



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ESTUDIO DE CALIDAD, CONFIABILIDAD Y
COORDINACION DE PROTECCIONES A LOS
ALIMENTADORES DE LA S/E NELSON MERA -
BABAHOYO”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACION POTENCIA

JOSÉ MANUEL ZURITA CHAMORRO
WARNER ENRIQUE RODRÍGUEZ DURÁN

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios por proveernos de la inteligencia, sabiduría y fortaleza para culminar nuestros estudios.

A nuestras familias, por su apoyo, paciencia y dedicación brindada a lo largo de nuestra vida estudiantil, convirtiéndose en un pilar fundamental en nuestra vida universitaria.

A nuestros profesores y amigos con quienes se compartieron tiempo de estudio en las aulas de nuestra querida ESPOL.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes siempre estuvieron a mi lado inyectando energías cuando las fuerzas flaqueaban, a mi esposa Jazmín, y mis queridos hijos por su amor, sacrificio y comprensión durante esta etapa de mi vida.

Warner Enrique Rodríguez Durán.

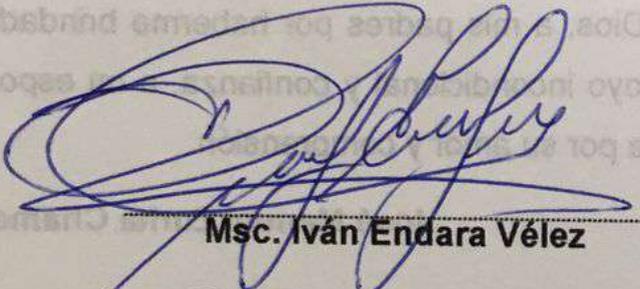
A Dios, a mis padres por haberme brindado su apoyo incondicional y confianza, a mi esposa e hija por su amor y comprensión.

José Manuel Zurita Chamorro.

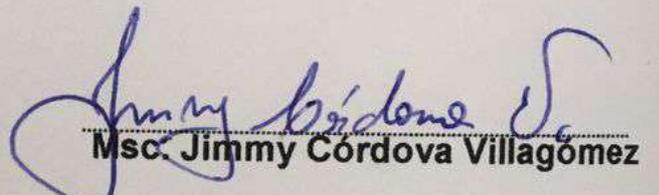
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

A mis padres, quienes siempre estuvieron a mi lado inyectando energía cuando las fuerzas flaqueaban, a mi esposa Jazmin y mis queridos hijos por su amor, sacrificio y comprensión durante esta etapa de mi vida.

Walter Enrique Rodríguez Durán.



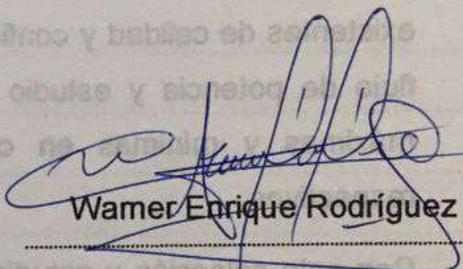
Msc. Iván Endara Vélez
PROFESOR EVALUADOR

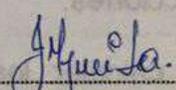


Msc. Jimmy Córdova Villagómez
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"


Wamer Enrique Rodríguez Durán


José Manuel Zurita Chamorro

RESUMEN

El proyecto abarca el estudio de coordinación de las alimentadoras de la Subestación Eléctrica (S/E) Nelson Mera de la ciudad de Babahoyo, que consta de tres alimentadoras Barreiro, El Salto y Caracol. Las dos primeras tienen una extensión menor a 7 km en su troncal y suministran el servicio a sectores urbano marginales, mientras que la última tiene una mayor extensión y suministra energía a sectores rurales de la ciudad de Babahoyo.

Para el análisis se obtuvo información básica en la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) UN Los Ríos, con la cual se encontraron los valores existentes de calidad y confiabilidad del sistema, para luego proceder a realizar un flujo de potencia y estudio de cortocircuito, encontrando las corrientes de fallas máximas y mínimas en cada alimentador, a fin de seleccionar los fusibles respectivos.

Con esta selección y estudios se aplicaron los criterios de coordinación definiendo los tiempos mínimos de operación garantizando un correcto uso de las protecciones.

Para calcular los índices de calidad y confiabilidad de las alimentadoras se simuló las diferentes fallas en cada uno de los puntos de protección lo que permitió conocer los nuevos índices con el propósito de compararlos. Como resultado se observó una mejoría significativa que se ajusta a la regulación estipulada en el país.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	4
DECLARACIÓN EXPRESA	5
RESUMEN	6
CAPÍTULO 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Alcance	4
1.5 Protección de redes de distribución	4
1.6 Uso de fusibles en las redes de distribución	5
1.6.1 Tipos de fusibles	5
1.7 Reconectores	6
1.7.1 Tipos de reconectores	7
1.7.2 Controladores	7
1.8 Seccionalizadores	7
1.8.1 Descripción y Principio de Funcionamiento	8
CAPÍTULO 2	11
2.1 Estado actual alimentadores de la S/E Nelson Mera en la ciudad de Babahoyo	11
2.2 Análisis de flujo de potencia	15
2.3 Estado Actual del sistema de protección	20
2.4 Índices de calidad del servicio técnico existentes.	21
2.5 ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO	25
Capítulo 3	29
3.1 Estudio de coordinación de protecciones	29

3.1.1 Selección de los fusibles por alimentador	29
3.2 Coordinación de protecciones de sobrecorriente e índices de calidad.	35
3.2.1 Filosofía establecida para la coordinación.....	36
3.2.2 Coordinación entre reconectores y fusibles.....	39
3.2.3 Coordinación entre reconector y seccionalizador	40
3.3 Estudio de coordinación de protecciones de sobrecorriente de los diferentes alimentadores.....	40
3.3.1 Coordinación de protecciones Alimentador Barreiro	40
3.3.2 Coordinación de protecciones Alimentador El Salto.....	43
3.3.3 Coordinación de protecciones Alimentador Caracol.....	46
3.4 Estudio de calidad y confiabilidad de los alimentadores.....	50
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES.....	53
Bibliografía.....	54
Anexos.....	55
Anexo 1 Detalles de fusibles por alimentador.....	55
Anexo 2 Graficas de coordinación alimentador Barreiro	59
Anexo 3 Graficas de coordinación Alimentador El Salto.....	65
Anexo 4 Graficas de coordinación Alimentador Caracol.....	79
Anexo 5 Tablas de cálculo de índices de calidad.	99

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de un fusible	5
Figura 2 Seccionalizador ABB - Autolink	8
Figura 3 Alimentadoras de la S/E Nelson Mera	12
Figura 4 Diagrama unifilar S/E Nelson Mera.....	12
Figura 5 Demanda máxima mes de mayo Alim. El Salto	13
Figura 6 Demanda máxima mes de mayo Alim. Barreiro.....	14
Figura 7 Demanda máxima mes de mayo Alim. Caracol	14
Figura 8 Estudio de flujo de potencia en el Alim Barreiro.	15
Figura 9 Estudio de flujo de potencia.....	16
Figura 10 Estudio de flujo de potencia.....	16
Figura 11 Alimentador El Salto.	26
Figura 12 Alimentador Barreiro.....	27
Figura 13 Alimentador Caracol	27
Figura 14 Diagrama unifilar de los fusibles a ser coordinados alimentador Barreiro	30
Figura 15 Diagrama unifilar de los fusibles a ser coordinados alimentador El Salto.....	32
Figura 16 Diagrama unifilar de los fusibles a ser coordinados alimentador Caracol	34
Figura 17. Coordinacion fusible-fusible.....	38
Figura 18 Tiempos de coordinacion.....	38
Figura 19 Coordinación Reconectador - fusible.....	39
Figura 20 Ejemplo de coordinación fusible-fusible alimentador Barreiro	42
Figura 21 Ejemplo de coordinación fusible-fusible alimentador Barreiro	45
Figura 22 Ejemplo de coordinación fusible-fusible alimentador Caracol.....	48
Figura 23. Coordinación fusible 9825 - 25 k	59
Figura 24. Coordinación fusible 9826 - 25 k	59
Figura 25. Coordinación fusible 9839 - 40 k	60
Figura 26. Coordinación fusible 9846 - 40 k	60
Figura 27. Coordinación fusible 49716 - 65 k	61
Figura 28. Coordinacion fusible nuevo 1 - 40 k.....	61
Figura 29. Coordinación fusible nuevo 2 - 40 k.....	62
Figura 30. Coordinación entre fusibles 9822 - 65 k y 9825 – 25k	62
Figura 31. Coordinación entre fusibles 9822 - 65 k y 9826 – 25k.....	63
Figura 32. Coordinación entre fusibles 49714 - 140 k y 9822 – 65k	63
Figura 33. Coordinación de Fase Reconectador - Fusible 49716-65K.	64
Figura 34. Coordinación de tierra Reconectador - Fusible 49716-65k.....	64

Figura 35 Coordinación fusible 9763-65k	65
Figura 36 Coordinación fusible 9766-50k.	65
Figura 37 Coordinación fusible 9768-100k.	66
Figura 38 Coordinación fusible 9769-40k.	66
Figura 39 Coordinación fusible 9770-30k.	67
Figura 40 Coordinación fusible 9771-30k.	67
Figura 41 Coordinación fusible 9784-80k.	68
Figura 42 Coordinación fusible 9785-30k.	68
Figura 43 Coordinación fusible 9789-65k.	69
Figura 44 Coordinación fusible 9790-25k.	69
Figura 45 Coordinación fusible 9795-65k.	70
Figura 46 Coordinación fusible 9796-25k.	70
Figura 47 Coordinación fusible 9797-25k.	71
Figura 48 Coordinación fusible 9800-25k.	71
Figura 49 Coordinación fusible 9800-25k.	72
Figura 50 Coordinación fusible 78946-140k.	72
Figura 51 Coordinación entre fusibles 9768-100k y 9769-40k.....	73
Figura 52 Coordinación entre fusibles 9784-80k y 9785-30k.....	73
Figura 53 Coordinación entre fusibles 9789-65k y 9790-25k.....	74
Figura 54 Coordinación entre fusibles 9795-65k y 9796-25k.....	74
Figura 55 Coordinación entre fusibles 9795-65k y 9797-25k.....	75
Figura 56 Coordinación entre fusibles 78946-140k y 9784-80k.....	75
Figura 57 Coordinación entre fusibles 78946-140k y 9789-65k.....	76
Figura 58 Coordinación entre fusibles 78946-140k y 9795-65k.....	76
Figura 59 Coordinación entre fusibles 78946-140k y 9800-25k.....	77
Figura 60 Coordinación de Fase Reconector - Fusible 78946-140K.	77
Figura 61 Coordinación de Tierra Reconector - Fusible 78946-140K.	78
Figura 62 Coordinación fusible 9638-15k.	79
Figura 63 Coordinación fusible 9642-15k.	79
Figura 64 Coordinación fusible 9647-40k.	80
Figura 65 Coordinación fusible 9655-30k.	80
Figura 66 Coordinación fusible 9656-80k.	81
Figura 67 Coordinación fusible 9670-20K.....	81
Figura 68 Coordinación fusible 9672-15k.	82
Figura 69 Coordinación fusible 9674-30k.	82
Figura 70 Coordinación fusible 9675-30k.	83
Figura 71 Coordinación fusible 9748-15k.	83
Figura 72 Coordinación fusible 10249-15k.	84

Figura 73 Coordinación fusible 10340-30k.	84
Figura 74 Coordinación fusible 10344-100k.	85
Figura 75 Coordinación fusible 10345-15k.	85
Figura 76 Coordinación fusible 10348-15k.	86
Figura 77 Coordinación fusible 10359-8K.....	86
Figura 78 Coordinación fusible 36321-20K.....	87
Figura 79 Coordinación fusible 67772-20K.....	87
Figura 80 Coordinación fusible 68104-15k.	88
Figura 81 Coordinación fusible 74017-140k.	88
Figura 82 Coordinación fusible 74018-65k.	89
Figura 83 Coordinación fusible 78950-40k.	89
Figura 84 Coordinación fusible Nuevo 1-15k.....	90
Figura 85 Coordinación fusible Nuevo 2-8K.	90
Figura 86 Coordinación entre fusibles 3621-20K y Nuevo 2-8K.	91
Figura 87 Coordinación entre fusibles 9647-40k y 9638-15k.....	91
Figura 88 Coordinación entre fusibles 9656-80k y 9647-40k.....	92
Figura 89 Coordinación entre fusibles 10344-100K y 74018-65K.....	92
Figura 90 Coordinación entre fusibles 36321-20K y 10359-8K.....	93
Figura 91 Coordinación entre fusibles 74017-140K y 10340-30K.....	93
Figura 92 Coordinación entre fusibles 74017-140K y 10344-100K.....	94
Figura 93 Coordinación entre fusibles 74018-65K y 10345-15K.....	94
Figura 94 Coordinación entre fusibles 74018-65K; 10348-15K.	95
Figura 95 Coordinación entre fusibles 74018-65K y 78950-40K.....	95
Figura 96 Coordinación entre fusibles 78950-40K y 10249-15K.....	96
Figura 97 Coordinación entre fusibles 78950-40K y 36321-20K.....	96
Figura 98 Coordinación entre fusibles 78950-40KNuevo 1-15K.....	97
Figura 99 Coordinación de (Fase) Reconectador - Fusible 78946-140K.....	97
Figura 100 Coordinación de (Tierra) Reconectador - Fusible 78946-140K...	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Flujo de potencia alimentador El Salto.....	17
Tabla 2 Flujo de potencia alimentador Barreiro	17
Tabla 3 Flujo de potencia Alimentador Caracol	18
Tabla 4 Flujo de potencia Alimentador Caracol	19
Tabla 5 Flujo de potencia Alimentador Caracol	20
Tabla 6 Ajustes Reconectador Alimentadores, El Salto, Barreiro, y Caracol	21
Tabla 7 Indicador FMIK y TTIK Alimentador El Salto.....	22
Tabla 8 Indicador FMIK y TTIK Alimentador Barreiro	22
Tabla 9 Indicador FMIK y TTIK Alimentador Caracol.....	22
Tabla 10 Indicador ASIFI Alimentador El Salto	23
Tabla 11 Indicador ASIFI Alimentador Barreiro.....	23
Tabla 12 Indicador ASIFI Alimentador Caracol	24
Tabla 13 Indicador ASIDI Alimentador El Salto.....	24
Tabla 14 Indicador ASIDI Alimentador Barreiro	24
Tabla 15 Indicador ASIDI Alimentador Caracol.....	25
Tabla 16 Tabla de cortocircuito de la alimentadora El Salto	26
Tabla 17 Tabla de cortocircuito de la alimentadora Barreiro.....	27
Tabla 18 Tabla de cortocircuito del alimentador caracol.....	28
Tabla 19 Selección de fusibles en los ramales - alimentador Barreiro.....	29
Tabla 20 Selección de fusibles en los ramales - alimentador El Salto	31
Tabla 21 Selección de fusibles en los ramales - alimentador Caracol	33
Tabla 22 Capacidad Continua de corriente de fusibles de distribución tipos K, T, H y N de estaño [2]	36
Tabla 23 Guía para coordinación de fusibles tipo K (EEI-NEMA) [2].....	37
Tabla 24 Valores del factor de corrección K1	40
Tabla 25 Coordinación Fusible – Fusible Alimentador Barreiro	41
Tabla 26 Ajustes del reconectador alimentador Barreiro	43
Tabla 27 Tiempo de coordinación reconectador-fusible alimentador Barreiro	43
Tabla 28 Coordinación Fusible – Fusible Alimentador El Salto	44
Tabla 29 Ajustes del reconectador alimentador El Salto.....	46
Tabla 30 Tiempo de coordinación reconectador-fusible alimentador El Salto	46
Tabla 31 Coordinación Fusible – Fusible Alimentador Caracol	47
Tabla 32 Ajustes del reconectador alimentador Caracol.....	49
Tabla 33 Tiempo de coordinación reconectador-fusible alimentador Caracol	49

Tabla 34 Comparación de índices actuales y nuevos del alimentador El Salto	50
Tabla 35 Comparación de índices actuales y nuevos del alimentador Barreiro	50
Tabla 36 Comparación de índices actuales y nuevos del alimentador Caracol	51
Tabla 37 Calculo de índices de calidad alimentador El Salto	99
Tabla 38 Calculo de índices de calidad alimentador Barreiro	100
Tabla 39 Calculo de índices de calidad alimentador Caracol parte 1	101
Tabla 40 Calculo de índices de calidad alimentador Caracol parte 2	102
Tabla 41 Calculo de índices de calidad alimentador Caracol parte 3	103

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción.

Los sistemas de suministro de energía eléctrica se encuentran formados por un conjunto de infraestructuras, equipos, medios y elementos útiles que van desde la generación, el transporte hasta la distribución de la energía eléctrica. Las redes de distribución de la energía eléctrica, tienen como función el suministro de energía eléctrica desde la subestación hasta los transformadores que alimentan el servicio eléctrico de los usuarios finales.

Un sistema de distribución de energía eléctrica, debe ser capaz de cumplir con los niveles de calidad y seguridad estipulados en las normas regulatorias del país. Dichos sistemas están expuestos a múltiples tipos de fallas que pueden ser originadas por diferentes motivos, que además, pueden provocar daños severos en el sistema de manera impredecible. Por lo que es necesario proporcionarle los esquemas de protección debidamente calibrados, con la finalidad de reducir los efectos de las fallas, los tiempos de interrupción, mejorar la calidad y confiabilidad del sistema, logrando una mayor continuidad del servicio a los consumidores y disminuyendo el número de usuarios afectados.

Un esquema de protección bien diseñado y adecuadamente coordinado es importante para asegurar que el sistema de distribución opere dentro de los estándares y parámetros proporcionados por la unidad regulatoria del país.

La inversión en la construcción de las redes y los equipos de distribución conectados a esta es significativa dentro del plan de inversiones del país, por lo que proporcionar seguridad a las alimentadoras usando equipos que suelen ser costosos, es prioritario porque garantiza el desempeño de la red lo que resulta mucho más económico y seguro instalar estos equipos que carecer de ellos.

Los equipos deben operar de manera automática a fin de, despejar las fallas rápidamente minimizando los daños provocados por estas, en el momento que se presenten.

Para realizar el diseño de esquema de protección se debe tener en cuenta el equilibrio entre costo-beneficio, con el propósito de que se ajuste a lo previsto en los presupuestos referenciales.

En este caso el esquema de protección que está implementado es básico y con una coordinación inexistente. Por ello se pretende presentar una opción de coordinación e incluir nueva tecnología en la propuesta, que será capaz de detectar los problemas inmediatamente para aislar el sector afectado, logrando que el resto del sistema opere de manera normal, evitando que se produzcan daños a los equipos conectados a la red.

La coordinación de protecciones a implementarse debe ser lo suficientemente sensible y selectiva para que opere con rapidez aún bajo fallas incipientes, logrando mantener el correcto funcionamiento del sistema de distribución y minimizando cualquier daño que pudiera ocasionarse debido a fallas en el sistema.

La importancia de la confiabilidad y calidad del servicio eléctrico brindado, está normado por índices estipulados en la resolución CONELEC – 004/01, en la que se mencionan diferentes índices como el FMIK, y TTIK, que indican qué tan frecuente y cuál es el tiempo total de las interrupciones.

Según informes presentados por CNEL EP – UN LOS RÍOS sobre los índices de calidad de servicio técnico del mes de septiembre 2016, los valores de FMIK están por encima de los valores máximos permitidos, mientras que los TTIK están en el umbral del límite. Al existir un fusible de cabecera a la salida del reconectador, estos índices no son tan veraces, ya que se calculan mediante las interrupciones del reconectador; por ello se pretende ofrecer una alternativa de coordinación que provea valores de índices más específicos, para que el sistema opere de una manera confiable y provea la calidad de servicio estipulada por el ARCONEL.

1.2 Formulación del problema

En reiteradas ocasiones se han presentado interrupciones en el sistema eléctrico de distribución que comprende las alimentadoras de la S/E “Nelson Mera”, cuyas protecciones no han actuado con la selectividad requerida, que provocó que el fluido eléctrico se interrumpa en zonas en las que se pudo haber evitado.

Debido a la necesidad de disminuir los índices de interrupciones en los alimentadores, se debe realizar un estudio de los niveles de cortocircuito y revisar las configuraciones de las diferentes protecciones eléctricas, para obtener así los argumentos necesarios y solventar el problema de coordinación incrementando la confiabilidad y calidad del servicio.

Con estos antecedentes expuestos es necesario conocer ¿Cómo influye la coordinación de protecciones en la calidad y confiabilidad en las alimentadoras de la S/E Nelson Mera en la ciudad de Babahoyo?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Optimizar las protecciones en los alimentadores de la S/E “Nelson Mera”, mejorando la calidad y confiabilidad del sistema.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las corrientes de cortocircuito de los alimentadores, valorando la capacidad de los fusibles de acuerdo a la norma INEN.
- Analizar información necesaria de las características de cada alimentador y los equipos instalados, logrando
- Realizar un estudio de flujo de potencia, y coordinación de las protecciones utilizando programas informáticos disponibles.
- Conocer, calcular y mejorar los diferentes índices de calidad que rigen el mercado eléctrico ecuatoriano.
- Proponer la coordinación de protecciones para cada alimentadora de la subestación Nelson Mera.

1.4 Alcance

En este trabajo se pretende presentar una opción de ajustes y coordinación de protecciones de sobrecorriente, los cuales deben elevar la confiabilidad y calidad del servicio a los consumidores, disminuyendo la energía no facturada por fallas e interrupciones que pueden derivarse de la falta de selectividad de las protecciones.

1.5 Protección de redes de distribución

Los sistemas eléctricos de distribución están en constante crecimiento, por lo que es necesario realizar los diferentes esquemas de protección que satisfagan las exigencias de continuidad para el suministro de energía eléctrica a los consumidores, ofreciendo una calidad de servicio cada vez mayor.

Existen criterios fundamentales que debemos tener en cuenta en el diseño de los sistemas de protección de los sistemas eléctricos de potencia:

- **CONFIABILIDAD:** se considera como la capacidad del sistema de protección de actuar correctamente cuando se le requiera y evitar operación innecesaria o incorrecta durante las fallas.
- **VELOCIDAD:** el equipo y su calibración debe ser lo suficientemente rápido para despejar las fallas a fin de evitar daños a los equipos.
- **SELECTIVIDAD:** el esquema de protección debe ser lo más selectivo posible para mantener la continuidad del suministro desconectando la sección donde se produjo la falla.
- **SEGURIDAD:** las protecciones deben garantizar que no operaran mediante corrientes de Inrush, armónicos, desbalances de carga. Para que no cause desenergización del circuito debido a desbalanceo de carga u otras condiciones de estados estables y transitorios.
- **SENSITIVIDAD:** El sistema de protección debe ser capaz de detectar las fallas temporales y permanentes y lograr diferenciarlas así estas se encuentren estén en sectores muy alejados del interruptor principal del circuito.
- **ECONOMÍA:** Máxima protección con una mínima inversión.

- **SIMPLICIDAD:** Equipo y circuitería mínima para garantizar la certeza de operación correcta del sistema de protección.

1.6 Uso de fusibles en las redes de distribución

Debido a su bajo costo el fusible es un dispositivo comúnmente utilizado en las redes de distribución, para proteger los ramales y transformadores. Su principio de interrupción está basado en la fusión de un elemento conductor. Cuando la corriente a la que está sometido inicia el proceso de fusión, se produce el arco eléctrico dentro del fusible, abriendo el circuito para despejar la falla. (ARIAN, 2015)

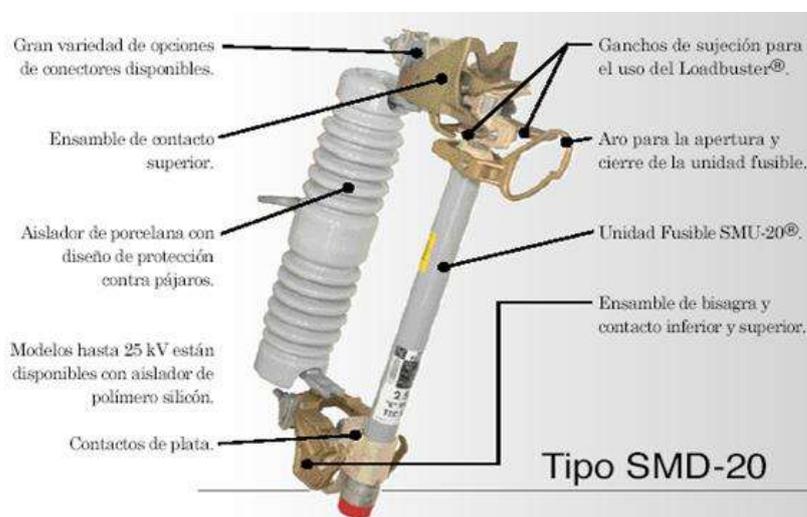


Figura 1 Partes de un fusible

1.6.1 Tipos de fusibles.

Fusibles de potencia.

Generalmente usados en las subestaciones y en los equipos de interrupción encapsulados, soporta una mayor capacidad de corriente y sus características de interrupción y de corriente están especificados a voltajes más altos.

Existen los siguientes tipos básicos:

- De expulsión: Ácido bórico, tubo de fibra.
- Limitadores de corriente: Arena.
- Sumergibles en líquido: Tetracloruro de carbón.
- Fusible electrónico.

Fusibles de distribución.

Existen los siguientes tipos:

- **De expulsión:** Usado principalmente donde la expulsión de los gases no causa problemas como en los circuitos aéreos y equipos no cubiertos.

Existen las siguientes clases:

- En tubo de fibra (encerrado y de intemperie).
- Sin portafusible (listón a la intemperie).
- **Limitadores de corriente:** Usados en interiores, para proteger transformadores Pad Mounted, equipos encerrados donde se requiere limitación de energía.

Los dos tipos de fusibles son utilizados en los sistemas de distribución, diferenciándose principalmente en su capacidad de interrupción y la tensión que se le aplique.

1.7 Reconectores

Son dispositivos que tienen la capacidad de aislar un circuito o una porción de este ante la presencia de alguna falla y pasado un tiempo conectar de nuevo el circuito, logrando de esta manera que se continúe proveyendo energía eléctrica siempre y cuando la falla se haya despejado si esta es transitoria, o desconectar definitivamente el circuito si la falla producida es permanente.

Generalmente, con el uso de este dispositivo de protección las fallas transitorias que se despejan en el primer recierre tienen una ponderación del 80%, mientras que en el segundo recierre se logra eliminar un 5% de las fallas, y para un tercer recierre simplemente un 2% de fallas transitorias, siendo el resto de porcentaje fallas permanentes.

