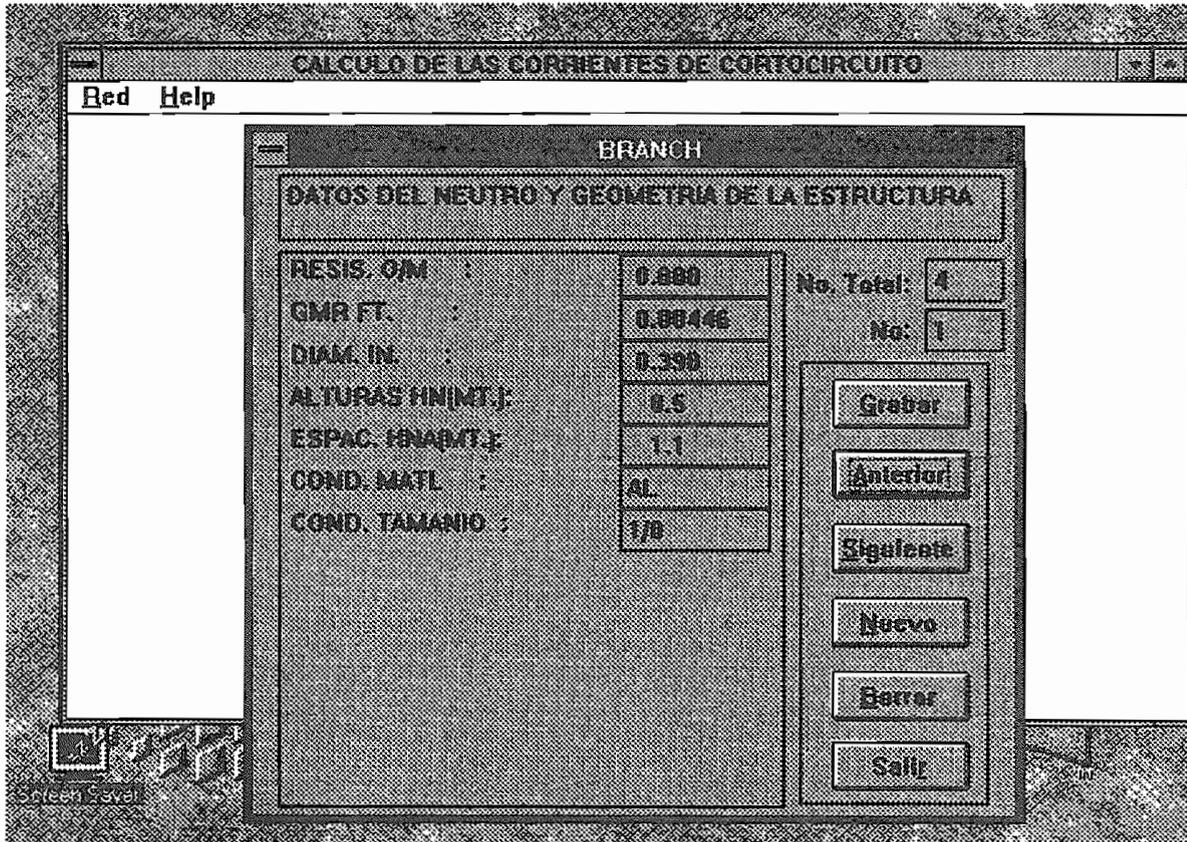
**Salir:** Permite salir de una pantalla y retornar a la pantalla anterior, o salir al programa principal cuando se selecciona desde el submenú principal.

#### **Neutro**

Permite ingresar los datos del neutro y de geometría de la estructura. Esta pantalla despliega información del número de registros que posee el archivo editado, y el registro que se está editando.

Para ello debe ingresar:

- 1 Resistencia O/M.
- 2 GMR FT.
- 3 Diámetro IN.
- 4 Altura HN(MT.).
- 5 Espacio HNA.
- 6 Material del conductor(MATL.).
- 7 Tamaño del conductor.



La pantalla posee los siguientes botones:

Grabar

Anterior

Siguiente

Nuevo

Borrar

Salir

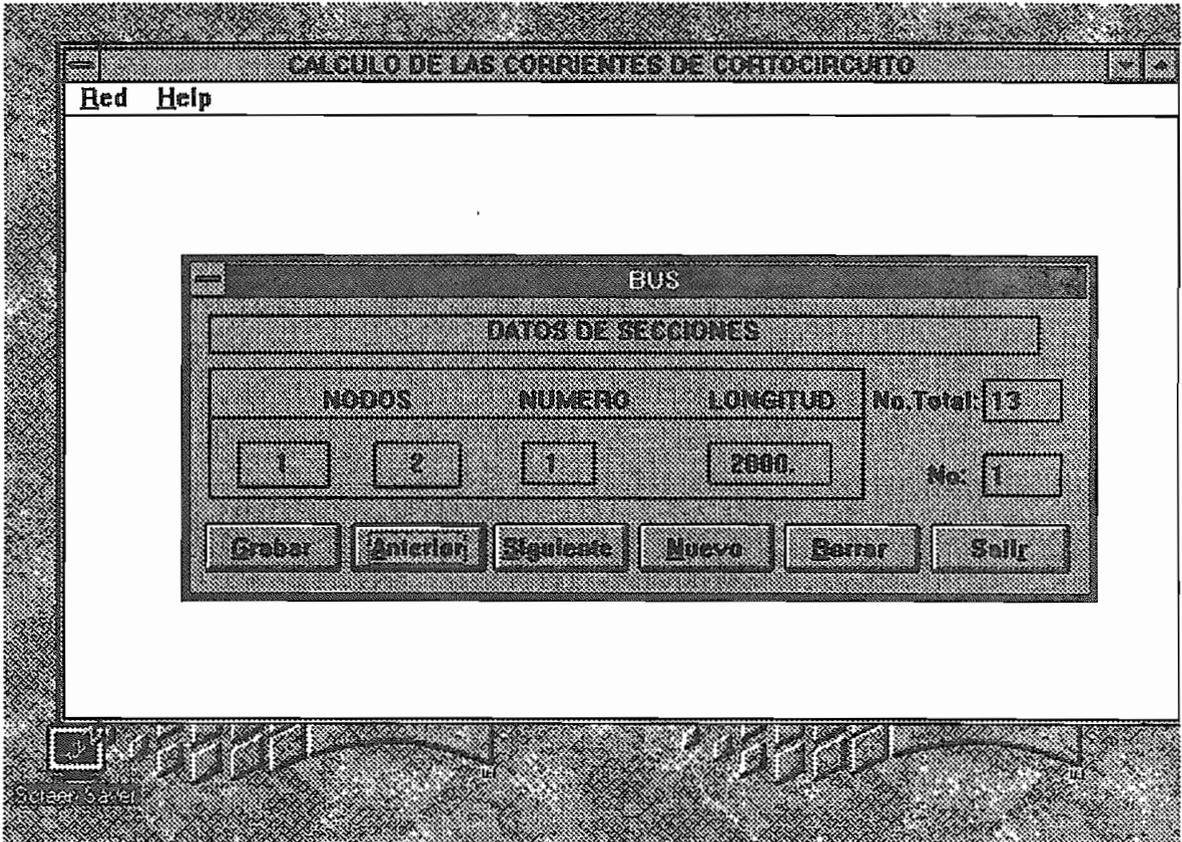
Anteriormente descritos.

### Secciones

Permite ingresar los datos de secciones. Esta pantalla despliega información del número de registros que posee el archivo editado, y el registro que se está editando.

Para ello debe ingresar:

- 1 Los nodos inicial y final respectivamente.
- 2 Código de Línea. (valores de 1 al 10). Representa la disposición física del número de conductores. La codificación se puede consultar en el capítulo III de la presente tesis.
- 3 Longitud de la línea (en metros).



La pantalla posee los siguientes botones:

Grabar

Anterior

Siguiente

Nuevo

Borrar

Salir

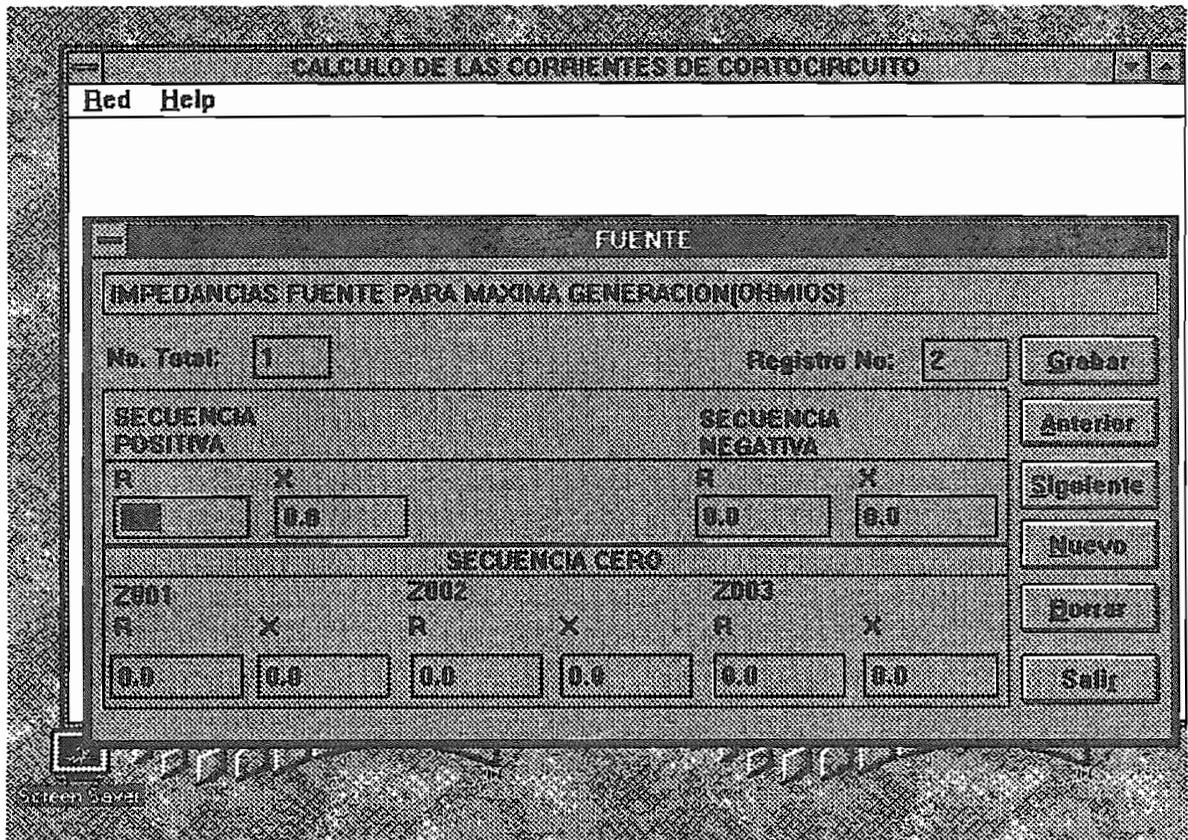
Anteriormente descritos.

**Impedancia de generación máxima**

Permite ingresar los datos de impedancia de la fuente para máxima generación. Esta pantalla despliega información del número de registros que posee el archivo editado, y el registro que se está editando.

Para ello debe ingresar:

- 1 Impedancia de secuencia positiva (R y X). (ohmios)
- 2 Impedancia de secuencia negativa (R y X). (ohmios)
- 3 Impedancias de secuencia cero (Z001,Z002,Z003) (R y X). (ohmios)



La pantalla posee los siguientes botones:

Grabar

AnteriorSiguienteNuevoBorrarSalir

Anteriormente descritos.

#### Impedancia de generación mínima

Permite ingresar los datos de impedancia de la fuente para mínima generación. Esta pantalla despliega información del número de registros que posee el archivo editado, y el registro que se está editando.

Para ello debe ingresar:

- 1 Impedancia de secuencia positiva (R y X). (ohmios)
- 2 Impedancia de secuencia negativa (R y X). (ohmios)
- 3 Impedancias de secuencia cero (Z001,Z002,Z003) (R y X). (ohmios)

Red Help

**FUENTE**

IMPEDANCIAS FUENTE PARA MINIMA GENERACION(OHMIOS)

No. Total:  Registro No:

SECUENCIA POSITIVA		SECUENCIA NEGATIVA	
R	X	R	X
<input type="text" value="0.39389"/>	<input type="text" value="5.75510"/>	<input type="text" value="0.39389"/>	<input type="text" value="5.75510"/>

SECUENCIA CERO

Z001		Z002		Z003	
R	X	R	X	R	X
<input type="text" value="0.00000"/>	<input type="text" value="3.69459"/>	<input type="text" value="0.00000"/>	<input type="text" value="0.00000"/>	<input type="text" value="0.00000"/>	<input type="text" value="0.00000"/>

La pantalla posee los siguientes botones:

GrabarAnterior

SiguienteNuevoBorrarSalir

## Impedancia de falla

ZFALLA

IMPEDANCIAS DE FALLA

No. Total:  Registro No.:

Grabar

TRIFASICA		LINEA-LINEA	
R	X	R	X
<input type="text"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

LINEA-TIERRA		LINEA-LINEA-TIERRA	
R	X	R	X
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

Anterior

Siguiente

Nuevo

Borrar

Salir

Permite ingresar los valores de impedancias de falla de la red. Esta pantalla despliega información del número de registros que posee el archivo editado, y el registro que se está editando.

Para ello debe ingresar:

- 1 La impedancia trifásica (R y X). (ohmios)
- 2 La impedancia línea-línea (RyX). (ohmios)
- 3 La impedancia línea-tierra (R y X). (ohmios)

4 La impedancia línea-línea-tierra (R y X). (ohmios)

La pantalla posee los siguientes botones:

Grabar

Anterior

Siguiente

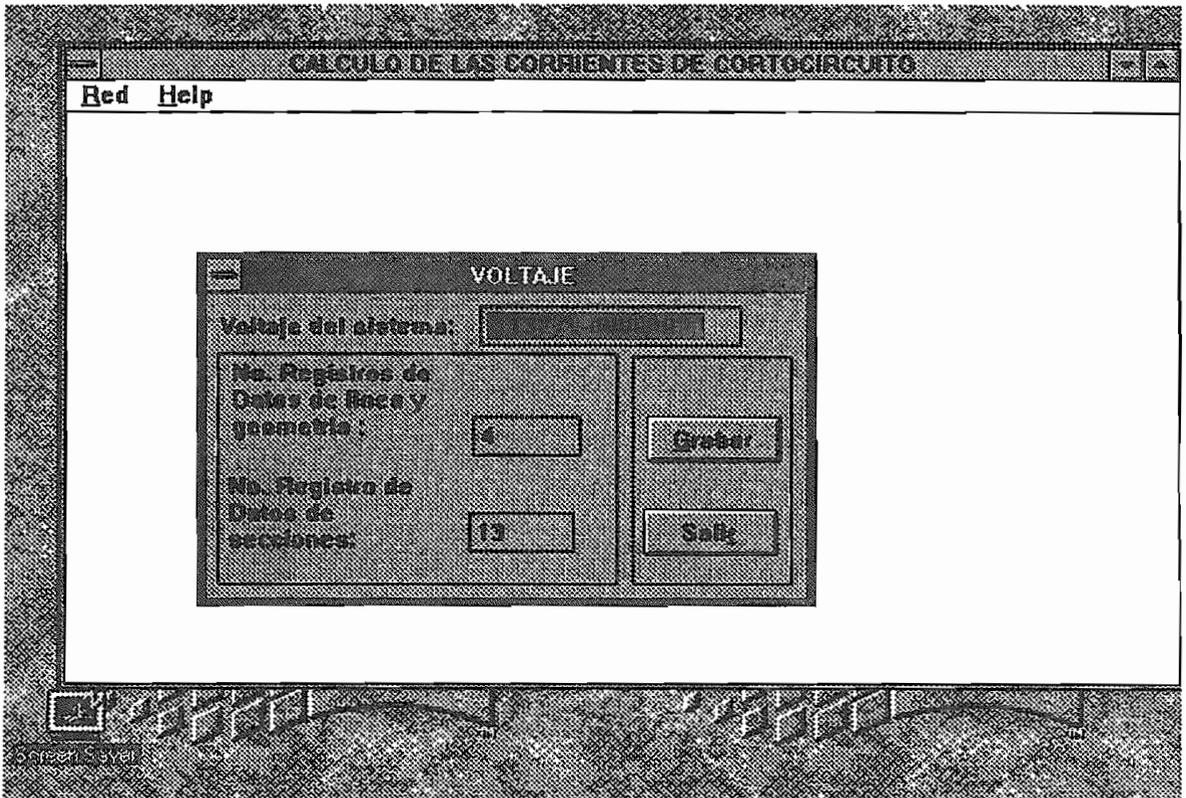
Nuevo

Borrar

Salir

**Datos del sistema**

Permite ingresar el voltaje de la red y adicionalmente despliega el número de registros del archivo de datos de línea, y el número de registros del archivo de secciones de esa red.

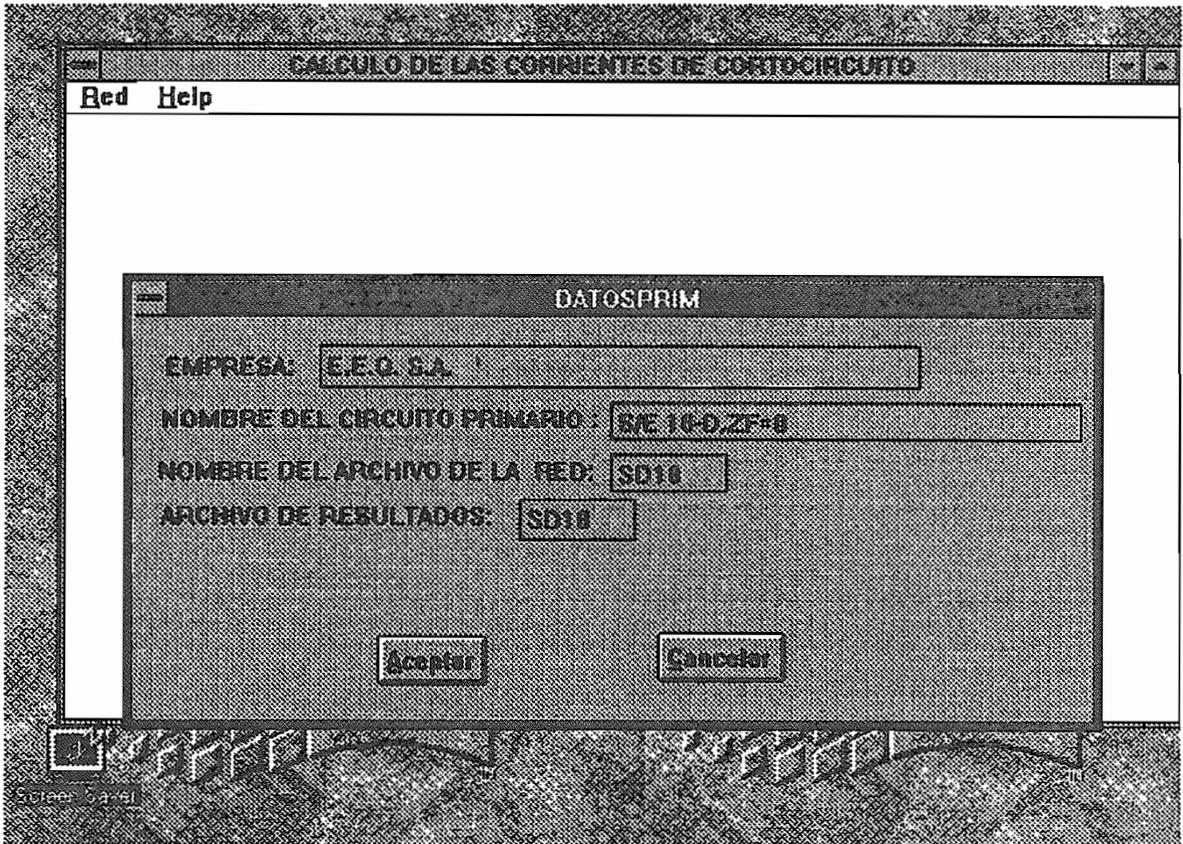


Salir

Permite salir de una pantalla y retornar a la pantalla anterior, o salir al menú principal cuando se selecciona desde el submenú principal.

#### Cálculo de parámetros de líneas.

Permite generar un archivo para los datos de los parámetros de las líneas, el cual utiliza los valores grabados previamente. Despliega mensajes de error en el caso que una falla suceda.



Para generar este reporte se debe ingresar los siguiente datos:

- 1 Ingrese el nombre de la empresa para que aparezca en la generación del reporte(máximo 40 caracteres).
- 2 Ingrese el nombre del circuito primario(máximo 80 caracteres).
- 3 Ingrese el nombre del archivo principal de la red(caracter de 6).
- 4 Ingrese el archivo de resultados(caracter de 6).

---

Nota: los nombres de los archivos deben ser ingresados sin extensión.

Luego de ingresar los datos se puede seleccionar:

Aceptar

Cancelar

Al seleccionar Aceptar al final del proceso saldrá el mensaje "Terminó proceso", presione Enter para continuar.

Nota: es necesario correr primero esta opción para poder acceder la opción de cálculo de fallas. Cada vez que se corra esta opción se colocará un visto en el menú. Este se desactivará cada vez que se ingrese a otras opciones que no sean cálculo de parámetros o de fallas.

**Aceptar:** Permite aceptar los datos ingresados.

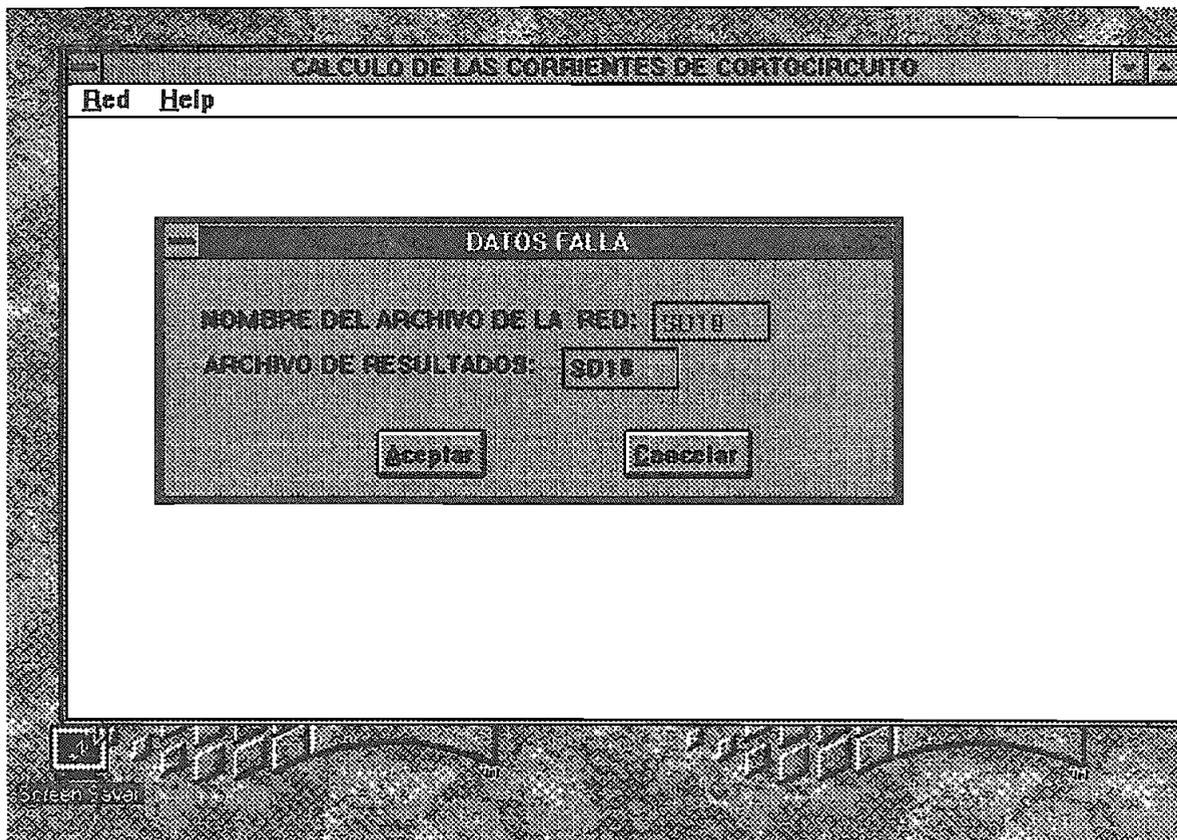
**Cancelar:** Permite cancelar una acción, y retorna a la pantalla anterior.