Los reconectores se diseñan para operar siguiendo una secuencia de operaciones de disparo; generalmente existen dos recierres rápidos para tratar de despejar las fallas transitorias, un recierre lento si la falla persiste por lo que

el reconectador debe demorar más tiempo en cerrar, permitiendo que otros dispositivos ubicados después del reconectador aíslen la falla; y si la falla aún persiste este dispositivo abre totalmente el circuito.

1.7.1 Tipos de reconectadores

Según el número de fases se clasifican en trifásicos y monofásicos; y de acuerdo con el medio interruptivo pueden ser de aceite, SF6 o vacío. Se fabrican de capacidad interruptiva estándar, media y de gran capacidad, y el control puede ser hidráulico o electrónico. En nuestro caso en los tres alimentadores están instalados reconectadores de marca ENTEC - ETR 300R.

1.7.2 Controladores

Los controladores son dispositivos o conjunto de dispositivos, los que contienen un paquete informático que permite interactuar entre el usuario y el reconectador, sin el cual el este sería inutilizable.

Cada fabricante de reconectadores mantiene un controlador diferente para los dispositivos que ponen al mercado.

1.8 Seccionalizadores

Los seccionalizadores son dispositivos de protección que generalmente suelen ir ubicados aguas debajo de los reconectadores. Este dispositivo tiene la particularidad de realizar un conteo de la cantidad de veces que una intensidad de corriente superior a su mínima de operación es interrumpida por el reconectador y después de una cantidad preseleccionada de recuentos abre sus contactos. No tiene capacidad interruptiva ante corrientes de cortocircuito pero si puede abrir el alimentador con corriente de carga.

Si la corriente que circula a través del seccionalizador supera el 160% de la capacidad nominal de la bobina del seccionalizador, y el reconectador actúa abriendo el circuito, entonces el dispositivo inicia un conteo. Cabe indicar que se deben presentar los dos casos para que el seccionalizador empiece a contar.



Figura 2 Seccionalizador ABB - Autolink

ABB recientemente lanzo una familia de seccionadores el ABB AUTOLINK, el cual constituye una herramienta importante para la protección de las redes de distribución y contribuye con la reducción de los índices de interrupciones del sistema.

1.8.1 Descripción y Principio de Funcionamiento

El seccionador es muy parecido a la base portafusible utilizada en los seccionadores simples. Esta base posee un tubo, el cual contiene en su interior un circuito electrónico alimentado por dos transformadores de corriente (TC); uno de los TC es utilizado para censar la corriente del circuito, mientras el otro sirve para cargar un capacitor que proporciona la energía de actuación para realizar la apertura del circuito.

El circuito electrónico analiza la corriente de falla de la red de media tensión y además contabiliza las aperturas que realiza el reconectador en caso de presentarse una falla y de que el reconectador empiece a actuar, el dispositivo electrónico inicia el conteo de las aperturas realizadas sobre el circuito por el reconectador de cabecera (aguas arriba), y determina la apertura mecánica del seccionador si la corriente de falla se establece como continua o permanente.

El circuito electrónico es capaz de discriminar entre una corriente de inserción de un transformador (corriente de “inrush”) y una corriente de falla, evitando así el seccionamiento de la línea de media tensión y el consecuente corte de energía a los clientes en condiciones no deseadas.

Contiene un módulo de seteo el mismo que se encuentra debajo del tapón del contacto superior del tubo. Mediante este módulo se puede configurar los valores de corriente de operación y la cantidad de conteos permitidos previo a su apertura. El circuito es restablecido mediante la reposición manual del dispositivo mecánico.

CAPÍTULO 2

2.1 Estado actual alimentadores de la S/E Nelson Mera en la ciudad de Babahoyo.

El propósito principal de un sistema de distribución es el de suministrar la energía eléctrica desde la subestación transformadora hacia las redes que proveen el servicio eléctrico a cada usuario. Dicho sistema debe mantener una excelente calidad y confiabilidad del servicio que cumpla con las normativas estipuladas por la entidad reguladora ecuatoriana. Para esto es necesario con una apropiada coordinación de las protecciones de las diferentes alimentadoras que conforman el presente estudio.

En este capítulo se presenta el estado actual de las diferentes alimentadoras de la S/E Nelson Mera, con la información detallada de sus características funcionales, de carga y demás información necesaria para realizar un completo estudio de coordinación de protecciones. Además, se presentan los índices de calidad y confiabilidad actuales proporcionados la unidad de negocios CNEL-EP UN LOS RIOS.

La S/E Nelson Mera de la ciudad de Babahoyo es una de las más importantes de la unidad de negocios, ya que a más de contar con alimentadores a nivel de 13,8 KV, cuenta con pódicos de subtransmisión a nivel de 69 KV, los mismos que alimentan a diferentes subestaciones de la provincia de los Ríos. También cuenta con un transformador de potencia marca OSAKA de 10/12,5 MVA de capacidad, un disyuntor marca TaiKai de 1600 A de corriente nominal, el cual alimenta y protege la barra de 13,8 KV, que provee energía eléctrica a las tres alimentadoras a nivel de distribución; a la cabecera de cada alimentador existe un reconectador marca ENTEC para la respectiva protección.



Figura 3 Alimentadoras de la S/E Nelson Mera

En la figura 3 se observan las tres alimentadoras que posee la S/E Nelson Mera, siendo estas Barreiro y El Salto las más pequeñas.

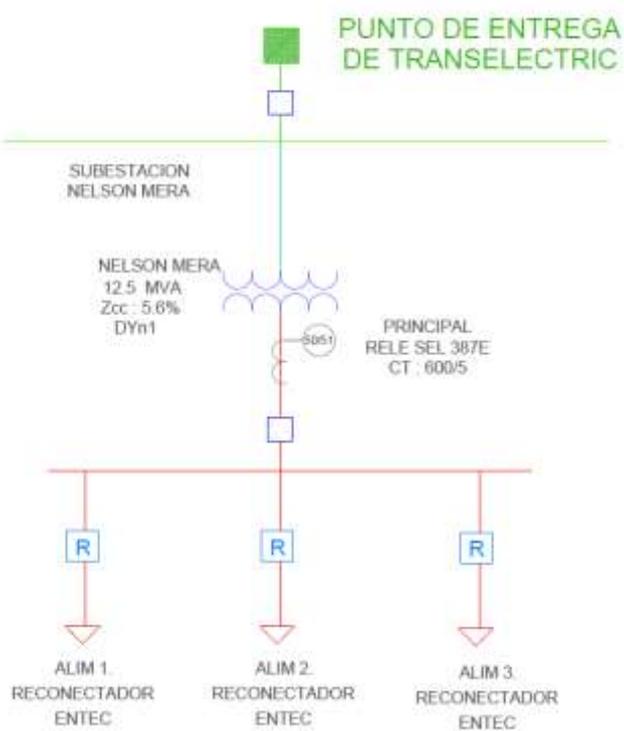


Figura 4 Diagrama unifilar S/E Nelson Mera

El alimentador EL SALTO es el segundo más extenso y tiene un gran porcentaje de carga urbano marginal. La longitud del alimentador es aproximadamente de 6,73 Km de troncal trifásica, llegando hasta el sector de La Virginia, alimentadora que cuenta con 11 ramales monofásicos y 3 ramales trifásicos. Sus características se encuentran detalladas en el Anexo 1.

El alimentador BARREIRO es el más pequeño de la subestación Nelson Mera, tiene un gran porcentaje de carga en sectores urbano marginales y la longitud del alimentador es aproximadamente de 3,65 Km de troncal trifásica, llegando hasta el sector de Barreiro viejo. Esta alimentadora cuenta con 8 ramales monofásicos y 2 ramales trifásicos. Las características de los fusibles instalados en este alimentador encuentran detalladas en el Anexo 1.

El alimentador CARACOL es el más extenso de la subestación Nelson Mera, tiene un gran porcentaje de carga en sectores rurales y la longitud del alimentador es aproximadamente de 17,80 Km de troncal trifásica, llegando hasta la parroquia San Juan perteneciente al Cantón Pueblo Viejo. Esta alimentadora cuenta con 20 ramales trifásicos, 4 ramales bifásicos y 71 ramales monofásicos. Las tablas detalladas de los fusibles se las pueden encontrar en el Anexo 1.

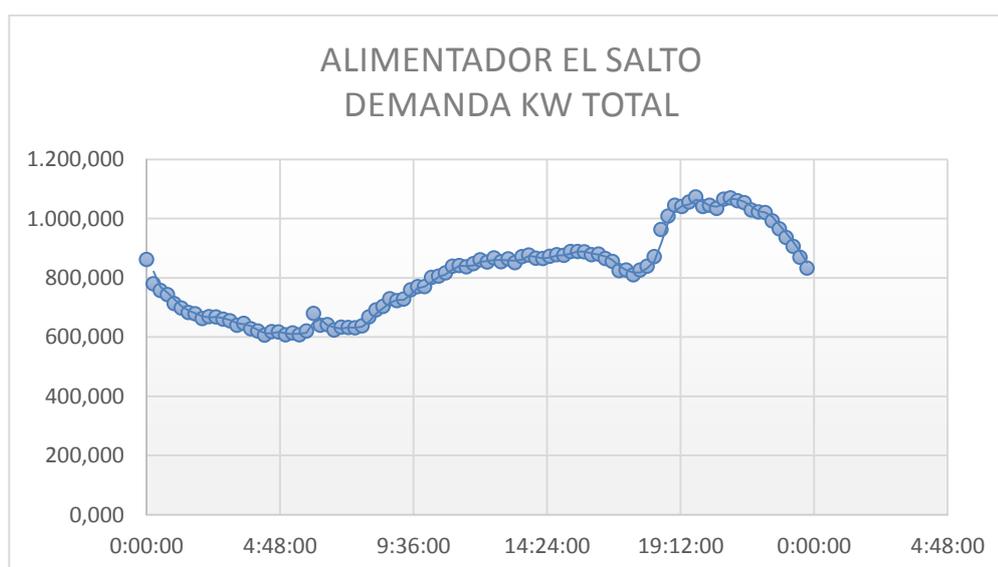


Figura 5 Demanda máxima mes de mayo Alim. El Salto

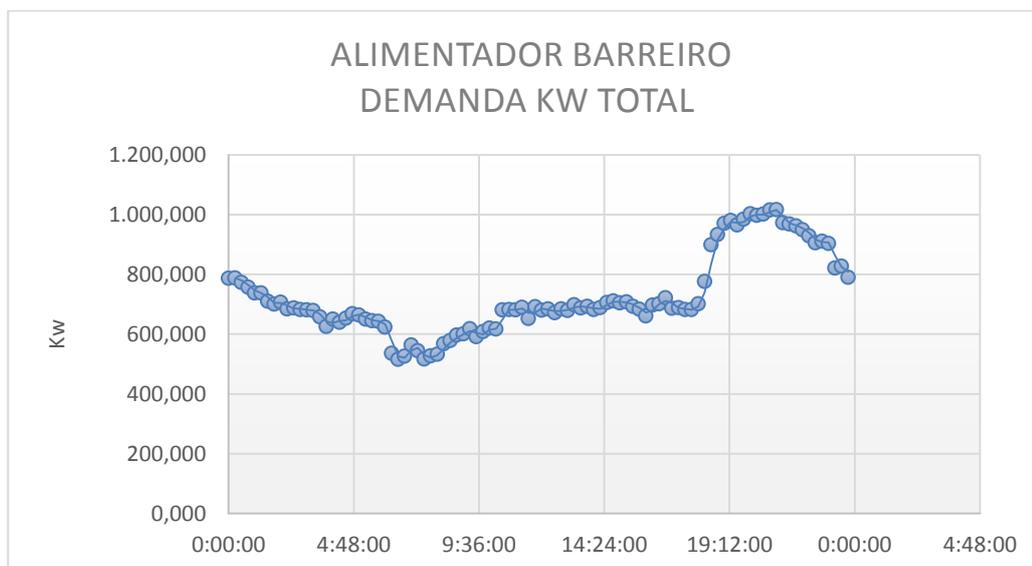


Figura 6 Demanda máxima mes de mayo Alim. Barreiro

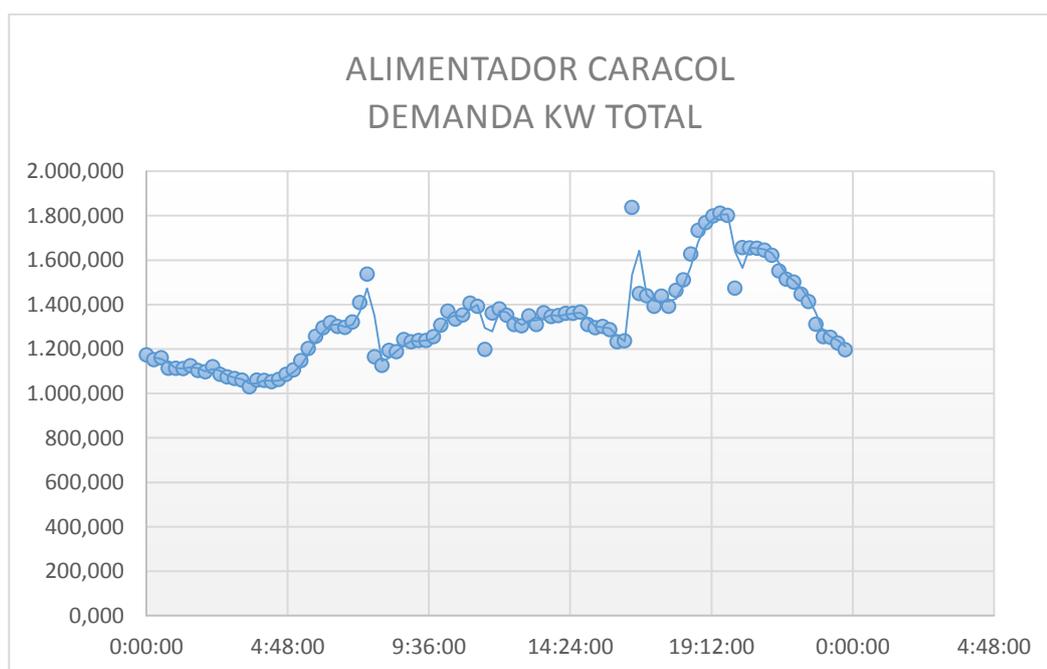


Figura 7 Demanda máxima mes de mayo Alim. Caracol

Las figuras 5, 6 y 7 muestran el mes de mayor demanda en el año en cada una de las alimentadoras de la S/E Nelson Mera, los mismos se graficaron según los datos entregados por CNEL los cuales al verificarlos el mes de mayo resulto ser el mes de mayor demanda en el año 2016.

2.2 Análisis de flujo de potencia.

El análisis de flujo de potencia es uno de los estudios más importantes para iniciar el estudio de coordinación de protecciones de sobrecorriente. Al tener toda la información necesaria es posible realizar un análisis de flujo de potencia en cada uno de los alimentadores estudiados.

En la actualidad CNEL-EP UN Los Ríos, posee un software el cual utilizan para realizar los diferentes estudios de flujo de carga, estudios de cortocircuito y coordinación de protecciones.

Para poder utilizarlo es necesario realizar el ingreso de las bases de datos, cartografías y equipos instalados a lo largo de cada alimentadora, así como la carga instalada, demanda y número de usuarios.

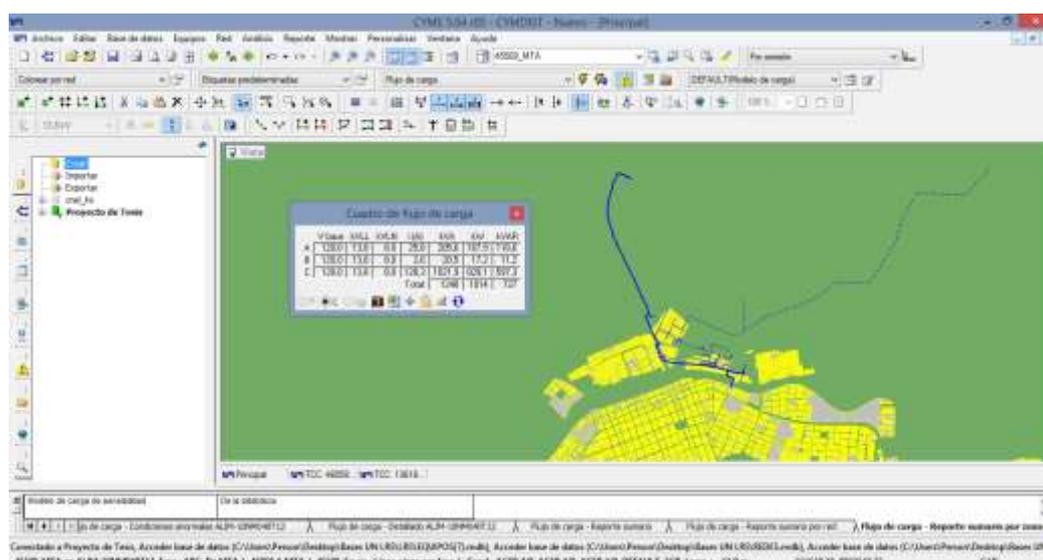


Figura 8 Estudio de flujo de potencia en el Alim Barreiro.

En la figura 8 se muestra la interfaz gráfica del programa utilizado para realizar el estudio de flujo de potencia de los alimentadores; en este caso la figura muestra el alimentador Barreiro.

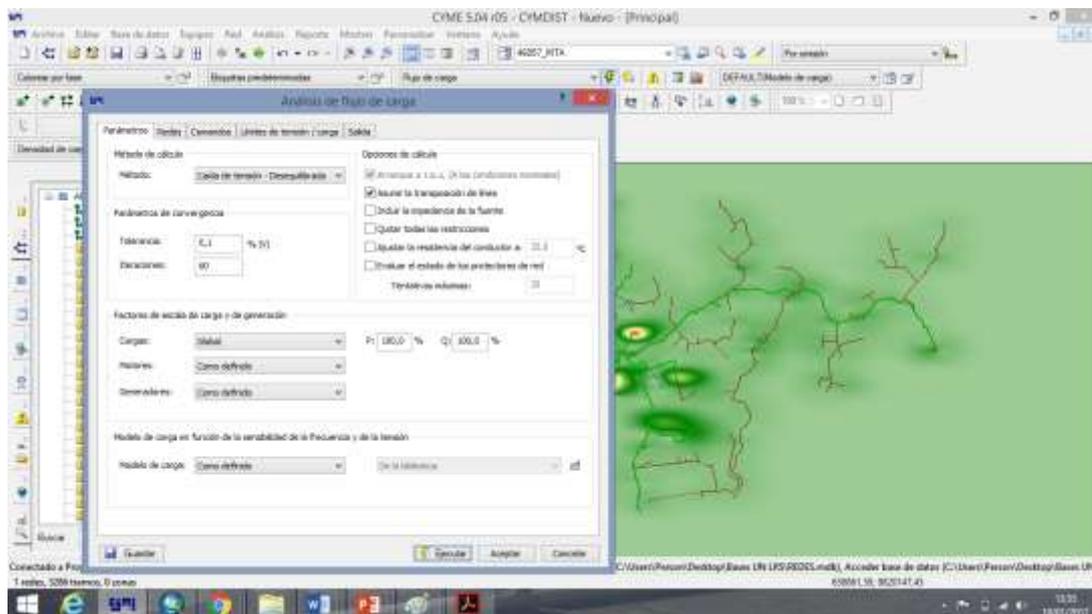


Figura 9 Estudio de flujo de potencia.

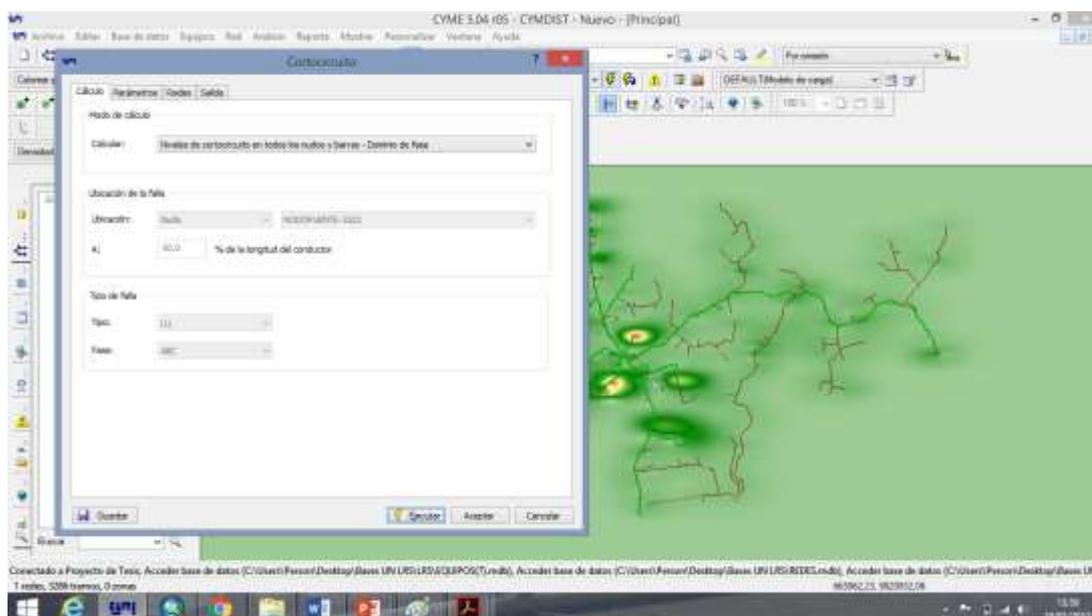


Figura 10 Estudio de flujo de potencia.

Después de ejecutar el estudio de flujo de potencia a cada alimentador se obtuvieron los resultados que se muestran en las tablas que se presentan a continuación:

KV	Nro. equipo	IA	IB	IC	KVA			KVAR			KW		
					A	B	C	A	B	C	A	B	C
7,96	9763			3,7			28,7			9			27,3
7,96	9767			10,1			78,7			24,7			74,8
7,96	9768			1,9			14,5			4,6			13,7
7,96	9770			0,7			5,4			1,7			5,2
7,96	9771			5,2			40,7			12,8			38,6
7,96	9766			1,2			9,1			2,9			8,6
13,8	78945	41,8	9,4	36,4	325,9	73,7	282,9	103,2	23,3	89,2	309,1	69,9	268,5
13,8	78946	37,1	1,6	17,2	289,3	12,6	133,7	91,4	3,6	41,9	274,5	12	127
7,96	9784			17,0			131,9			41,6			125,2
7,96	9785			4,7			36,1			11,4			34,3
7,96	9790	4,6			36,1			11,4			34,3		
7,96	9795	13,9			108,4			34,2			102,9		
7,96	9800		1,6			12,7			4			12	
13,8	9781	4,6	4,6	4,6	36,1	36,4	36,0	11,4	11,8	11,5	34,3	34,4	34,1

Tabla 1 Flujo de potencia alimentador El Salto

KV	Nro. equipo	IA	IB	IC	KVA			KVAR			KW		
					A	B	C	A	B	C	A	B	C
7,96	49714			46,3			353,1			202,6			289,2
7,96	9822			5,7			43,5			24,6			35,9
7,96	9825			0,5			4,2			2,3			3,4
7,96	9826			0,8			6,2			3,5			5,1
7,96	9836	0,0			0,0			0			0		
13,8	9839	2,6	0,0	22,8	20,8	0,0	173,1	12	0	99,3	17,1	0	141,8
7,96	9846			21,6			163,9			94,3			134,1
13,8	9852	2,7	2,7	2,7	21,2	21,1	20,4	12,1	12,4	11,5	17,4	17,1	16,8
7,96	49716			5,4			41,7			24			34,1

Tabla 2 Flujo de potencia alimentador Barreiro

KV	Nro. equipo	IA	IB	IC	KVA			KVAR			KW		
					A	B	C	A	B	C	A	B	C
7,96	9655	0,3			2,6			0,7			2,5		
7,96	9656		2,4			19,0			4,5			18,4	
7,96	9647		2,0			15,5			3,8			15,1	
7,96	9638		0,9			6,9			1,9			6,7	
7,96	9637		0,2			1,7			0,5			1,7	
13,8	9657	77,7	80,2	73,1	603,8	622,9	569,0	70,8	75,3	48,5	599,7	618,4	566,9
7,96	9641			0,2			1,7			0,5			1,7
13,8	74017	9,7	38,3	29,4	73,8	289,6	224,6	18,4	79,2	56,6	71,4	278,6	217,4
7,96	63314			0,9			6,5			1,8			6,2
7,96	10340			2,2			16,9			4,7			16,2
7,96	10343	0,6			4,3			1,2			4,2		
7,96	10345			3,6			27,7			6,7			26,9
7,96	10346			3,3			25,1			6,1			24,3
7,96	10301			0,3			2,6			0,7			2,5
7,96	10331			0,6			4,3			1,2			4,2
7,96	10348			1,2			9,5			2,4			9,2
7,96	10349			0,6			4,3			1,2			4,2
7,96	74019			0,2			1,7			0,5			1,7
7,96	74020		0,6			4,3			1,2			4,2	
7,96	68108			0,6			4,3			1,2			4,2
7,96	74021		0,6			4,3			1,2			4,2	
7,96	10354	8,4			63,3			17,4			60,8		
7,96	10256	0,6			4,3			0,9			4,2		
7,96	10255		0,4			2,6			0,7			2,5	
7,96	10357		0,4			2,6			0,7			2,5	
7,96	10361		1,3			9,5			2,5			9,2	
7,96	10363		0,6			4,3			1,2			4,2	
7,96	69379		2,4			17,3			4,8			16,6	
7,96	10365		1,7			12,1			2,8			11,7	
7,96	10364		0,2			1,7			0,5			1,7	
7,96	77020		0,6			4,3			1,2			4,2	
7,96	10360		0,2			1,7			0,4			1,7	

Tabla 3 Flujo de potencia Alimentador Caracol

KV	Nro. equipo	IA	IB	IC	KVA			KVAR			KW		
					A	B	C	A	B	C	A	B	C
7,96	10359		6,5			47,5			12,3			45,9	
7,96	10335		3,3			24,2			6,3			23,4	
7,96	10296		0,4			2,6			0,7			2,5	
7,96	10368		0,4			2,6			0,7			2,5	
7,96	10333		1,5			11,2			3			10,8	
7,96	10249		4,7			34,6			9,7			33,2	
7,96	10250		0,6			4,3			1,2			4,2	
7,96	28017			0,6			4,3			1,1			4,2
7,96	28018			0,6			4,3			1,2			4,2
7,96	10315			1,1			8,6			1,8			8,4
7,96	58777			0,6			4,3			1,2			4,2
7,96	10264			0,8			6,1			1,7			5,8
7,96	10262			1,7			13,0			3,6			12,5
7,96	10356		0,6			4,3			1,2			4,2	
7,96	10242	0,6			4,3			1,2			4,2		
7,96	10240		0,6			4,3			1,2			4,2	
7,96	81052		0,4			2,6			0,7			2,5	
7,96	10355		0,3			2,6			0,7			2,5	
7,96	10239		1,2			8,7			2,4			8,3	
13,8	10367		0,4	0,0		3,1	0,0		0,9	0		3	0
7,96	10366		0,2			1,7			0,5			1,7	
7,96	76550	0,6			4,3			1,2			4,2		
7,96	9642			0,8			6,0			1,5			5,9
7,96	9698			0,2			1,7			0,4			1,7
7,96	9646			0,2			1,7			0,4			1,7
7,96	9700			0,8			6,1			1,6			5,8
13,8	9725	15,3		0,1	113,4		0,5	29,5		-0,5	109,5		-0,1
7,96	9727	0,6			4,3			1,2			4,2		
7,96	9726	0,9			6,9			1,8			6,7		
7,96	9720	1,5			11,3			3,1			10,8		
7,96	68104		1,1			8,7			2,4			8,3	

Tabla 4 Flujo de potencia Alimentador Caracol

KV	Nro. equipo	IA	IB	IC	KVA			KVAR			KW		
					A	B	C	A	B	C	A	B	C
7,96	9740			1,1			8,7			2,4			8,3
7,96	9748		0,3			2,6			0,7			2,5	
7,96	9747		0,2			1,7			0,5			1,7	
7,96	9746		0,6			4,3			1,2			4,2	
7,96	9734		0,3			2,6			0,7			2,5	
7,96	9645		0,8			6,1			1,7			5,8	
13,8	9679	3,1		0,2	23,4		1,7	5,8		0,3	22,7		1,7
13,8	9680	0,8		0,0	6,1		0,0	1,7		0	5,9		0
7,96	9643		1,1			8,7			2,4			8,3	
13,8	9670	0,0	0,3	0,0	0,0	2,6	0,0	0	0,7	0	0	2,5	0
7,96	9665	0,3			2,6			0,7			2,5		
13,8	9675	2,3	2,6	2,3	17,2	19,8	17,3	4,7	5,4	4,8	16,5	19,1	16,6
7,96	68101_SF		0,3			2,6			0,7			2,5	
13,8	9673	1,1	1,1	1,1	8,6	8,6	8,7	2,4	2,4	2,5	8,3	8,3	8,3
7,96	9654			0,2			1,7			0,5			1,7
7,96	9649	0,2			1,7			0,5			1,7		
7,96	8856	0,6			4,3			1,2			4,2		
7,96	8852		0,3			2,6			0,7			2,5	

Tabla 5 Flujo de potencia Alimentador Caracol

Los espacios en blanco que se observan en las tablas se debe a que dichos ramales son monofásicos, por ello solo se presentan los datos en la fase de la cual se alimentan.