#### **Cálculo de fallas.**

Permite generar un archivo de las corrientes de falla, el cual utiliza los valores grabados previamente y los datos de los parámetros de líneas. Despliega mensajes de error en el caso que una falla suceda. Para generar este reporte se debe ingresar los siguiente datos:

1      Ingrese el archivo de resultados (caracter de 6).

Nota: los nombres de los archivos deben ser ingresados sin extensión.



Luego de ingresar los datos se puede seleccionar:

Aceptar

Cancelar

Al final del reporte saldrá el mensaje "acabó proceso".

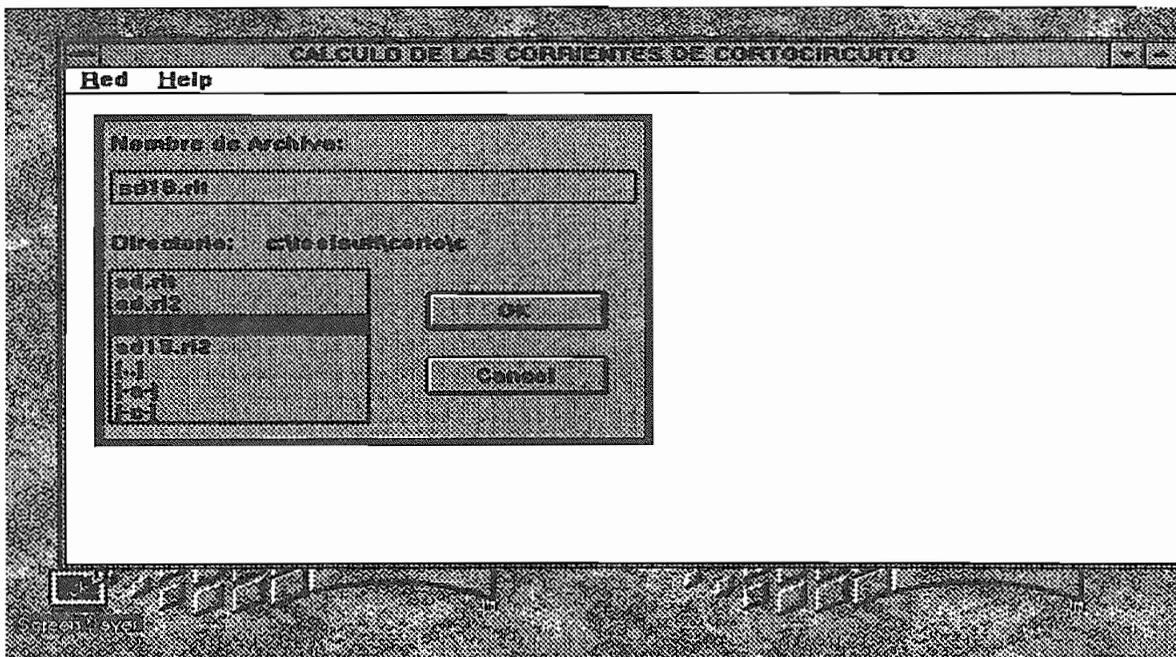
Nota: correr primero cálculo de parámetros de líneas.

**Aceptar:** Permite aceptar los datos ingresados.

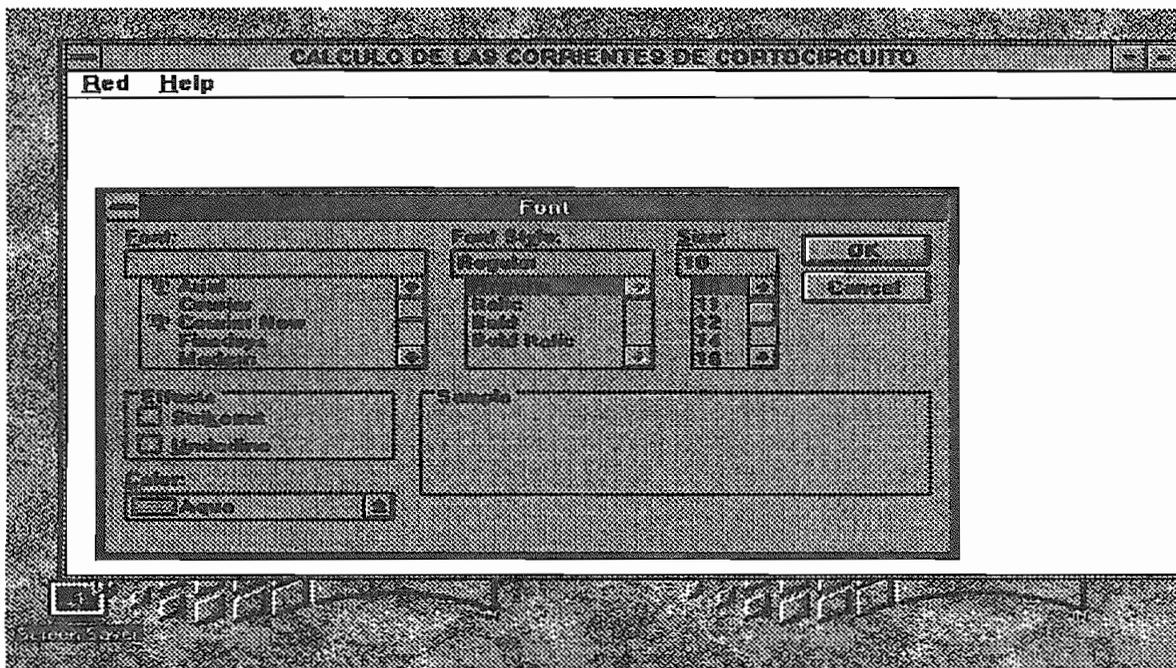
**Cancelar:** Permite cancelar una acción, y retorna a la pantalla anterior.

### **Imprimir**

Esta opción del menú principal permite imprimir los reportes generados por el programa y los coloca en un formato para que sea factible su impresión. Cabe indicar que estos archivos de reporte podrían ser impresos o editados por cualquier utilitario para edición de archivos.



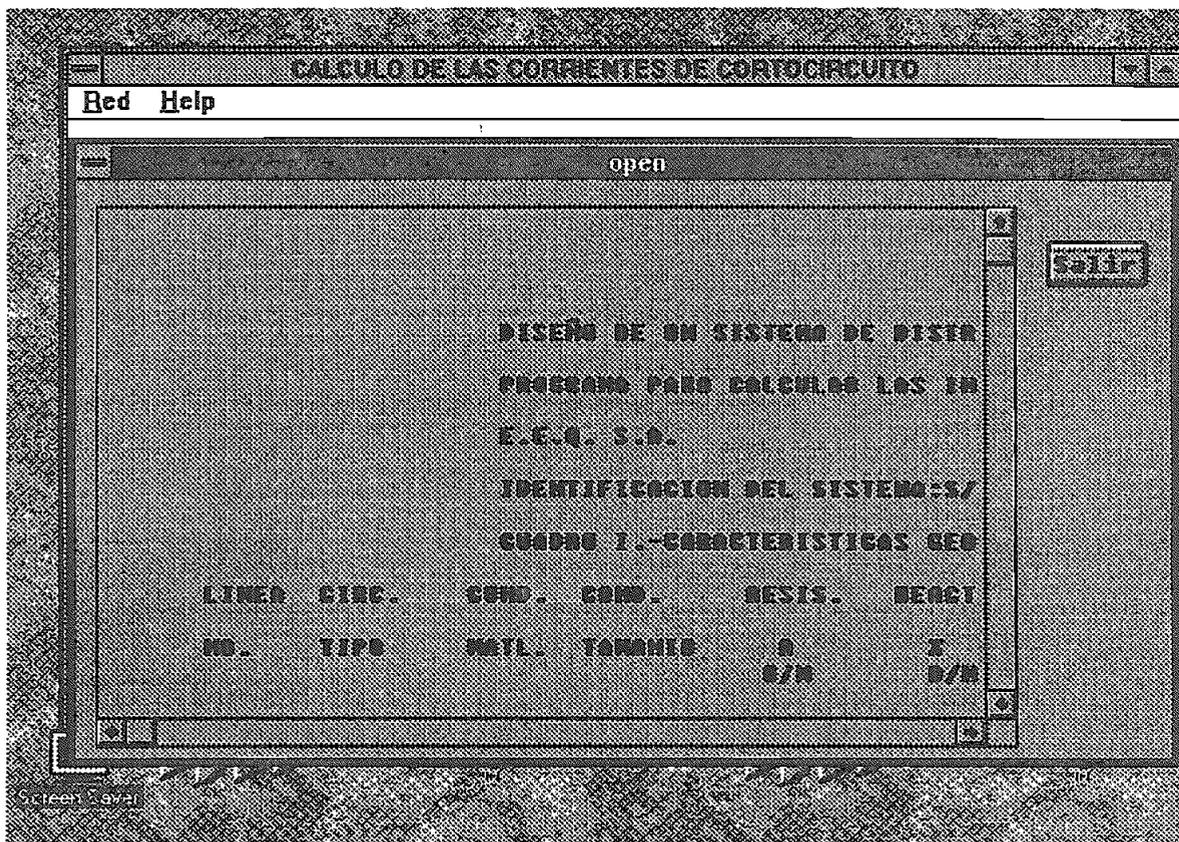
Para ello se debe ingresar el nombre del archivo, o seleccionar uno de los datos en el listado, posicionándose con el mouse o usando las flechas de cursor. Luego de seleccionado se debe dar un Enter o un doble Click con del mouse. Si el archivo no existe no se realizará ninguna acción.



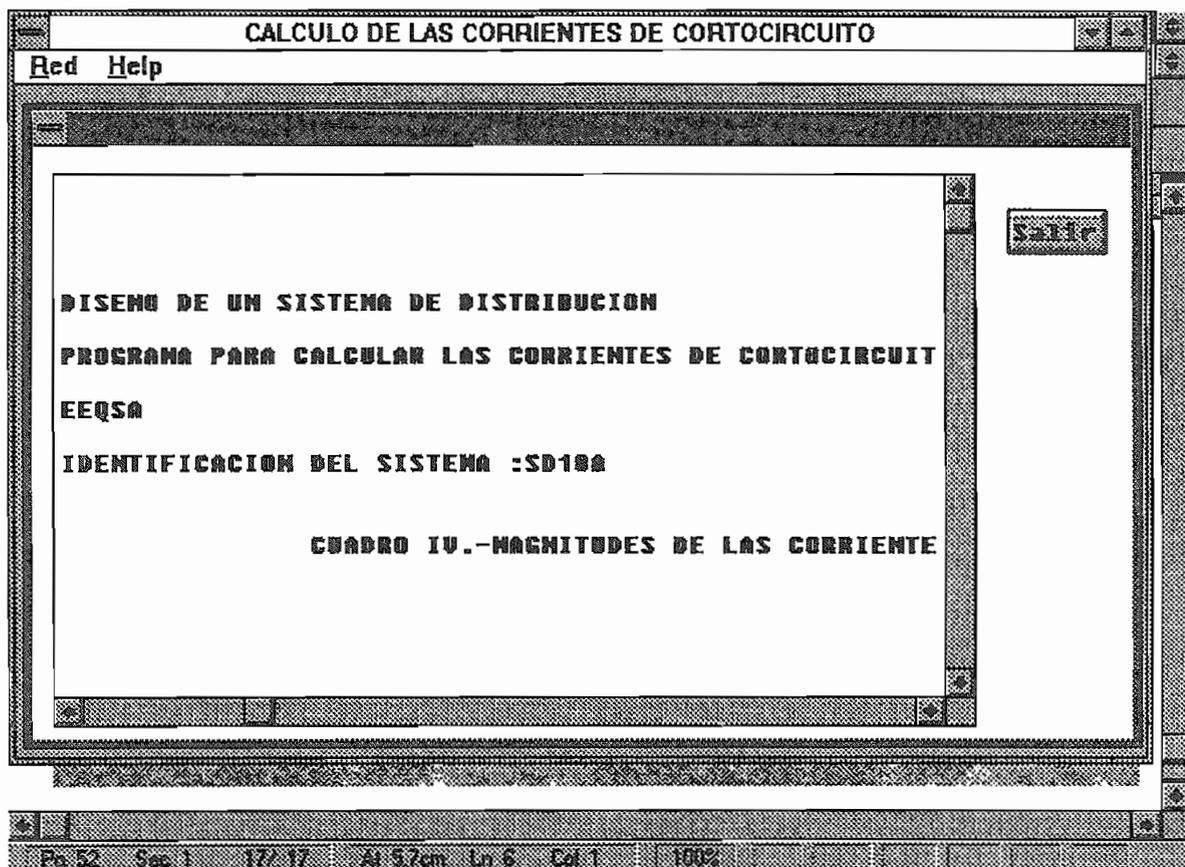
Se puede seleccionar el tipo de letra con el cual se va a imprimir el reporte, para motivos de alineación se recomienda el formato Roman de 20cpi; este estilo de letra seleccionado queda grabado y no es necesario seleccionar para los restantes.

**Pantalla**

Esta opción del menú principal permite ver los reportes generados por el programa y los coloca en un formato para que sea legible su inspección. Para ello se debe ingresar el nombre del archivo, o seleccionar uno de los dados en el listado, posicionándose con el mouse o usando las flechas de cursor. Luego de seleccionado se debe dar un Enter o un doble Click con del mouse. Si el archivo no existe no se realizará ninguna acción.



Se puede movilizar dentro del documento utilizando las flechas de cursor o el mouse presionado en las barras de scroll. Para salir presionar el botón salir, o cerrar la pantalla, colocándose en la parte superior izquierda de la ventana.



## Manual del Usuario: Coordinación Gráfica de Protección de Distancia.

Para arrancar con este programa, se debe seleccionar el icono (gráfico) que representa a la aplicación y presionar Enter o dar dos clicks con el mouse sobre el gráfico correspondiente. Seguidamente aparecerá el submenú de la Coordinación Gráfica de Distancia.

### Opciones del submenú.

Datos

Características

Coordinación

Para posicionarse en cualquiera de las opciones que presenta el menú, puede optarse por teclear F10 y las letras subrayadas del menú, o sencillamente posicionarse utilizando el mouse y dar un click en cualquiera de las opciones. Para activar el menú usando el teclado seguir los estándares de windows.

### Datos

Las opciones de este submenú permiten crear, elegir o editar las bases de datos de un Sistema Eléctrico de Potencia.

Posee las siguientes opciones:

Directorio de trabajo

Sistemas

Barras

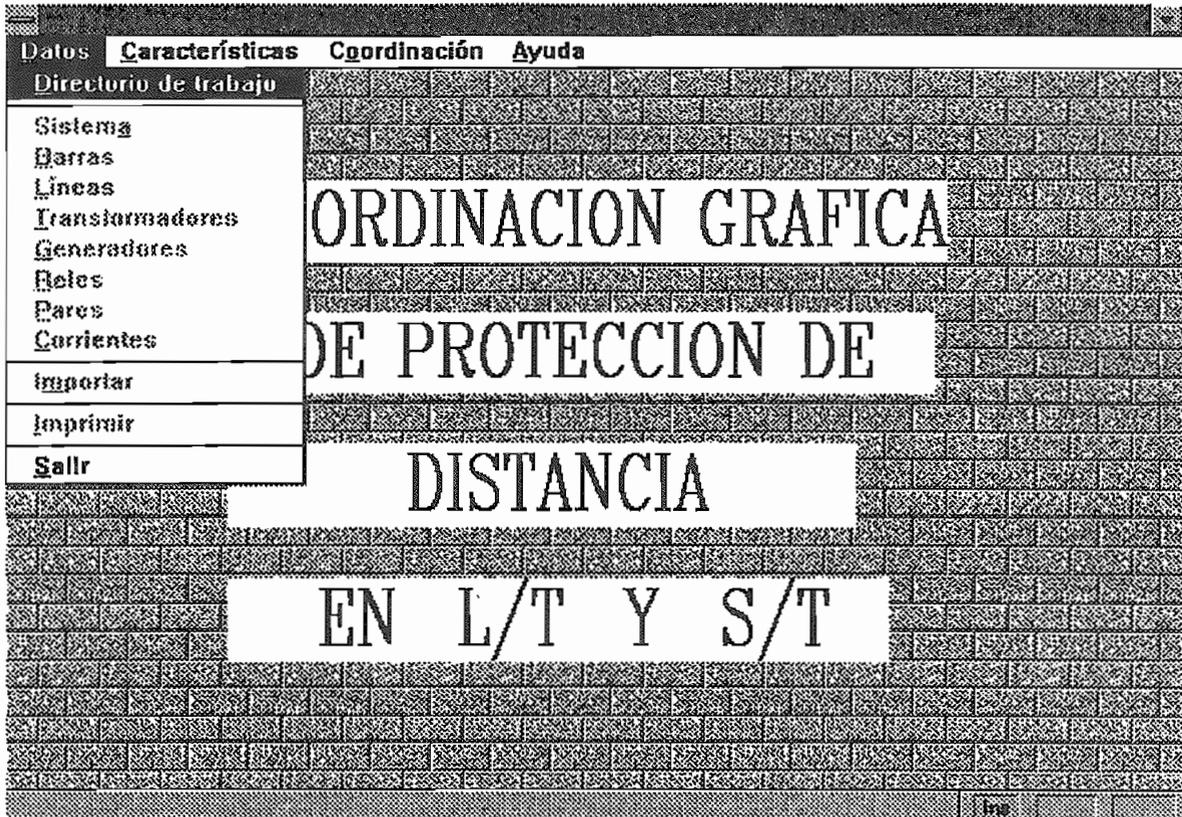
Líneas

Transformadores

Generadores

Corrientes

Pares

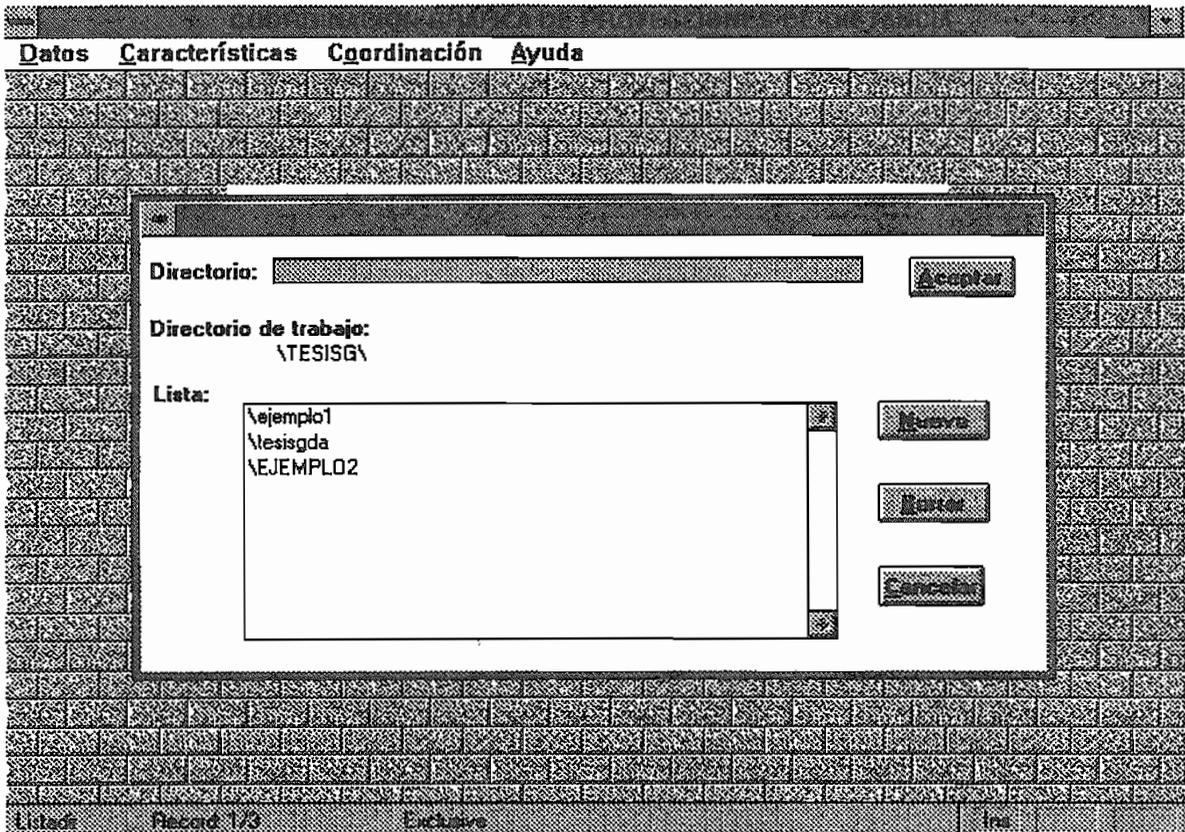
RelésImportarSalir

### Directorio de trabajo

Primeramente se debe seleccionar un directorio de trabajo para correr el programa. El Directorio de Trabajo realmente es un catálogo en donde se almacenan los nombres de los sistemas eléctricos que se ingresan (es decir crea directorios en los cuales se trabajará).

Para seleccionar un directorio de trabajo se debe ingresar el nombre del directorio o simplemente elegir un directorio de la lista inferior y seleccionar un botón. Además se debe colocar el camino en donde se creará

el directorio, de otra manera lo creará dentro del directorio del programa.



Ingresado el nombre del directorio de trabajo se puede seleccionar los siguientes botones:

- Aceptar:** Permite seleccionar una base de datos de las ya existentes en la lista.
- Nuevo:** Permite crear un nuevo directorio con sus bases de datos para un nuevo sistema. Este nuevo directorio se añade a la lista. No se ejecutará en el caso de que el directorio ya exista.
- Borrar:** Permite borrar un directorio de la lista, pero no lo borra del disco.
- Cancelar:** Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

## Sistema

Permite ingresar los datos que corresponden a ese nuevo sistema o editar en caso de que el sistema haya sido creado anteriormente.

**Datos Características Coordinación Ayuda**

**COORDINACION GRAFICA**

Nombre del sistema:

Factor de alcance

Zona 1:   
 Zona 2:   
 Zona 3:

Factor de Seguridad

Zona 2:   
 Zona 3:

Tiempo (Seg.)

Zona 2:   
 Zona 3:

Frecuencia (Hz):   
 Potencia base(MVA):

S:000 | Record: 1/3 | E:0000 | In: |

Se debe ingresar:

- 1 Nombre del Sistema Eléctrico, que puede ser de máximo "20" caracteres alfanuméricos. (Presionar Enter después de cada ingreso o mediate el Tab para ir al siguiente campo).
- 2 Factor de Alcance de la Primera Zona, que puede estar entre 0.80 a 0.90 (típico es 0.8).
- 3 Factor de Alcance de la Segunda Zona, que puede estar entre 1.20 a 1.50 (típico es 1.2).