2.3 Estado Actual del sistema de protección

El sistema de protección a nivel de 13,8 KV es prácticamente inexistente. Los tres reconectores en cabecera están ajustados para la protección del conductor 4/0 que se encuentra en la troncal; estos son de marca ENTEC con un control ETR-300, el cual da protección de sobrecorriente en la línea que suministra el servicio eléctrico en cada una de las zonas que protegen, y los ajustes de estos se detallan en la siguiente tabla:

AJUSTES	Entec/ETR-300	Entec/ETR-300
	13.8KV	13.8KV
	Fase	Neutro
Tipo de Curva	Very Inversa	Very Inversa
Time Dial	0,11	0,15
Pick Up	300[Amp]	200[Amp]
Instaneo	3885	4255
Tiempo Instantáneo	Sin Retardo	Sin Retardo
RATIO CT's	1000:1	1000:1

Tabla 6 Ajustes Reconectador Alimentadores, El Salto, Barreiro, y Caracol

Los alimentadores de la S/E Nelson Mera, en la mayoría de los casos poseen interruptores fusibles en los ramales principales, aunque se ha encontrado algunos ramales de importante carga que no cuentan con protección alguna. La capacidad de los fusibles instalados no está especificado, debido a que cuando se produce una apertura los operarios encargados en el restablecimiento del servicio colocan el fusible que se encuentra en stock en el momento, y no el adecuado para la respectiva protección. En el sistema GIS todos los fusibles se encuentran dimensionados con valores 100k, lo cual se realizó por encontrarse implementando el sistema SCADA y a futuro se realizara el respectivo estudio de protección de los alimentadores.

En el instante que se produce una falla en algún sector de los alimentadores, al no existir coordinación, no solo se desconecta el sector afectado sino todo el alimentador. Por lo tanto se realizará un estudio de coordinación de protecciones aguas abajo en las 3 alimentadoras para evitar así que la poca coordinación llegue a ocasionar daños irreparables a las líneas de distribución, a los transformadores de distribución y a los usuarios finales, así como las pérdidas económicas que se presentan por motivos de la desconexión.

2.4 Índices de calidad del servicio técnico existentes.

La calidad y confiabilidad es un tema importante, y por ello se han creado regulaciones que norman las políticas de interrupciones y suministro de energía para que estas cumplan con los valores mínimos de calidad y confiabilidad requeridos por la entidad reguladora del país. En las tablas 7, 8 y 9 que se muestran a continuación se encuentran estipulados los valores de FMIK y TTIK

del alimentador urbano El Salto, Barreiro y Caracol, así como los límites de los indicadores bajo la REGULACION No. CONELEC – 004/01, para los alimentadores urbanos que son FMIK 5,0 y TTIK 10,0.

VALORES	FMIK	TTIK
Totales	8,25	7,19
Interrupciones internas programadas	1,50	1,87
Interrupciones internas no programadas	3,75	0,79
Interrupciones externas programadas	1,00	4,25
Interrupciones externas no programadas	2,00	1,00

Tabla 7 Indicador FMIK y TTIK Alimentador El Salto

VALORES	FMIK	TTIK
Totales	9,25	7,63
Interrupciones internas programadas	3,75	2,68
Interrupciones internas no programadas	2,50	0,42
Interrupciones externas programadas	1,00	4,25
Interrupciones externas no programadas	2,00	1,00

Tabla 8 Indicador FMIK y TTIK Alimentador Barreiro

VALORES	FMIK	TTIK
Totales	18,35	10,92
Interrupciones internas programadas	1,50	1,74
Interrupciones internas no programadas	13,85	4,64
Interrupciones externas programadas	1,00	4,25
Interrupciones externas no programadas	2,00	1,00

Tabla 9 Indicador FMIK y TTIK Alimentador Caracol

Al contrastar estos valores con los presentados por CNEL podemos observar que el indicador FMIK está fuera de los rangos mínimos permitidos mientras que el TTIK se mantiene en el rango, por ello es necesario implementar medidas que disminuyan estos valores logrando así que encajen en los límites permitidos por la regulación.

Los indicadores ASIFI y ASIDI son indicadores que se utilizan en países europeos, en Ecuador no existe regulación para su uso en la ponderación de la calidad del servicio eléctrico, por lo que se realizó el cálculo de estos en base a la información dada por CNEL, para luego de realizar el estudio de coordinación tener un punto de partida para contrastar con los nuevos índices calculados. En las tablas desde la 10 hasta la 15 se presentan los resultados del estudio de cada uno de estos indicadores por alimentador.

$$ASIFI = \frac{\sum \text{Total de KVA interrumpidos}}{\text{Total de KVA conectados}}$$

$$ASIDI = \frac{\sum \text{Tiempo de interrupcion de KVA conectados}}{\text{Carga total servida}}$$

Puntos de carga	KVA conectados	Nº de interrupciones	Numerador	Denominador
1	2175	3	6525	2175
2	2187,5	2	4375	2187,5
3	2550	2	5100	2550
4	2775	4	11100	2775
5	3117,5	7	21822,5	3117,5
6	3132,5	7	21927,5	3132,5
SUMA	15937,5	---	70850	15937,5
ASIFI	4,45			

Tabla 10 Indicador ASIFI Alimentador El Salto

Puntos de carga	KVA conectados	Nº de interrupciones	Numerador	Denominador
1	2557,5	9	23017,5	2557,5
2	2607,5	5	13037,5	2607,5
3	2907,5	13	37797,5	2907,5
4	2922,5	4	11690	2922,5
SUMA	10995	---	85542,5	10995
ASIFI	7,78			

Tabla 11 Indicador ASIFI Alimentador Barreiro

Puntos de carga	KVA conectados	Nº de interrupciones	Numerador	Denominador
1	7772,5	6	46635	7772,5
2	7822,5	6	46935	7822,5
3	7872,5	5	39362,5	7872,5
4	10062,5	16	161000	10062,5
5	10152,5	15	152287,5	10152,5
6	10267,5	6	61605	10267,5
7	10828	10	108280	10828
8	11045,5	14	154637	11045,5
SUMA	75823,5	---	770742	75823,5
ASIFI	10,16			

Tabla 12 Indicador ASIFI Alimentador Caracol

Puntos de carga	KVA conectados	Duración de interrupciones	Numerador	Denominador
1	2175	0,283	615,525	2175
2	2187,5	0,5503	1203,78125	2187,5
3	2550	0,11667	297,5085	2550
4	2775	0,2667	740,0925	2775
5	3117,5	9,3496	29147,378	3117,5
6	3132,5	4,6167	14461,8128	3132,5
SUMA	15937,5	---	46466,098	15937,5
ASIDI	2,92			

Tabla 13 Indicador ASIDI Alimentador El Salto

Puntos de carga	KVA conectados	Duración de interrupciones	Numerador	Denominador
1	2557,5	0,9503	2430,39225	2557,5
2	2607,5	0,2667	695,42025	2607,5
3	2907,5	9,8823	28732,7873	2907,5
4	2922,5	0,5503	1608,25175	2922,5
SUMA	10995	---	33466,8515	10995
ASIDI	3,04			

Tabla 14 Indicador ASIDI Alimentador Barreiro

Puntos de carga	KVA conectados	Duración de interrupciones	Numerador	Denominador
1	7772,50	1,75	13601,88	7772,50
2	7822,50	8,78	68707,36	7822,50
3	7872,50	8,15	64164,02	7872,50
4	10062,50	5,98	60173,75	10062,50
5	10152,50	9,87	100174,72	10152,50
6	10267,50	0,85	8727,38	10267,50
7	10828,00	10,70	115816,29	10828,00
8	11045,50	12,73	140650,08	11045,50
SUMA	75823,50	---	572015,48	75823,50
ASIDI	7,544			

Tabla 15 Indicador ASIDI Alimentador Caracol

2.5 ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO

Las redes eléctricas de distribución, son propensas a sufrir distintos tipos de fallas eléctricas de forma imprevista y sorpresiva, debido a los diferentes fenómenos como son: viento, incendio, vegetación, maniobras, descargas atmosféricas, ruptura del conductor, etc.

Cada uno de estos fenómenos puede generar diferentes tipos de fallas, como son:

- **Fallas simétricas**
 - ✓ Falla trifásica
- **Fallas Asimétricas**
 - ✓ Falla de línea a tierra
 - ✓ Falla de dos líneas a tierra
 - ✓ Falla de línea a línea

En el presente estudio se utilizó el programa que CNEL mantiene como predeterminado para el desarrollo de coordinación de protecciones en el cual se procedió a ingresar toda la información requerida para poder correr el estudio de cortocircuito. A continuación se seleccionaron los puntos en los cuales se requieren conocer los valores de las corrientes de falla previo a la coordinación de protecciones, para ello se realizaron estudios de los diferentes tipos de fallas que se suelen presentar en los sistemas de distribución, tomando en cuenta la topología y las diferentes estructuras que tienen las alimentadoras. Cabe indicar

que todos los estudios de cortocircuito realizados se efectuaron a máxima generación. Las corrientes de falla son sumamente importantes para realizar el esquema de coordinación de protecciones de sobrecorriente, debido a que la tirafusible debe ser acorde a los rangos de la corriente de falla. En las siguientes tablas se presentan las corrientes de falla máxima en los puntos de protección de cada alimentadora.



Figura 11 Alimentador El Salto.

Estudio de cortocircuito					
Nº	Nro. equipo	LT (Amp)	LL (Amp)	LLT (Amp)	LLL A (Amp)
1	9763	3993	0	0	0
2	9766	3069	0	0	0
3	9767	2856	0	0	0
4	9768	2419	0	0	0
5	9769	2372	0	0	0
6	9770	2204	0	0	0
7	9771	2161	0	0	0
8	78945	2532	2522	2765	2912
9	78946	2197	2255	2448	2604
10	9784	2144	0	0	0
11	9785	2014	0	0	0
12	9789	2027	0	0	0
13	9790	1876	0	0	0
14	9795	1786	0	0	0
15	9796	1732	0	0	0
16	9797	1732	0	0	0
17	9800	1720	0	0	0
18	9805	1911	0	0	0

Tabla 16 Tabla de cortocircuito de la alimentadora El Salto



Figura 12 Alimentador Barreiro.

Estudio de cortocircuito					
Nº	FUSIBLE	LLL	LLG	LL	LG
1	38338				1885
2	9846				1896
3	9839	2343	2190	2029	1922
4	49716				2568
5	9822				2025
6	9825				1696
7	9826				1098
8	9852	2189	2050	1896	1779
9	49714				2323
10	Autolink	2360			

Tabla 17 Tabla de cortocircuito de la alimentadora Barreiro

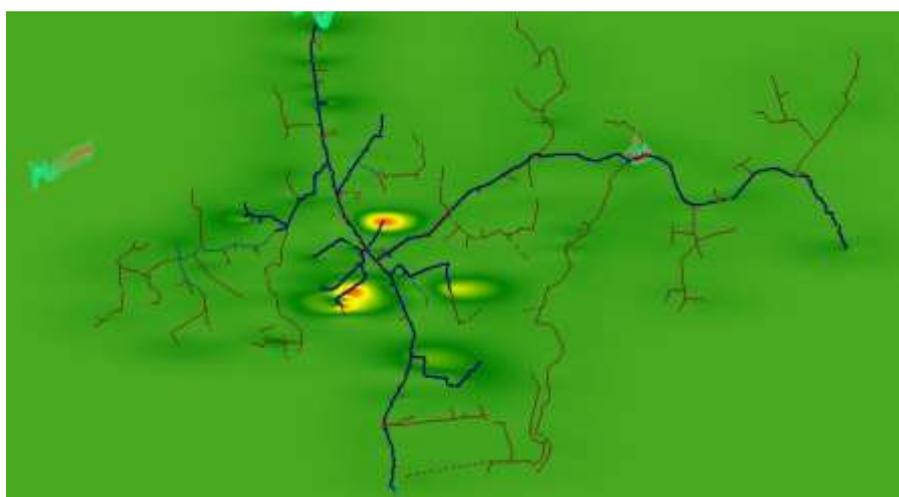


Figura 13 Alimentador Caracol

Estudio de cortocircuito					
Nº	Nro. equipo	LT (Amp)	LL (Amp)	LLT (Amp)	LLL A (Amp)
1	9655	2219	0	0	0
2	9656	2226	0	0	0
3	9647	1807	0	0	0
4	9638	1081	0	0	0
5	Autolink 1	1384	1473	1617	1701
6	67772	1018	1115	1222	1283,92
7	Autolink 2	967	1061	1165	1225
8	74017	919	1014	1112	1167,94
9	10340	894	0	0	0
10	10344	767	869	947	1001,47
11	74018	737	840	914	967,81
12	10345	718	0	0	0
13	10348	708	0	0	0
14	78950	548	647	698	745,46
15	Nuevo 1	460	0	0	0
16	10249	548	647	698	745,46
17	36321	438	523	566	602,66
18	10359	359	0	0	0
19	Nuevo 2	279	0	0	0
20	9674	874	968	1061	1114,74
21	9675	873	966	1059	1113
22	9670	776	865	949	996,12
23	9672	769	0	0	0
24	9642	734	0	0	0
25	Autolink 3	720	805	884	930
26	Autolink 4	664	747	819	862
27	68104	618	0	0	0
28	9748	515	0	0	0

Tabla 18 Tabla de cortocircuito del alimentador caracol

Capítulo 3

3.1 Estudio de coordinación de protecciones

3.1.1 Selección de los fusibles por alimentador

Para el presente estudio se procederá a realizar los siguientes pasos:

- ✚ Dimensionar los fusibles para que soporten la corriente de falla máxima producida en cada uno de los puntos de protección.
- ✚ Realizar la coordinación entre fusibles según la filosofía establecida anteriormente.
- ✚ El fusible de mayor amperaje lo coordinaremos con el reconectador.

SELECCION DE FUSIBLES							
Alimentador	Nº	# Equipo	Equipo	Ramal	In(A)	Ajuste	IF max (A)
Barreiro	1	49716	Fusible	Monofásico	5,4	65K	2534
	2	49714	Fusible	Monofásico	46,3	140K	2314
	3	9822	Fusible	Monofásico	5,7	65K	2019
	4	9825	Fusible	Monofásico	0,5	25k	1735
	5	9826	Fusible	Monofásico	0,8	25k	1096
	6	Nuevo 1	Fusible	Monofásico	5,3	40k	2325
	7	Nuevo 2	Fusible	Monofásico	8,5	40k	2196
	8	9839	Fusible	Trifásico	22,82	40K	2353
	9	9846	Fusible	Monofásico	21,62	40K	1897
	10	Seccionalizador Autolink				57,2	

Tabla 19 Selección de fusibles en los ramales - alimentador Barreiro

En la Tabla 19 se muestran los fusibles seleccionados de cada ramal con su tipo de ajuste, corriente nominal y de falla máxima en cada punto que estos van a proteger, se seleccionaron los ramales principales con importancia de carga y cantidad de usuarios, además se presentaron ramales que no poseían protección por lo que se dimensionaron fusibles para dichos ramales, los cuales son Nuevo 1 y Nuevo 2, se adiciono un seccionalizador en uno de los ramales, la ubicación de los diferentes fusibles del alimentador Barreiro se muestra en la Figura 14.

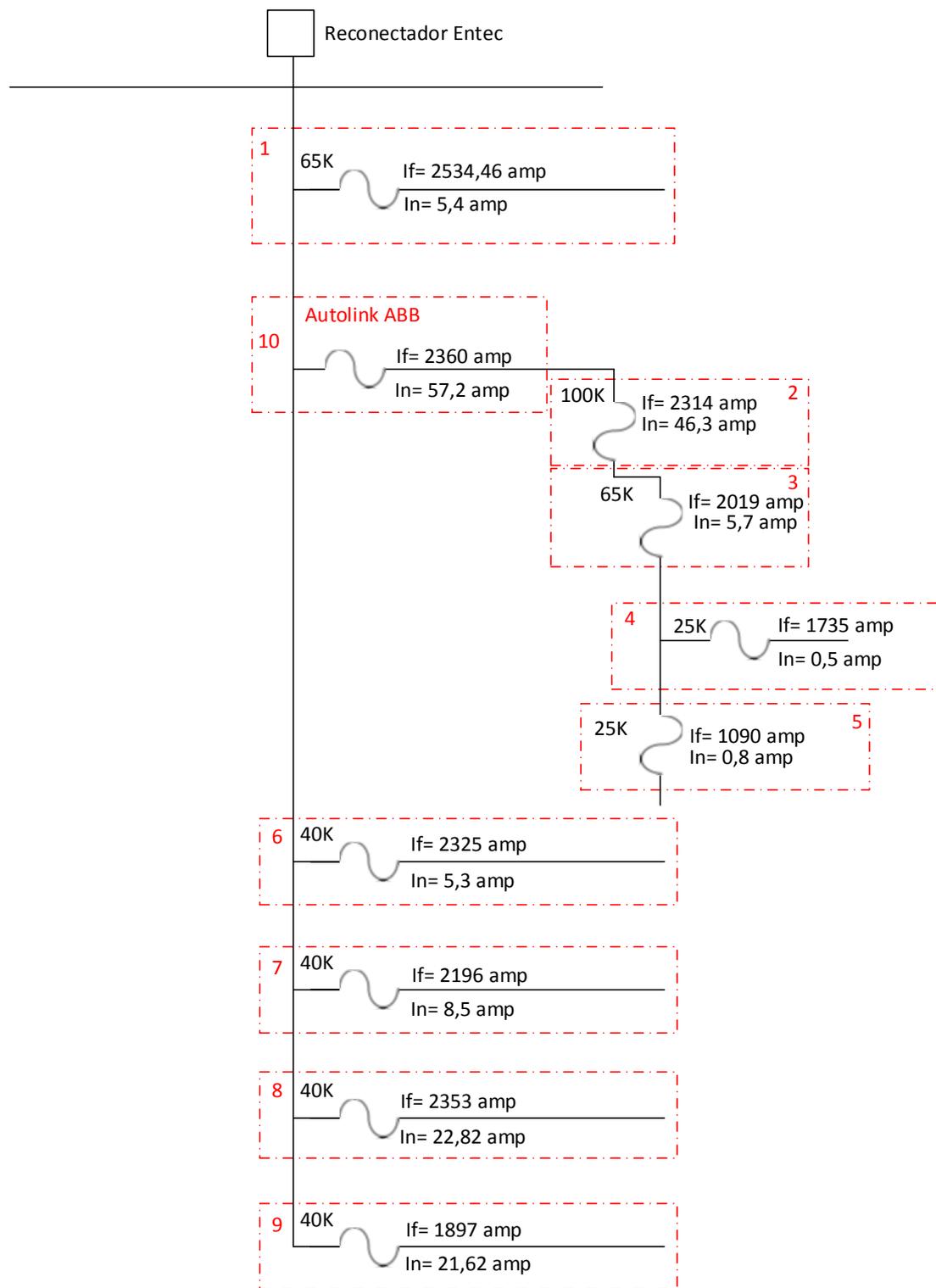


Figura 14 Diagrama unifilar de los fusibles a ser coordinados alimentador Barreiro

SELECCION DE FUSIBLES							
Alimentador	Nº	# Equipo	Equipo	Ramal	In(A)	Ajuste	IF max (A)
El Salto	1	9763	Fusible	1F	3,7	65K	3993
	2	9766	Fusible	1F	1,2	50K	3069
	3	AUTOLINK			10,1		2856
	4	9768	Fusible	1F	1,9	100K	2419
	5	9769	Fusible	1F	1,2	40K	2372
	6	9770	Fusible	1F	0,7	30K	2204
	7	9771	Fusible	1F	5,2	30K	2161
	8	AUTOLINK			41,8		2912
	9	78946	Fusible	3F	37,1	140K	2604
	10	9784	Fusible	1F	17	80K	2144
	11	9785	Fusible	1F	4,7	30K	2014
	12	9789	Fusible	1F	11,6	65K	2027
	13	9790	Fusible	1F	4,6	25K	1876
	14	9795	Fusible	1F	13,5	65K	1786
	15	9796	Fusible	1F	4,6	25K	1732
	16	9797	Fusible	1F	4,6	25K	1732
	17	9800	Fusible	1F	1,6	25K	1720
	18	9805	Fusible	1F	14	25K	1911

Tabla 20 Selección de fusibles en los ramales - alimentador El Salto

En la tabla 20 se puede observar los fusibles seleccionados de cada ramal del alimentador El Salto con sus características como son: tipo de ajuste, corriente nominal y de falla máxima en cada punto que estos van a proteger, se seleccionaron los ramales principales con mayor importancia de carga y cantidad de usuarios, se adicionaron dos seccionalizadores en dos ramales del alimentador, la ubicación de los diferentes fusibles del alimentador Barreiro se muestra en la figura 15.

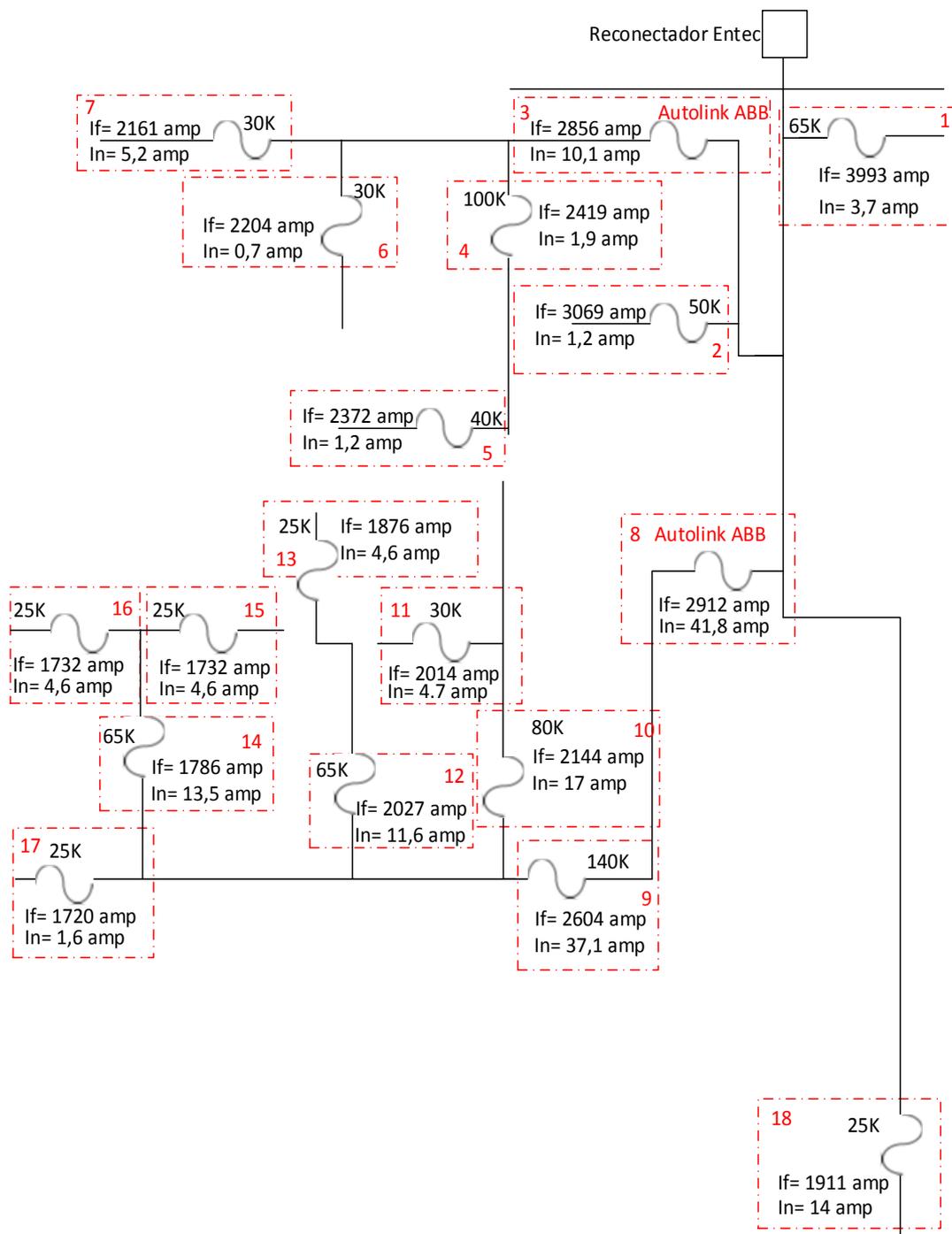


Figura 15 Diagrama unifilar de los fusibles a ser coordinados alimentador El Salto

SELECCION DE FUSIBLES							
Alimentador	Nº	# Equipo	Equipo	Ramal	In(A)	Ajuste	IF max (A)
Caracol	1	9655	Fusible	Monofásico	0,3	30K	2230
	2	9656	Fusible	Monofásico	2,4	80K	2226
	3	9647	Fusible	Monofásico	2	40K	1807
	4	9638	Fusible	Monofásico	0,9	15K	1081
	5	AUTOLINK	Fusible	Trifásico	80,2		2574,83
	6	67772	Fusible	Trifásico	1	20K	1287
	7	AUTOLINK	Fusible	Trifásico	4,2		1225
	8	74017	Fusible	Trifásico	38,3	140K	1170,87
	9	10340	Fusible	Monofásico	2,2	80K	888
	10	10344	Fusible	Trifásico	37,4	100K	1003,91
	11	74018	Fusible	Trifásico	37,4	65K	970,14
	12	10345	Fusible	Monofásico	3,6	15K	713
	13	10348	Fusible	Monofásico	1,2	15K	703
	14	78950	Fusible	Trifásico	27,2	40K	747,1
	15	NUEVO	Fusible	Monofásico	15,4	15K	460
	16	10249	Fusible	Monofásico	4,7	15K	440
	17	36321	Fusible	Trifásico	20,2	20K	603,68
	18	10359	Fusible	Monofásico	6,5	8K	359
	19	NUEVO	Fusible	Monofásico	3,9	8K	279
	20	9675	Fusible	Trifásico	0,3	30K	1115,9
	21	9674	Fusible	Trifásico	0,3	30K	1117,64
	22	9670	Fusible	Trifásico	20	20K	988,67
	23	9672	Fusible	Monofásico	0,3	15K	763
	24	9642	Fusible	Monofásico	0,8	15K	728
	25	AUTOLINK	Fusible	Trifásico	3,5		930
	26	AUTOLINK	Fusible	Trifásico	27,4		862
	27	68104	Fusible	Monofásico	1,1	15K	618
	28	9748	Fusible	Monofásico	0,3	15K	515

Tabla 21 Selección de fusibles en los ramales - alimentador Caracol

En el alimentador Caracol debido a su gran extensión no se realizó una interiorización en los ramales secundarios, por lo que se procedió a seleccionar los fusibles en los ramales principales los mismos se muestran en la Tabla 21, además en la Figura 16 se puede observar la ubicación de cada fusible en el alimentador de estudio.

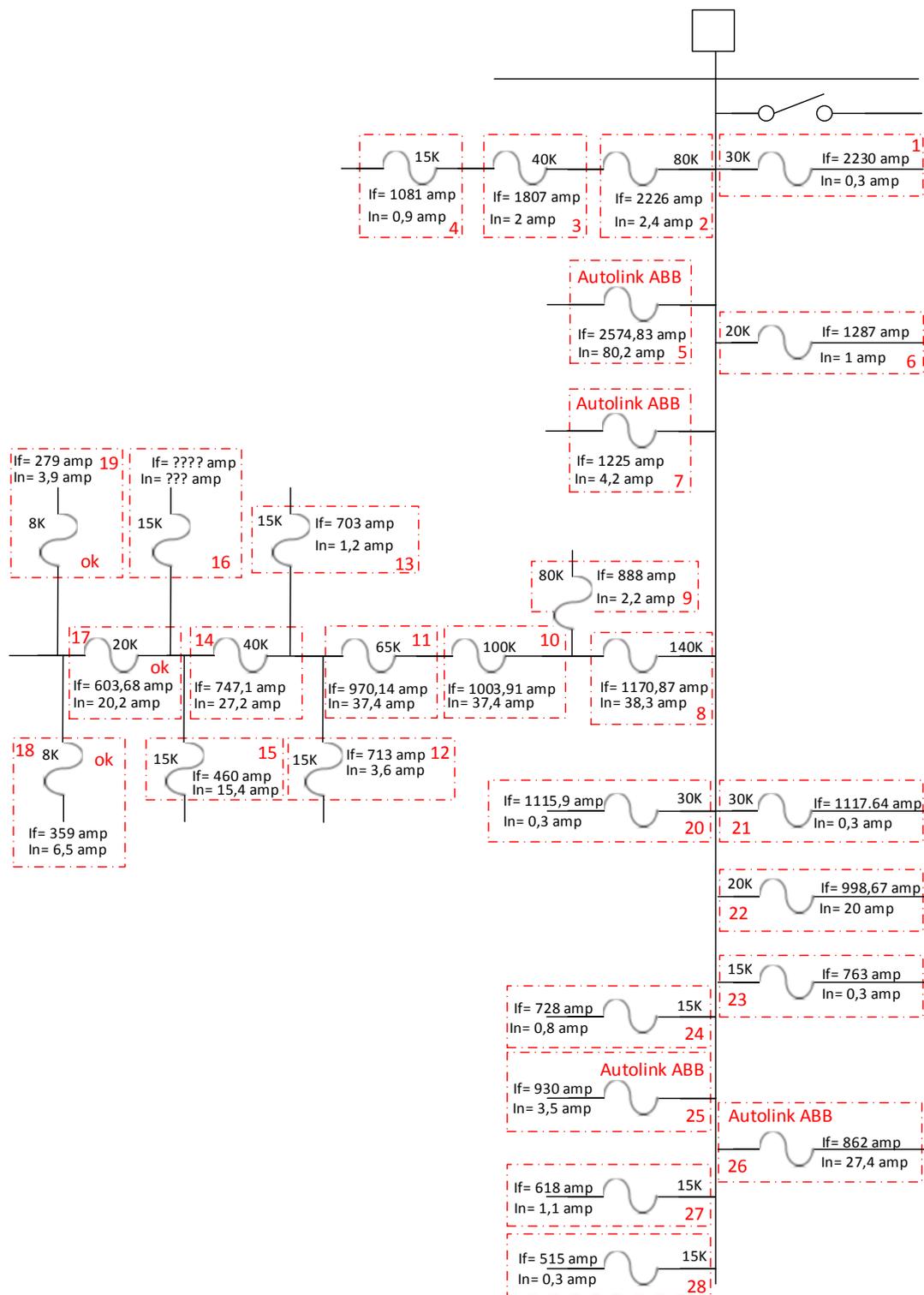


Figura 16 Diagrama unifilar de los fusibles a ser coordinados alimentador Caracol

3.2 Coordinación de protecciones de sobrecorriente e índices de calidad.

Los estudios de flujo de potencia como los de cortocircuito realizados son fundamentales para realizar el análisis de coordinación de protecciones de sobrecorriente. Para la coordinación se utilizara el programa utilizado por CNEL-EP UN LOS RIOS, el cual nos permite visualizar las distintas curvas características de los equipos y fusibles que se encuentran de venta en el mercado.

El software asigna el código del equipo que se encuentra en la base de datos del GIS, y como en los alimentadores solo existen seccionadores fusibles y reconectores de cabecera nuestro estudio de coordinación se basara en lo siguiente:

- Coordinación Fusible – Fusible.
- Coordinación Fusible – Reconector

Para escoger el tamaño mínimo del fusible se debe considerar no sólo la máxima carga normal del lugar de la instalación sino también la corriente de arranque y carga fría. En la Tabla 22 se indican las capacidades de fusibles (K y T, de acuerdo con normas NEMA) que puede llevar una carga continua del 15 % de su valor nominal. (Castaño, 2003)

Las temperaturas ambiente extremas y precargas grandes afectan las curvas tiempo-corriente de los fusibles; por tanto, deben considerarse cuando la instalación del fusible trabaje bajo estas condiciones. (Castaño, 2003)

Fusible de alta descarga	Corriente continua (A)	Nominal	Corriente continua (A)	EEI-NEMA K o T nominal	Corriente continua (A)	EEI-NEMA K o T nominal	Corriente continua (A)
1 H	1	25	25	6	9	40	60*
2 H	2	30	30	8	12	50	75*
3 H	3	40	40	10	15	65	95
5 H	5	50	50	12	18	80	120+
8 H	8	60	60	15	23	100	150+
		75	75	20	30	140	190
N Nominal		85	85	25	38	200	200
5	5	100	100	30	45		
8	8	125	125				
10	10	150	150				
15	15	200	200				
20	20						

* Solo cuando es usado en cortacircuitos de 100 o 200 Amperios.
+ Solo cuando es usado en cortacircuitos de 200 Amperios.
Limitado por corriente de régimen continuo del cortacircuito.

Tabla 22 Capacidad Continua de corriente de fusibles de distribución tipos K, T, H y N de estándar (Castaño, 2003)

3.2.1 Filosofía establecida para la coordinación.

Para coordinación se utilizan dos métodos existentes como son, curvas de tiempo-corriente y tablas de coordinación.

- El método que utiliza curvas características de tiempo-corriente, maneja las curvas ANSI de las tira fusibles provistas por los fabricantes, la coordinación se la efectúa mediante las corrientes de carga, corrientes de fallas máximas, y un software de coordinación, en este caso se utilizara el predeterminado por CNEL-EP UN LOS RIOS.
- El método de las tablas de coordinación utiliza experiencias previas de valores de corriente de carga y de falla máximas, según la capacidad de corriente de cada tira fusible.

El uso de tablas de coordinación requiere que los fusibles sean operados dentro de su capacidad continua de corriente. La Tabla 23 lista los fusibles de protección, los fusibles protegidos y la corriente máxima de falla a la cual la protección es asegurada.

Fusible protector (L) (Hacia la carga)		Fusible protegido (M) (Hacia la fuente)													
		Máxima corriente de falla (Amperios) a la cual L protege a M													
Tipo	Amperios	8K	10K	12K	15K	20K	25K	30K	40K	50K	65K	80K	100K	140K	200K
6K	9	0	190	350	510	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
8K	12			210	440	650	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
10K	15				300	540	840	1060	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
12K	18					320	710	1050	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
15K	23						430	870	1340	1700	2200	2800	3900	5800	9200
20K	30							500	1100	1700	2200	2800	3900	5800	9200
25K	38								660	1350	2200	2800	3900	5800	9200
30K	45									850	1700	2800	3900	5800	9200
40K	60										1100	2200	3900	5800	9200
50K	75											1450	3500	5800	9200
65K	95												2400	5800	9200
80K	120													4500	9200
100K	150													2000	9100
140K	190														4000

Tabla 23 Guía para coordinación de fusibles tipo K (EEI-NEMA) (Castaño, 2003)

En este estudio la coordinación se realizara mediante el uso de las curvas características tiempo-corriente y estableciendo la siguiente filosofía de coordinación tanto para fusible-fusible como fusible-reconectador.

- El fusible no deberá actuar bajo corriente nominal, para el cual ha sido diseñando.
- El Fusible más cercano a la falla se lo llama protector.
- El Fusible más cercano a la alimentación es el respaldo o protegido
- El tiempo de operación del fusible principal no debe ser superior al 75% del tiempo de fusión del fusible de respaldo. Este tiempo se lo puede conocer mediante el uso de la siguiente formula:

$$\left[\frac{ttd(\text{fusible principal})}{mtf(\text{fusible respaldo})} \right] \leq 0,75$$

Donde:

Ttd: tiempo total de despeje

Mtd: mínimo tiempo de despeje

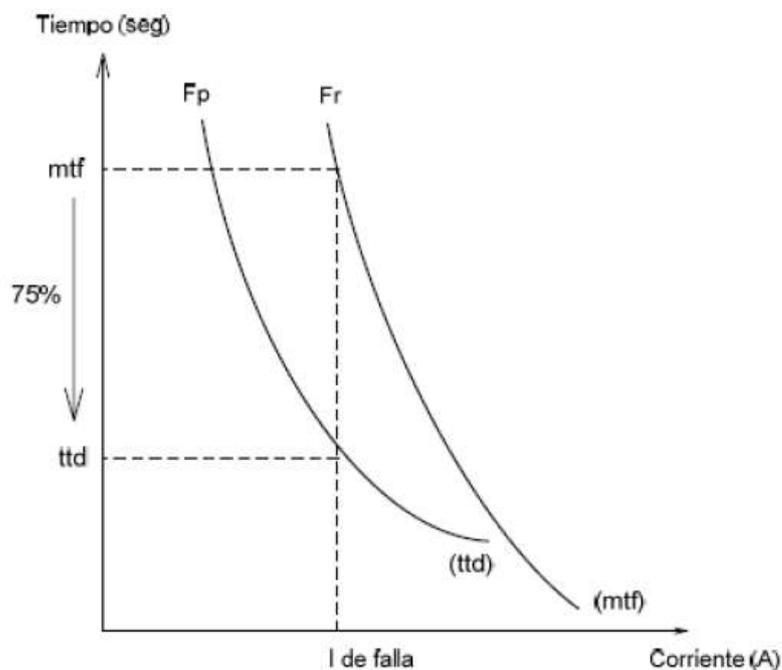


Figura 17. Coordinación fusible-fusible

Para que exista una coordinación adecuada, la relación entre los dos tiempos debe ser menor a 0,75.

Los tiempos de coordinación de fusibles con el elemento aguas arriba debe ser mayor a 120ms como recomienda la norma ANSI-IEEE.

Downstream	Upstream			
	Fuse	Low-voltage breaker	Electro-mechanical relay	Static relay
Fuse	CS ^{b,c}	CS	0.22 s	0.12 s
Low-voltage circuit breaker	CS ^c	CS	0.22 s	0.12 s
Electromechanical relay (5 cycles)	0.20 s	0.20 s	0.30 s	0.20 s
Static relay (5 cycles)	0.20 s	0.20 s	0.30 s	0.20 s

Figura 18 Tiempos de coordinación

3.2.2 Coordinación entre re conectadores y fusibles.

En la coordinación entre re conectadores y fusibles se pueden distinguir dos casos, en los que se usa el método de trazado de curvas del re conectador y del fusible para así obtener los rangos de corrientes de cortocircuito en los que existe coordinación.

Para la coordinación el re conectador deberá detectar las fallas ocurridas en su zona y también las de la zona del fusible. Por lo que, el fusible debe operar después de la característica rápida y antes de la lenta del re conectador, como se muestra en la Figura 19. En este caso CNEL EP LOS RIOS, solo utiliza reconexiones lentas por ello el fusible deberá operar después de la primera reconexión lenta y antes de la segunda.

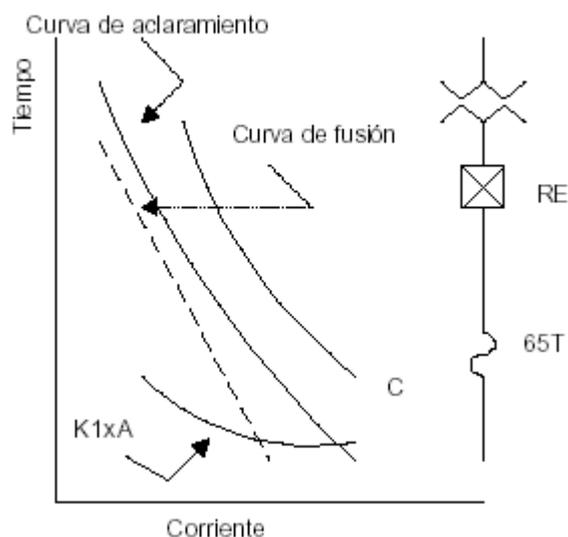


Figura 19 Coordinación Re conectador - fusible.

En caso de producirse una corriente de falla en la zona protegida por el fusible, el tiempo mínimo de fusión debe ser mayor al tiempo de operación del re conectador multiplicada por el factor K1 dado por el fabricante, este valor depende de la secuencia de operación y del tiempo de la primera reconexión. La intersección de esta curva con la de tiempo mínimo de fusión del fusible determina el punto de corriente máxima de coordinación.

Tiempo de Reconexión (ciclos)	Una operación rápida		Dos operaciones rápidas	
	Promedio	Máximo	Promedio	Máximo
25-30	1.3	1.2	2.0	1.80
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

Tabla 24 Valores del factor de corrección K1

3.2.3 Coordinación entre reconectador y seccionalizador

La coordinación entre el reconectador y el seccionalizador no requiere un análisis de curvas tiempo-corriente ya que el seccionalizador carece de este tipo de curvas; solo cuenta con un sistema medida de la corriente de falla en la zona que protege y de un conteo de aperturas del reconectador el cual se ajusta un numero menos a las aperturas configuradas en el reconectador aguas arriba.

3.3 Estudio de coordinación de protecciones de sobrecorriente de los diferentes alimentadores.

Para el presente estudio se procederá a realizar los siguientes pasos:

- Dimensionar los fusibles para que soporten la corriente de falla máxima producida en cada uno de los puntos de protección.
- Realizar la coordinación entre fusibles según la filosofía establecida anteriormente.
- El fusible de mayor amperaje lo coordinaremos con el reconectador.

3.3.1 Coordinación de protecciones Alimentador Barreiro

La coordinación del alimentador Barreiro se realizó utilizando los fusibles seleccionados en la Tabla 19, de ella se identificaron aquellos fusibles que estaban compartiendo un mismo ramal para así proceder a comprobar si la selección de estos fusibles cumplen con la filosofía de coordinación previamente estipulada, en la siguiente tabla se muestra detalladamente la coordinación entre fusible – fusible de este alimentador.

Coordinación Fusible - Fusible aguas abajo									
Ramal	Protector (1)	Protegido (2)	Equipo	Ajuste (1)	Ajuste (2)	IF Max(A)	Tiempo Coordinación		Margen
							Tmax desp (1)	Tmin fusión (2)	
1F	9825	9822	Fusible	25K	65K	1735	0,0165	0,029	56%
1F	9826	9822	Fusible	25K	65K	1096	0,0287	0,074	38%
1F	9822	49714	Fusible	65K	140K	2019	0,0476	0,1486	32%
1F	AUTOLINK Seccionalizador			N/C		2360			

Tabla 25 Coordinación Fusible – Fusible Alimentador Barreiro

En la Tabla 25 se muestra la coordinación fusible-fusible aguas abajo, se puede observar que solo están descritas 4 coordinaciones, esto se debe a que solo estos fusibles se encuentran en serie aguas abajo en cada ramal que protegen como se puede observar en la Figura 14, el resto de fusibles fueron coordinados con su corriente nominal y máxima de falla cuya selección esta especificada en la Tabla 19.

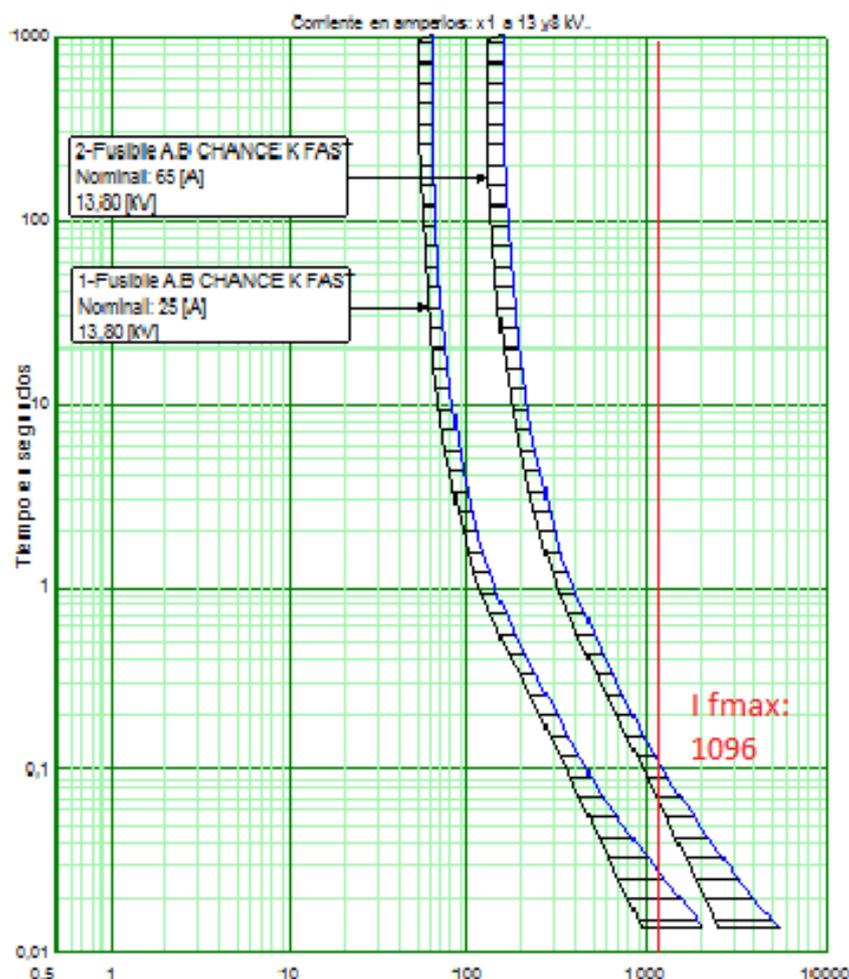


Figura 20 Ejemplo de coordinación fusible-fusible alimentador Barreiro

$$T_{coord} = \frac{T_{\text{maximo de despeje}}}{T_{\text{minimo de fusion}}} = \frac{0,0287}{0,0740} = 0,387 < 0,75 \therefore \text{Si hay coordinacion}$$

En la Figura 20 se muestra la coordinación entre dos fusibles utilizando el software que CNEL EP UN LOS RIOS tiene como predeterminado, el resto de las curvas de coordinación se encuentran disponibles en el Anexo 2.

Coordinación reconectador –fusible

La coordinación del reconectador se realizó con el fusible de mayor capacidad existente en el alimentador, por ello se tuvo que cambiar la configuración del reconectador quedando de la siguiente manera:

BARREIRO		
AJUSTES	Recloser Entec	Recloser Entec
	13.8KV	13.8KV
	Fase	Neutro
Tipo de Curva	IEC-VI	IEC-VI
Time Dial	0.11	0.15
Pick Up	300[Amp]	200[Amp]
Instaneo	3884	4254
Tiempo Instantáneo	Sin Retardo	Sin Retardo
RATIO CT's	(1000:01)	(1000:01)

Tabla 26 Ajustes del reconectador alimentador Barreiro

Coordinación Reconectador - Fusibles aguas abajo									
Ramal	OID	Equipo	Fusible Seleccionado	IF max(A)	Fusible	Tiempo de Reconectador		Tiempo de Coordinación	
					Tmax desp	Fase	Neutro	Fase	Neutro
1F	49716	Fusible	65K	2534	0,0343	0,2414	0,216	0,2071	0,1812
3F	9839	Fusible	40K	2353	0,0202	0,2591	0,23	0,2389	0,2100
1F	9846	Fusible	40K	1897	0,0265	0,3211	0,281	0,2946	0,2542
1F	Nuevo_1	Fusible	40K	2325	0,0205	0,2621	0,233	0,2416	0,2121
1F	Nuevo_2	Fusible	40K	2196	0,022	0,2771	0,245	0,2551	0,2230

Tabla 27 Tiempo de coordinación reconectador-fusible alimentador Barreiro

En la tabla 27 se muestran los tiempos de coordinación de los fusibles que se encuentran en la cabecera de cada ramal, se puede observar que los tiempos de coordinación entre las curvas reconectador-fusible en el punto del elemento a coordinar son mayores a 120 milisegundos, las curvas de coordinación se encuentran disponibles en el Anexo 2.

3.3.2 Coordinación de protecciones Alimentador El Salto

En el alimentador El Salto se seleccionaron 18 ramales principales a los cuales se les asigno un fusible de protección según su corriente nominal y máxima de cortocircuito, la ubicación de estos fusibles se detallan en la Figura 15.

De la Tabla 20 se seleccionaron aquellos fusibles que compartían un mismo ramal para así proceder a comprobar si la coordinación estaba correcta, el detalle de esta se encuentra estipulado en la siguiente tabla.

Coordinación Fusible - Fusible aguas abajo									
Ramal	Protector (1)	Protegido (2)	Equipo	(1)	(2)	IF Max (A)	Tiempo Coordinación		Margen
							Tmax desp	Tmin fusión	
3F	Autolink 1		Seccionalizador			2911,6			
1F	9800	78946	Fusible	25K	140k	1720	0,0166	0,2086	8%
1F	9795	78946	Fusible	65K	140k	1786	0,0569	0,1924	30%
1F	9789	78946	Fusible	65K	140k	2027	0,0474	0,1474	32%
1F	9784	78946	Fusible	80K	140k	2114	0,0604	0,1314	45%
1F	9796	9795	Fusible	25K	65K	1732	0,0165	0,0291	57%
1F	9797	9795	Fusible	25K	65K	1732	0,0165	0,0291	57%
1F	9790	9789	Fusible	25K	65K	1876	0,015	0,0247	61%
1F	9785	9784	Fusible	30K	80K	2014	0,0176	0,0303	58%
1F	Autolink 2		Seccionalizador			2856			
1F	9769	9768	Fusible	40K	100K	2372	0,02	0,0364	55%

Tabla 28 Coordinación Fusible – Fusible Alimentador El Salto

En la tabla 27 se muestra la coordinación fusible – fusible aguas abajo, se puede observar que solo están descritas 11 coordinaciones de las cuales dos de ellas son seccionalizadores.