- 4 Factor de Alcance de la Tercera Zona, que puede estar entre 2.00 a 2.50 (típico es 2.0).
- 5 Factor de Seguridad de la Segunda Zona, que puede ser 0.8 o 0.9 (típico es 0.9).
- 6 Factor de Seguridad de la Tercera Zona, que puede ser 0.8 o 0.9 (típico es 0.9).
- 7 Tiempo de Retardo de la Segunda Zona, que puede estar entre 0.1 a 0.3 [seg] (típico es 0.3).
- 8 Tiempo de Retardo de la Tercera Zona, que puede estar entre 0.4 a 1.5 [seg] (típico es 0.6).
- 9 Potencia Base del sistema, que puede estar entre 1.0 a 9999.9 [MVA] (típico es 100).
- 10 Frecuencia del Sistema, que puede estar entre 50.0 a 65.0 [Hz], (típico es 60).

Durante cada ingreso se realiza la validación respectiva, y no le permite salir del campo mientras no ingrese el valor que se encuentra dentro del rango. Luego de haber ingresado los datos se puede optar por:

Grabar: Llama a otra pantalla la cual permite seleccionar Sí o No se graba.

Cancelar: Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

### **Barras**

Permite ingresar o editar los datos de barras de un sistema. Presionar Enter o el Tab después de cada ingreso para ir al siguiente campo.

Se debe ingresar:

- 1 Código de la barra, que puede ser de máximo 7 caracteres alfanuméricos.
- 2 Descripción de la barra, que puede ser de máximo 20 caracteres alfanuméricos.
- 3 Voltaje de la barra, que puede estar entre 5.00 y 999.99 [KV].

Datos Características Coordinación Ayuda

## COORDINACION GRAFICA

Número de barra Código de barra Descripción Voltaje (KV)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">17</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0.00</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100%; text-align: center;">Anterior</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100%; text-align: center;">Siguiente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100%; text-align: center;">Buscar</div>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Grabar</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Nuevo</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Borrar</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Insertar</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Cancelar</div> </div>		

## EN L/T Y S/T

Bares      Record 1/16      Eclava      10s

Durante cada ingreso se realiza la validación respectiva, y no le permite salir del campo mientras no ingrese el valor que se encuentra dentro del rango. Luego de haber ingresado los datos, esta pantalla tiene los siguientes botones por los que se puede optar:

- Grabar:** Llama a otra pantalla la cual permite seleccionar si se graba o no.
- Nuevo:** Permite ingresar una nueva barra.
- Borrar:** Borra todos los datos correspondientes a una barra.
- Insertar:** Permite insertar una nueva barra en la base de datos; no se puede insertar un elemento ya existente. La inserción se reflejará en el número de la barra.
- Anterior:** Permite desplazar a la barra anterior.
- Siguiente:** Permite desplazar a la siguiente barra.

Buscar: Despliega otra pantalla donde se puede ingresar condiciones de búsqueda.

Cancelar: Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

Nota: El programa genera el número de la barra a medida que se ingresan los datos de barras, con un máximo de 200 barras. Este número es muy importante porque es el que maneja el archivo de datos de corrientes de cortocircuito, por lo tanto el número de barra fallada debe corresponder a este número de la barra.

**Líneas**

Permite ingresar o editar los datos de líneas de un sistema. Presionar Enter o Tab después de cada ingreso para ir al siguiente campo.

Datos Características Coordinación Ayuda

Código	Bar. Env.	Bar. Rec.	Imp. Mut. [pu]
<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0.00000"/>
R+ [pu]	X+ [pu]	R0 [pu]	X0 [pu]
<input type="text" value="0.00000"/>	<input type="text" value="0.00000"/>	<input type="text" value="0.00000"/>	<input type="text" value="0.00000"/>
Imp. [A]	Rf1 [ohms prim.]	Rf2 [ohms prim.]	Rf3 [ohms prim.]
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>

Anterior Siguiente Buscar

Grabar Nuevo Modificar Borrar Cancelar

Líneas: Record 1/29 Exclusive

Se debe ingresar:

- 1 Código de la línea, que puede ser de máximo 7 caracteres alfanuméricos.
- 2 Barra de envío, en donde se debe colocar el "número" de la barra de envío.
- 3 Barra de recepción, en donde se debe colocar el "número" de la barra de recepción.
- 4 Resistencia de secuencia positiva, que puede estar entre 0.00000 a 9.99999.
- 5 Reactancia de secuencia positiva, que puede estar entre 0.00001 a 9.99999.
- 6 Resistencia de secuencia cero, que puede estar entre 0.00000 a 9.99999.
- 7 Reactancia de secuencia cero, que puede estar entre 0.00000 a 9.99999.
- 8 Capacidad de la línea, que puede estar entre 50 a 1500 [A].
- 9 Resistencia de falla 1, que puede estar entre 0.00 a 50.00 [ohmios] referidos al primario (lado de alto voltaje).
- 10 Resistencia de falla 2, que puede estar entre 0.00 a 50.00 [ohmios] referidos al primario (lado de alto voltaje).
- 11 Resistencia de Falla 3, que puede estar entre 0.00 a 50.00 [ohmios] referidos al primario (lado de alto voltaje).

Durante cada ingreso se realiza la validación respectiva, y no le permite salir del campo mientras no ingrese el valor que se encuentra dentro del rango. Luego de haber ingresado los datos, esta pantalla tiene las siguientes opciones por las que se puede optar:

**Grabar:** Llama a otra pantalla la cual permite seleccionar si se graba o no. Antes de grabar, realiza la validación de las barras de envío y recepción, verificando si existen o no esas barras.

**Nuevo:** Permite ingresar una nueva línea.

**Borrar:** Borra todos los datos correspondientes, a una línea siempre que no tenga un relé asociado. Si se borra una

línea, se debe tener cuidado que se disminuirá en uno los números asociados a transformadores y generadores.

**Insertar:** Permite insertar una nueva línea en la base de datos; no se puede insertar un elemento ya existente. La inserción se reflejará en el número de la línea. Se debe tener en cuenta que al insertar una línea, se desplazará en uno los números asociados a transformadores y generadores.

**Anterior:** Permite desplazar a la línea anterior.

**Siguiente:** Permite desplazar a la siguiente línea.

**Buscar:** Despliega otra pantalla donde se puede ingresar condiciones de búsqueda.

**Cancelar:** Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

**Nota:** El número de la línea el programa lo genera a medida que se ingresa los datos de líneas. Este número es muy importante porque es el que forma la matriz de incidencia del sistema y es el que maneja el archivo de datos de corrientes de cortocircuito, por lo tanto el número del elemento fallado debe corresponder a este número de la línea.

### **Transformadores**

Permite ingresar o editar los datos de transformadores del sistema. Presionar Enter o Tab después de cada ingreso para ir al siguiente campo.

Se debe ingresar:

- 1 Código del transformador, que puede ser de 7 caracteres alfanuméricos.
- 2 Barra de envío.
- 3 Barra de recepción.
- 4 Reactancia de secuencia positiva, que puede estar entre 0.00010 a 9.99999 [pu].



Luego de haber ingresado los datos, esta pantalla tiene las siguientes opciones por las que se puede escoger:

- Grabar:** Llama a otra pantalla la cual permite seleccionar si se graba o no. Antes de grabar, realiza la validación de las barras de envío y recepción, verificando si existen o no esas barras.
- Nuevo:** Permite ingresar un nuevo transformador.
- Borrar:** Borra todos los datos correspondientes a un transformador.
- Insertar:** Permite insertar un nuevo transformador en la base de datos; no se puede insertar un elemento ya existente. La inserción se reflejará en el número del transformador.
- Anterior:** Permite desplazar al transformador anterior.

**Siguiente:** Permite desplazar al siguiente transformador.

**Buscar:** Despliega otra pantalla donde se puede ingresar condiciones de búsqueda.

**Cancelar:** Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

**Nota:** El número del transformador el programa lo genera a continuación del número de líneas a medida que se ingresa los datos. Este número es muy importante porque es el que forma la matriz de incidencia del sistema y es el que maneja el archivo de datos de corrientes de cortocircuito, por lo tanto el número del elemento fallado debe corresponder a este número del transformador.

### Generadores

Permite ingresar o editar los datos de generadores del sistema. Presionar Enter después de cada ingreso para ir al siguiente campo.

The screenshot shows a graphical user interface for a program titled "COORDINACION GRAFICA". At the top, there is a menu bar with options: "Datos", "Características", "Coordinación", and "Ayuda". The main window has a textured background and contains a central form with the following fields and buttons:

Número generador	Código	Bar.Rec.
22		0

Below the form are several control buttons: "Anterior", "Siguiente", "Buscar", "Editar", "Nuevo", "Insertar", "Borrar", and "Cancelar". At the bottom of the main window, the text "EN L/T Y S/T" is displayed. The status bar at the very bottom shows "Genera", "Record 1/4", "Excluye", and "ims".

Se debe ingresar:

- 1 Código del generador, que puede ser de máximo 7 caracteres alfanuméricos.
- 2 Barra de recepción.

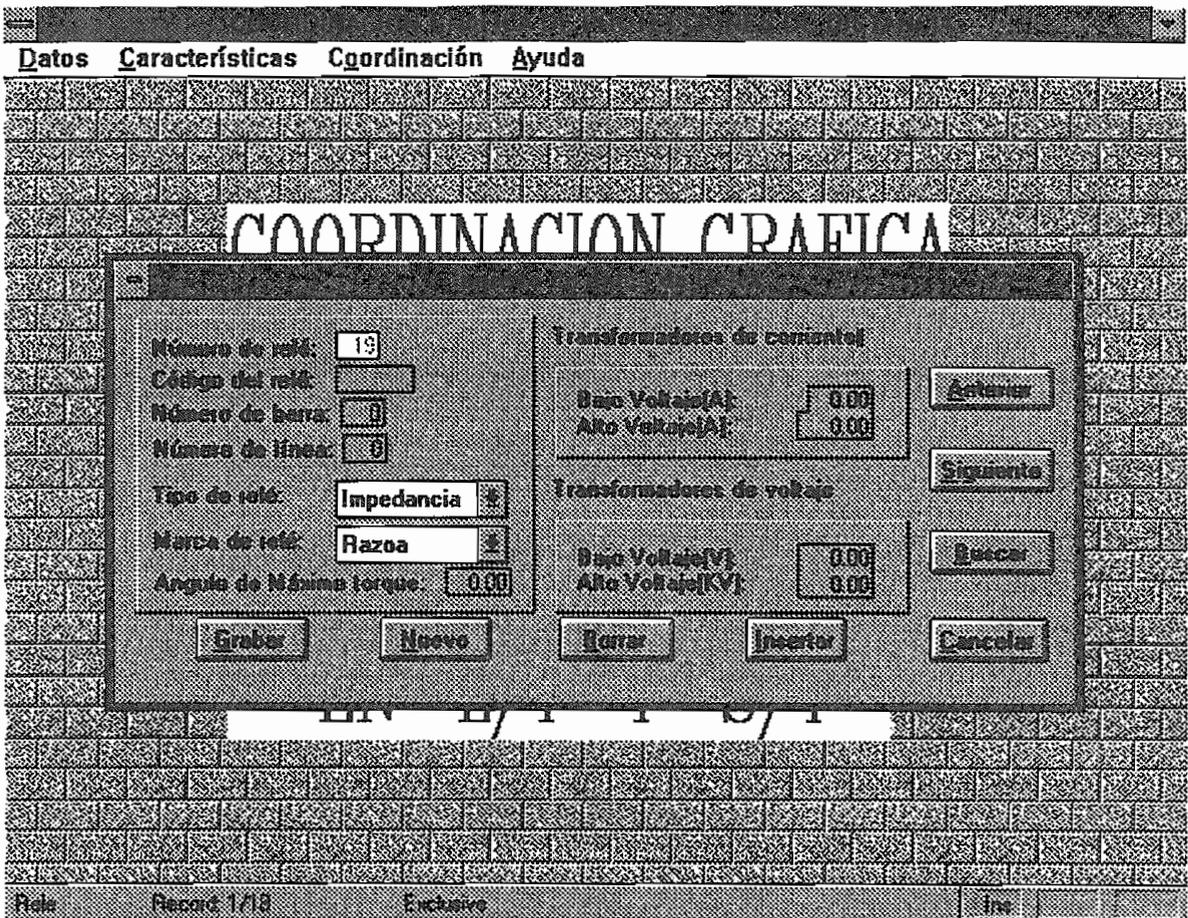
Luego de haber ingresado los datos, esta pantalla presenta las siguientes opciones por las que se puede escoger:

- Grabar:** Llama a otra pantalla la cual permite seleccionar si se graba o no. Antes de grabar, realiza la validación de la barra de recepción, verificando si existe o no esa barra.
- Nuevo:** Permite ingresar un nuevo generador.
- Borrar:** Borra todos los datos correspondientes a un generador.
- Insertar:** Permite insertar un nuevo generador en la base de datos; no se puede insertar un elemento ya existente. La inserción se reflejará en el número del generador.
- Anterior:** Permite desplazar al generador anterior.
- Siguiente:** Permite desplazar al siguiente generador.
- Buscar:** Despliega otra pantalla donde se puede ingresar condiciones de búsqueda.
- Cancelar:** Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

**Nota:** El número del generador el programa lo genera a continuación del número de transformadores a medida que se ingresa los datos de generadores. Este número es muy importante porque es el que forma la matriz de incidencia del sistema y es el que maneja el archivo de datos de corrientes de cortocircuito, por lo tanto el número del elemento fallado debe corresponder a este número del generador.

### Relés

Permite ingresar o editar los datos de relés del sistema. Presionar Enter o Tab después de cada ingreso para ir al siguiente campo.



Se debe ingresar:

- 1 Código del relé, que puede ser de máximo 7 caracteres alfanuméricos.
- 2 Número de barra, que corresponde al número de la barra a la que esta asociado el relé.
- 3 Número de línea, que corresponde al número de la línea a la que está asociado el relé.
- 4 Tipo de relé, que puede ser de IMPEDANCIA, REACTANCIA, MHO, OFFSET MHO o QUADRAMHO. Indica la característica del relé.
- 5 Marca del relé, que puede ser RAZOA, KD10/KD11, PITS, QUADRAMHO. Con la marca del relé se realiza los ajustes. Si no se ingresa la marca, el programa coloca la primera marca de la lista.

- 6 Angulo de máximo torque, que puede estar en 45 y 85 grados.
- 7 Transformadores de Corriente:
- 7.1.- En bajo voltaje, que puede estar entre 1.00 y 50.00[A], y corresponde al transformador de corriente del relé.
- 7.2.- En alto voltaje, que puede estar entre 100 y 900.00 [A], y corresponde al transformador de corriente del relé.
- 8 Transformadores de Voltaje:
- 8.1.- En Bajo Voltaje, que puede estar entre 10.00 y 900.00 [V], y corresponde al transformador de voltaje del relé.
- 8.2.- En Alto Voltaje, que puede estar entre 5.00 y 900.00 [KV], y corresponde al transformador de voltaje del relé.

Durante cada ingreso se realiza la validación respectiva, y no le permite salir del campo mientras no ingrese el valor que se encuentre dentro del rango. Luego de haber ingresado los datos, esta pantalla tiene las siguientes opciones por las que se puede escoger:

- Grabar: Llama a otra pantalla la cual permite seleccionar si se graba o no.
- Nuevo: Permite ingresar un nuevo relé.
- Borrar: Borra todos los datos correspondientes a un relé.
- Insertar: Permite insertar un nuevo relé en la base de datos; no se puede insertar un elemento ya existente. La inserción se reflejará en el número del relé.
- Anterior: Permite desplazar al relé anterior.
- Siguiente: Permite desplazar al siguiente relé.
- Buscar: Despliega otra pantalla donde se puede ingresar condiciones de búsqueda.
- Cancelar: Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

Nota: El número del relé, el programa lo genera a medida que el usuario ingresa los datos del relé. Este número es muy importante porque es el que el usuario debe ingresar en los pares de relés.

**Pares**

Permite ingresar o editar los datos de pares de relés del sistema. Presionar Enter después de cada ingreso para ir al siguiente campo.

Datos	Características	Cgordinación	Ayuda
<b>COORDINACION GRAFICA</b>			
Número de relé:	<input type="text" value="19"/>	Transformadores de corriente	
Código del relé:	<input type="text"/>	Bajo Voltaje(A):	<input type="text" value="0.00"/>
Número de base:	<input type="text" value="0"/>	Alto Voltaje(A):	<input type="text" value="0.00"/>
Número de línea:	<input type="text" value="0"/>	Transformadores de voltaje	
Tipo de relé:	<input type="text" value="Impedancia"/>	Bajo Voltaje(V):	<input type="text" value="0.00"/>
Marca de relé:	<input type="text" value="Razona"/>	Alto Voltaje(V):	<input type="text" value="0.00"/>
Angulo de Máximo tiempo:	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Anterior"/> <input type="button" value="Siguiente"/>	
<input type="button" value="Grabar"/> <input type="button" value="Nuevo"/>		<input type="button" value="Buscar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>	
<b>RELÉ 19 / 1 / 1 / 19 / 1</b>			
Relé	Reserva 1/19	Exclusivo	Ins

Se debe ingresar:

- 1 Número de relé primario, que corresponde al número del relé primario.
- 2 Número de relé de respaldo, que corresponde al número del relé de respaldo del relé primario.

Luego de haber ingresado los pares, esta pantalla tiene las siguientes opciones por los que se puede escoger:

**Grabar:** Llama a otra pantalla la cual permite seleccionar si se graba o no. Antes de grabar realiza una validación que

verifica la existencia de los dos relés y comprueba que el relé si es respaldo del relé primario.

- Nuevo:** Permite ingresar un nuevo par de relés.
- Borrar:** Borra todos los datos correspondientes a un relé.
- Insertar:** Permite insertar un nuevo relé en la base de datos; no se puede insertar un elemento ya existente. La inserción se reflejará en el número del relé.
- Anterior:** Permite desplazar al par de relés anteriores.
- Siguiente:** Permite desplazar al siguiente par de relés.
- Buscar:** Despliega otra pantalla donde se puede ingresar condiciones de búsqueda.
- Cancelar:** Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

### Corrientes de Cortocircuito

Permite ingresar o editar los datos de corrientes de cortocircuito del sistema. Presionar Enter o Tab después de cada ingreso para ir al siguiente campo.

Se debe ingresar:

- 1 Número de barra fallada, que puede ser de 1 a 200 y que corresponde al número de la barra donde se produce la falla trifásica. Este número el programa lo genera en el ingreso de barras.
- 2 Tipo de elemento, que puede ser 1, 2 o 3. Donde el número "1" representa a las líneas, el "2" a los transformadores y el "3" a los generadores.
- 3 Número de elemento, que puede ser de 1 a 150 y que corresponde al número de línea, número de transformador y número de generador que el programa lo genera.
- 4 Intensidad de corriente, que corresponde a la intensidad de corriente de falla trifásica en ese elemento (línea, transformador o generador) en [pu].

Datos				Características				Coordinación				Ayuda			
<b>COORDINACION GRAFICA</b>															
Número de ruta primaria: <input type="text" value="10"/>												Anterior			
Número de ruta de respaldo: <input type="text" value="0"/>												Siguiente			
Grabar				Nuevo				Borrar				Insertar			
								Buscar				Cancelar			
<b>EN L/T Y S/T</b>															
Pais:				Record 1/23				Estatus				In:			

Durante cada ingreso se realiza la validación respectiva, y no le permite salir del campo mientras no ingrese el valor que se encuentra dentro del rango. Luego de haber ingresado los datos, esta pantalla tiene las siguientes opciones por las que se puede optar:

- Grabar:** Llama a otra pantalla la cual permite seleccionar si se graba o no.
- Nuevo:** Permite ingresar un nuevo dato de corriente de cortocircuito.
- Borrar:** Borra todos los datos correspondientes a las corrientes de c.c. de un elemento.
- Insertar:** Permite insertar un nuevo dato de corriente de c.c.en la base de datos. Debe existir correspondencia con la base de datos de barras, transformadores y generadores.
- Anterior:** Permite desplazar al anterior registro de corrientes de c.c.

Siguiente: Permite desplazar al siguiente registro de corrientes de c.c.

### Importar

Permite importar las corrientes de cortocircuito trifásicas de un archivo ASCII hacia la base de datos de corrientes (COR001.DBF). Por lo tanto las corrientes de cortocircuito se pueden ingresar y editar una a una, mediante la opción corrientes, o coger todos los datos de un archivo ASCII, respetando los formatos de importación requeridos por este programa.



Se debe ingresar:

- 1 Nombre del archivo, que corresponde al archivo de texto que contiene los resultados de corrientes de cortocircuito trifásicas en [pu].

---

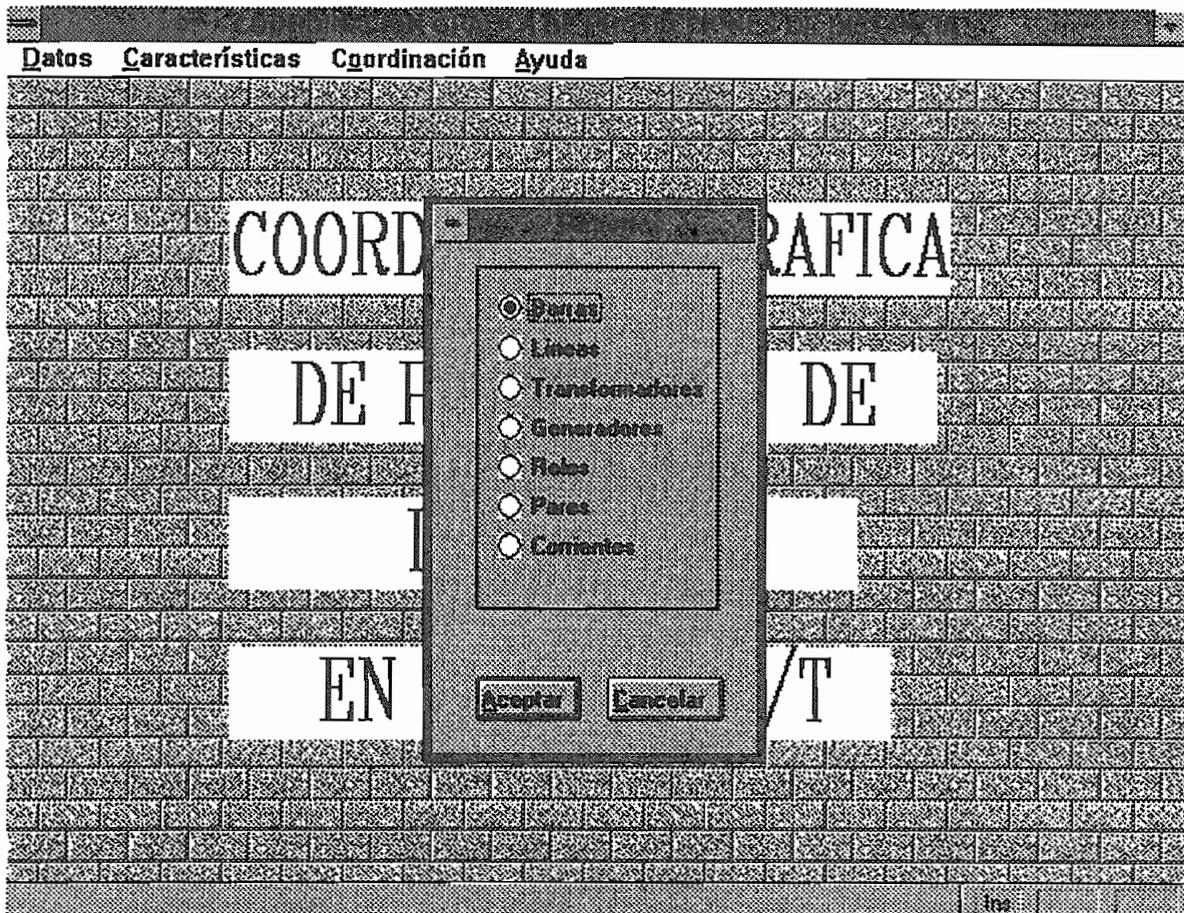
Luego de haber ingresado los datos, se tiene las siguientes opciones por las que se puede escoger:

- Importar: Importa el archivo texto o ASCII a la base de datos.
- Cancelar: Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

Nota: Para el archivo ASCII el tipo de elemento puede ser 1, 2 o 3. Donde el número "1" representa a las líneas, el "2" a los transformadores y el "3" a los generadores. Este archivo consta de 4 columnas, la primera columna corresponde al número de barra fallada, la segunda es el tipo de elemento, la tercera columna corresponde al número del elemento y en la cuarta columna se tiene la corriente de cortocircuito trifásica en [pu]. Luego de obtener los resultados del programa de cortocircuitos en un archivo ASCII, se puede subir o importar este archivo a la base de datos respetando el siguiente formato: en cada fila debe existir los cuatro valores numéricos explicados anteriormente y separados por un solo espacio en blanco.