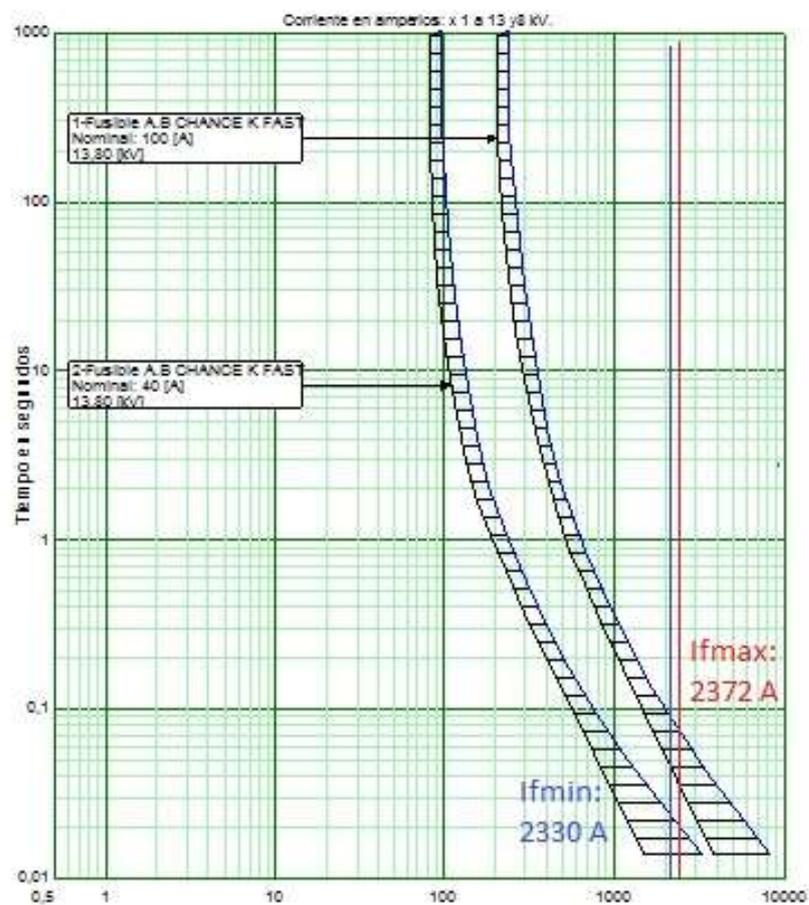


Figura 21 Ejemplo de coordinación fusible-fusible alimentador Barreiro

$$T_{coord} = \frac{T_{\text{maximo de despeje}}}{T_{\text{minimo de fusion}}} = \frac{0,02}{0,0364} = 0,55 < 0,75 \therefore \text{Si hay coordinacion}$$

En la figura se muestra la coordinación entre dos fusibles utilizando el software que CNEL EP UN LOS RIOS tiene como predeterminado, el resto de las curvas de coordinación se encuentran disponibles en el Anexo 3.

Coordinación reconectador –fusible

La coordinación del reconectador se realizó con el fusible de mayor capacidad existente en el alimentador, por ello se tuvo que cambiar la configuración del reconectador quedando de la siguiente manera:

EL SALTO		
AJUSTES	Recloser Entec	Recloser Entec
	13.8KV	13.8KV
	Fase	Neutro
Tipo de Curva	151	151
Time Dial	-	-
Pick Up	300[Amp]	200[Amp]
Instaneo	4126	4254
Tiempo Instantáneo	Sin Retardo	Sin Retardo
RATIO CT's	(1000:01)	(1000:01)

Tabla 29 Ajustes del reconectador alimentador El Salto

Coordinación Reconectador - Fusibles aguas abajo									
ITEM	OID	Equipo	Fusible Seleccionado	IF max(A)	Fusible	Tiempo de Reconectador		Tiempo de Coordinación	
					Tmax desp	Fase	Neutro	Fase	Neutro
1F	9763	Fusible	65K	3993	0,019	0,5383	0,497	0,5193	0,478
1F	9766	Fusible	50K	3069	0,019	0,6024	0,5217	0,5834	0,5027
3F	78946	Fusible	140K	2604	0,1442	0,662	0,5434	0,5178	0,3992

Tabla 30 Tiempo de coordinación reconectador-fusible alimentador El Salto

En la tabla 30 se muestran los tiempos de coordinación de los fusibles que se encuentran en la cabecera de cada ramal, se puede observar que los tiempos de coordinación entre las curvas reconectador-fusible en el punto del elemento a coordinar son mayores a 120 milisegundos, las curvas de coordinación se pueden observar en el Anexo 3.

3.3.3 Coordinación de protecciones Alimentador Caracol

En la selección de fusibles se determinaron 28 ramales principales, en los cuales se seleccionaron los fusibles que se detallan en la Tabla 21, la ubicación de estos se la puede observar en el diagrama unifilar del alimentador que se muestra en la Figura 16.

Coordinación Fusible - Fusible aguas abajo									
Ramal	Protector (1)	Protegido (2)	Equipo	(1)	(2)	IF Max(A)	Tiempo Coordinación		Margen
							Tmax desp	Tmin fusión	
1F	9638	9647	Fusible	15K	40K	1081	0,0156	0,0558	28%
1F	9647	9656	Fusible	40K	80K	1807	0,0282	0,0379	74%
3F	Autolink_1		Seccionalizador	N/C		1701			
3F	Autolink_2		Seccionalizador	N/C		1225			
1F	Nuevo_2	36321	Fusible	8k	20K	279	0,0324	0,0886	37%
1F	10359	36321	Fusible	8K	20K	359	0,0233	0,053	44%
3F	36321	78950	Fusible	20K	40K	603,89	0,0452	0,0839	54%
1F	10249	78950	Fusible	15K	40K	444	0,0486	0,16	30%
1F	Nuevo_1	78950	Fusible	15K	40K	460	0,0455	0,1461	31%
3F	78950	74018	Fusible	40K	65K	747,1	0,0978	0,1586	62%
1F	10348	74018	Fusible	15K	65K	703	0,0256	0,1784	14%
1F	10345	74018	Fusible	15K	65K	713	0,0252	0,1731	15%
3F	74018	10344	Fusible	65K	100K	970,14	0,1518	0,229	66%
3F	10344	74017	Fusible	100K	140K	1003,91	0,3447	0,6885	50%
1F	10340	74017	Fusible	30K	140K	888	0,0532	1,725	3%
3F	Autolink_3		Seccionalizador	N/C		930			
3F	Autolink_4		Seccionalizador	N/C		862			

Tabla 31 Coordinación Fusible – Fusible Alimentador Caracol

En la Tabla 26 se observan las características de la coordinación fusible – fusible aguas abajo, se puede observar que solo están descritas 17 coordinaciones entre ellas se encuentran 4 seccionalizadores.

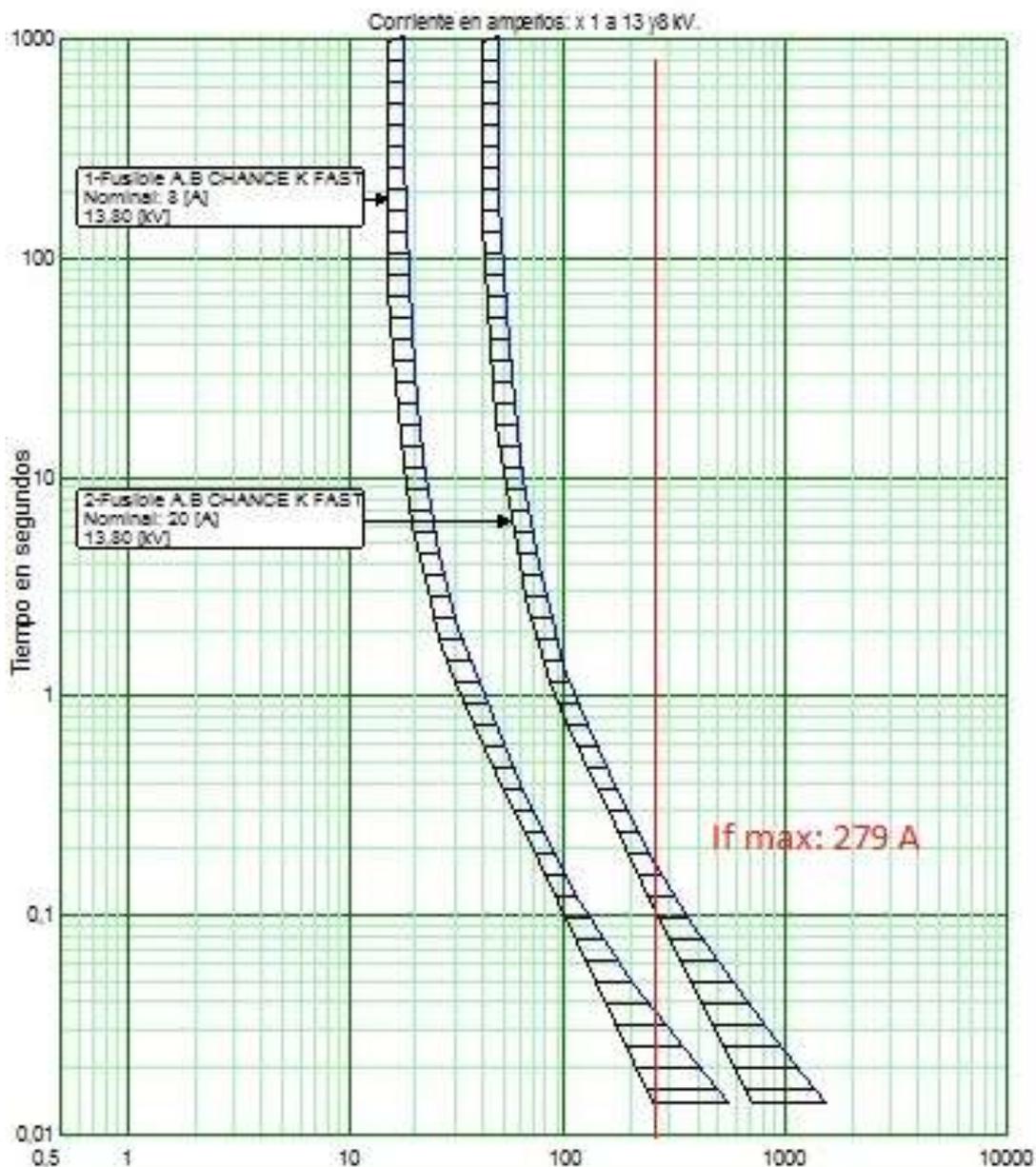


Figura 22 Ejemplo de coordinación fusible-fusible alimentador Caracol

$$T_{coord} = \frac{T_{\text{maximo de despeje}}}{T_{\text{minimo de fusion}}} = \frac{0,0324}{0,0886} = 0,37 < 0,75 \therefore \text{Si hay coordinacion}$$

En la figura se muestra la coordinación entre dos fusibles utilizando el software que CNEL EP UN LOS RIOS tiene como predeterminado, el resto de las curvas de coordinación se encuentran disponibles en el Anexo 4.

Coordinación reconectador –fusible

La coordinación del reconectador se realizó con el fusible de mayor capacidad existente en el alimentador, por ello se tuvo que cambiar la configuración del reconectador quedando de la siguiente manera:

CARACOL		
AJUSTES	Recloser Entec	Recloser Entec
	13.8KV	13.8KV
	Fase	Neutro
Tipo de Curva	IEC-VI	IEC-VI
Time Dial	0,2	0,3
Pick Up	300[Amp]	200[Amp]
Instaneo	3884	4254
Tiempo Instantáneo	Sin Retardo	Sin Retardo
RATIO CT's	(1000:01)	(1000:01)

Tabla 32 Ajustes del reconectador alimentador Caracol

Coordinación Reconectador - Fusibles aguas abajo									
ITEM	OID	Equipo	Fusible Seleccionado	IF max(A)	Fusible	Tiempo de Reconectador		Tiempo de Coordinación	
					Tmax desp	Fase	Neutro	Fase	Neutro
1F	9655	Fusible	30K	2230	0,0154	0,4618	0,4411	0,4464	0,4257
1F	9656	Fusible	80K	2226	0,0572	0,4627	0,4419	0,4055	0,3847
3F	67772	Fusible	20K	1287,2	0,0167	0,8632	0,7865	0,8465	0,7698
3F	74017	Fusible	140K	1170,9	0,7605	0,9737	0,8974	0,2132	0,1369
3F	9674	Fusible	30K	1117,6	0,0386	1,0331	0,9248	0,9945	0,8862
3F	9675	Fusible	30K	1115,9	0,0387	1,0352	0,9265	0,9965	0,8878
3F	9670	Fusible	20K	998,67	0,0229	1,2017	1,0562	1,1788	1,0333
1F	9672	Fusible	15K	763	0,023	1,7941	1,4817	1,7711	1,4587
1F	9642	Fusible	15K	728	0,0245	1,9351	1,5763	1,9106	1,5518
1F	68104	Fusible	15K	618	0,0304	2,5957	1,9816	2,5653	1,9512
1F	9748	Fusible	15K	515	0,0387	3,82	2,617	3,7813	2,5783

Tabla 33 Tiempo de coordinación reconectador-fusible alimentador Caracol

En la tabla 33 se muestran los tiempos de coordinación de los fusibles que se encuentran en la cabecera de cada ramal, se puede observar que los tiempos de coordinación entre las curvas reconectador-fusible en el punto del elemento a coordinar son mayores a 120 milisegundos, las curvas de coordinación se pueden observar en el Anexo 4.

3.4 Estudio de calidad y confiabilidad de los alimentadores.

Para realizar este estudio fue necesario conocer los índices de calidad y confiabilidad que se derivan a partir de las coordinaciones establecidas en las páginas anteriores.

El cálculo se lo realizó mediante una selección aleatoria de los fusibles seleccionados en cada alimentador simulando de esta manera una falla que haga actuar a cada punto de protección, la cantidad de fallas utilizada en determinar los índices en cada alimentador es la misma que las fallas producidas a lo largo del año en este nuestro caso en el alimentador Barreiro fueron 31 fallas, en El Salto fueron 25 fallas, mientras que en Caracol se produjeron 74 fallas. Al ser la selección aleatoria se tuvieron que tener en cuenta ciertas restricciones, una de ellas es que las fallas que se produjeran a lo largo de la troncal de cada alimentador no superen de dos fallas al año.

El tiempo que se utilizó como referencia de la duración de las desconexiones fue realizada también de manera aleatoria entre 30 y 90 minutos, este dato fue proporcionado por CNEL EP UN LOS RIOS.

Al haber obtenido los datos de manera aleatoria se realizaron varios cálculos en una hoja de Excel con los cuales se realizó un promedio para así poder obtener valores mucho más reales, a continuación se presentaran las tablas con los resultados de cada alimentador con sus valores reales y nuevos calculados.

	FMIK	TTIK	ASIFI	ASIDI
NUEVO	3,5	2,2	1,9	2,2
ANTERIOR	8,25	7,19	4,45	2,92

Tabla 34 Comparación de índices actuales y nuevos del alimentador El Salto

	FMIK	TTIK	ASIFI	ASIDI
NUEVO	4,25	3,43	1,57	3,42
ANTERIOR	9,25	7,63	7,78	3,94

Tabla 35 Comparación de índices actuales y nuevos del alimentador Barreiro

	FMIK	TTIK	ASIFI	ASIDI
NUEVO	2,89	6,46	9,93	6,46
ANTERIOR	9,25	7,63	10,16	7,54

Tabla 36 Comparación de índices actuales y nuevos del alimentador Caracol

En las tablas se observan cómo han mejorado los índices de calidad y confiabilidad del sistema utilizando la coordinación existente, las tablas completas con los respectivos cálculos de los índices se encuentran en el Anexo a las cuales puede acceder para una revisión más minuciosa.

CONCLUSIONES.

El utilizar una interface para cargar la información del GIS al CYMDIST, fue de mucha utilidad para agilizar el trabajo, con esto se pudo efectuar el análisis de flujo de potencia, cortocircuito para el ajuste de protecciones, con el software se seleccionaron los fusibles y así proceder a realizar el estudio de coordinación de protecciones en la S/E Nelson Mera.

Mediante este proyecto se analiza la opción de instalar seccionalizadores en alimentadores de media tensión con la finalidad de garantizar la continuidad del suministro eléctrico en el sistema, aumentando la calidad del servicio eléctrico FMMIK y TTIK y a su vez se mejora la imagen de la empresa Distribuidora.

Como conclusión final se puede afirmar que un correcto levantamiento de la información de los alimentadores es sumamente importante para realizar estudios eléctricos en los diferentes alimentadores de la unidad de negocio.

RECOMENDACIONES.

- Instalación de seccionalizadores autolink en los arranques de los ramales importantes de las alimentadoras para protección a lo largo del Alimentador.
- Se debe realizar los respectivos ajustes de protección en el reconector de cabecera de tomando en cuenta los valores obtenidos en este estudio, para garantizar la selectividad entre los elementos del sistema en condiciones de falla, además de un levantamiento de información de los fusibles instalados en a lo largo del alimentador para así tener información real de lo que se encuentra en campo.

Bibliografía

- [1] ABB. (2016). *ABB Autolink*. Argentina: FACOEL.
- [2] ARIAN. (2015). *ESLABÓN FUSIBLE UNIVERSAL*. Mexico.
- [3] Castaño, S. R. (2003). *Protección de Sistemas Eléctricos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- [4] ENTEC. (2014). *RECONNECTADOR ENTEC ETR300R*. MEXICO.
- [5] IEEE. (2005). C37.60. High voltage switchgear and controlgear-Overhead, pad-mounted, dry vault, and submersible automatic circuit reclosers and fault interrupters for alternating current systems up to 38 kV.
- [6] IEEE Std 1366,(2001). Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices.
- [7] McGraw-Edison Company, Manual Overcurrent Protection for Distribution System, Power System Division.
- [8] John J. Grainger, *Sistemas de Potencia Análisis y Diseño*, Tercera Edición.
- [9] C. Russell Mason. (1982). *Arte y la ciencia de la protección por relevadores*.

ANEXOS

Anexo 1 Detalles de fusibles por alimentador

OID	CODIGO ESTRUCTURA	FASE CONEXIÓN	VOLTAJE	USUARIOS	# TRAFOS	KVA INST	OBS
9767	1S100T	C	7.96 kV	29	10	217,5	
9763	1S100T	C	7.96 kV	67	2	80	
9766	1S100T	C	7.96 kV	1	1	25	
9768	1S100T	C	7.96 kV	1	2	40	
9770	1S100T	C	7.96 kV	12	1	15	
9771	1S100T	C	7.96 kV	9	4	112,5	
9784	1S100T	C	7.96 kV	326	7	350	
9785	1S100T	C	7.96 kV	113	2	100	Parque
9790	1S100T	A	7.96 kV	95	2	100	
9795	1S100T	A	7.96 kV	271	5	300	
9800	1S100T	B	7.96 kV	10	2	35	

Tabla 2 1 Fusibles en los ramales monofásicos Alim El Salto

OID	CODIGO ESTRUCTURA	FASE CONEXION	VOLTAJE	USUARIOS	# TRAFOS	KVA INST	OBS
9781	3S100T	ABC	13.8 kV	3	2	375	
78946	3S100T	ABC	13.8 kV	1112	26	1190	
78945	3S100T	ABC	13.8 kV	1420	36	1902,5	

Tabla 2 2 Fusibles en los ramales trifásicos Alim El Salto

OID	CODIGO ESTRUCTURA	FASE CONEXIÓN	VOLTAJE	USUARIOS	# TRAFOS	KVA INST	OBS
9822	1S100T	C	7.96 kV	28	6	105	
9825	1S100T	C	7.96 kV	0	1	10	
9826	1S100T	C	7.96 kV	5	1	15	
9836	1S100T	A	7.96 kV	-	-	-	
9846	1S100T	C	7.96 kV	101	10	392,5	
38338	1S100T	C	7.96 kV	1	1	37,5	PARQUE
49714	1S100T	C	7.96 kV	573	23	830	
49716	1S100T	C	7.96 kV	29	2	100	

Tabla 2 3 Fusibles en los ramales monofásicos Alim Barreiro

OID	CODIGO ESTRUCTURA	FASE CONEXION	VOLTAJE	USUARIOS	# TRAFOS	KVA INST	OBS
9852	3S100T	ABC	13.8 kV	1	1	150	
9839	3S100T	ABC	13.8 kV	301	14	565	

Tabla 2 4 Fusibles en los ramales trifásicos Alim Barreiro

OID	CODIGO ESTRUCTURA	FASE CONEXIÓN	VOLTAJE	USUARIOS	# TRAFOS	KVA INST	OBS
9679	2S100T	AC	13.8 kV	60	11	170	
9680	2S100T	AC	13.8 kV	12	2	60	
9725	2S100T	AC	13.8 kV	174	27	705	
10367	1S100T	BC	13.8 kV	1	1	35	DELTA ABIERTO

Tabla 2 5 Fusibles en los ramales bifásicos Alim Caracol

OID	CODIGO ESTRUCTURA	FASE CONEXION	VOLTAJE	USUARIOS	# TRAFOS	KVA INST	OBS
9657	3S100T	ABC	13.8 kV	2856	389	10598	
9673	3S100T	ABC	13.8 kV	0	1	150	
9674	3S100T	ABC	13.8 kV	6	23	1695	
9675	3S100T	ABC	13.8 kV	2	2	315	
9676	3S100T	ABC	13.8 kV	1	1	15	
10344	3S100T	ABC	13.8 kV	1352	161	3102,5	
36321	3S100T	ABC	13.8 kV	284	50	872,5	
67772	3S100T	ABC	13.8 kV	2	2	110	
68086	3S100T	ABC	13.8 kV	0	2	100	
68095	3S100T	ABC	13.8 kV	0	2	125	
68097	3S100T	ABC	13.8 kV	0	6	1050	
68098	3S100T	ABC	13.8 kV	0	1	300	
68100	3S100T	ABC	13.8 kV	0	1	300	
74018	3S100T	ABC	13.8 kV	1352	160	30775	
78950	3S100T	ABC	13.8 kV				
9657	3S100T	ABC	13.8 kV	2856	389	10598	
74017	3S100T	ABC	13.8 kV	1444	170	3362,5	
9673	3S100T	ABC	13.8 kV				
9675	3S100T	ABC	13.8 kV	2	2	315	
9670	3S100T	ABC	13.8 kV	1	1	15	

Tabla 2 6 Fusibles en los ramales trifásicos Alim Caracol

OID	CODIGO ESTRUCTURA	FASE CONEXION	VOLTAJE	USUARIOS	# TRAFOS	KVA INST	OBS
8852	1S100T	B	7.96 kV	1	1	15	
8856	1S100T	A	7.96 kV	1	1	25	
9637	1S100T	B	7.96 kV	1	1	10	
9638	1S100T	B	7.96 kV	34	2	40	
9641	1S100T	C	7.96 kV	1	1	10	
9642	1S100T	C	7.96 kV	2	2	35	
9643	1S100T	B	7.96 kV	2	1	50	
9645	1S100T	B	7.96 kV	25	2	35	
9646	1S100T	C	7.96 kV	5	1	10	
9647	1S100T	B	7.96 kV	40	6	90	
9649	1S100T	A	7.96 kV	1	1	10	

Tabla 2 7 1 Fusibles en los ramales monofásicos Alim Caracol

OID	CODIGO ESTRUCTURA	FASE CONEXION	VOLTAJE	USUARIOS	# TRAFOS	KVA INST	OBS
9654	1S100T	C	7.96 kV	1	1	10	
9655	1S100T	A	7.96 kV	25	1	15	
9656	1S100T	B	7.96 kV	47	8	110	
9665	1S100T	A	7.96 kV	6	1	15	
9698	1S100T	C	7.96 kV	5	1	10	
9700	1S100T	C	7.96 kV	9	2	35	
9720	1S100T	A	7.96 kV	15	3	65	
9726	1S100T	A	7.96 kV	7	2	40	
9727	1S100T	A	7.96 kV	1	1	25	
9734	1S100T	B	7.96 kV	1	1	15	
9740	1S100T	C	7.96 kV	1	1	50	
9746	1S100T	B	7.96 kV	25	1	25	
9747	1S100T	B	7.96 kV	1	1	10	
9748	1S100T	B	7.96 kV	13	1	15	
10239	1S100T	B	7.96 kV	29	2	50	
10240	1S100T	B	7.96 kV	1	1	25	
10242	1S100T	A	7.96 kV	1	1	25	
10249	1S100T	B	7.96 kV	127	5	200	
10250	1S100T	B	7.96 kV	1	1	25	
10255	1S100T	B	7.96 kV	3	1	15	
10256	1S100T	A	7.96 kV	9	2	25	
10262	1S100T	C	7.96 kV	14	2	75	
10264	1S100T	C	7.96 kV	8	2	35	

Tabla 2 8 2 Fusibles en los ramales monofásicos Alim Caracol

OID	CODIGO ESTRUCTURA	FASE CONEXION	VOLTAJE	USUARIOS	# TRAFOS	KVA INST	OBS
10296	1S100T	B	7.96 kV	3	1	15	
10301	1S100T	C	7.96 kV	1	1	15	
10315	1S100T	C	7.96 kV	16	3	50	
10331	1S100T	C	7.96 kV	9	1	25	
10333	1S100T	B	7.96 kV	29	3	65	
10335	1S100T	B	7.96 kV	74	8	140	
10340	1S100T	C	7.96 kV	45	3	97,5	
10343	1S100T	A	7.96 kV	5	1	25	
10345	1S100T	C	7.96 kV	44	14	160	
10346	1S100T	C	7.96 kV	44	13	145	
10348	1S100T	C	7.96 kV	2	3	55	
10349	1S100T	C	7.96 kV	3	1	25	
10354	1S100T	A	7.96 kV	310	13	365	
10355	1S100T	B	7.96 kV	5	1	15	

Tabla 2 9 Fusibles en los ramales monofásicos Alim Caracol

OID	CODIGO ESTRUCTURA	FASE CONEXION	VOLTAJE	USUARIOS	# TRAFOS	KVA INST	OBS
10356	1S100T	B	7.96 kV	48	1	25	
10357	1S100T	B	7.96 kV	1	1	15	
10359	1S100T	B	7.96 kV	128	16	275	
10360	1S100T	B	7.96 kV	1	1	10	
10361	1S100T	B	7.96 kV	2	3	55	
10363	1S100T	B	7.96 kV	0	1	25	
10364	1S100T	B	7.96 kV	1	1	10	
10365	1S100T	B	7.96 kV	23	7	70	
10366	1S100T	B	7.96 kV	1	1	10	
10368	1S100T	B	7.96 kV	0	1	15	
28017	1S100T	C	7.96 kV	1	1	25	
58777	1S100T	C	7.96 kV	6	1	25	
63314	1S100T	C	7.96 kV	13	1	37,5	
68101	1S100T	B	7.96 kV	0	1	15	
68104	1S100T	B	7.96 kV	1	2	50	
68108	1S100T	C	7.96 kV	26	1	25	
69379	1S100T	B	7.96 kV	44	2	100	
74019	1S100T	C	7.96 kV	1	1	10	
74020	1S100T	B	7.96 kV	3	1	25	
74021	1S100T	B	7.96 kV	6	1	25	

Tabla 2 10 3 Fusibles en los ramales monofásicos Alim Caracol

Anexo 2 Graficas de coordinación alimentador Barreiro

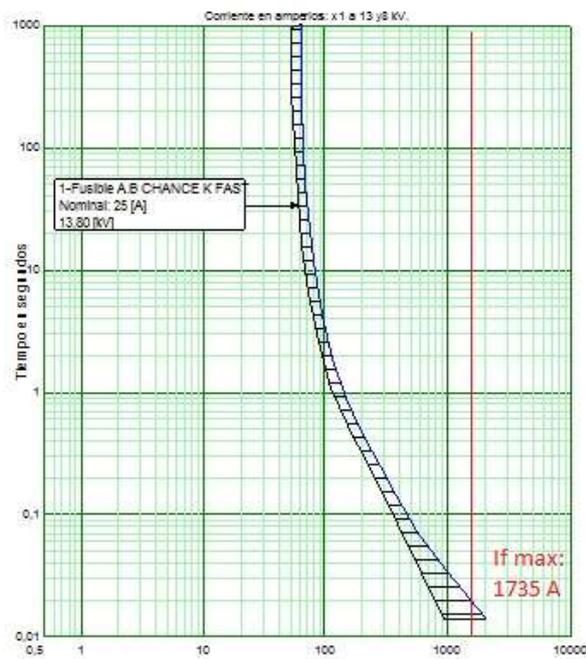


Figura 23. Coordinación fusible 9825 - 25 k

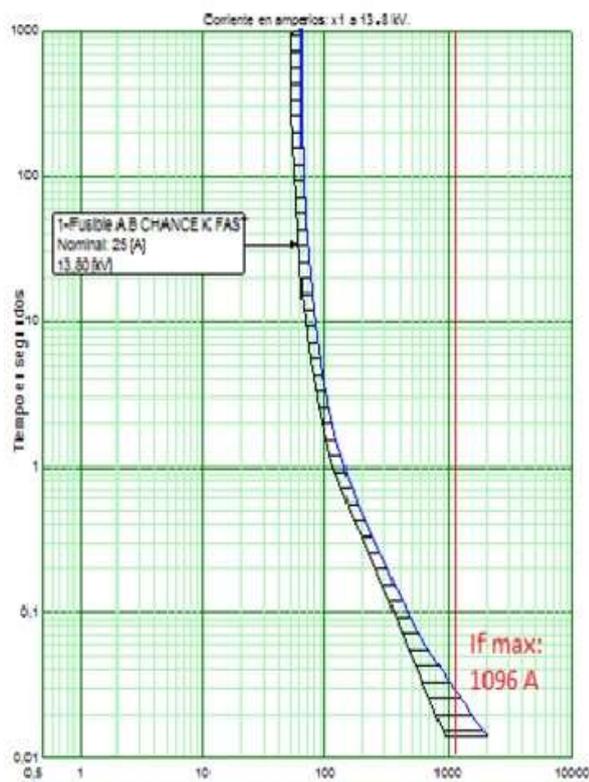


Figura 24. Coordinación fusible 9826 - 25 k

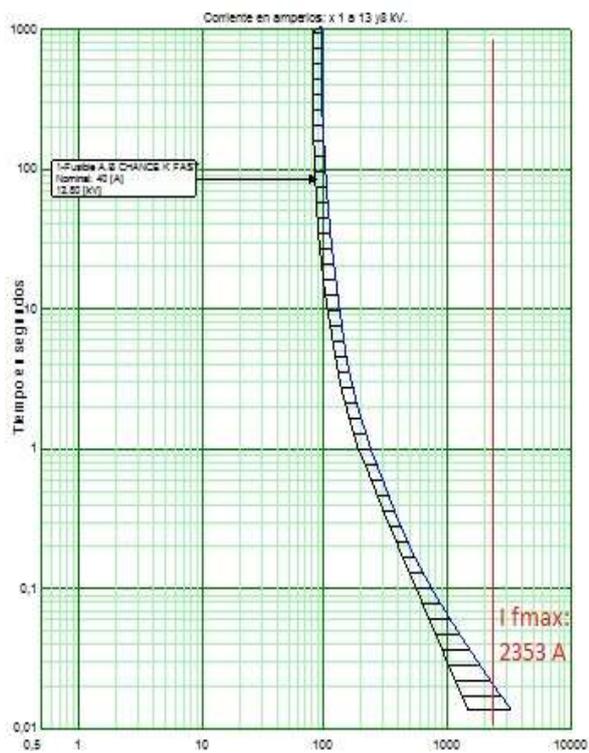


Figura 25. Coordinación fusible 9839 - 40 k

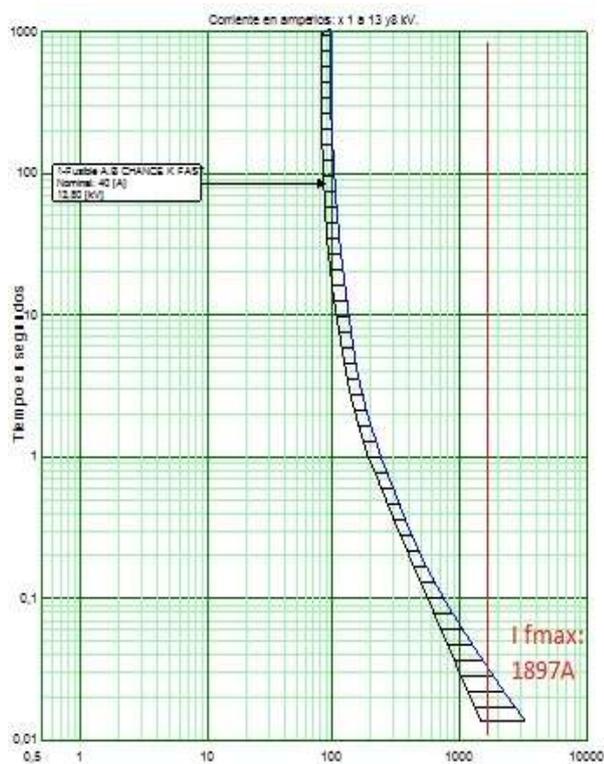


Figura 26. Coordinación fusible 9846 - 40 k

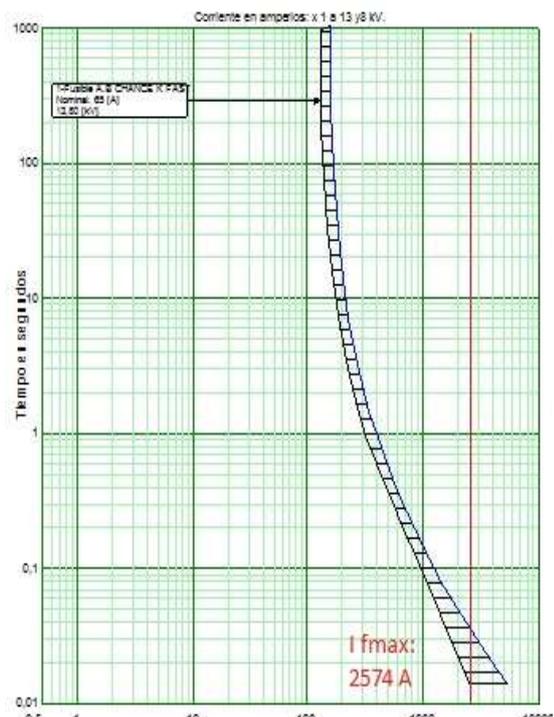


Figura 27. Coordinación fusible 49716 - 65 k

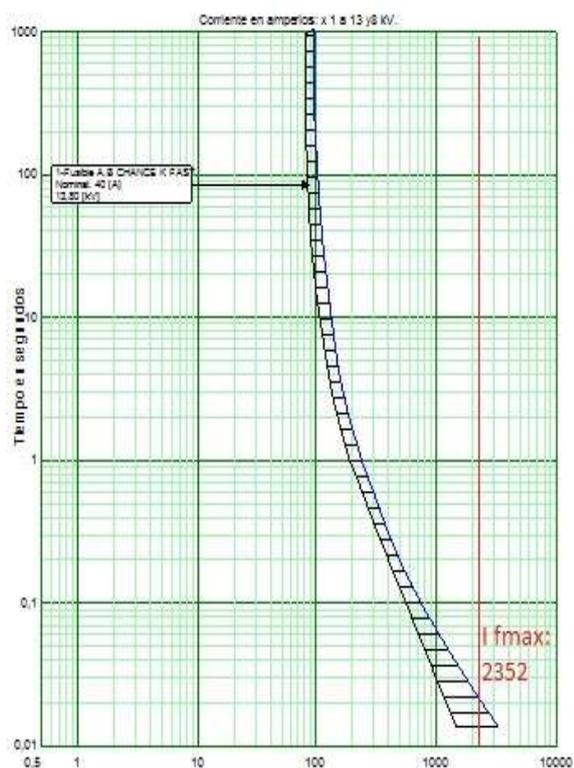


Figura 28. Coordinación fusible nuevo 1 - 40 k

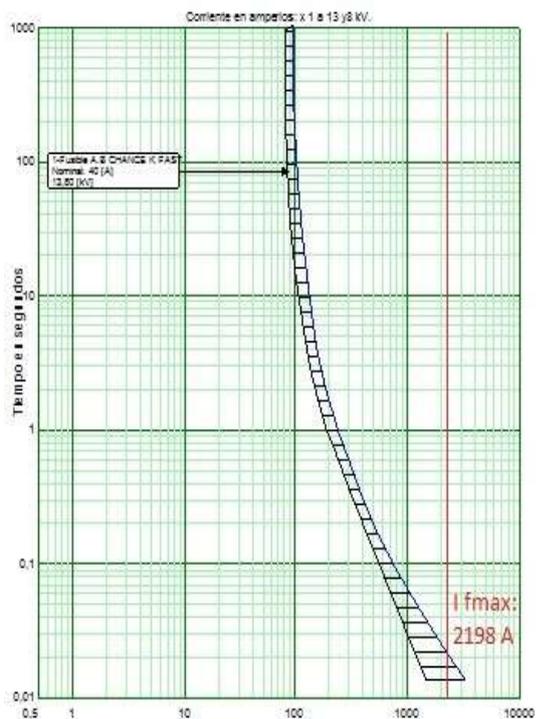


Figura 29. Coordinación fusible nuevo 2 - 40 k

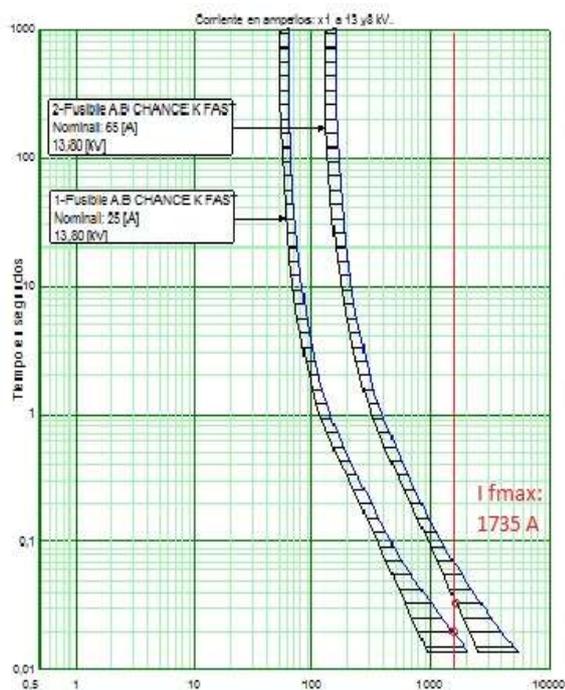


Figura 30. Coordinación entre fusibles 9822 - 65 k y 9825 - 25k

$$T_{coord} = \frac{T_{\text{maximo de despeje}}}{T_{\text{minimo de fusion}}} = \frac{0,0165}{0,029} = 0,56 < 0,75 \therefore \text{Si hay coordinacion}$$

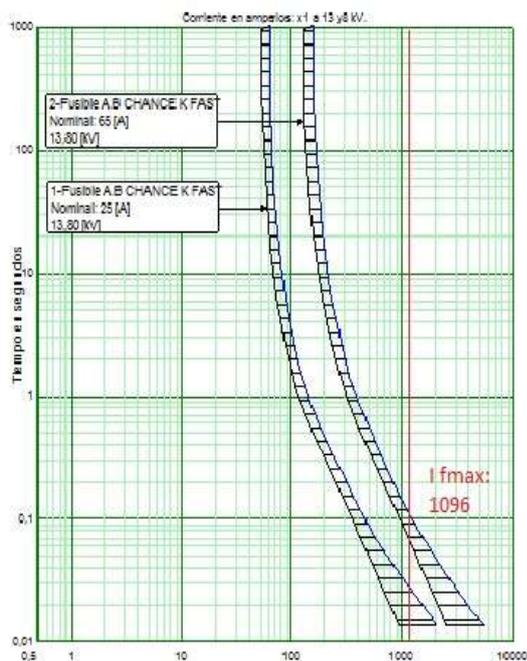


Figura 31. Coordinación entre fusibles 9822 - 65 k y 9826 - 25k

$$T_{coord} = \frac{T_{\text{maximo de despeje}}}{T_{\text{minimo de fusion}}} = \frac{0,0287}{0,074} = 0,38 < 0,75 \therefore \text{Si hay coordinacion}$$

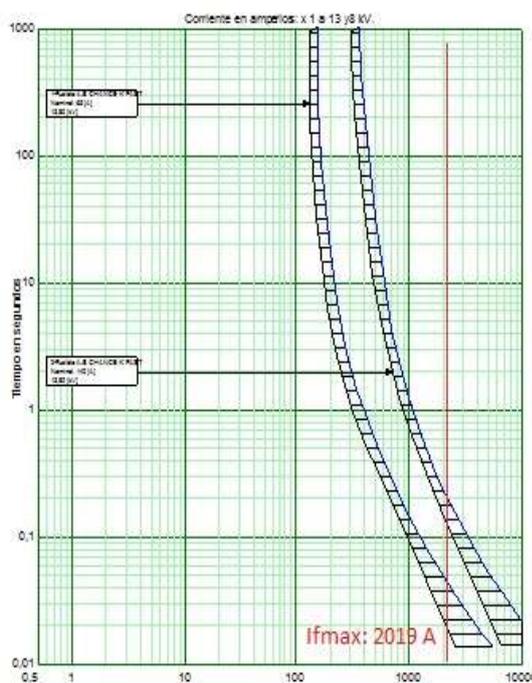


Figura 32. Coordinación entre fusibles 49714 - 140 k y 9822 - 65k

$$T_{coord} = \frac{T_{\text{maximo de despeje}}}{T_{\text{minimo de fusion}}} = \frac{0,0476}{0,1486} = 0,32 < 0,75 \therefore \text{Si hay coordinacion}$$

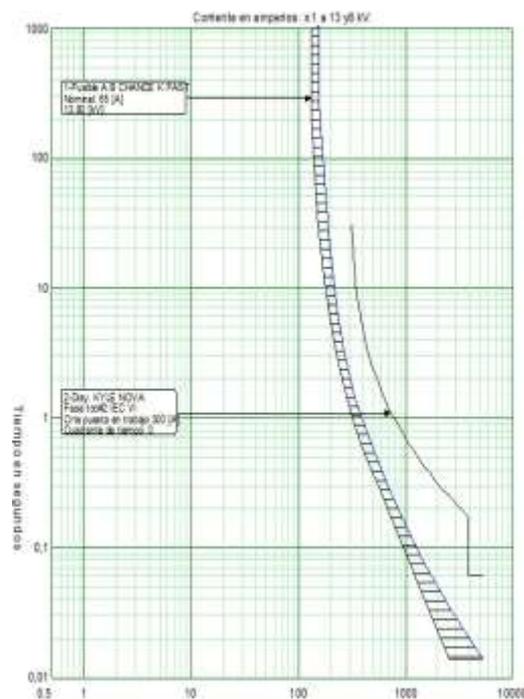


Figura 33. Coordinación de Fase Reconector - Fusible 49716-65K.

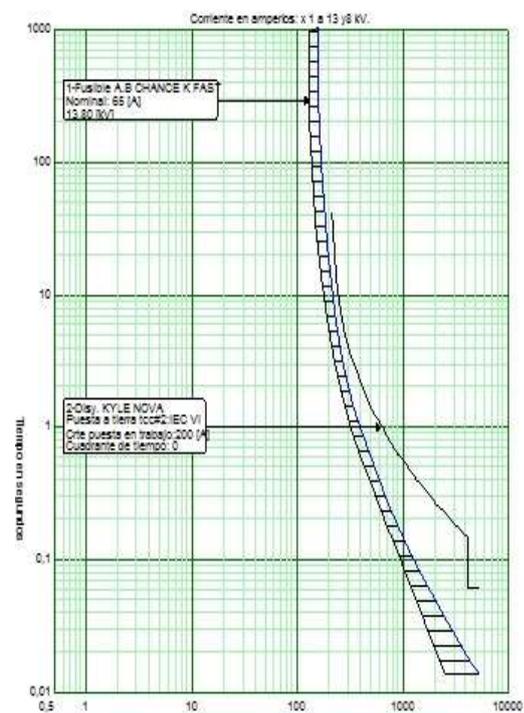


Figura 34. Coordinación de tierra Reconector - Fusible 49716-65K.

Anexo 3 Graficas de coordinación Alimentador El Salto

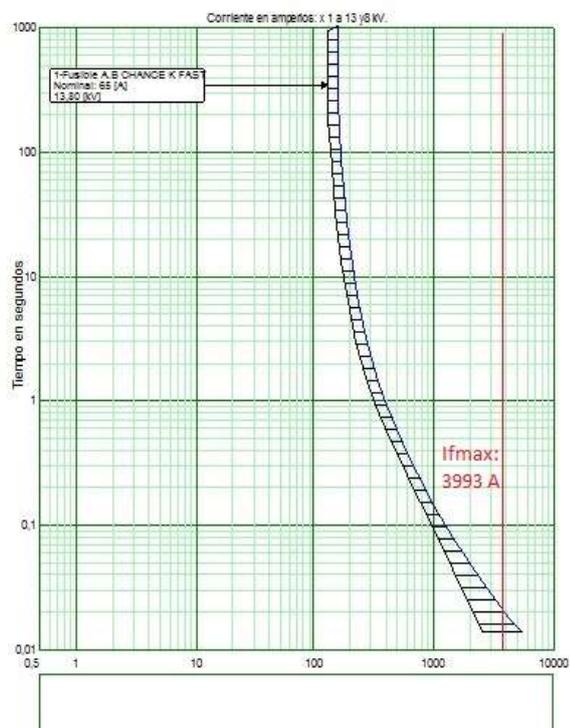


Figura 35 Coordinación fusible 9763-65k

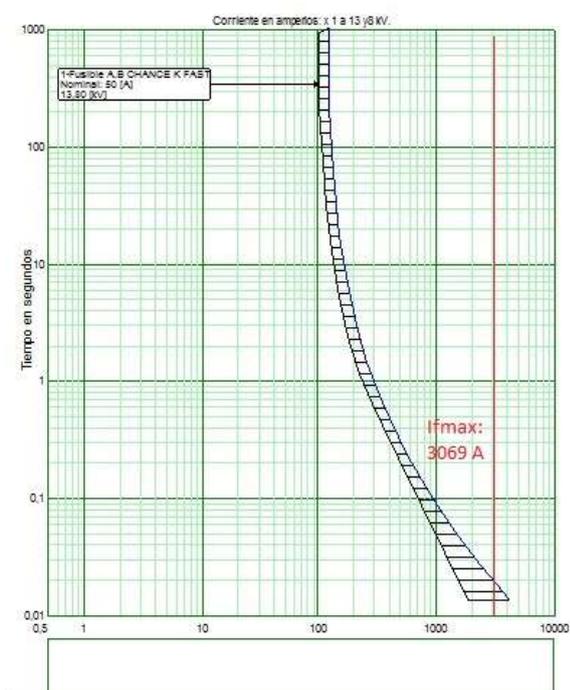


Figura 36 Coordinación fusible 9766-50k.

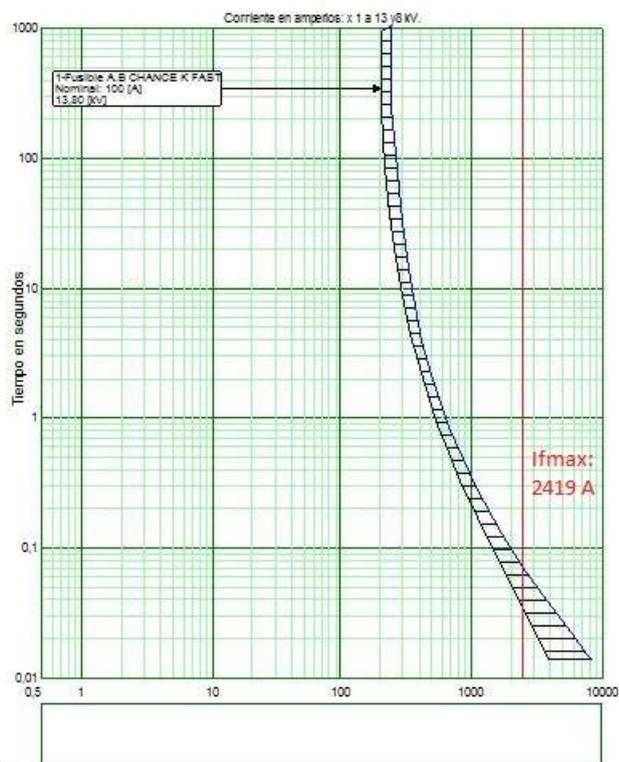


Figura 37 Coordinación fusible 9768-100k.

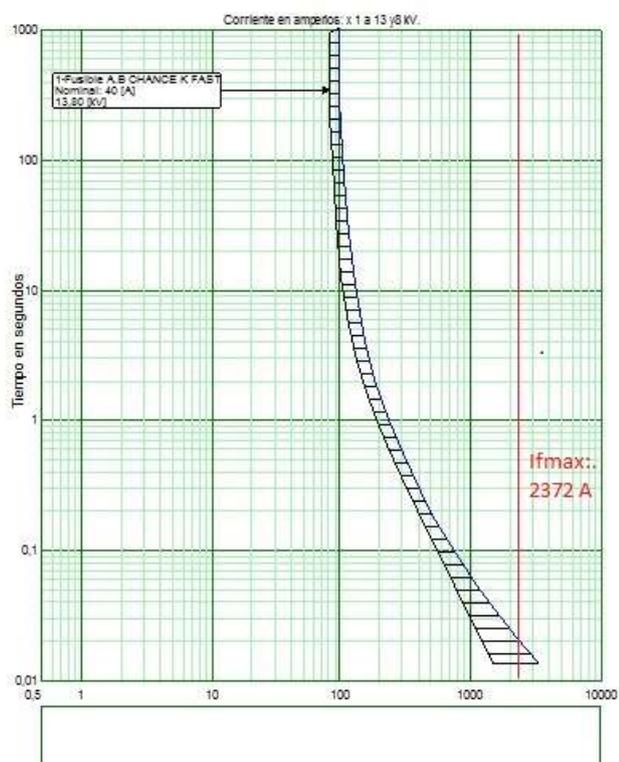


Figura 38 Coordinación fusible 9769-40k.

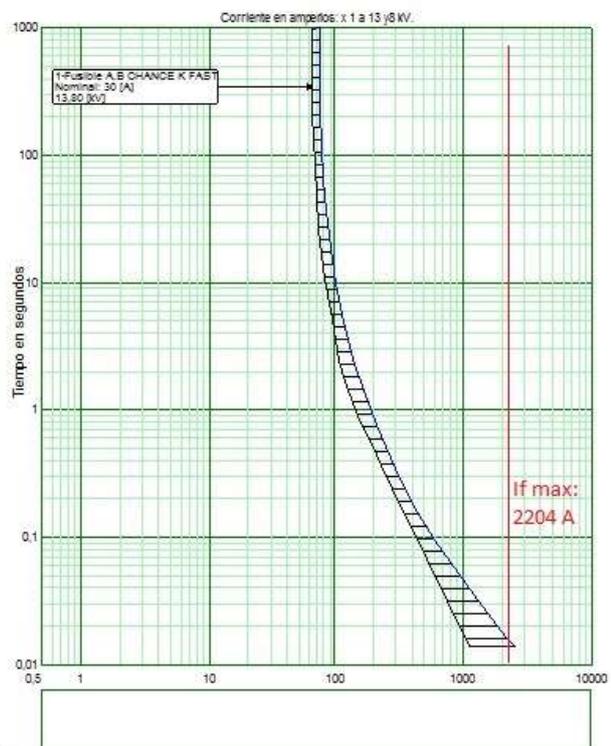


Figura 39 Coordinación fusible 9770-30k.

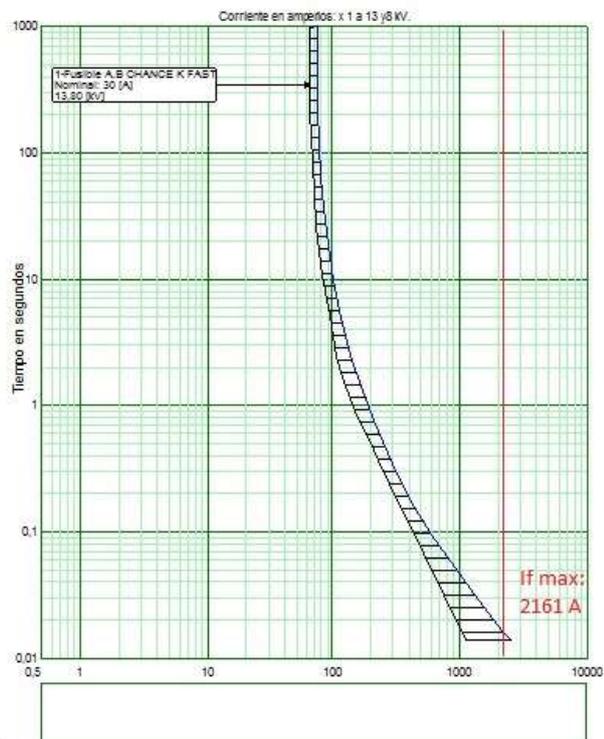


Figura 40 Coordinación fusible 9771-30k.