#### **Imprimir**

Esta opción permite obtener reportes tanto a pantalla como a impresora de los datos del sistema o directorio de trabajo. Realiza la impresión de los datos de barras, líneas, transformadores, generadores, relés, pares y corrientes. Al seleccionar Imprimir se presenta una pantalla que permite escoger los datos a imprimir.



Luego de seleccionar los datos a imprimir, se puede escoger:

Aceptar: Permite imprimir a pantalla o a impresora.

Cancelar: Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

### Salir

Sale del programa de coordinación de distancia.

### Características

Presenta los gráficos de las características para todos los tipos de redes utilizados en el programa. Las impedancias en ohmios del secundario y

los tiempos de retardo son valores típicos que se han utilizado como ejemplo, para obtener el gráfico de las diferentes características.

Se tiene las siguientes opciones:

- R. de Impedancia: Grafica la característica del relé de impedancia.
- R. de Reactancia: Grafica la característica del relé de reactancia.
- R. Mho RNormal: Grafica la característica del relé mho normal.
- R. Offset Mho: Grafica la característica del relé Offset mho.
- R. Quadramho: Grafica la característica del relé Cuadramho.

En de cada una de estas pantallas gráficas, se tiene dos botones:

- Imprimir: Envía el gráfico a la impresora.
- Salir: Sale de la pantalla gráfica a la pantalla anterior.

### **Coordinación**

Las opciones de este submenú permiten realizar la coordinación y ajustes de los relés de distancia, para un sistema eléctrico de ingresado. Posee las siguientes opciones:

- Coordinar
- Ajustes
- Gráficos
- Reportes

### **Coordinar**

Ejecuta el programa de coordinación; como resultado se obtiene las impedancias para las tres zonas en ohmios del secundario, y los tiempos de retardo para la zona dos y zona tres en segundos.

### **Ajustes**

Ejecuta el programa de ajustes ; como resultado se obtiene los parámetros para el ajuste de los diferentes relés.

### Gráficos

Permite graficar la característica de cada uno de los relés de distancia en la pantalla o en la impresora.

Los botones que se pueden elegir son:

Anterior: Regresa al relé anterior

Siguiente: Adelanta al siguiente relé.

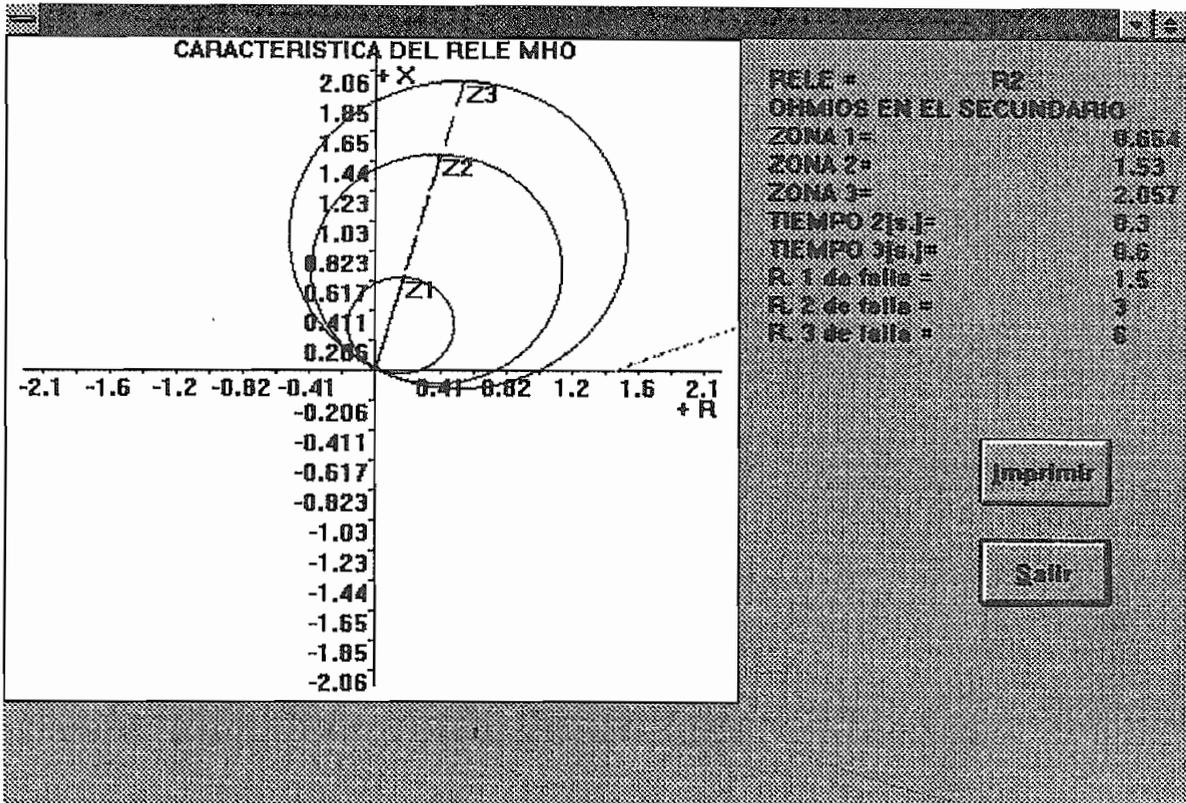
Buscar: Despliega otra pantalla donde se puede ingresar condiciones de búsqueda.

Gráfico: Presenta el gráfico de la característica del relé en pantalla o en la impresora.

Cancelar: Permite salir de la pantalla y retornar a la anterior.

Datos Características Cgordinación Ayuda	
Número de relé:	<input type="text" value="1"/>
Código del relé:	<input type="text" value="R1"/>
Número de zona:	<input type="text" value="15"/>
Número de línea:	<input type="text" value="1"/>
Tipo de relé:	<input type="text" value="Impedancia"/>
Marca de relé:	<input type="text" value="Razona"/>
Angulo de Máximo torque:	<input type="text" value="60.00"/>
Transformadores de corriente:	
Baja Tensión[A]:	<input type="text" value="5.00"/>
Alta Tensión[A]:	<input type="text" value="400.00"/>
Transformadores de voltaje:	
Baja Tensión[V]:	<input type="text" value="115.00"/>
Alta Tensión[KV]:	<input type="text" value="45.00"/>
Resistencias de falla	
R. de falla 1 [Ohmios secundarios]:	<input type="text" value="1.00"/>
R. de falla 2 [Ohmios secundarios]:	<input type="text" value="2.00"/>
R. de falla 3 [Ohmios secundarios]:	<input type="text" value="4.00"/>
<input type="button" value="Anterior"/>	
<input type="button" value="Siguiente"/>	
<input type="button" value="Buscar"/>	
<input type="button" value="Gráfico"/> <input type="button" value="Imp"/> <input type="button" value="Cancelar"/>	

Relé      Recordó 1/18      Escríbalo      Imp



### Reporte

Genera un reporte en pantalla o en la impresora de los resultados de coordinación y ajustes de todos los relés existentes.

El reporte de coordinación de un sistema eléctrico contiene la siguiente información:

- Nombre del Sistema o Empresa.
- Número de Relé.
- Código del Relé.
- Zona 1 en ohmios secundarios. (Valor que ingresa en los ajustes)
- Zona 2 en ohmios secundarios. (Valor que ingresa en los ajustes)
- Zona 3 en ohmios secundarios. (Valor que ingresa en los ajustes)
- Tiempo de retardo de la Zona 2 en segundos.
- Tiempo de retardo de la Zona 3 en segundos.

**COORDINACION GRAFICA DE PROTECCIONES DE DISTANCIA**

**REPORTE DE COORDINACION**

Nombre del sistema: EEQ

Numero relé	Código	Z1zrel (Ohmios)	Z2zrel (Ohmios)	Z3zrel (Ohmios)	T2 (S)
1	R1	0.436	3.424	3.424	0
2	R2	0.654	1.530	2.057	0
3	R3	1.530	2.298	6.227	0
4	R4	1.530	6.227	6.227	0
5	R5	0.419	0.724	1.796	0
6	R6	0.419	3.072	4.844	0
7	R7	0.825	1.422	5.351	0
8	R8	0.127	2.374	3.212	0
9	R9	0.127	1.124	1.428	0
10	R10	1.035	1.822	5.021	0
11	R11	1.035	1.555	3.155	0
12	R12	0.825	1.397	2.298	0
13	R13	0.628	1.689	2.838	0
14	R14	0.628	1.047	2.647	0
15	R15	0.171	2.907	8.373	0
16	R16	0.171	0.254	0.425	0

Relé: Record EDF/16      Estados      Ins.

El reporte de ajustes de un sistema eléctrico contiene la siguiente información:

Para los relés marca RAZOA:

- a: Ajuste del factor de corriente reactivo.
- b: Ajuste del factor de corriente resistivo.
- p1: Ajuste del factor de voltaje para la primera zona.
- p2: Ajuste del factor de voltaje para la segunda zona.
- p3: Ajuste del factor de voltaje para la tercera zona.
- E(x1): Porcentaje de error en el ajuste de la Reactancia de Z1.
- E(x2): Porcentaje de error en el ajuste de la Reactancia de Z2.
- E(x3): Porcentaje de error en el ajuste de la Reactancia de Z3.

- E(r1): Porcentaje de error en el ajuste de la Resistencia de Z1.
- Y: Factor de compensación homopolar.
- N2: Ajuste de escalonamiento de tiempo para T2 de Z2.
- N3: Ajuste de escalonamiento de tiempo para T3 de Z3.

Para los relés marca KD10/KD11:

- S: Taps del bobinado principal del auto-transformador.
- T: Compensador para el transformador con doble bobinado con entrehierro.
- M: Taps para el bobinado terciario que puede ser aditivo o sustractivo.
- L-R: Pueden ser positivo o negativo y dan el signo a M

Para los relés marca PITS101:

- KD: Switch en el circuito de restricción de voltaje.
- KZ: Ajuste de impedancia.
- K1: Ajuste del potenciómetro de la Zona 1 del circuito de restricción de voltaje.
- K2: Ajuste del potenciómetro de la Zona 2 del circuito de restricción de voltaje.
- K3: Ajuste del potenciómetro de la Zona 3 del circuito de restricción de voltaje.
- KZN: Ajuste para medición de impedancia a tierra.
- K1N: Ajuste para medición de impedancia a tierra.

Para los Relés marca Quadramho:

- k1,k2,k11,k12,k13,k14: Factores de ajuste de la primera zona.
- k21, k22: Factores de ajuste de la segunda zona.
- k31,k32,k33,k34,k35,k36,k37: Factores de ajuste de la tercera zona.
- k4, k5, k6: Factores para el ajuste de la compensación de falla a tierra.

## ANEXO B .

## METODO DE CALCULO DE CURVAS CARACTERISTICAS DE LOS RELES .

Como punto de partida se acepta el modelo de siete términos desarrollado para la obtención de estas curvas [1,14], el cual se muestra a continuación:

$$T = c_1 + c_2(\text{lev}) + c_3(\text{lev}/(I-1)**2) + c_4(\text{lev**2}/(I-1)) + c_5(\text{lev**2}/(I-1)**2) + c_6(\text{lev}/(I-1)**3) + c_7(\text{lev**2}/(I-1)**4)$$

donde:

- T: tiempo de operación calculado. (seg)  
 ci: coeficientes a ser calculados mediante el análisis regresional particularizado a cada tipo de relé.  
 lev: lever o dial de calibración del relé.  
 I: múltiplo del tap de calibración del relé.

Luego para el análisis regresional que lleva a definir las constantes "ci" del modelo para cada uno de los tipos de relés, se procede de la siguiente manera:

a.- Identificar los datos disponibles:

$f(x_i, y_i)$  ; donde:  $i=1,2,3,\dots,n$  ; son de una curva  $F(x,y)$  desconocida.

b.- Identificar lo que se está buscando:

$$g(x,y) = c_0 * f_0(x,y) + c_1 * f_1(x,y) + \dots + c_6 * f_6(x,y)$$

Se define el error cuadrático (E) para esta función como:

$$E(c_0, c_1, \dots, c_6) = \sum [f(x_i, y_i) - g(x_i, y_i)]$$

Reemplazando lo correspondiente a  $g(x_i, y_i)$ , se tiene:

$$E(c_0, c_1, \dots, c_6) = \sum [f(x_i, y_i) - \sum c_j * f_j(x_i, y_i)]$$

Entonces, lo que se desea encontrar son los  $c_j$ :  $c_0, c_1, \dots, c_6$ ; tal que:

$$E : \mathbb{R} \text{ ----> } \mathbb{R}$$

Sea mínimo.

PROCEDIMIENTO .

Se busca el punto  $c \in \mathbb{R}$  , tal que:

$$\nabla E(c) = 0$$

Esto implica que:

$$\frac{\partial E}{\partial c_k} = 0$$

donde:  $k = 0, 1, 2, \dots, 6$

Lo cual resulta ser un sistema lineal de  $7 \times 7$ .

Resolviendo esta ecuación para un  $c_k$  cualquiera, tenemos:

$$\frac{\partial E}{\partial c_k} = \sum (2) * [f(x_i, y_i) - \sum c_j * f_j(x_i, y_i)] * f_k(x_i, y_i) = 0$$

Despejando el término que interesa:

$$\sum [ \sum c_j * f_j(x_i, y_i) ] * f_k(x_i, y_i) = \sum f(x_i, y_i) * f_k(x_i, y_i)$$

Se obtiene en consecuencia el sistema lineal de  $7 \times 7$ , de la siguiente forma:

$$\sum [ \sum f_j(x_i, y_i) * f_k(x_i, y_i) ] * c_j = \sum f(x_i, y_i) * f_k(x_i, y_i)$$

donde:  $k = 0, 1, 2, \dots, 6$

Entonces el sistema lineal a resolver para calcular las constantes  $c_j$ , es el siguiente:

$$\begin{bmatrix} \sum f_0 * f_0 & \sum f_1 * f_0 & \sum f_2 * f_0 & \dots & \sum f_6 * f_0 \\ \sum f_0 * f_1 & \sum f_1 * f_1 & \sum f_2 * f_1 & \dots & \sum f_6 * f_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum f_0 * f_6 & \sum f_1 * f_6 & \sum f_2 * f_6 & \dots & \sum f_6 * f_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ \dots \\ \dots \\ c_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum f(x_i, y_i) * f_0(x_i, y_i) \\ \sum f(x_i, y_i) * f_1(x_i, y_i) \\ \dots \\ \dots \\ \sum f(x_i, y_i) * f_6(x_i, y_i) \end{bmatrix}$$

Donde por el modelo inicial planteado,  $f_0 = 1$ .

Resolviendo el sistema lineal de ecuaciones antes planteado, se obtiene los siguientes modelos para los diferentes tipos de relés:

- Para el relé tipo cdg11:

$$t = 0.053387 + 0.841964 * lev + (8.800510 * lev) / (Ntap-1)^{**2} + (4.410518 * lev^{**2}) / (Ntap-1) + (-7.70301 * lev) / (Ntap-1)^{**3} + (-10.0706 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**2} + (8.829407 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**4}$$

- Para el relé tipo cdg16:

$$t = 0.121941 + 1.852416 * lev + (28.69261 * lev) / (Ntap-1)^{**2} + (10.69315 * lev^{**2}) / (Ntap-1) + (-23.4333 * lev) / (Ntap-1)^{**3} + (-27.593 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**2} + (23.06743 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**4}$$

- Para el relé tipo cdg14:

$$t = -0.00215 + 0.23928 * lev + (27.24409 * lev) / (Ntap-1)^{**2} + (0.879342 * lev^{**2}) / (Ntap-1) + (-14.373 * lev) / (Ntap-1)^{**3} + (1.40937 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**2} + (4.611754 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**4}$$

- Para el relé tipo cdg13:

$$t = -0.00066 + 1.127471 * lev + (26.73638 * lev) / (Ntap-1)^{**2} + (1.089028 * lev^{**2}) / (Ntap-1) + (-13.0311 * lev) / (Ntap-1)^{**3} + (-1.55411 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**2} + (4.360861 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**4}$$

- Para el relé tipo co6:

$$t = 0.132749 + 0.170888 * lev + (0.513867 * lev) / (Ntap-1)^{**2} + (0.013108 * lev^{**2}) / (Ntap-1) + (-0.31101 * lev) / (Ntap-1)^{**3} + (-0.02392 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**2} + (0.0153 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**4}$$

- Para el relé tipo co7:

$$t = 0.114062 + 0.148908 * lev + (1.811328 * lev) / (Ntap-1)^{**2} + (0.084506 * lev^{**2}) / (Ntap-1) + (-1.32466 * lev) / (Ntap-1)^{**3} + (-0.191 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**2} + (0.119235 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**4}$$

- Para el relé tipo co8:

$$t = 0.035309 + 0.154946 * lev + (3.656446 * lev) / (Ntap-1)^{**2} + (0.060697 * lev^{**2}) / (Ntap-1) + (-1.87896 * lev) / (Ntap-1)^{**3} + (-0.12016 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**2} + (0.098433 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**4}$$

- Para el relé tipo co9:

$$t = 0.013453 + 0.092679 * lev + (2.336141 * lev) / (Ntap-1)^{**2} + (0.031477 * lev^{**2}) / (Ntap-1) + (-1.1187 * lev) / (Ntap-1)^{**3} + (-0.03753 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**2} + (0.024844 * lev^{**2}) / (Ntap-1)^{**4}$$

- Para el relé tipo RXIDF (curva normalmente inversa):

$$t = 0.159242 + 1.754167 \cdot \text{lev} + (28.71744 \cdot \text{lev}) / (\text{Ntap} - 1)^{**2} + (10.10584 \cdot \text{lev}^{**2}) / (\text{Ntap} - 1) + (-22.4429 \cdot \text{lev}) / (\text{Ntap} - 1)^{**3} + (-24.8754 \cdot \text{lev}^{**2}) / (\text{Ntap} - 1)^{**2} + (18.97504 \cdot \text{lev}^{**2}) / (\text{Ntap} - 1)^{**4}$$

En todos los casos, se observa que el modelo planteado en general, proporciona como resultado curvas aproximadas, las cuales respecto a las curvas originales presentan la tendencia de la figura B.1. Ref. [1,14]

Esta tendencia se verifica para todos los tipos de relés, y dentro de cada uno de ellos, para los diferentes levers que poseen. Como consecuencia se tendrá un paralelismo entre las curvas características así calculadas, equivalente al paralelismo existente entre las curvas originales; ésto implica que si se cometen errores en el cálculo de las curvas, los cuales van a influir en la determinación de los tiempos de coordinación, los mismos no se incrementarán al comparar dos curvas calculadas por el mismo método. Ref.[1]

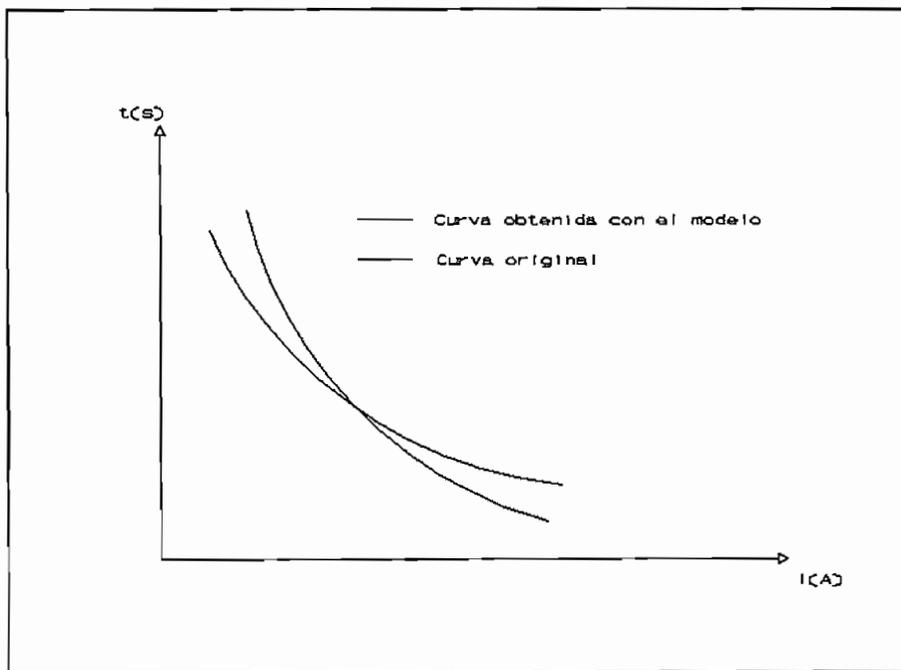


Figura B.1

## ANEXO C

## METODO EMPLEADO PARA OBTENER CURVAS MEDIANTE INTERPOLACION

El procedimiento empleado para la obtención de las curvas características de los fusibles y de los reconectores, las cuales no pudieron ser descritas por una ecuación de aproximación polinomial, se describe brevemente a continuación. Ref [1]

Primeramente se requiere el ingresar una suficiente cantidad de puntos leídos de las curvas elaboradas por los fabricantes, a unos archivos en los cuales han sido ordenados adecuadamente para que puedan ser tratados debidamente dentro del programa.

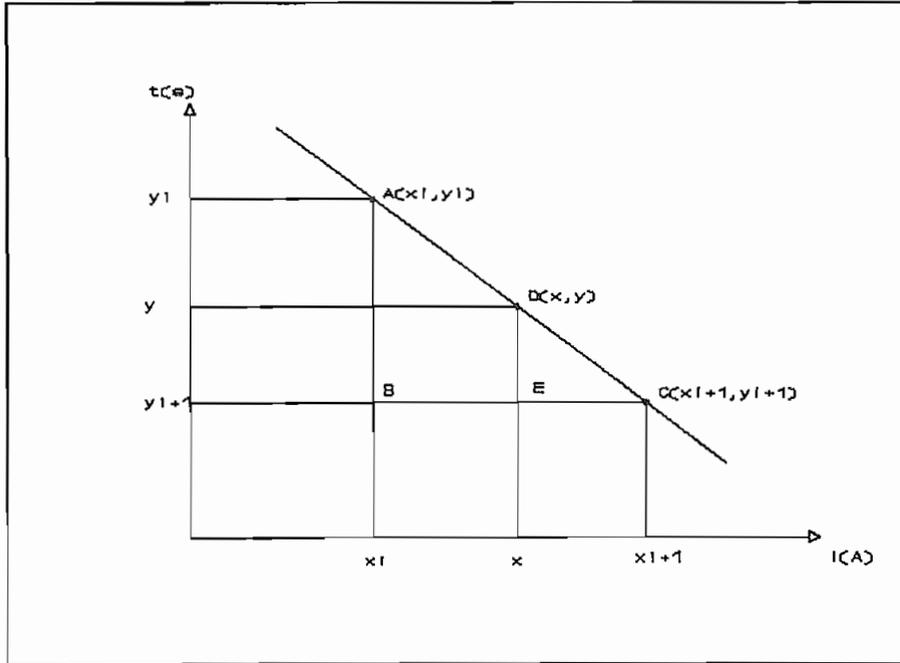
Los puntos ingresados han sido leídos con intervalos razonables, considerando para ello la tendencia que presentan las diferentes curvas, de tal manera que cuando posteriormente se realice una interpolación por el método posteriormente descrito, no se cometan errores exagerados respecto a las curvas originales. Por ésto, se han tomado la mayor parte de los puntos, en la sección del codo que presentan todas estas características.