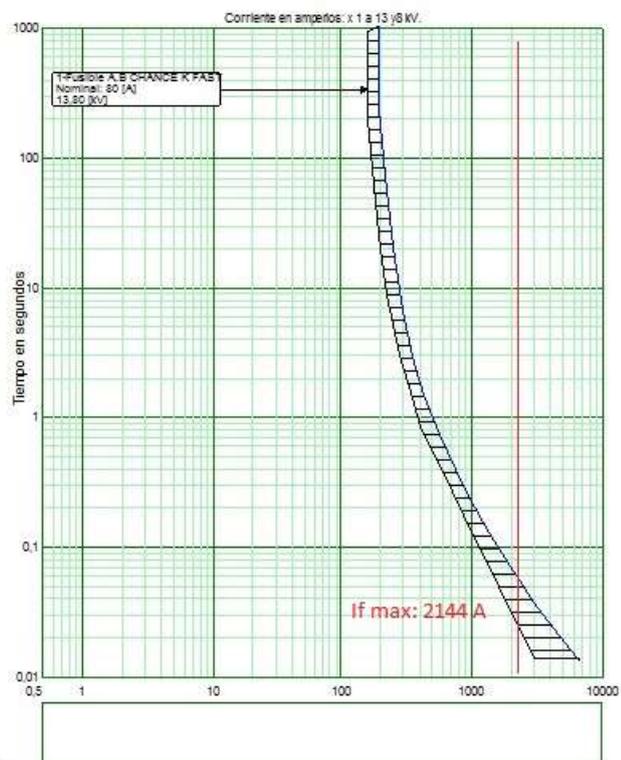


Figura 41 Coordinación fusible 9784-80k.

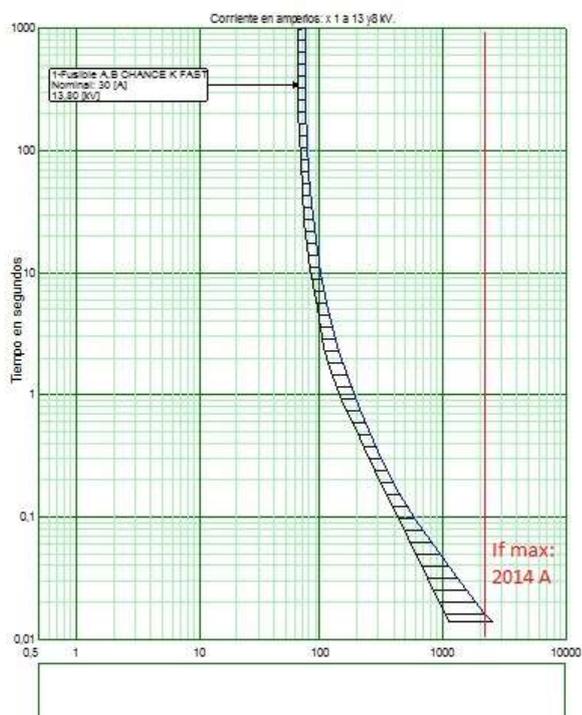


Figura 42 Coordinación fusible 9785-30k.

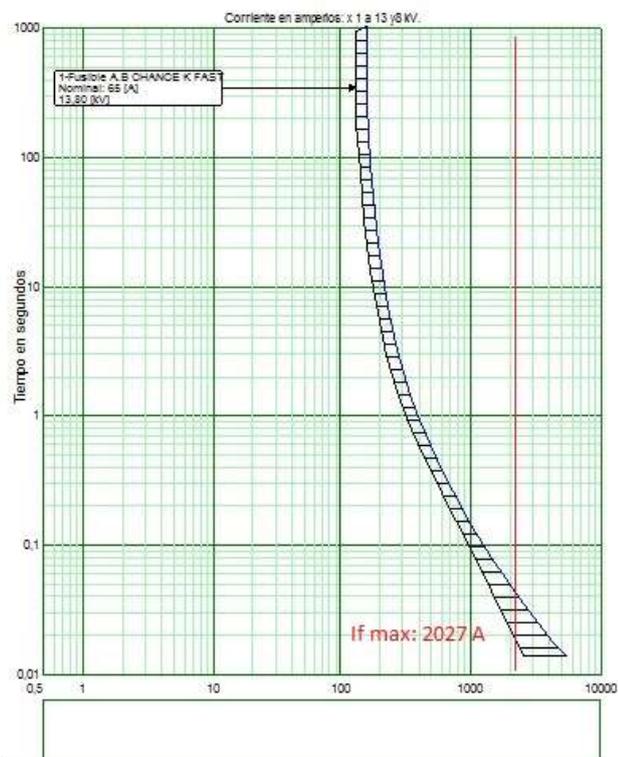


Figura 43 Coordinación fusible 9789-65k.

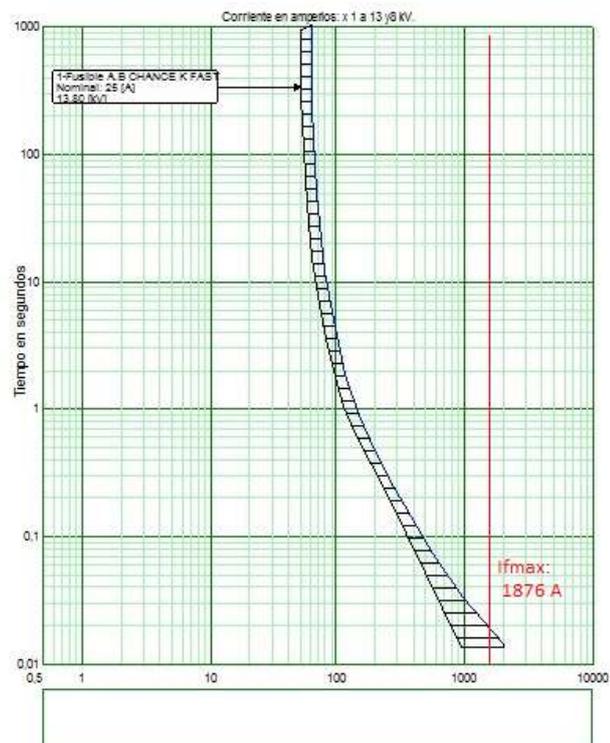


Figura 44 Coordinación fusible 9790-25k.

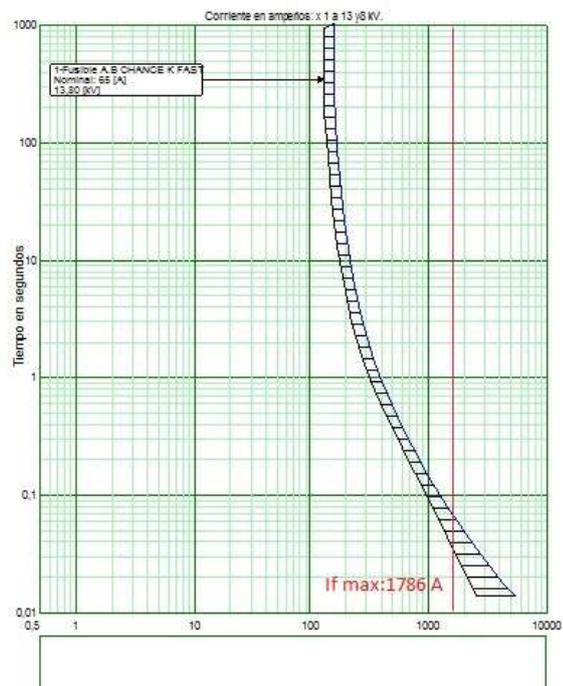


Figura 45 Coordinación fusible 9795-65k.

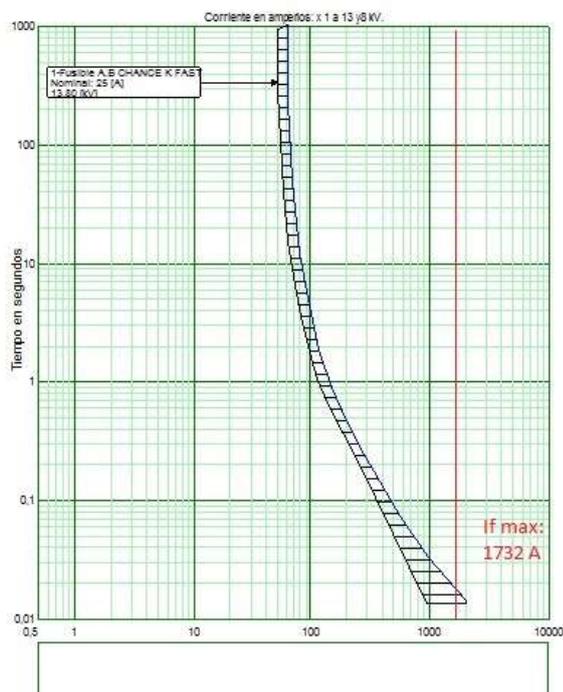


Figura 46 Coordinación fusible 9796-25k.

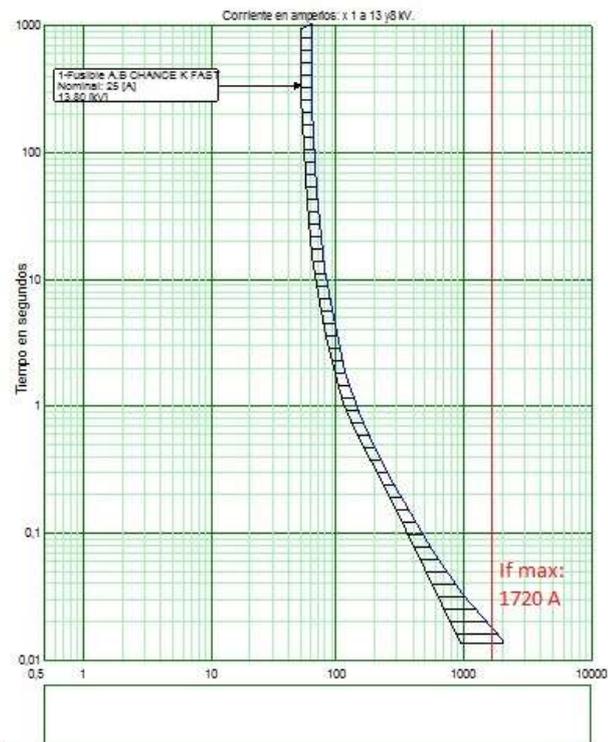


Figura 47 Coordinación fusible 9797-25k.

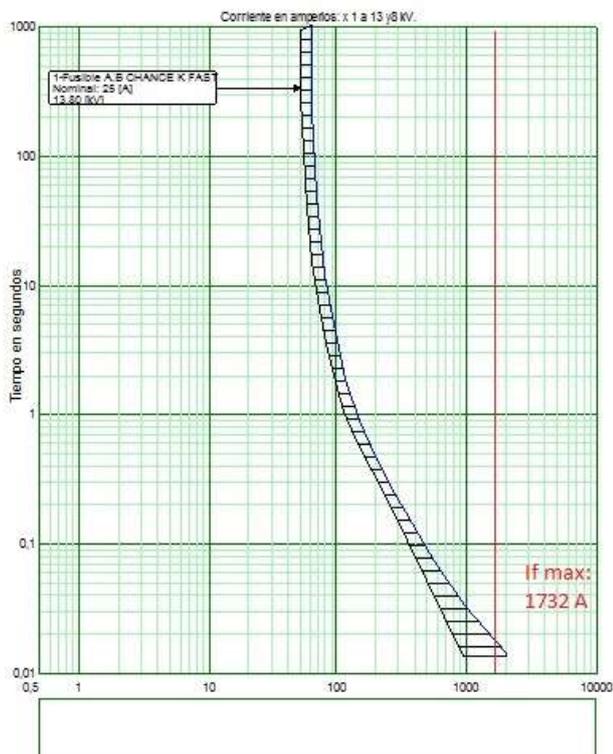


Figura 48 Coordinación fusible 9800-25k.

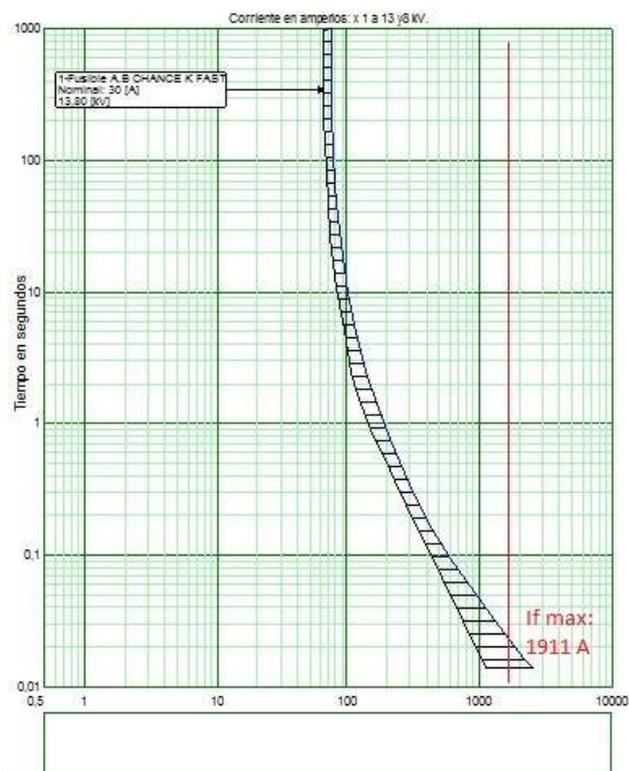


Figura 49 Coordinación fusible 9800-25k.

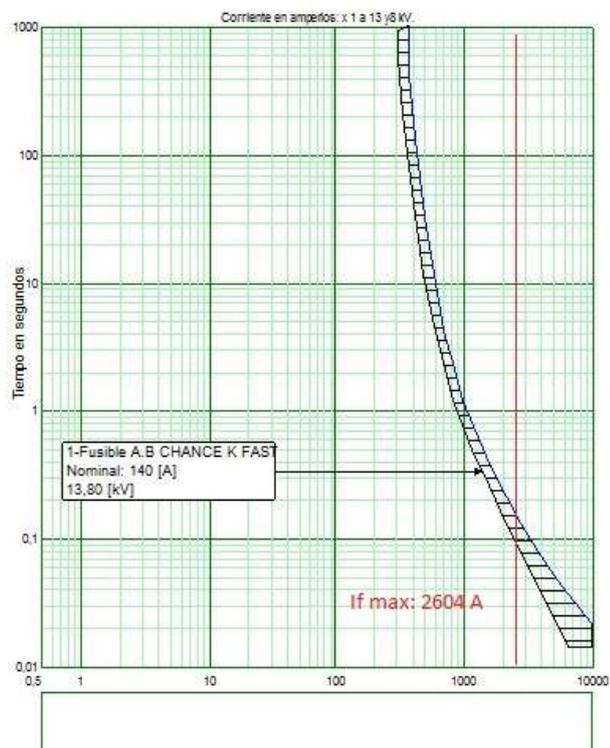


Figura 50 Coordinación fusible 78946-140k.

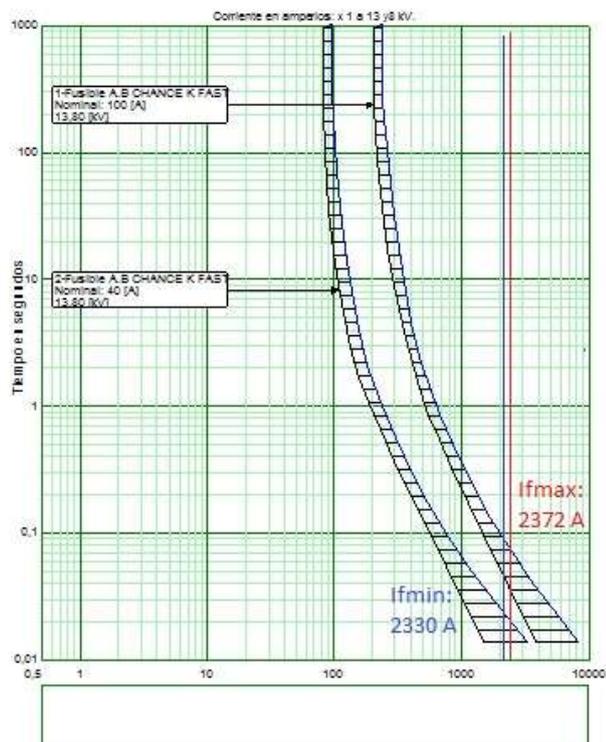


Figura 51 Coordinación entre fusibles 9768-100k y 9769-40k.

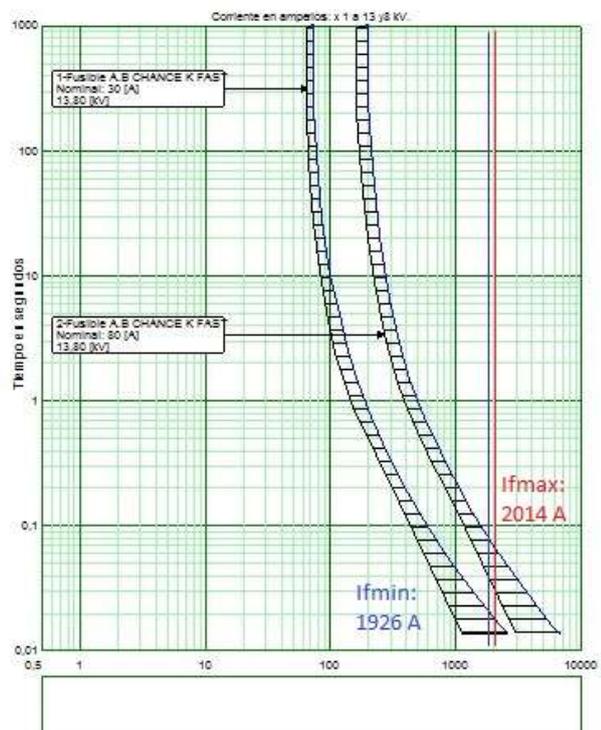


Figura 52 Coordinación entre fusibles 9784-80k y 9785-30k.

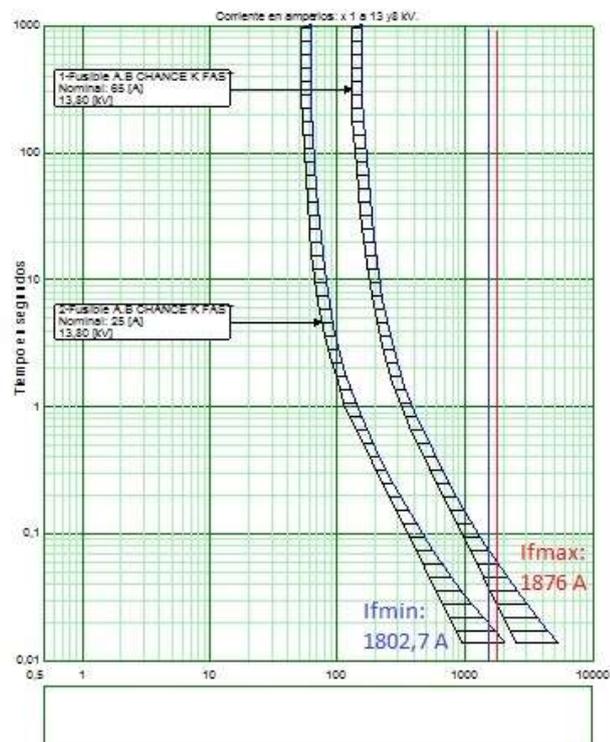


Figura 53 Coordinación entre fusibles 9789-65k y 9790-25k.

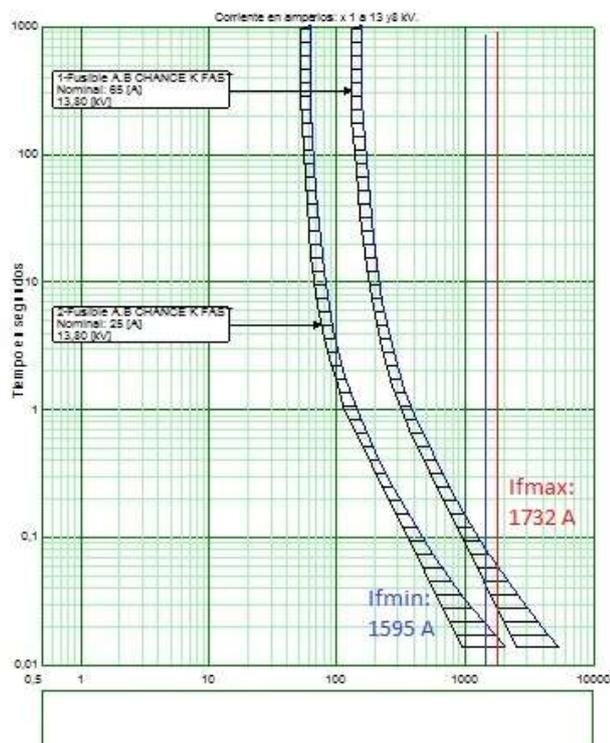


Figura 54 Coordinación entre fusibles 9795-65k y 9796-25k.

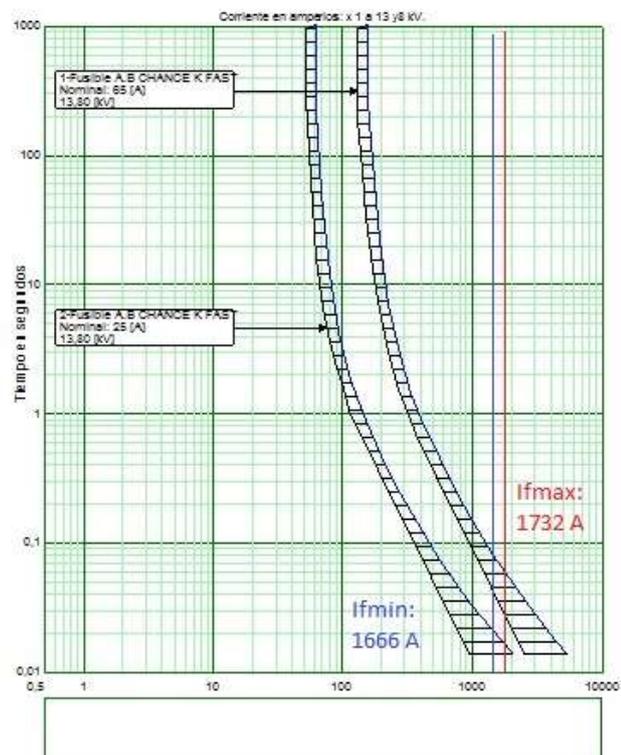


Figura 55 Coordinación entre fusibles 9795-65k y 9797-25k.

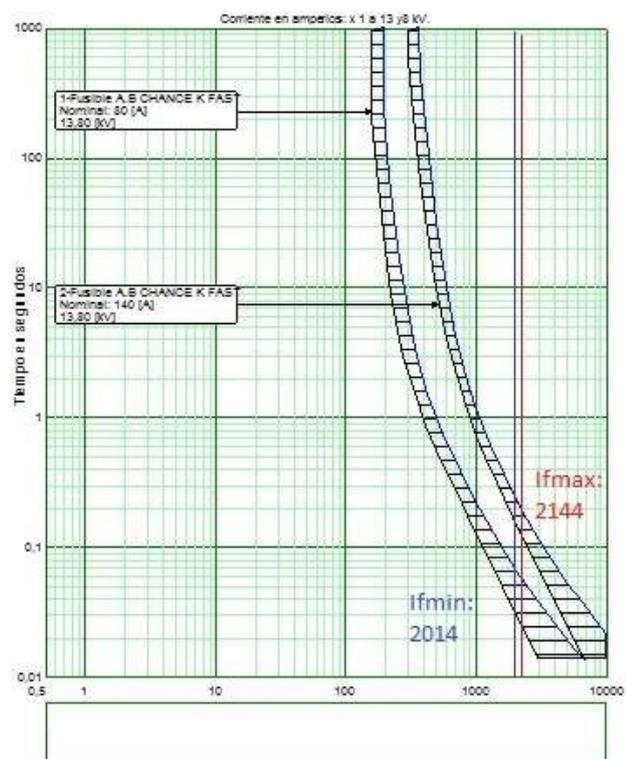


Figura 56 Coordinación entre fusibles 78946-140k y 9784-80k.

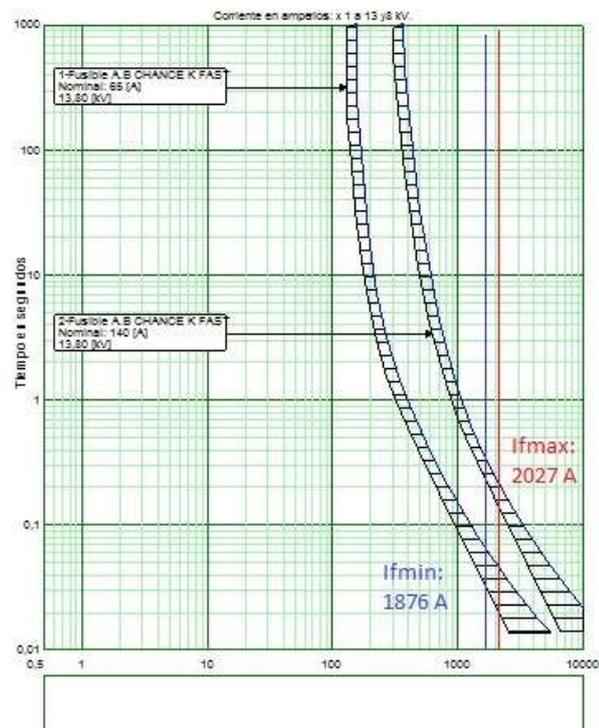


Figura 57 Coordinación entre fusibles 78946-140k y 9789-65k.

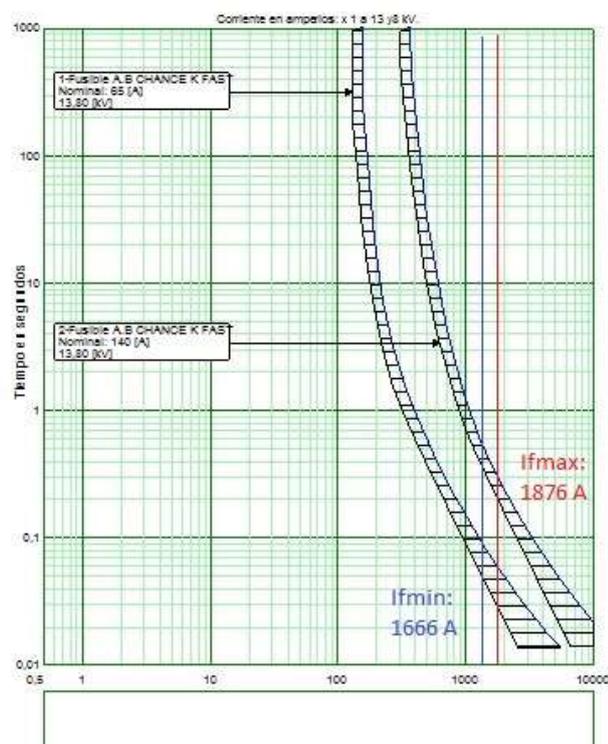


Figura 58 Coordinación entre fusibles 78946-140k y 9795-65k.