Para entender el proceso, se va a hacer uso de la figura C.1. El proceso de interpolación de puntos intermedios, se basa en una aproximación lineal de la curva característica entre los dos puntos (A y C) ingresados al archivo correspondiente y que contienen al punto a definirse (D).

Consideremos que los puntos A y C están definidos por los siguientes pares ordenados:

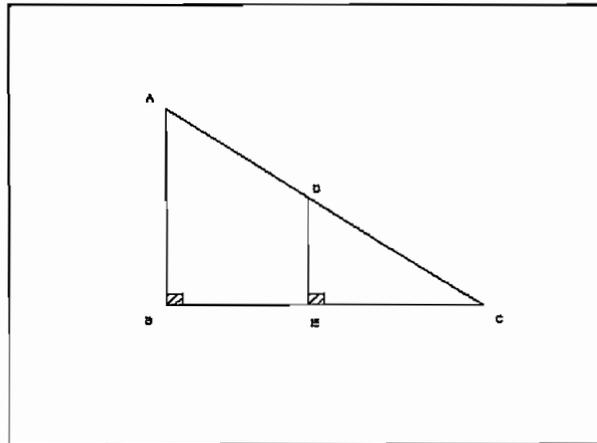
punto A:  $(X_i, Y_i)$   
punto C:  $(X_{i+1}, Y_{i+1})$

donde:  $i$  corresponde a la posición de los puntos en el arreglo que contiene todos los pares ordenados que conforman la totalidad de la curva. Por tanto estos dos puntos serán consecutivos.



**Figura C.1**

Luego, para determinar el punto D  $(x, y)$ , primeramente se sabe que: es conocido el valor de la coordenada "x" del mismo, es decir la corriente de falla para la cual se quiere determinar el tiempo de operación. Entonces se procede a formar los triángulos: **ABC** y **DEC**, que son semejantes entre sí, como se puede observar en el siguiente gráfico:



**Figura C.2**

Planteando la proporción siguiente que es una propiedad de este tipo de triángulos, se tiene:

$$\frac{AC}{DC} = \frac{CB}{CE} = \frac{AB}{DE}$$

Despejando la variable que interesa:

$$DE = \frac{AB * CE}{CB}$$

Luego la coordenada "y" del punto D será igual a:

$$y = Y_{i+1} + DE$$

Entonces queda definido completamente cualquier punto que se halle en el intervalo de corrientes definidos por los puntos inicial y final de cada una de las curvas.

## ANEXO D

## ALGORITMO PARA ENCONTRAR EL CONJUNTO DE PARES DE RELES

La práctica más usual para realizar una protección es la de proveer una protección de alta velocidad, llamada **protección primaria** seguida de una lenta **protección de respaldo** la cual es inicializada sólo si el instrumento de protección primario falla. Ref. [10]

Para determinar un par de relés, se debe ubicar primeramente un relé y luego buscar todos los relés para los cuales este es respaldo. "Se ubica en un relé (respaldo), luego se dirige a la barra opuesta y se ubica en todos los relés adyacentes (relés primarios)" [10].

Para entender mejor el procedimiento, se va a utilizar el sistema mostrado en la Figura D.1. Primeramente se ubica en el relé R1 (respaldo), luego se va a la barra opuesta (S/E 2), y se selecciona a todos los relés adyacentes, en este caso es sólo el relé R3 (relé primario), por lo tanto el relé R1 es respaldo del relé R3.

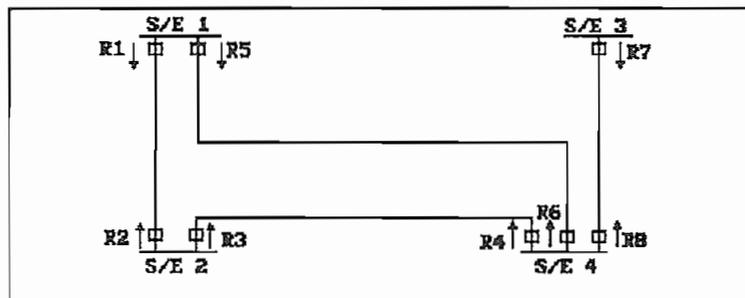


Figura D.1

Para la coordinación se necesita todos los pares de relés primario/respaldo encontrados por medio de la ubicación de los relés de respaldo. A este conjunto se le llama el conjunto de pares de secuencia. Para el ejemplo, el conjunto de pares de relés o pares de secuencia es:

Relé de Respaldo: R1 R2 R3 R3 R4 R5 R5 R6 R7 R7

Relé Primario: R3 R5 R6 R8 R2 R4 R8 R1 R6 R4

### 1 Coordinación de los relés de distancia.

Se considera los relés de distancia con tres zonas de operación. La primera zona es una zona de operación instantánea que opera contra fallas sobre la línea protegida. Las otras 2 zonas protegen la línea

principal y la línea adyacente con un tiempo fijo de retardo.

El resultado de la coordinación es que la segunda y tercera zonas de cualquier par de relés Primario/Respaldo nunca se cruzarán o también el tiempo de retardo del relé de respaldo sobrepasará al del relé primario por un intervalo de tiempo de coordinación TDMC. Un valor típico para TDMC es 0.3 seg. El trabajo previo [14,15] incluye la coordinación y localización de los relés sobre líneas de 2 terminales. Sin embargo, una coordinación completa de todas las terceras zonas no fue ejecutada.

Este algoritmo asegura también que el máximo alcance del relé de respaldo para todas las líneas sea obtenido sin sacrificar la coordinación.

### 1.1 Localización de la Zona 1 para Líneas de 3-Terminales.

Considerando la línea de 3 terminales ABC de la Figura D.2 los siguientes criterios deberán ser satisfechos mientras se determina la localización de la zona 1 del relé 11:

1. La zona 1 del relé 11 cubrirá tanto como sea posible de la línea de 3 terminales ABC.
2. No deberá sobrealcanzar más allá de las barras B ó C.
3. Ambas entradas y salidas de alimentación en el punto de unión J [15] serán tomadas en cuenta.

Se considera:

$$Z_n(m) = \text{Impedancia 'n' del ajuste del relé 'm'}$$

$$n = 1, 2 \text{ y } 3$$

$$Z_{A(m,p)} = \text{Impedancia aparente vista por el relé 'm' para la falla en 'p'}$$

$$Z_{MN} = \text{Impedancia actual de la línea entre las barras M y N.}$$

Luego se determina la zona 1 para ser la mínima de la impedancia actual o aparente para fallas en B o C.

$$Z_1(11) = (FAZ_1) \cdot \text{MIN}[ Z_{AB} , Z_{AC} , Z_{A(11, B)} , Z_{A(11, C)} ]$$

donde:

$$FAZ_1 = \text{factor de alcance (típicamente 0.9) para prevenir sobre alcance.}$$

## 1.2 Algoritmo de Coordinación de la zona sucesiva.

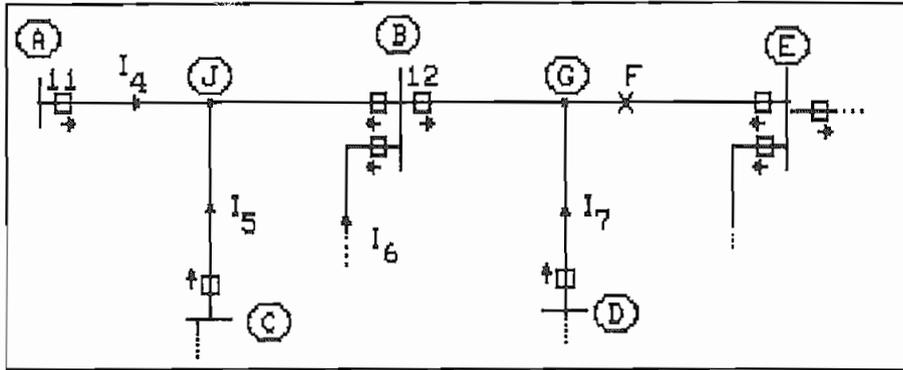


Figura D.2

Sistema de ejemplo para la coordinación de las Zonas 1 y 2

El Algoritmo de Coordinación de la Zona Sucesiva (SZCA) ha sido desarrollado para asegurar la coordinación completa de todas las zonas de los relés de distancia. En este algoritmo, los valores límites para la zona 2 de cualquier relé de respaldo es calculado usando la zona 1 de todos sus relés primarios. Similarmente, el límite del valor de la zona 3 de cualquier relé de respaldo es encontrado de la zona 2 de todos sus relés primarios. Así las zonas del relé de distancia son determinadas sucesivamente para asegurar coordinación exacta tanto como el alcance máximo existente de las líneas protegidas. Se describirá posteriormente un procedimiento de análisis general para calcular esos valores límites de impedancias para las zonas 2 y 3.

### 1.2.1 Coordinación de la Zona 2.

La Figura D.2 muestra el caso general de 2 líneas con tres terminales, colocadas una tras otra. Normalmente los estudios de fallas producen impedancias aparentes vistas por relés para fallas solo en las barras. Se demostrará más abajo como esos valores de las impedancias aparentes de fallas de las barras en unión con los cálculos de la zona 1 ya situada pueden ser usados para calcular los valores límites para la localización de la zona 2. Considerar localizada la zona 2 del relé 11 y su coordinación con el relé 12. Para el exacto alcance de la coordinación, se debe asegurar que la zona 2 de los relés 11 y 12 no se traslapen. Permitiendo que F sea el punto de alcance de la zona 1 del relé 12, se debe asegurar que la zona 2 del relé 11 no exceda del punto F. Luego se pone los valores límites de la zona 2 del relé 11 por el

cálculo de la impedancia aparente vista por el relé 11 para una falla en F. Hay que recordar que la impedancia aparente vista por un relé es igual al voltaje en el relé dividido por la corriente a través del relé.

$$\begin{aligned}
 Z_{A(11,F)} &= \frac{I_4 \cdot Z_{AJ} + (I_4 + I_5) \cdot Z_{JB} + (I_4 + I_5 + I_6) \cdot Z_{BG} + (I_4 + I_5 + I_6 + I_7) \cdot Z_{GF}}{I_4} \\
 &= Z_{AJ} + Z_{JB} \cdot \left[ \frac{I_4 + I_5}{I_4} \right] + Z_{BG} \cdot \left[ \frac{I_4 + I_5 + I_6}{I_4} \right] + Z_{GF} \cdot \left[ \frac{I_4 + I_5 + I_6 + I_7}{I_4} \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$

Ahora ya que F es el punto de alcance de la zona 1 del relé 12 y si  $Z_1(12)$  es la zona 1 localizada del relé 12 se consigue:

$$\begin{aligned}
 Z_1(12) &= Z_{A(12,F)} \\
 &= \frac{Z_{BG} \cdot (I_4 + I_5 + I_6) + Z_{GF} \cdot (I_4 + I_5 + I_6 + I_7)}{(I_4 + I_5 + I_6)} \quad (2)
 \end{aligned}$$

Las ecuaciones (2.13) y (2.14) producen:

$$Z_{A(11,F)} = Z_{AJ} + Z_{JB} \cdot \left[ \frac{I_4 + I_5}{I_4} \right] + Z_1(12) \cdot \left[ \frac{I_4 + I_5 + I_6}{I_4} \right] \quad (3)$$

Podemos hacer las siguientes observaciones en la ecuación (3):

- Para una  $Z_1(12)$  dada, la zona 1 del relé primario:  $Z_{A(11,F)}$  depende sólo de la entrada de la alimentación  $I_5$  e  $I_6$  y no depende de la entrada de la alimentación  $I_7$ . El punto de falla F puede ser donde quiera sobre la línea BDE.

- Si sólo las impedancias aparentes son disponibles del estudio de fallas, se puede expresar el valor de las corrientes en la ecuación (3) en términos de la impedancia aparente. Estas simplificaciones suponen que la relación de la corriente de falla no cambia apreciablemente con la localización de la falla.

Una falla en la barra B puede ser vista así:

$$Z_{A(11,B)} = Z_{AJ} + Z_{JB} \cdot \left[ \frac{I_4 + I_5}{I_4} \right] \quad (4)$$

Si se considera una falla en la barra G:

$$Z_{A(11,G)} = Z_{A(11,B)} + Z_{BG} * \left[ \frac{I_4 + I_5 + I_6}{I_4} \right] \quad (5)$$

Las ecuaciones (3), (4) y (5) producen:

$$Z_{A(11,F)} = Z_{A(11,B)} + \frac{Z_1(12)}{Z_{BG}} * [Z_{A(11,G)} - Z_{A(11,B)}] \quad (6)$$

La ecuación (6) expresa la impedancia aparente vista por el relé 11 para una falla en el punto de alcance de la zona 1 del relé 12 (punto F) en términos de las varias impedancias aparentes para una barra fallada (disponible desde un estudio de fallas) y la zona 1 determinada del relé primario 12.  $Z_{A(11,F)}$  da el valor límite para la zona 2 del relé 11.

Se puede derivar expresiones para otros casos especiales como se demuestra más abajo:

1. La línea ABC reemplazada por unos 2 terminales de línea AB.

$$I_5 = 0; \quad Z_{A(11,B)} = Z_{AB}$$

$$Z_{A(11,F)} = Z_{AB} + \frac{Z_1(12)}{Z_{BG}} * [Z_{A(11,G)} - Z_{AB}]$$

2. La línea BDE reemplazada por una línea de 2 terminales BE.

$$I_7 = 0; \quad Z_1(12) = Z_{BF}$$

Se puede escribir la ecuación (5) para una falla en la barra E y obtener,

$$Z_{A(11,F)} = Z_{A(11,B)} + \frac{Z_1(12)}{Z_{BE}} * [Z_{A(11,E)} - Z_{A(11,B)}]$$

3. La línea ABC reemplazada por la línea AB y la línea BDE por la línea BE.

$$I_5 = I_7 = 0$$

$$Z_{A(11,B)} = Z_{AB}; \quad Z_1(12) = Z_{BF}$$

$$ZA(11,F) = ZAB + \frac{Z1(12)}{ZBE} * [ZA(11,E) - ZAB]$$

Además se puede notar en este caso:

$$ZA(11,F) = ZAB + \left[ \frac{ZBF}{ZBE} * ZBE * \left[ \frac{I4+I6}{I4} \right] \right]$$

$$ZA(11,F) = ZAB + ZBF * \left[ \frac{I4+I6}{I4} \right]$$

Esta es la expresión normalmente encontrada donde sólo los 2 terminales de línea están involucrados.

El valor límite obtenido en la ecuación (6) está basada en las condiciones normales (sin líneas fuera) y para el par de relés 12/11. Entonces se debe encontrar el mínimo de cada valor límite para el relé 11 de la siguiente manera:

1. Para el par de relés 12/11, se encuentra ZA(11,F) con la línea de la máxima entrada de alimentación con la barra B fuera.
2. Encontrar los valores correspondientes para todos los otros pares de relés P/B donde el relé 11 es el de respaldo. Dejar que el mínimo de esos valores sea Z2m.

Es recomendable que un factor de seguridad FSZ2 sea incluido para informar de errores en los valores de la impedancia de la línea, o CT y VT. Un valor típico para FSZ2 es 0.9. Así, se puede conseguir el máximo aceptable de la zona 2 determinado como:

$$Z2max = (Z2m) (FSZ2) \quad (7)$$

El valor mínimo de la zona 2 localizado por el relé 11 se obtiene de la consideración del alcance de la barra remota. Así se asegura que la zona 2 de 11 cubra las barras remotas B y C. Además, el mínimo localizado requerido es:

$$Z2min = (FAZ2) * \text{MAX}[ ZAB , ZAC , ZA(11,B) , ZA(11,C) ]$$

donde:

FAZ2 = Factor de alcance de la segunda zona (típicamente 1.2).

Si  $Z2_{\max} \geq Z2_{\min}$ , la zona Z2 está localizada en  $Z2_{\max}$ .

Si  $Z2_{\max} < Z2_{\min}$ , una de ls 3 siguientes acciones serán tomadas para la coordinación exacta del relé 11 con todos sus relés primarios.

1. Aceptar una reducción del alcance de la barra remota y determinar la zona 2 en  $Z2_{\max}$ .
2. Ajustar la zona 2 en  $Z2_{\min}$  e incrementar el tiempo de retardo de la zona 2 del relé 11 un paso de tiempo mayor respecto las zonas 2 de todos sus relés primarios.
3. Escoger un esquema piloto para el relé primario.

Así tenemos una discusión de la coordinación de sólo un relé de respaldo con todos sus relés primarios. Un diagrama de flujo detallado para coordinar un sistema de relés está mostrado en [14]. Allí, se puede hacer uso de el SSP obtenido de los algoritmos TAP para coordinar el sistema completo.

### 1.2.2 Coordinación de la Zona 3.

Para desarrollar expresiones analíticas de los valores límites del ajuste de la zona 3 similares a aquellos de la zona 2 descrita en la sección 1.2.1 hay que considerar la estructura general de tres líneas con tres terminales una tras otra como se indica en la Figura D.3. También hay que tomar en cuenta el ajuste de la zona 3 del relé 11 y coordinar con el relé 12. Para la coordinación exacta, hay que asegurar que la zona 3 del relé 11 y 12 no sea traslapada, y permitir que F sea el punto de alcance de la zona 2 del relé 12. Luego se asegura que la zona 3 del relé 11 no se extienda más allá de F. Entonces se puede determinar el valor límite de la localización de la zona 3 de 11 por cálculos de la impedancia aparente vista por 11 para una falla en F.

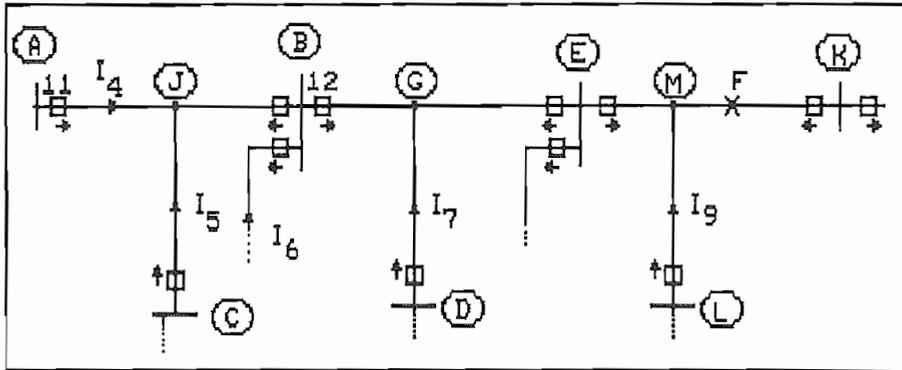


Figura D.3

Sistema de ejemplo para la Coordinación de la Zona 3

$$Z_{A(11,F)} = \frac{I_4 \cdot Z_{AJ} + (I_4 + I_5) \cdot Z_{JB} + (I_4 + I_5 + I_6) \cdot Z_{BG} + (I_4 + I_5 + I_6 + I_7) \cdot Z_{GE} + (I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8) \cdot Z_{EF}}{I_4}$$

$$= Z_{AJ} + Z_{JB} * \left[ \frac{I_4 + I_5}{I_4} \right] + \dots * [Z_{BG} \cdot (I_4 + I_5 + I_6) + Z_{GE} \cdot (I_4 + I_5 + I_6 + I_7) + Z_{EF} \cdot (I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8)] \quad (8)$$

Además F es el punto de alcance de la zona 2 del relé 12 y si  $Z_2(12)$  es la zona 2 determinada de 12, se consigue:

$$Z_2(12) = Z_{A(12,F)}$$

$$Z_{A(11,F)} = \frac{[Z_{BG}(I_4 + I_5 + I_6) + Z_{GE}(I_4 + I_5 + I_6 + I_7) + Z_{EF}(I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8)]}{(I_4 + I_5 + I_6)} \quad (9)$$

El producto de las ecuaciones (8) y (9) es:

$$Z_{A(11,F)} = Z_{AJ} + Z_{JB} * \left[ \frac{I_4 + I_5}{I_4} \right] + Z_2(12) * \left[ \frac{I_4 + I_5 + I_6}{I_4} \right] \quad (10)$$

De la ecuación (10) se pueden hacer las siguientes observaciones:

1. Para una  $Z_2(12)$  dada, la zona 2 determinada del relé primario;  $Z_{A(11,F)}$  depende sólo sobre la entrada de la alimentación  $I_5$  e  $I_6$  y no sobre alguna otra entrada de alimentación.

2. F es un punto móvil dependiendo de varias condiciones de entrada de la alimentación.
3. El resultado es válido para cualquier localización de F sobre la línea EKL; la entrada de la alimentación desde la barra L no tiene efectos.
4. Las líneas BDE y EKL pueden ser cualquier línea de 2 ó 3 terminales. Además las entradas de alimentación desde la barra D y L no aparecen explícitamente en esta ecuación, por lo que no se debe preocupar por este tipo de esas líneas.
5. Se puede calcular los valores límites de ajuste de la zona 3 del relé 11 mediante el ajuste de la zona 2 del relé 12 y la entrada de la alimentación en la línea ABC.

Sin embargo, si sólo las impedancias aparentes son disponibles del estudio de fallas, se puede expresar los valores de corriente en la ecuación (10) en términos de las impedancias aparentes. Hay que notar también que las ecuaciones (3) y (4) son válidas para la Figura D.3. Las ecuaciones (3), (4) y (10) producen:

$$Z_A(11,F) = Z_A(11,B) + \frac{Z_2(12)}{Z_{BG}} [Z_A(11,G) - Z_A(11,B)] \quad (11)$$

Esta ecuación puede ser simplificada en los siguientes dos casos especiales:

1. La línea ABC es reemplazada por una línea de 2 terminales AB

$$I_5 = 0; \quad Z_A(11,B) = Z_{AB}$$

$$Z_A(11,F) = Z_{AB} + \frac{Z_2(12)}{Z_{BG}} [Z_A(11,G) - Z_{AB}]$$

2. La línea BDE es reemplazada por una línea de 2 terminales BE

$$Z_A(11,F) = Z_A(11,B) + \frac{Z_2(12)}{Z_{BE}} [Z_A(11,E) - Z_A(11,B)]$$

Para determinar el máximo permitido de la zona 3 determinada por el relé 11, se deben ejecutar los siguientes pasos:

- 1.- Para el par de relés 12/11, encontrar  $Z_A(11,F)$  con la máxima entrada de alimentación a la línea para la barra B fuera.
- 2.- Encontrar los valores correspondientes para todos los otros pares de relés P/B donde el relé 11 es respaldo. Hacer que el mínimo de esos valores sea  $Z_{3m}$ .

Considerando un factor de seguridad FSZ3 (típicamente 0.9), se puede conseguir el máximo aceptable situado de la zona 3:

$$Z_{3\text{máx}} = (Z_{3m}) \cdot (FSZ3) \quad (2.23)$$

Es deseable cubrir todas las líneas yendo afuera de las barras B y C en la zona 3 del relé 11. Por lo tanto la localización preferida de la zona 3 es la máxima impedancia aparente vista por 11 para fallas en las segundas barras remotas tales como E y D. Sin embargo para evitar molestias de disparo por sobrecorrientes de carga, esta localización será limitada a la peor impedancia de carga [10]. Se deja que  $Z_{3\text{min}}$  sea el mínimo deseable del ajuste de la zona 3 de estas 2 consideraciones.

Si  $Z_{3\text{max}} \geq Z_{3\text{min}}$ , la zona 3 será localizada en  $Z_{3\text{max}}$ .

Si  $Z_{3\text{max}} < Z_{3\text{min}}$ , una de las siguientes 2 acciones se tomarán para la exacta coordinación de la zona 3 del relé 11 con todos sus relés primarios:

1. Aceptar un reducido alcance de la zona 3 y localizar la zona 3 en  $Z_{3\text{max}}$ .
- 2.- Localizar la zona 3 en  $Z_{3\text{min}}$  e incrementar el tiempo de retardo de la zona 3 del relé de respaldo un paso de tiempo mayor comparado con todas las zonas 3 de todos sus relés primarios.

Los relés se localizan para la operación de respaldo, como se describió antes, usando el SSP obtenido a través del análisis topológico. La coordinación del sistema completo sigue los mismos pasos como se indica en el diagrama de flujo de la coordinación de la zona 2 mostrado en [12].

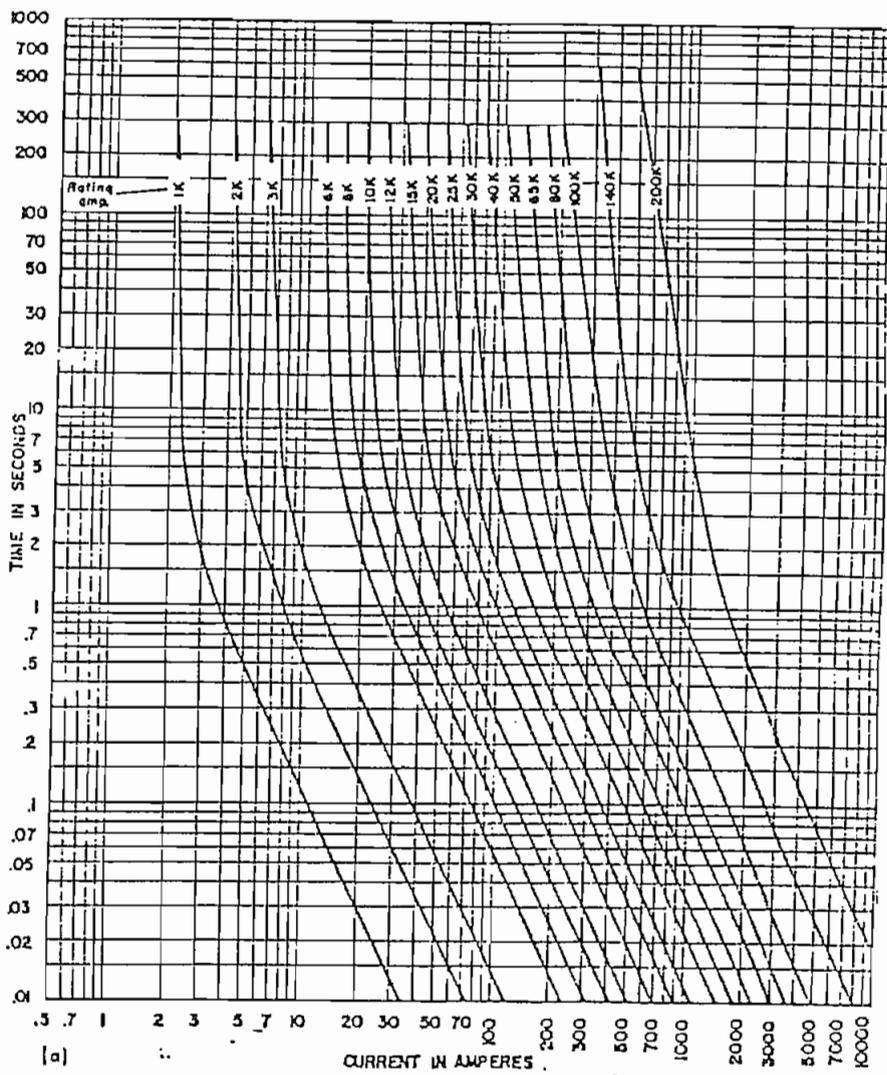
## ANEXO E

Contiene las curvas características de todos los equipos de protección tomados en cuenta dentro de la coordinación para sistemas radiales de distribución.

El cuadro siguiente contiene información de todos los taps disponibles para los relés de sobrecorriente considerados en el presente trabajo.

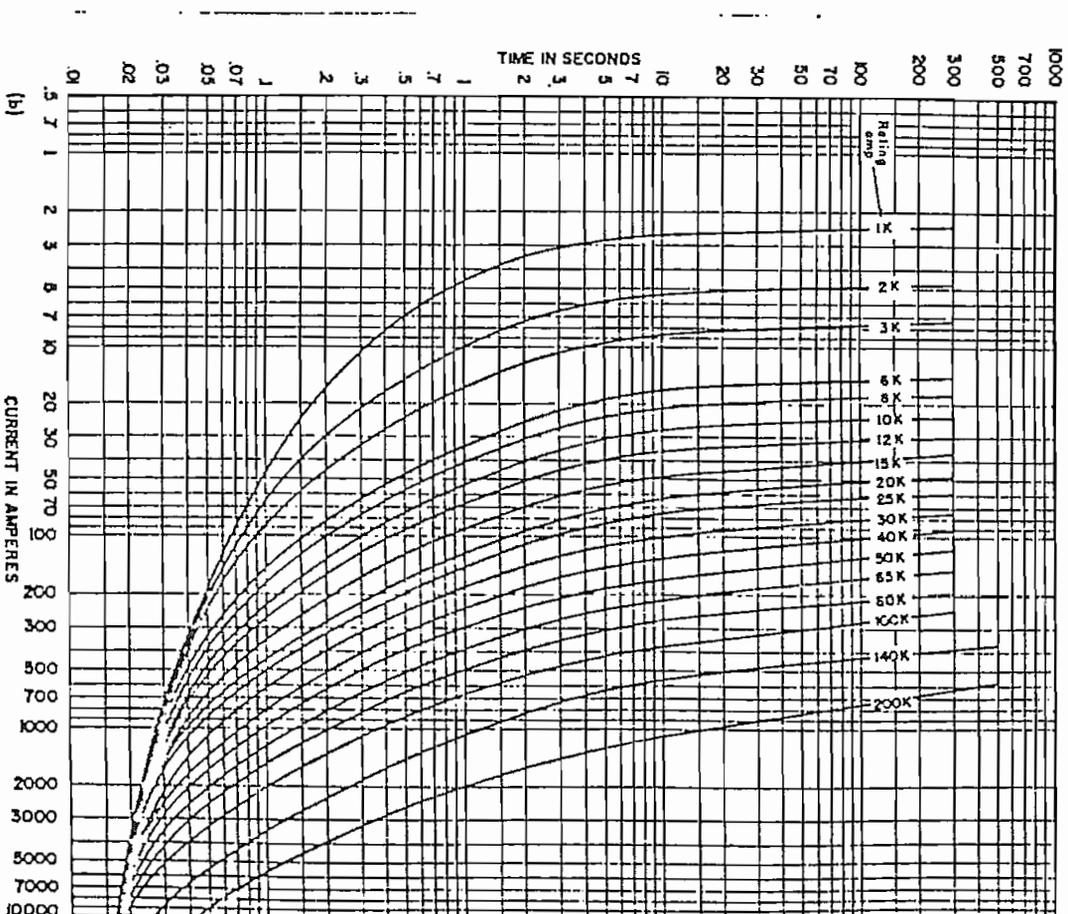
TIPO DE RELE	TAPS DISPONIBLES							
CDG16 CDG11	2.5	3.75	5.0	6.25	7.5	8.75	10.0	
CDG63 CDG23 CDG64 CDG66 CDG36 CDG26 CDG21	4.0	4.8	6.0	8.0	9.6	12.0	16.0	
CDG14	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
CO6 CO7 CO8 CO9	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	
RIDI RXIDF	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0		

Cuadro E.1



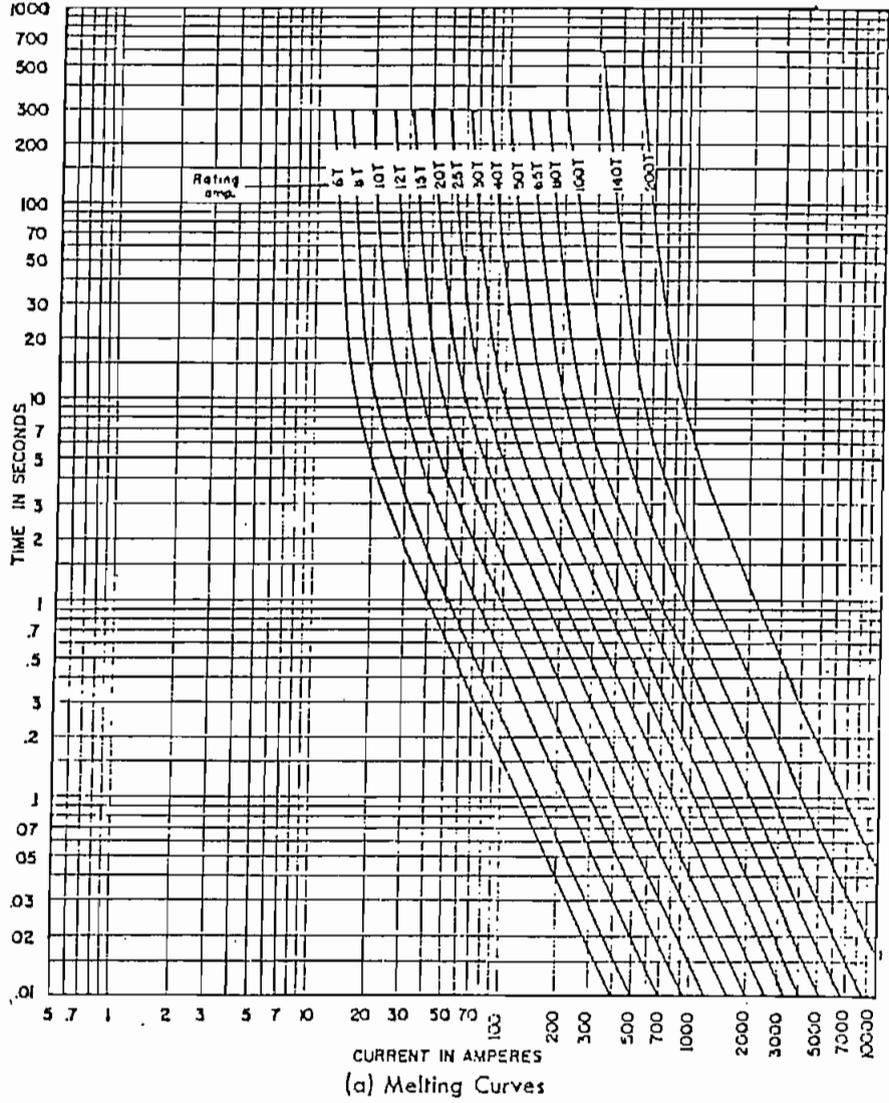
Melting curves.

### Curvas Características (MTF) de los Fusibles tipo K

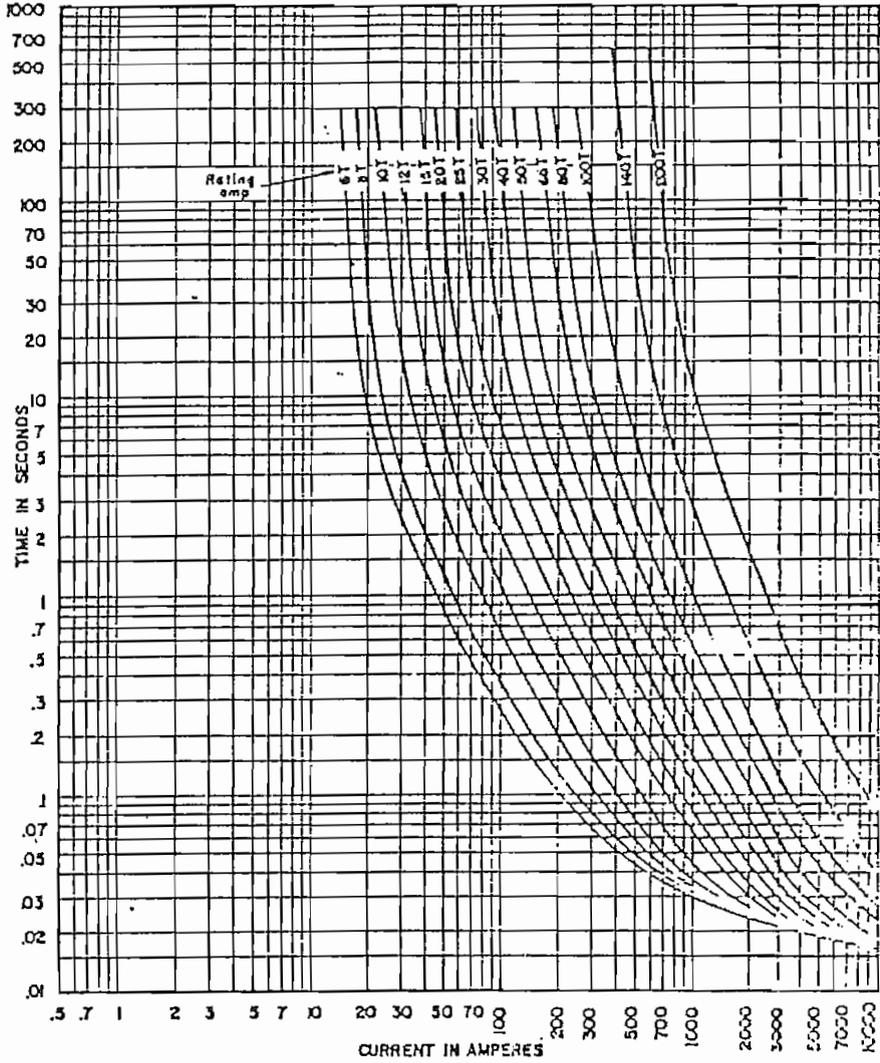


Total-clearing curves.

Curvas Características (MTD) de los Fusibles tipo K

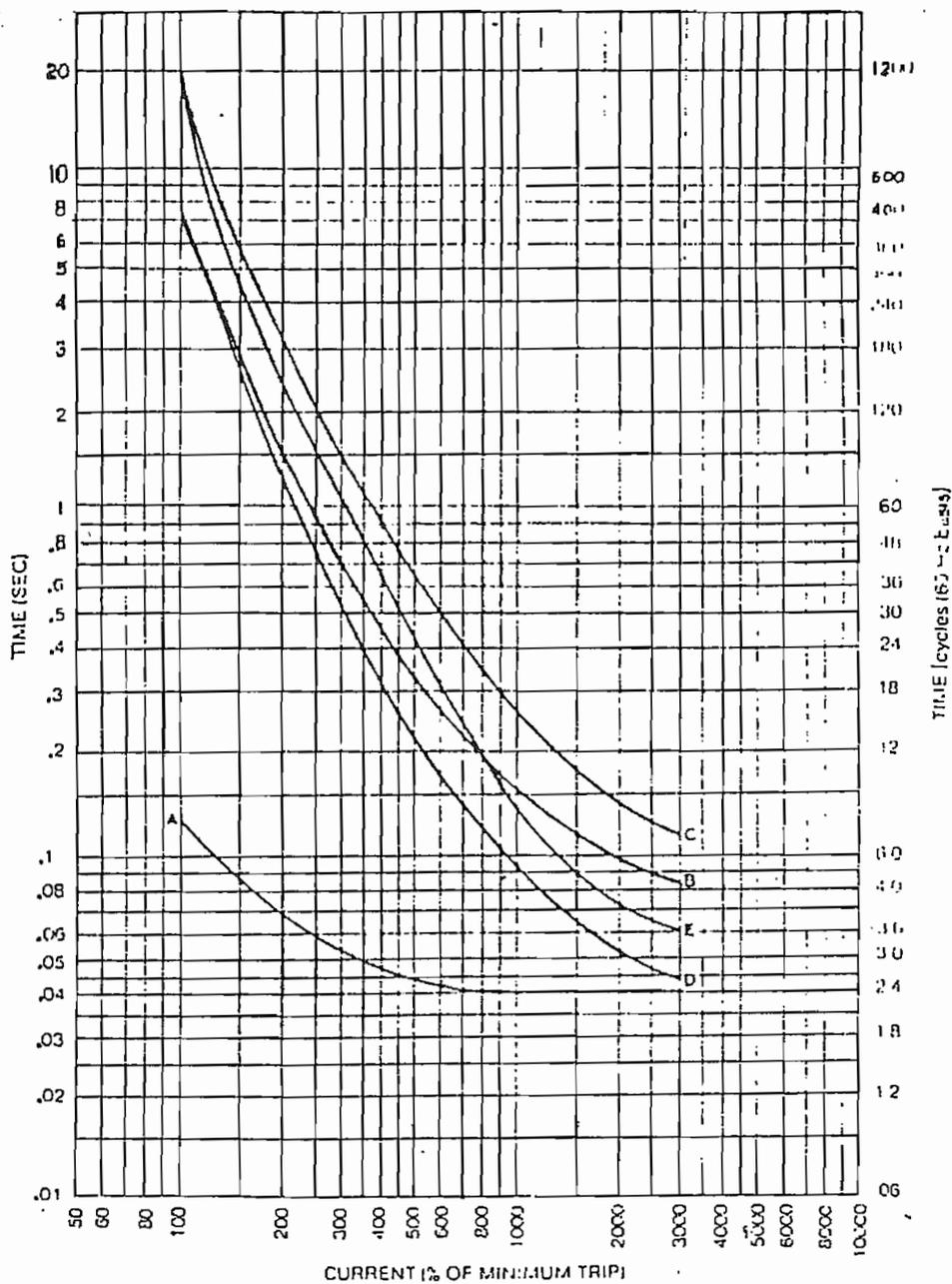


### Curvas Características (MTF) de los Fusibles tipo T



(b) Total Clearing Curves

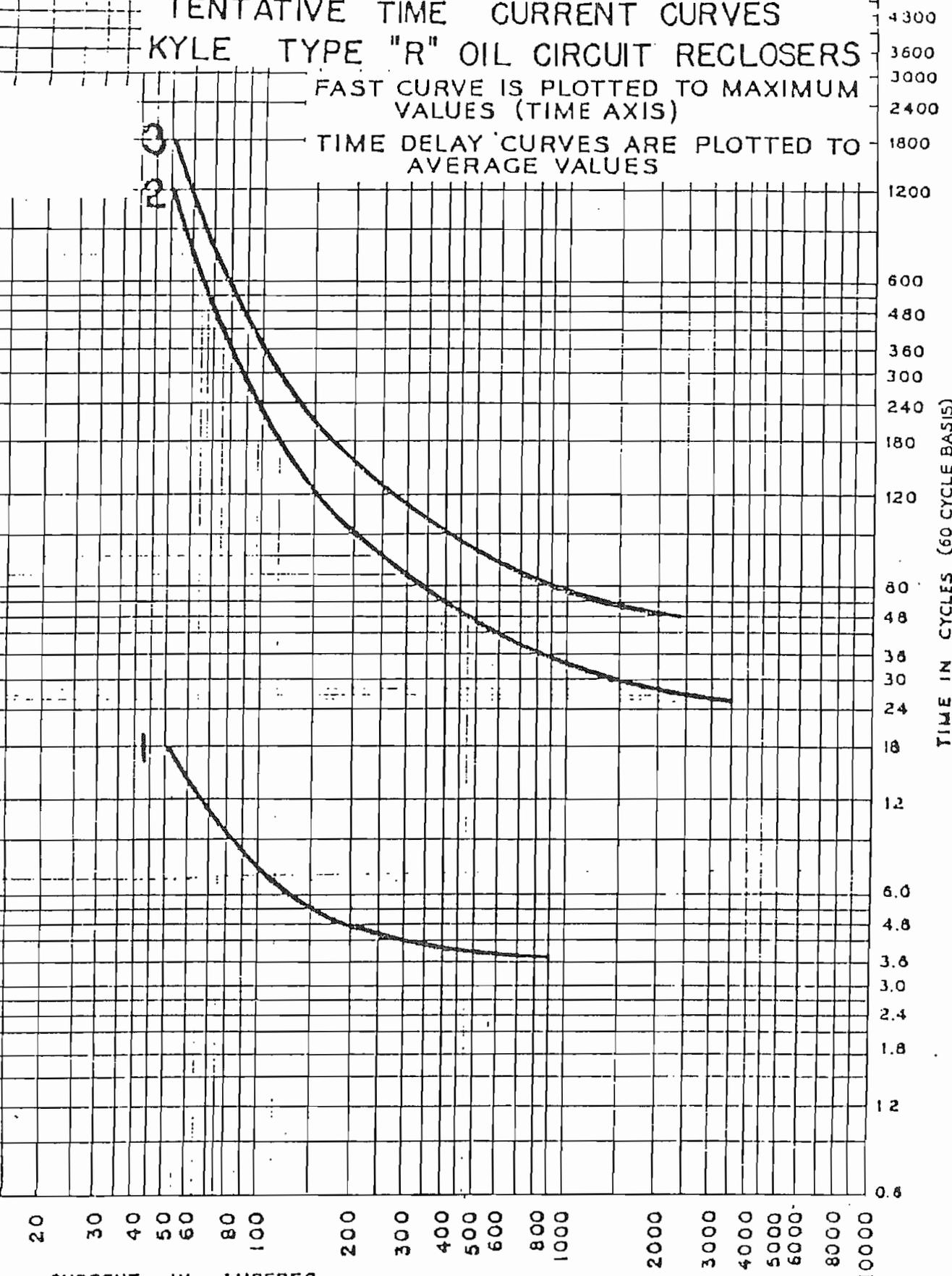
### Curvas Características (MTD) de los Fusibles tipo T



Curvas Características de los Reconectores tipos: RX,W,VW,VWV

# TENTATIVE TIME CURRENT CURVES KYLE TYPE "R" OIL CIRCUIT RECLOSERS

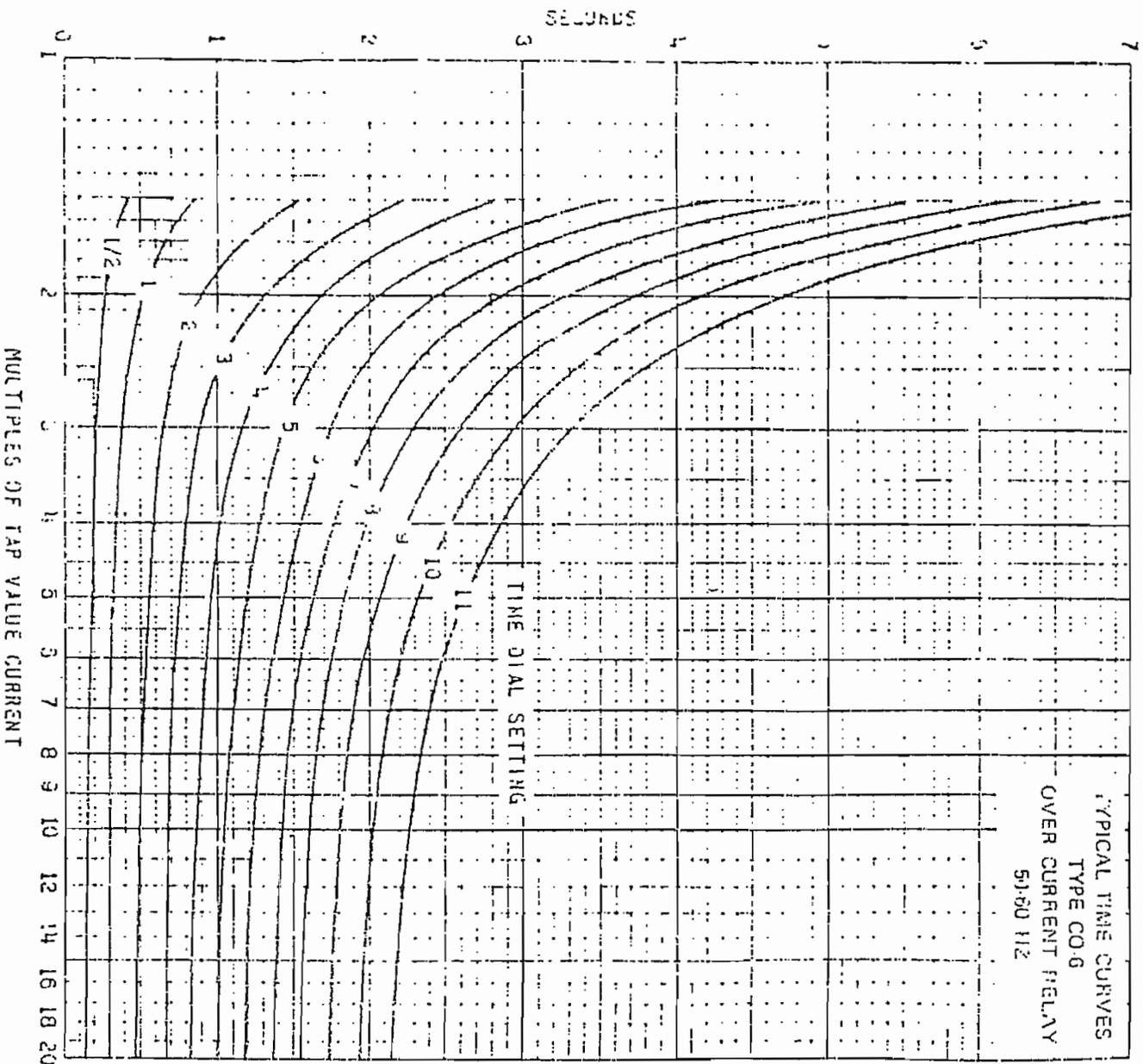
FAST CURVE IS PLOTTED TO MAXIMUM VALUES (TIME AXIS)  
TIME DELAY CURVES ARE PLOTTED TO AVERAGE VALUES



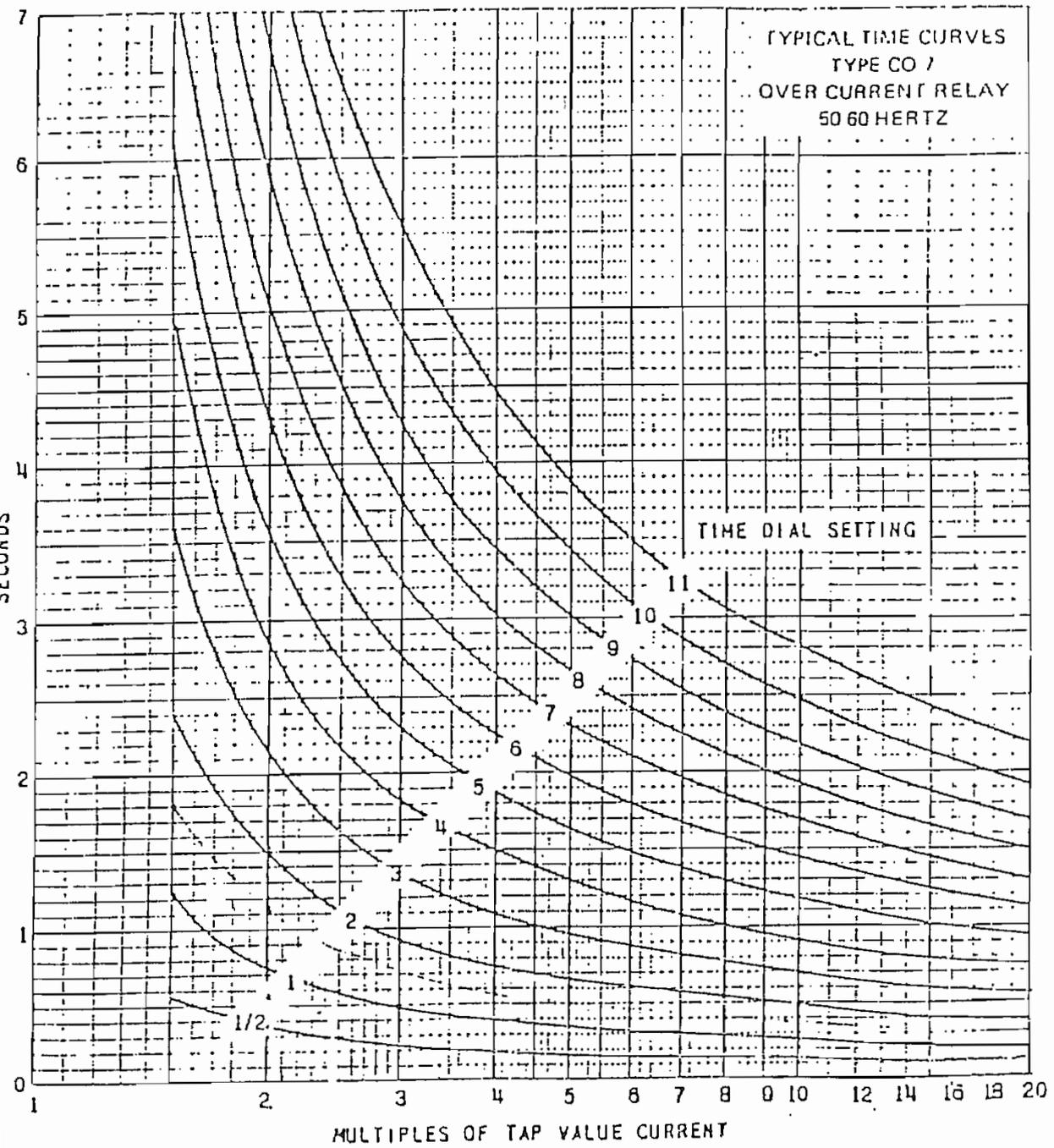
CURRENT IN AMPERES

NOTE: HORIZONTAL ORDINATE MAY BE RE-INDEXED FOR OTHER MINIMUM TRIP SETTINGS (67, 100, 133, 200, & 400 AMPS.)

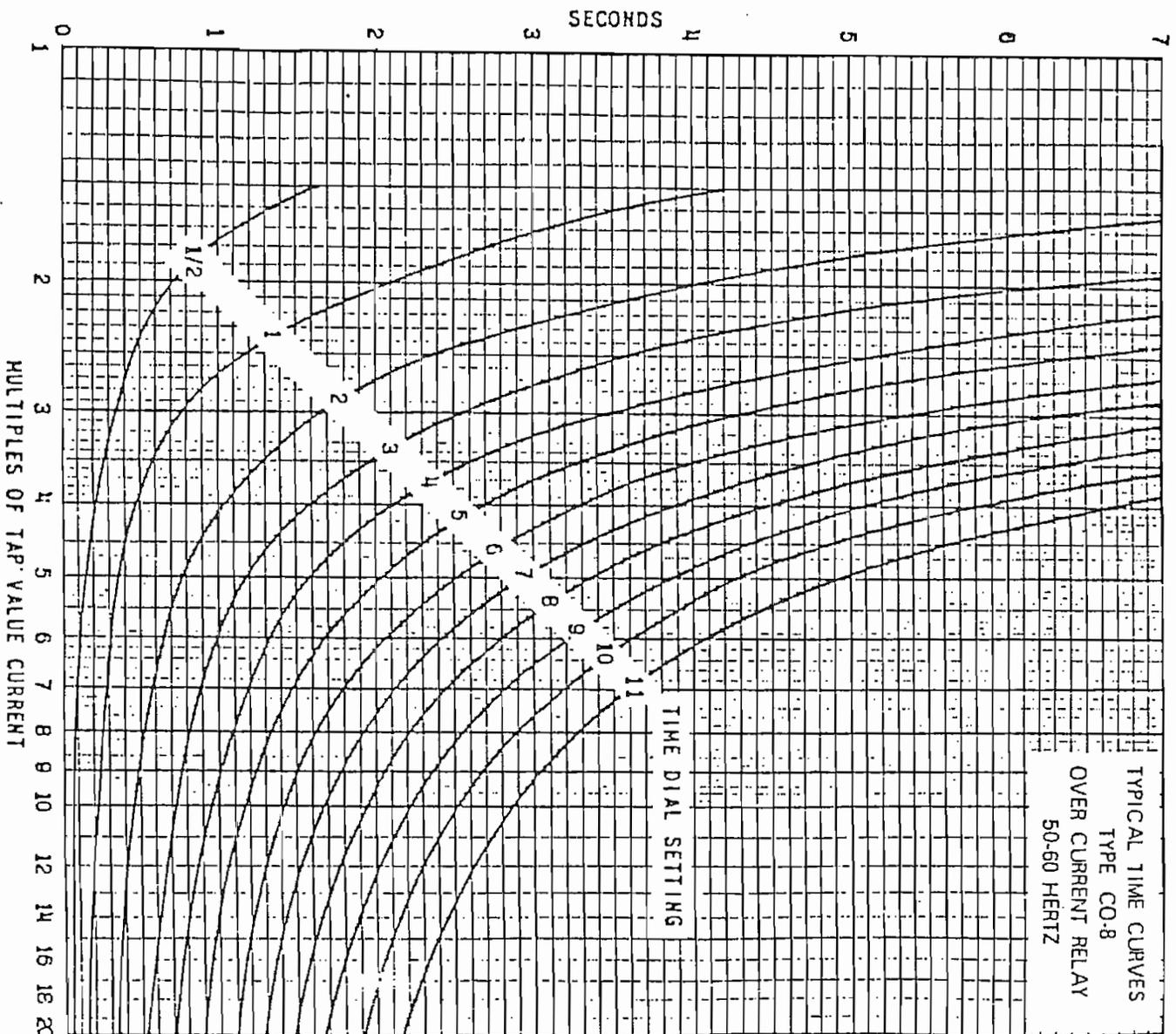
Curvas Características del Reconectador tipo "R"



Curvas Características del Relé tipo CO6

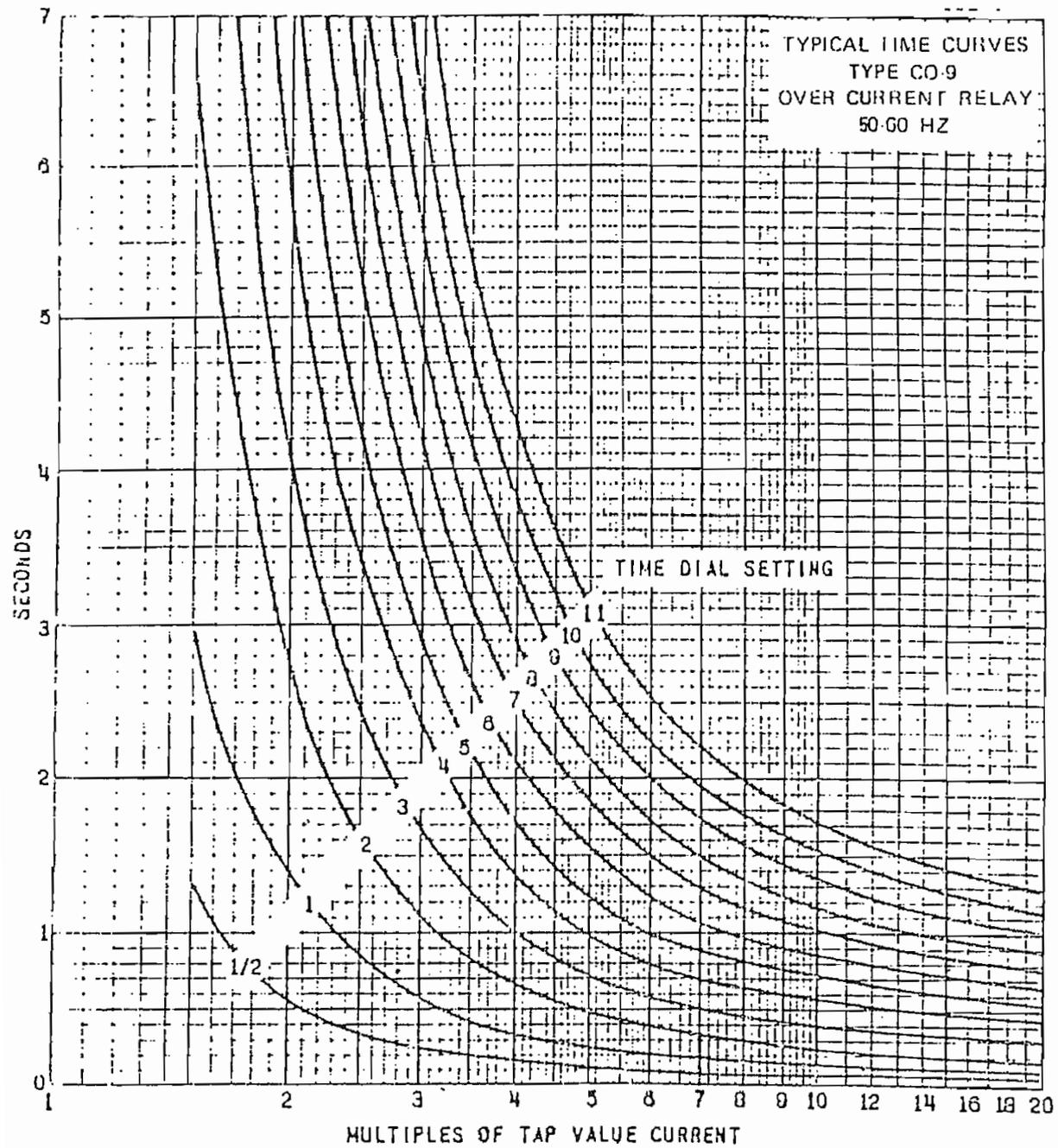


Curvas Características del Relé tipo CO7

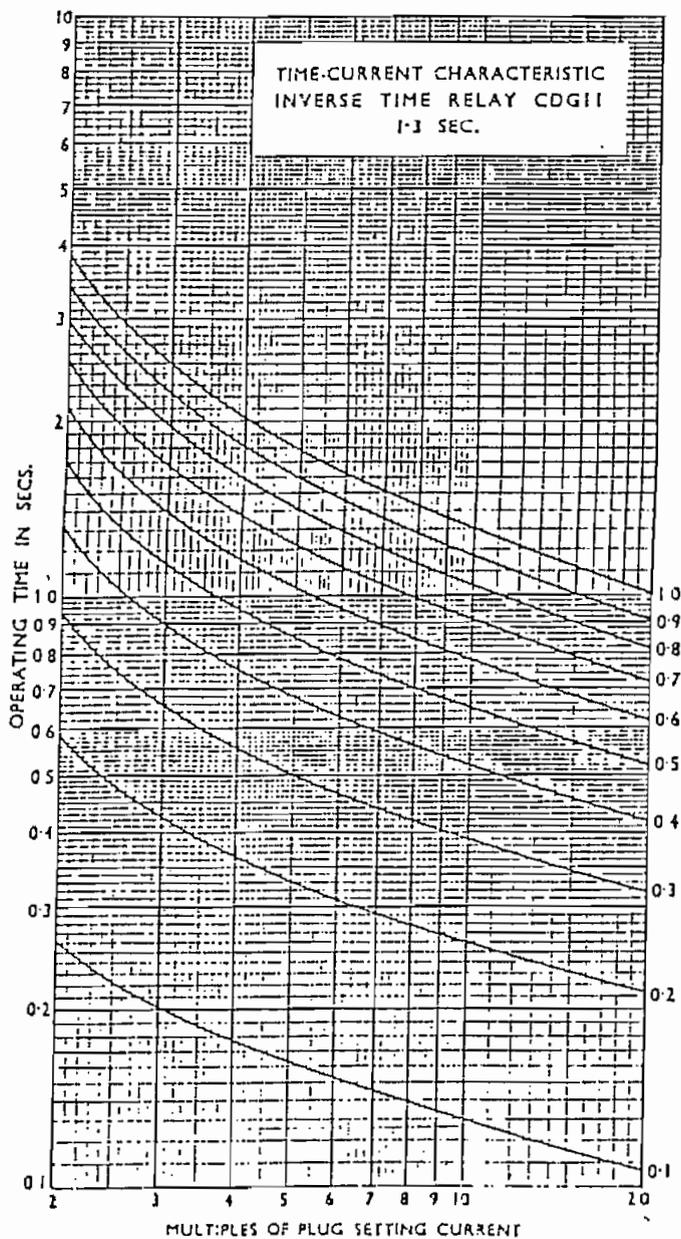


Curvas Características del Relé tipo CO8

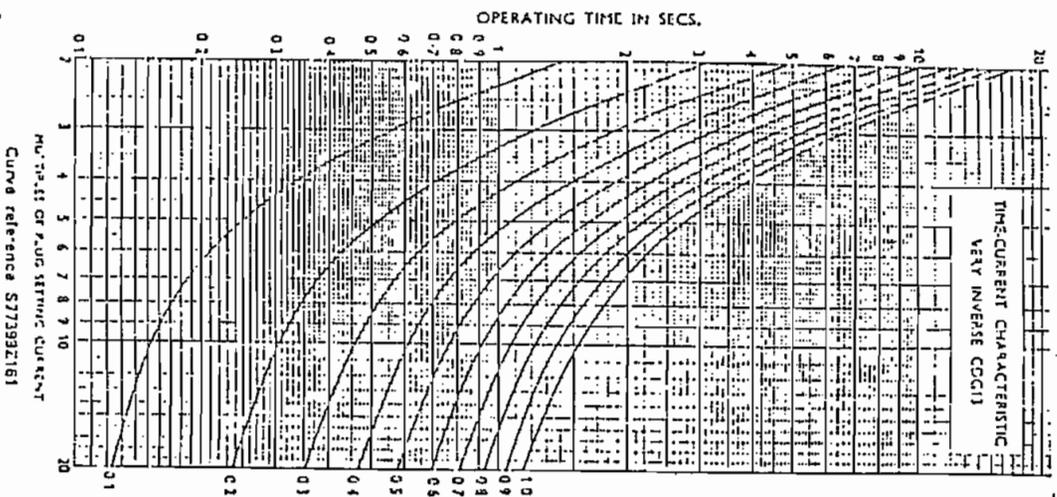
418248



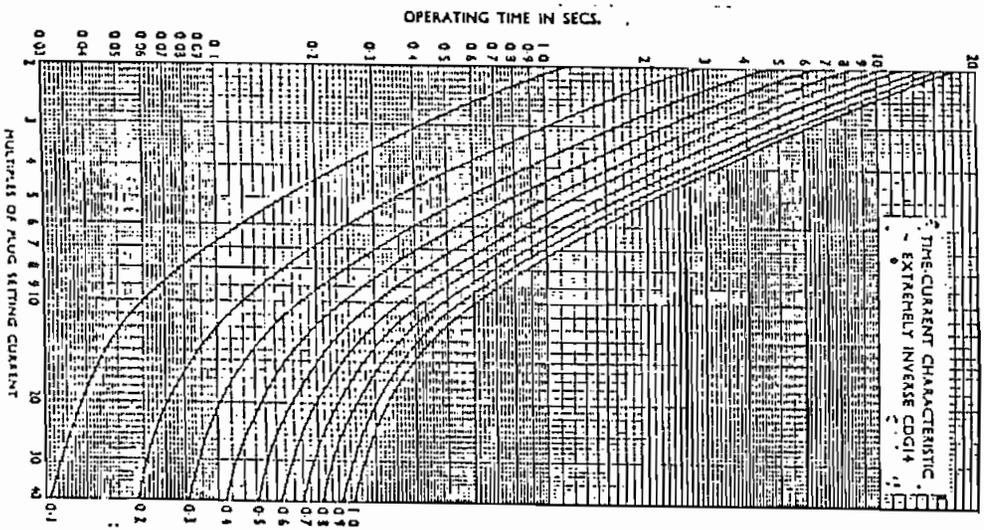
Curvas Características del Relé tipo CO9



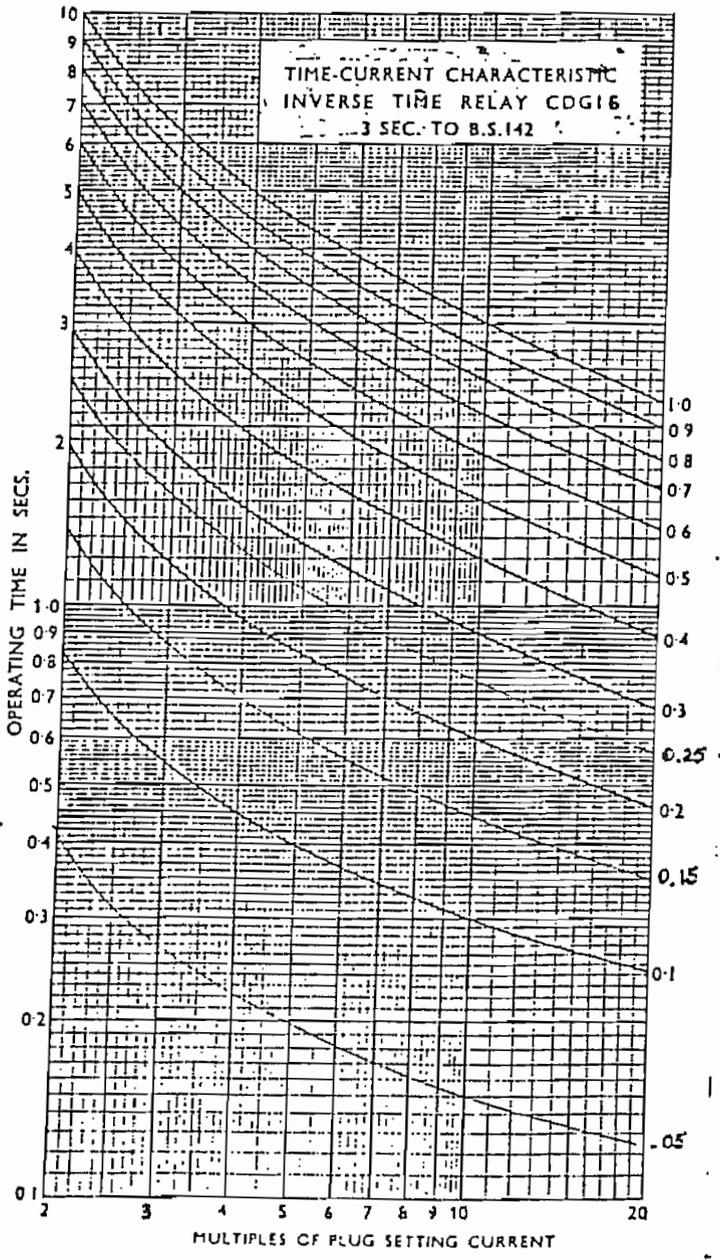
Curvas Características del Relé tipo CDG11



Curvas Características del Relé tipo CDG13

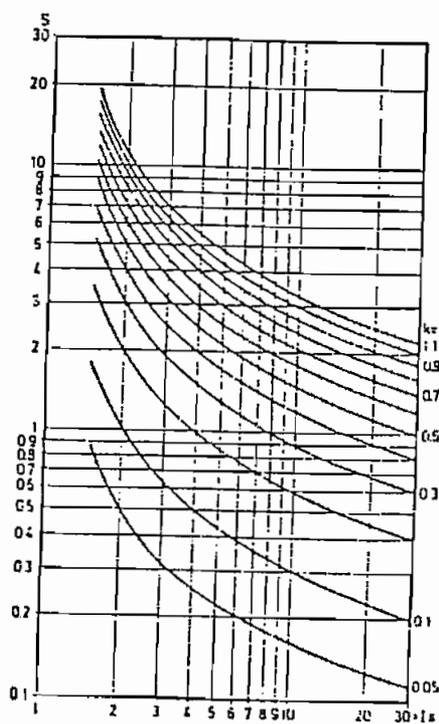


Curvas Características del Relé tipo CDG14



Curvas Características del Relé tipo CDG16

## RXIDF 2H



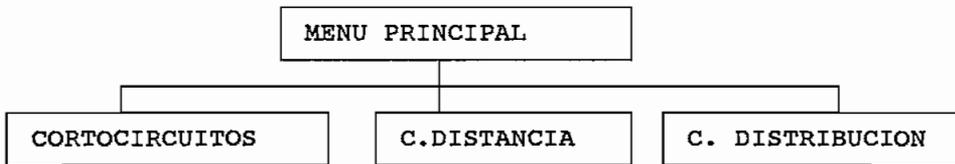
normal inverse

Curvas Características del Relé tipo RXIDF

## ANEXO F

## MANUAL DEL PROGRAMADOR

Estructura del programa principal de coordinación.



**Generalidades del sistema de distribución.-**

El sistema de distribución está constituido por cinco partes fundamentales que conforman los 3 niveles de desarrollo de un programa Windows, que se ven en el siguiente gráfico:

INTERFACE DE USUARIO DADA POR WINDOWS(FOXPROW)	
MODULOS ESCRITOS EN FOXPROW	MODULOS ESCRITOS EN C
BASE DE DATOS FOX	SISTEMA DE ARCHIVOS

- 1.- Interface de Usuario, que son todas las pantallas que se presentan al usuario. Toda la interface es administrada por Windows, y lo que hacen los programas es pedir recursos del sistema, los mismos que son liberados al salir del programa.
- 2.- Módulos escritos en foxpro, constituyen todos los programas escritos en lenguaje foxpro que son llamados desde el menú principal.
- 3.- Módulos escritos en lenguaje C para Windows, que realizan la coordinación gráfica de las protecciones en general. Son ejecutados desde el ambiente del Administrador de la base de datos.
- 4.- Base de datos fox, que es accesada por los programas, y puede ser accesada por otros manejadores de archivos.
- 5.- Sistema de archivos, constituyen todos los archivos de configuración adicionales necesarios para realizar la coordinación.

Las funciones que desempeñan cada uno de los subprogramas que son llamados desde el menú principal de distribución, se describen a continuación:

**Menuv.mpr.-** programa que muestra el menú principal y comanda el mantenimiento y coordinación de todo el sistema de protecciones.

**Men2.spr.-** programa que muestra la pantalla de ingreso de datos generales del sistema, que permite crear un primario o añadir elementos a un primario existente, realiza las llamadas a

blanco.spr,fusible.spr,recloser.spr y rele.spr.

**Varica.spr.**- Muestra la pantalla de edición de datos para un primario existente, permitiendo modificar los datos, realiza las llamadas a blanco2.spr,fusible2.spr,recloser2.spr y rele2.spr.

**Blanco.spr.**- Programa para ingresar datos de un tramo que no tiene equipo de protección.

**Fusible.spr.**-Programa para ingresar datos de un tramo que no tiene equipo de protección.

**Recloser.spr.**-Maneja el ingreso de datos de tramos que contienen reconectores.

**Rele.spr.**- Programa, que permite el ingreso de tramos que contienen relés como equipos de protección.

**Lectura.spr.**-Pantalla que permite realizar la consulta de los primarios existentes.

**Borrar.spr.**- Programa para borrar datos de la base de datos, cuando estos ya no son de utilidad.

**Reporte.spr.**-Pantalla que permite desplegar un reporte de coordinación a pantalla o impresora.

**Copiar.spr.**-Permite copiar un primario a diskette.

**Relesing.spr.**- Permite ingresar el nodo del relé o añadir más elementos a un nodo existente, y llamar al subprograma reles.spr que sirve para el ingreso de datos de relés.

**Relesmod.spr.**- Permite modificar los datos de relés ingresados previamente.

**Releseli.spr.**- Maneja el borrado de relés permitiendo eliminarlos de la base de datos.

**Relesrep.spr.**- Permite sacar reporte a pantalla como a impresora.

**Varcoor.spr** .- Subprograma que permite cambiar los datos del archivo VARCOOR.DBF.

**Nodos.spr** .- Maneja la edición de datos de nodos, permitiendo modificar los datos o eliminar nodos que no son usados.

**Tot.prg** .- Dirige la coordinación de los relés de todas las subestaciones, tanto de fase como de tierra.

**Solo.prg**.- Dirige la coordinación de los relés de una sola subestación, tanto para fases como para tierra.

**Comun.prg**.- Dirige la coordinación entre las alimentaciones existentes, siguiendo el proceso:

- Se busca la primera alimentación.
- Se busca la corriente de cortocircuito.
- Se coordina con los relés correspondientes a esta alimentación.
  
- Se escoje el mayor lever para el relé de esta alimentación.  
(llamada a FILE1.PRG).
- Se dibuja las curvas de los relés(llamada a dibujo.exe)
- Se busca la siguiente alimentación para volver a repetir el proceso.

**File1.prg**.- Dirige la coordinación entre relés de un misma alimentación.  
Descripción:

- Chequea el tipo de información y se elige el tap(llamada a TAPRELE.PRG).
- Busca los relés asociados a la misma barra.
- Verifica información y escoje el tap(Llamada a TAPRELE.PRG)
- Coordinación entre pares de relés (llamada a coord.exe).

**Taprele.prg**.- Programa que cambia ciertos campos del archivo RELES.DBF. Primeramente se chequea si el tipo de relé elegido ha sido considerado en el programa y luego se elige el tap.

**Esctap.prg**.- Es una subrutina de ayuda del programa anterior para elegir el tap entre los disponibles para los diferentes tipos de relés.

**File2.prg**.- Coordina el relé de alta(de respaldo) con los relés existentes en baja tensión(protegidos). Sigue el procedimiento:

- Chequea la información del relé de alta tensión y escoje el tap(llamada a taprele.prg).
- Se define si existen relés en las alimentaciones principales. Si

- no existen, se ve si existen relés en los alimentadores primarios.
- Se revisa la información de cada uno de los relés de baja tensión y se elige el tap(llamada a TAPRELE.PRG).
  - Se calcula la mayor corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión.
  - Se coordina entre pares de relés(llamada a coorda.exe).
  - Se busca el siguiente relé existente en baja tensión y se repite el proceso.

#### **Esquema de la Base de Datos.**

Existen 2 tablas independientes para la coordinación de protecciones de sobrecorriente: una para almacenar la coordinación de los alimentadores primarios radiales, y otra que contiene la información de la coordinación de relés de sobrecorriente en las subestaciones.

A continuación se presenta una descripción de los archivos propios de la coordinación de relés en las subestaciones:

a) ARCHIVO:RELES.DFBF.-

ARCHIVOS INDICES:

- SUB.IDX Indexado por el campo SUB.
- SUB\_PRI Indexado por los campos:SUB+PRIMARIO.
- SUB\_POS Indexado por los campos: SUB+POS\_COOR.

ACCESOS: Campos SUB, NODO.

CAMPOS:

DESCRIPCION	NOMBRE	TIPO	LONGITUD	DECIMALES	
Subestación	SUB	C	13		
Prim/Alim	PRIMARIO	C	13		
Tipo Cable	CABLE	C	13		
Imax. Cable	I_MAX	N	4		
Rel. Trafo I	T_C	N	8	2	
Marca Relé Fase	MARCA_FASE	C	12		Tipo Relé
Fase	TIPO_FASE	C	5		
Tap Relé Fase	TAP_FASE	N	5	2	
Lever Relé Fase	LEVER_FASE	N	5	2	
Instantáneo Fase	INST_FASE	N	6	1	
Marca Relé Tierra	MAR_TIERRA	C	12		
Tipo Relé Tierra	TIP_TIERRA	C	5		

DESCRIPCION	NOMBRE	TIPO	LONGITUD	DECIMALES	
Tap Relé Tierra	TAP_TIERRA	N	5	2	
Lever Relé Tierra	LEV_TIERRA	N	5	2	
Instantáneo Tierra	INS-TIERRA	N	6	1	
Fecha Mant. Anter.	F_M_ANT	D	8		
Fecha Mant. Próx.	F_M_PROX	D	8		
Posición Coordin.	POS_COOR	C	2		
Código Nodo	NODO	C	3		
I cortocircuito	I_CORTOCIR	N	10	2	
Icarga máxima	I_CARGA	N	10	2	
Lever Fase Calc.	LEV_F_CAL	N	5	2	
Lever Tierra Calc.	LEV_T_CAL	N	5	2	
Indicador Cordin.	INDICA	C	1		
Voltaje	VOLTAJE	N	6	2	
Icarga (char.)	CHAR_ICC	C	5		

b.- ARCHIVO:NODOS.DBF.-

ARCHIVO INDICE: CON\_NODO Indexado por el campo COD\_NODO

ACCESO: Campo COD\_NOD

## CAMPOS:

DESCRIPCION	NOMBRE	TIPO	LONGITUD	DECIMALES
Código Nodo	COD_NOD	C	3	
I Corto Trifásica	I_CC_3F	N	10	2
I Corto Bifásica	I_CC_2F	N	10	2
I Corto Monofásica	I_CC_1F	N	10	2

## C.-ARCHIVO:VARCOOR

## CAMPOS:

DESCRIPCION	NOMBRE	TIPO	LONGITUD	DECIMALES
Factor I Fases	FAC_I_FASE	N	4	2
Factor I Tierra	FAC_I_TIE	N	4	2
t Coordinación	T_COORD	N	4	2
t Operación Relés	T_OPERA	N	4	2

## d.-ARCHIVO:TAPRELE.-

ACCESO: Campo TIPO\_RELE

## CAMPOS:

DESCRIPCION	NOMBRE	TIPO	LONGITUD	DECIMALES
Tipo Relé	TIPO_RELE	C	5	
Taps del Relé	TAP-RELE	N	4	1

## e.-ARCHIVO:RESUL

## CAMPOS:

DESCRIPCION	NOMBRE	TIPO	LONGITUD	DECIMALES
-------------	--------	------	----------	-----------

Resultados Levers LEVER N 5 2

En lo que corresponde a la estructura de la base de datos usada para la coordinación de un primario completo, se tiene que la base de datos única y principal es la PRIMENT.DBF, la cual contiene en forma aleatoria, en el orden en que fueron ingresados los tramos de todos los primarios que se deseen almacenar. A partir de ésta, y según sean los requerimientos del programa de coordinación, sobre la marcha, se van creando otras base de datos indexadas, que pueden contener todos los campos que contiene la original o en otros casos solamente algunos.

A continuación, se describe brevemente la estructura de la base de datos madre (PRIMENT.DBF), de donde salen los datos necesarios para todos los subprogramas de coordinación y a donde se realimentan los datos de salida de los mismos.

ARCHIVO:PRIMENT.DBF.

**CAMPOS:**

DESCRIPCION	NOMBRE	TIPO	LONGITUD	DECIMALES	
Fecha coordinación	PFECHA	C		8	
Nombre Empresa	PEMPRESA	C		40	
Nombre Subestación	PSUBESTA	C		11	
Nombre Primario	PPRIMAR	C		10	
Voltaje Sistema	PVOLT	C		6	
Nodo Inicial	PNODINI	C		2	
Nodo Final	PNODFIN	C		2	
Indicador Tram. Co.	PINDIC	C		1	
Nombre Equipo	PNOMEQUI	C		8	
Código Equipo	PCODEQUI	C		1	
Tipo Fusible	PTIPFUS	C		1	
Valor Fusible	PVALFUS	C		4	
Tiemp. Oper. Fus.	PTOPFUS	N		6	3
Tipo Recloser	PTIPREC	C		5	
Corr. Bobina Reclo.	PIRECLO	N		6	1
Modo Opera.Reclo.	PMODREC	C		4	
Curva Lenta Reclo.	PCURVA	C		1	
Tiempo Aper. Reclo.	PTIEAPER	C		1	
Corr. Tripp Reclo.	PTRIPREC	N		7	1
Tiempo Oper. Reclo.	PTOPREC	N		6	3
Tipo.Relé Fase	PTIPRELE	C		5	
Tap Relé Fase	PTAPRELE	N		4	2
Lever Relé Fase	PLEVRELE	N		4	1
Corr. Instantáneo	PCORINST	N		8	1
Tiempo Oper. Relé	PTOPREL	N		6	3
Trans. Corriente	PTRANCOR	N		6	1

DESCRIPCION	NOMBRE	TIPO	LONGITUD	DECIMALES
-------------	--------	------	----------	-----------

---

Corr. Falla Mín.	PCORFAL1	N	7	1
Corr. Falla Máx.	PCORFAL2	N	7	1
Corr. Carga Máx.	PCORCAR	N	7	1
Corr. Aper. Reclo.	PCORRECL	N	7	1
Comentario Coord.	OBSERVA	C	60	

---

Las bases de datos derivadas de PRIMENT.DBF, son: PRIMAR1, PRIMAR2, PRIMAR5, PRIMAR6, PRIMAR7, PRIMAR8, PRIMAR10, PRIMAR11, PRIMENT2.

Todas estas base de datos derivadas, tienen carácter temporal solamente, es decir son llenadas y borradas varias veces dependiendo del caso durante el proceso de coordinación; es decir que antes y después del proceso de coordinación no almacenan ningún tipo de datos.

Adicionalmente a esta base de datos principal, para desarrollar la coordinación de las protecciones de sobrecorriente en un primario, se necesitan de otros archivos creados independientemente, como son:

**ARCHIVO K1:** Contiene los puntos que definen las curvas características del mínimo tiempo de fusión (MTF) de los fusibles tipo K.

**ARCHIVO K2:** Contiene los puntos que definen las curvas características del máximo tiempo de depeje (MTD) de los fusibles tipo K.

**ARCHIVO T1:** Contiene los puntos que definen las curvas características del mínimo tiempo de fusión (MTF) de los fusibles tipo T.

**ARCHIVO T2:** Contiene los puntos que definen las curvas características de máximo tiempo de despeje (MTD) de los fusibles tipo T.

**ARCHIVO RECURRAO:** Contiene los puntos que definen la curva característica rápida (A) de disparo (trip) de fases, para los reconectores de los tipos: RX, W, VW, VWV.

**ARCHIVO RECURTRO:** Contiene los puntos que definen las curvas características lentas D y E de disparo de fases, para los reconectores de los tipos: RX, W, VW, VWV.

**ARCHIVO RECUR2:** Contiene los puntos que definen las curvas características lentas C y B, de disparo de fases, de los reconectores de los tipos: RX, W, VW, VWV.

**ARCHIVO RECURRAR:** Contiene los puntos que definen la curva característica rápida 1, de disparo de fases, para el reconector de tipo R.

**ARCHIVO RL12R:** Contiene los puntos que definen la curva característica lenta 2, de disparo de fases, del reconector tipo R.

**ARCHIVO RL12R1:** Contiene los puntos que definen la curva característica lenta 3, de disparo de fases, del reconector tipo R.

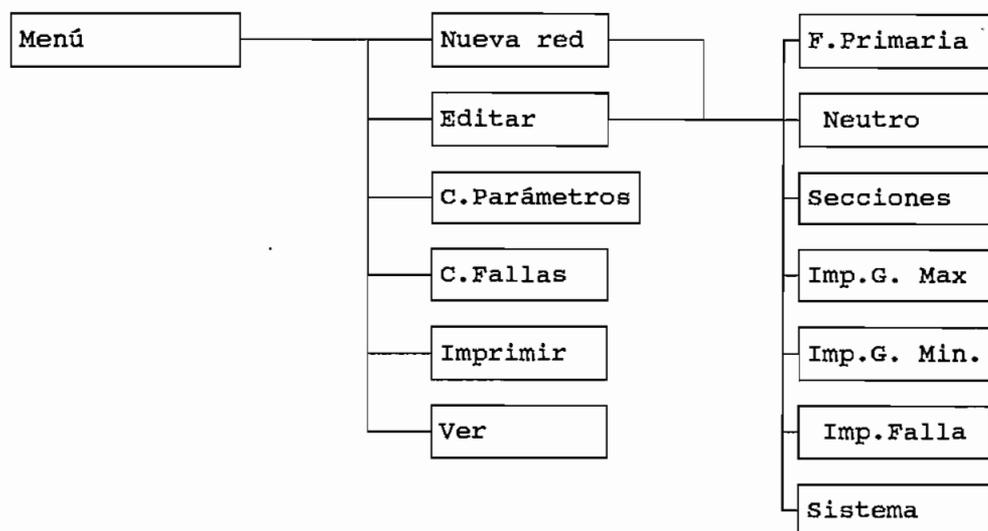
**ARCHIVO CARACR:** Contiene las características técnicas de la operación del reconector tipo R.

**ARCHIVO CARACRX:** Contiene las características técnicas de operación del reconector tipo RX.

**ARCHIVO CARACW:** Contiene las características técnicas de operación del reconector tipo W.

**ARCHIVO CARACVWV:** Contiene las características técnicas de operación de los reconectores de los tipos: VW Y VWV.

### Estructura del programa de cortocircuitos



Menú: WinProc() (proceso principal)

Proceso que corre al ejecutar el programa en windows, que llama a las funciones listadas a continuación:

Nueva red:NewNet()

LLama en forma secuencial a los mismos programas de Modnet(), y permite realizar crear una red nueva, permitiendo ingresar todos los datos, cada uno de los datos es requerido de manera secuencial.

Editar red:ModNet()

Permite editar los datos de una red previamente creada.

Llama a las siguientes funciones:

Branch() (Fase primaria y Neutro)

Permite editar datos de fase primaria y Neutro.

Bus() (Secciones)

Permite editar datos de secciones.

Fuente() (Impedancia de generación máxima y mínima)

zfalla() (Impedancia de falla)

voltaje() (Voltaje del sistema)

Cálculo de parametros de líneas:plínea()

Permite realizar el cálculo de parámetros de líneas, y genera un reporte con extensión rlt.

Cálculo de Fallas:fallas()

Permite calcular las corrientes de falla, y genera un reporte con extensión rl2.

**Imprimir:** Permite imprimir los reportes, para ello llama a la función DoFileOpenDlg() para ingresar los nombres de los reportes y luego lo imprime con printfile().

**Ver:** Permite ver los reportes en pantalla, para ello llama a la función DoFileOpenDlg() para ingresar los nombres de los reportes y luego lo despliega en pantalla con EditarArchivo().

Campos	Descripción	Tipo	Enteros decimales	
--------	-------------	------	-------------------	--

#### DATOS DE LINEA Y GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA

campo1	"LINEA NO. :	'I'	3	0
campo2	"CIRC. TIPO :	'I'	3	0
campo3	"RESIS. O/M :	'F'	6	3
campo4	"GMR FT. :	'F'	8	5
campo5	"DIAM. IN. :	'F'	6	3
campo6	"ALTURAS (MT.) HA: "	'F'	5	1
campo7	"ALTURAS (MT.) HB: "	'F'	6	1
campo8	"ALTURAS (MT.) HC: "	'F'	6	1
campo9	"ESPAC. (MT.) HAB: "	'F'	6	1
campo10	"ESPAC. (MT.) HAC: "	'F'	6	1
campo11	"TIERRA O/M :	'F'	6	1
campo12	"COND. MATL :	'A'	4	0
campo13	"COND. TAMANIO :	'A'	4	0

#### DATOS DEL NEUTRO Y GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA

campo1	"RESIS. O/M :	'F'	6	3
campo2	"GMR FT. :	'F'	8	5
campo3	"DIAM. IN. :	'F'	6	3
campo4	"ALTURAS HN (MT.): "	'F'	6	1
campo5	"ESPAC. HNA (MT.): "	'F'	6	1
campo6	"COND. MATL :	'A'	4	0
campo7	"COND. TAMANIO :	'A'	4	0

#### DATOS DE SECCIONES

campo1	"NODO1: "	'I'	5	0
campo2	"NODO2: "	'I'	5	0
campo3	"NUMERO: "	'I'	3	0
campo4	"LONGITUD: "	'F'	7	0

#### IMPEDANCIAS DE LA FUENTE

campo1	"SECUENCIA POSITIVA R: "	'F'	8	5
campo2	"SECUENCIA POSITIVA X: "	'F'	8	5
campo3	"SECUENCIA NEGATIVA R: "	'F'	8	5
campo4	"SECUENCIA NEGATIVA X: "	'F'	8	5
campo5	"Z001 R: "	'F'	8	5
campo6	"Z001 X: "	'F'	8	5
campo7	"Z002 R: "	'F'	8	5

campo8	"Z002 X:"	'F'	8	5
campo9	"Z003 R:"	'F'	8	5
campo10	"Z003 X:"	'F'	8	5

**IMPEDANCIAS DE FALLA**

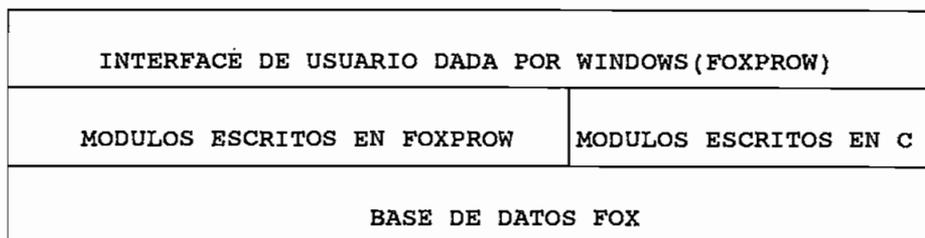
campo1	"TRIFASICA R:"	'F'	8	5
campo2	"TRIFASICA X:"	'F'	8	5
campo3	"LINEA-LINEA R:"	'F'	8	5
campo4	"LINEA-LINEA X:"	'F'	8	5
campo5	"LINEA-TIERRA R:"	'F'	8	5
campo6	"LINEA-TIERRA X:"	'F'	8	5
campo7	"LINEA-LINEA-TIERRA R:"	'F'	8	5
campo8	"LINEA-LINEA-TIERRA X:"	'F'	8	5

**DATOS DEL SISTEMA**

número de registro de fuente	'I'	12	0	0
número de registros de secciones	'I'	12	0	
voltaje	'F'	17	8	

### Generalidades del sistema de coordinación de distancia.-

El sistema de coordinación de distancia está constituido por cuatro partes fundamentales que conforman los 3 niveles de desarrollo de un programa Windows, que se ven en el siguiente gráfico:



1.- Interface de Usuario, que son todas las pantallas que se presentan al usuario. Toda la interface es administrada por Windows, y lo que hacen los programas es pedir recursos del sistema, los mismos que son liberados al salir del programa.

2.- Módulos escritos en foxprow, constituyen todos los programas escritos en lenguaje foxpro que son llamados desde el menú principal.

3.- Módulos escritos en lenguaje C para Windows, que realizan la coordinación gráfica de las protecciones en general. Son ejecutados desde el ambiente del Administrador de la base de datos.

4.- Base de datos fox, que es accesada por los programas, y puede ser accesada por otros manejadores de archivos.

Las funciones que desempeñan cada uno de los subprogramas que son llamados desde el menú principal de distribución, se describen a continuación:

**Menu.prg.-** Programa que muestra el menú principal de coordinación de distancia.

**Direc.spr.-** Permite seleccionar el directorio de trabajo, y crear una base de datos nueva.

**Sistema.spr.-** Programa que permite editar los datos del sistema.

**Barras.spr .-** Programa para editar datos de barras.

**Lineas.spr** .-Permite realizar la edición de datos de líneas.

**Transfor.spr**.- Realiza la edición de datos de transformadores.

**Genera.spr** .- Realiza la edición de datos de generadores.

**Relepan.spr**.- Programa que permite editar los datos de relés.

**Parres.spr**.- Permite realizar la edición de datos de pares.

**Corpan.spr**.- Permite editar datos de corrientes.

**Subir.spr** .- Programa que sube datos de un archivo tipo texto a la tabla de corrientes.

**Reportes.spr**.- Programa que saca reportes de la información de las tablas de la base de datos.

**Cordin01.exe**.- Programa que realiza la coordinación. Llamado por el menú principal de coordinación de distancia.

**Graficos.spr**.- Despliega los gráficos de la coordinación.

**Crebdd01.exe**.- Crea la base de datos o reindexa todos los índices de una existente. Llamado por el menú principal de coordinación de distancia.

**Ajuste01.exe**.- Permite realizar los ajustes, es llamado por menu.mpr.

**Reporte de coordinación**.- Reporte llamado por menu.mpr.

**Reporte de ajustes**.- Llamado por menu.mpr, imprime el reporte ajustes.txt.