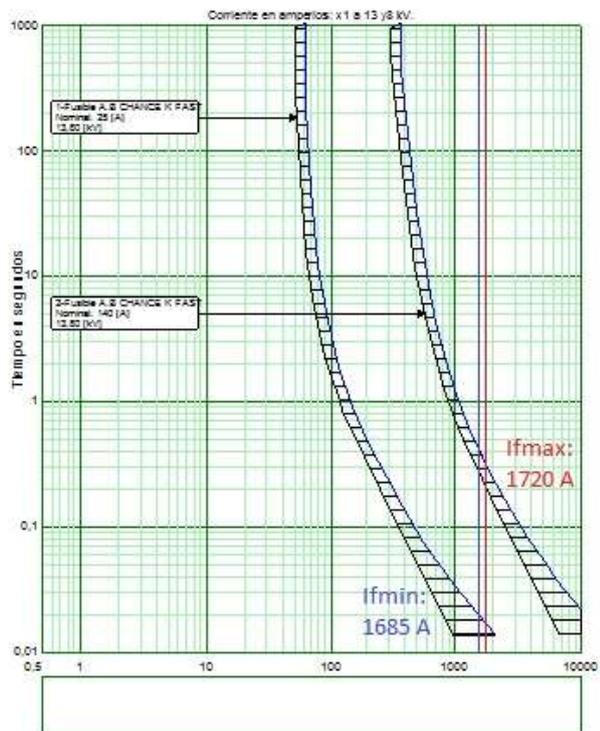


Figura 59 Coordinación entre fusibles 78946-140k y 9800-25k.

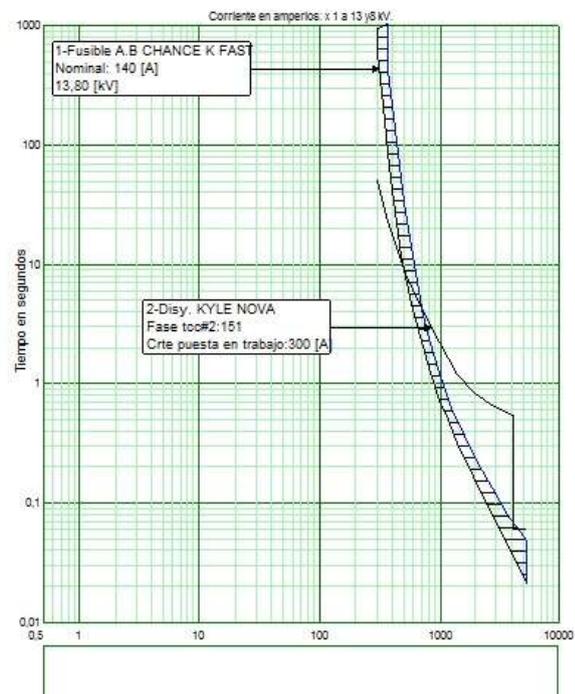


Figura 60 Coordinación de Fase Reconector - Fusible 78946-140K.

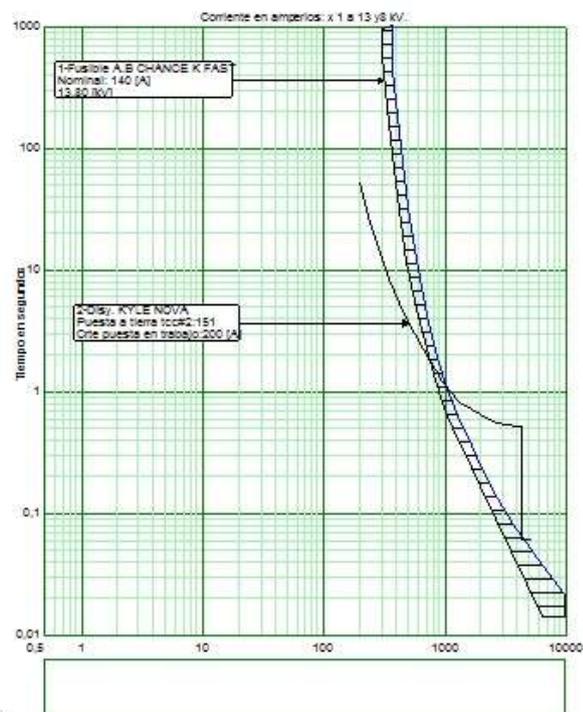


Figura 61 Coordinación de Tierra Reconector - Fusible 78946-140K.

Anexo 4 Graficas de coordinación Alimentador Caracol

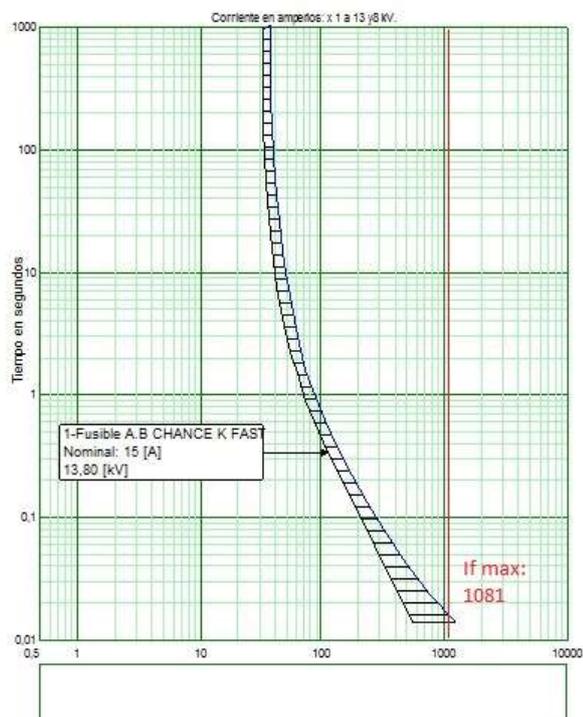


Figura 62 Coordinación fusible 9638-15k.

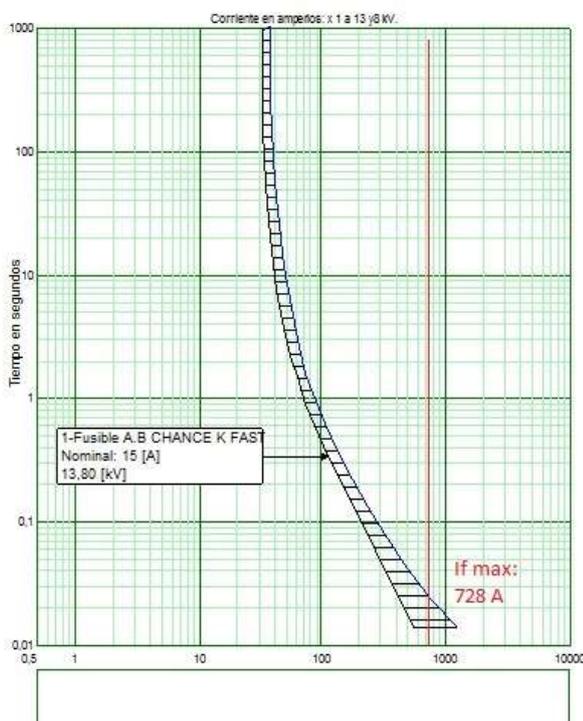


Figura 63 Coordinación fusible 9642-15k.

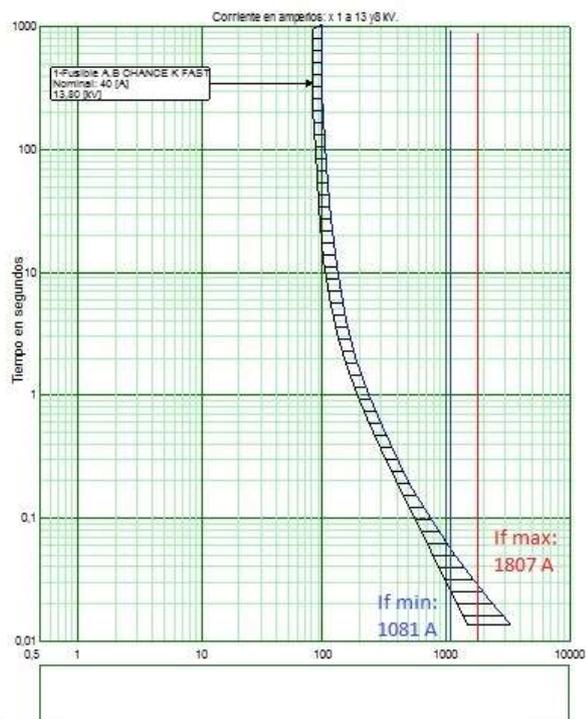


Figura 64 Coordinación fusible 9647-40k.

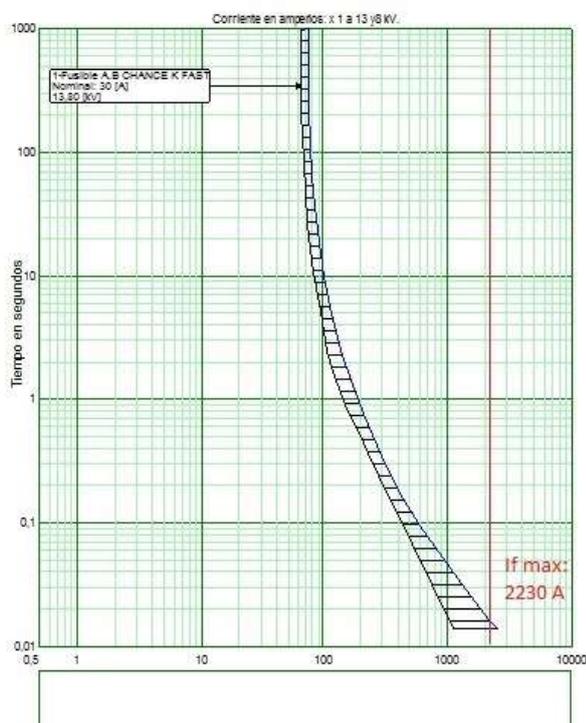


Figura 65 Coordinación fusible 9655-30k.

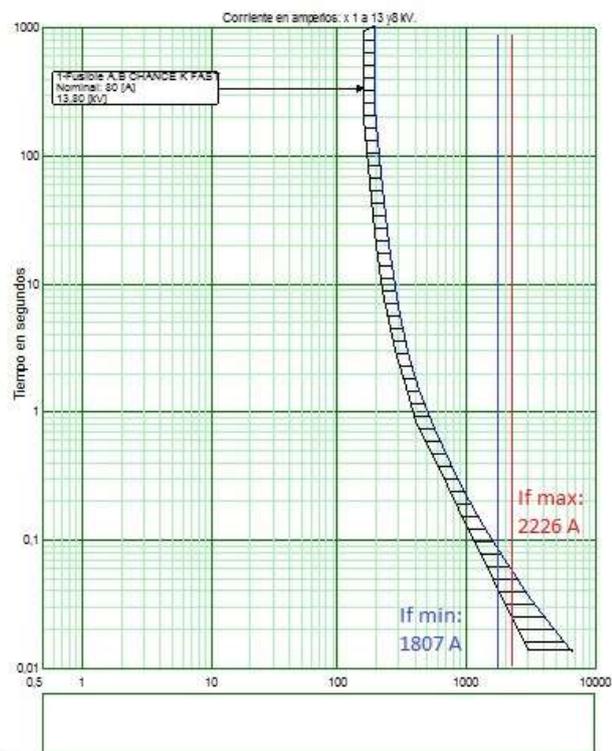


Figura 66 Coordinación fusible 9656-80k.

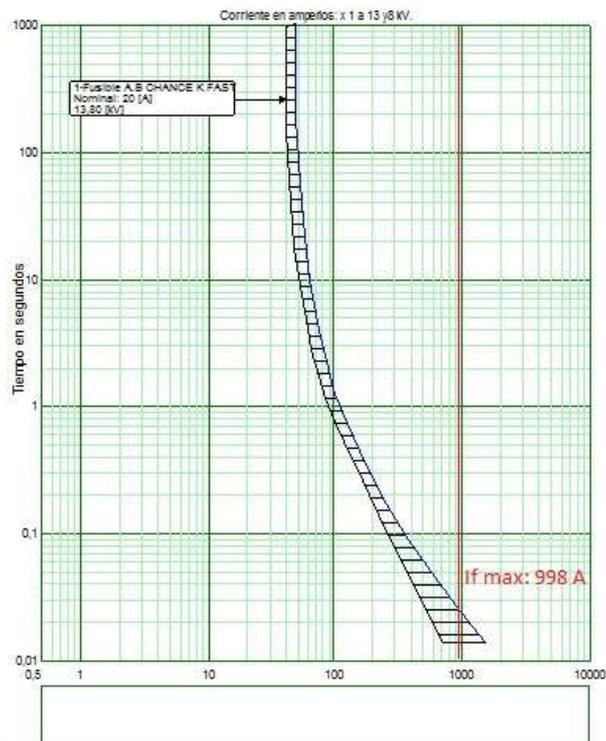


Figura 67 Coordinación fusible 9670-20K.

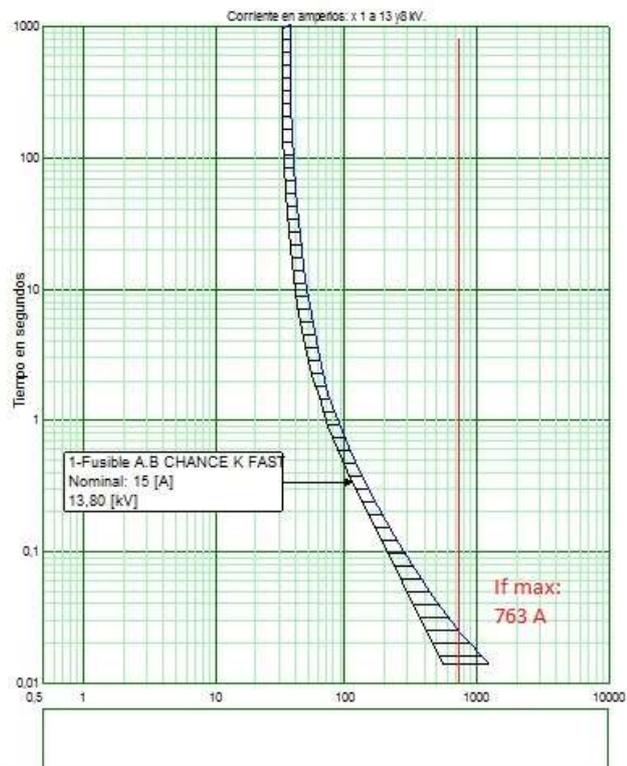


Figura 68 Coordinación fusible 9672-15k.

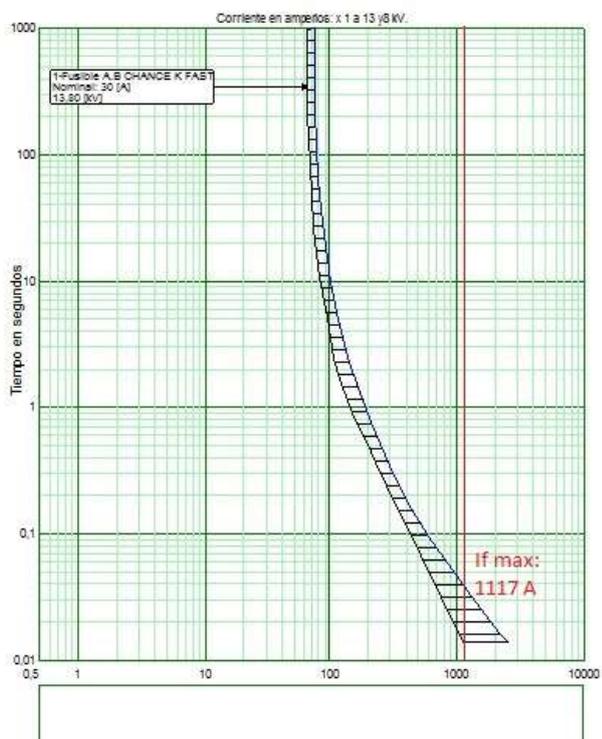


Figura 69 Coordinación fusible 9674-30k.

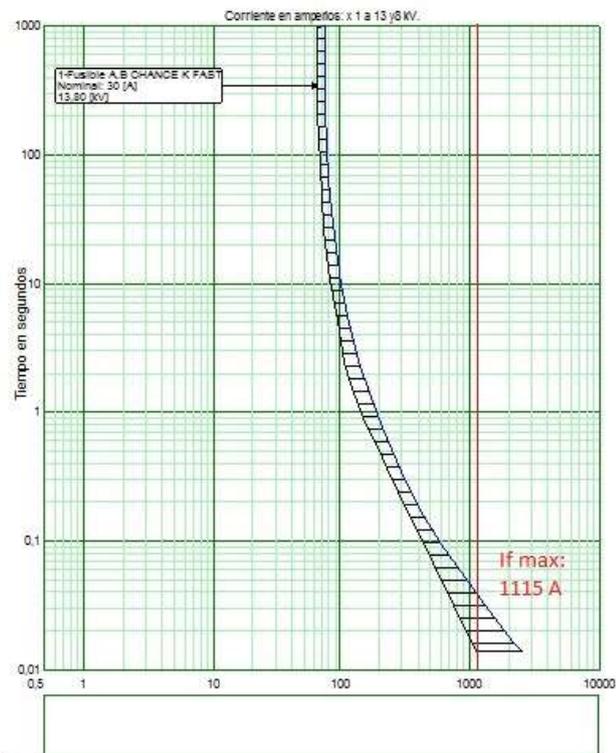


Figura 70 Coordinación fusible 9675-30k.

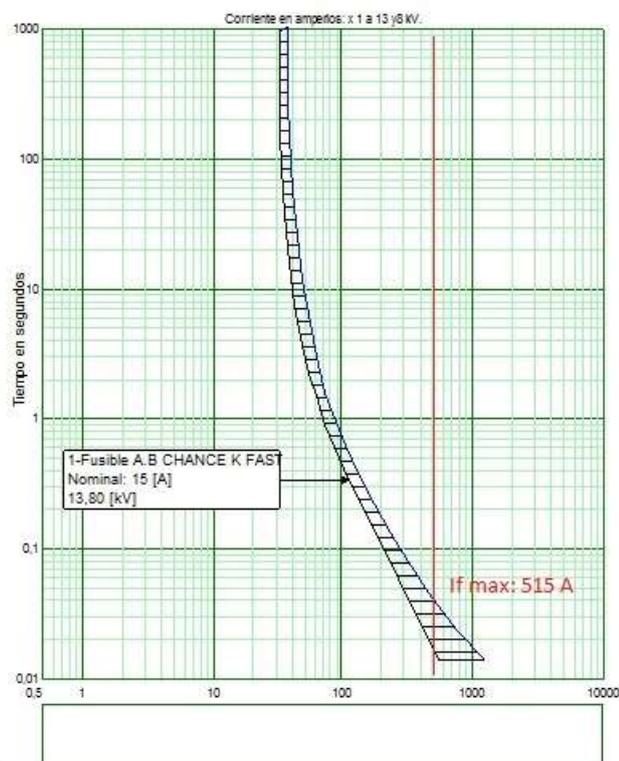


Figura 71 Coordinación fusible 9748-15k.

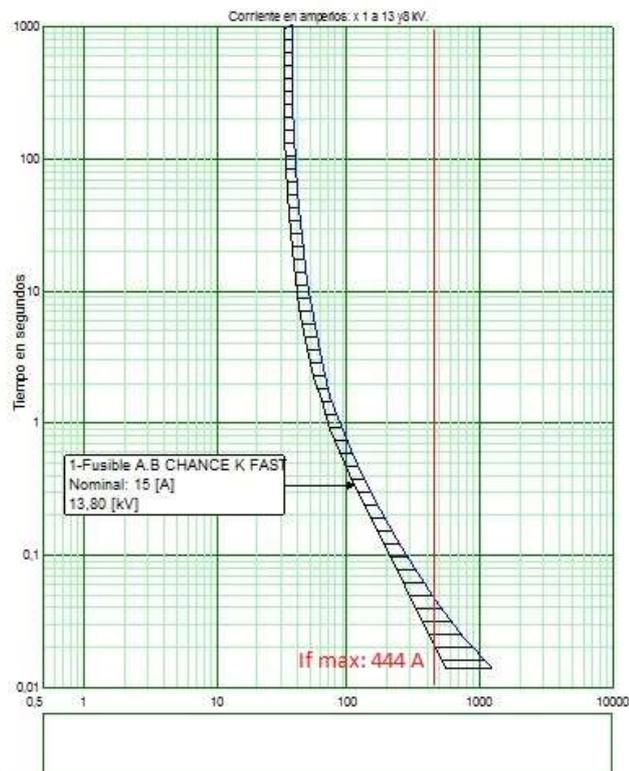


Figura 72 Coordinación fusible 10249-15k.

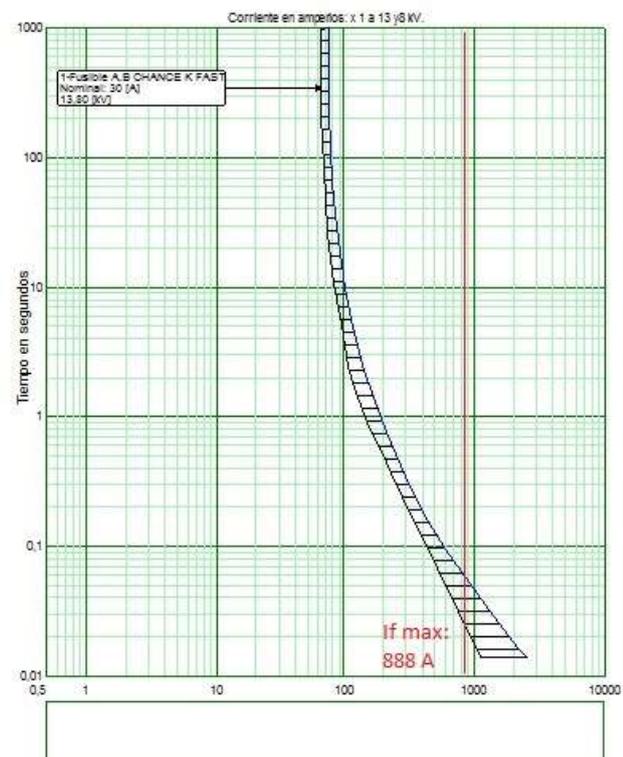


Figura 73 Coordinación fusible 10340-30k.

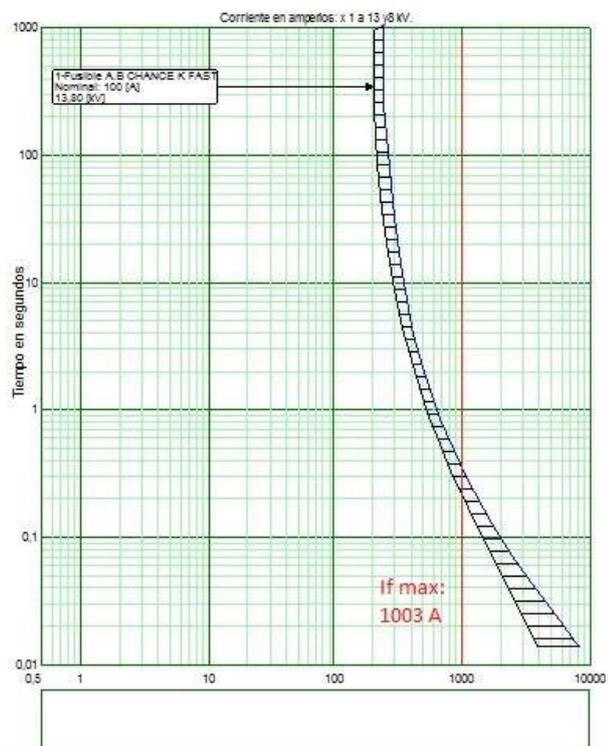


Figura 74 Coordinación fusible 10344-100k.

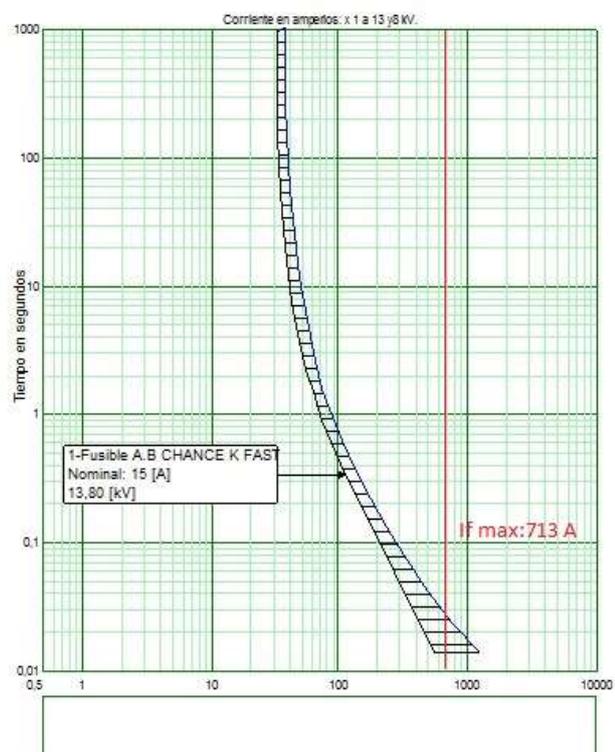


Figura 75 Coordinación fusible 10345-15k.

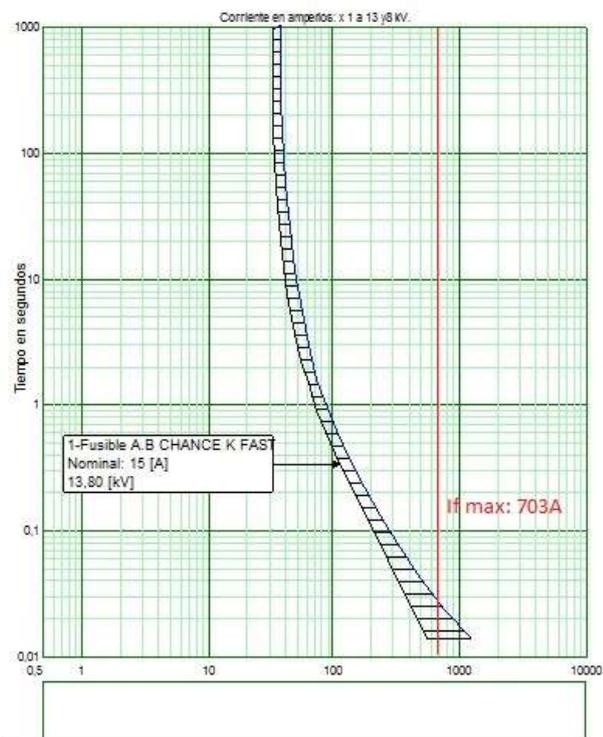


Figura 76 Coordinación fusible 10348-15k.

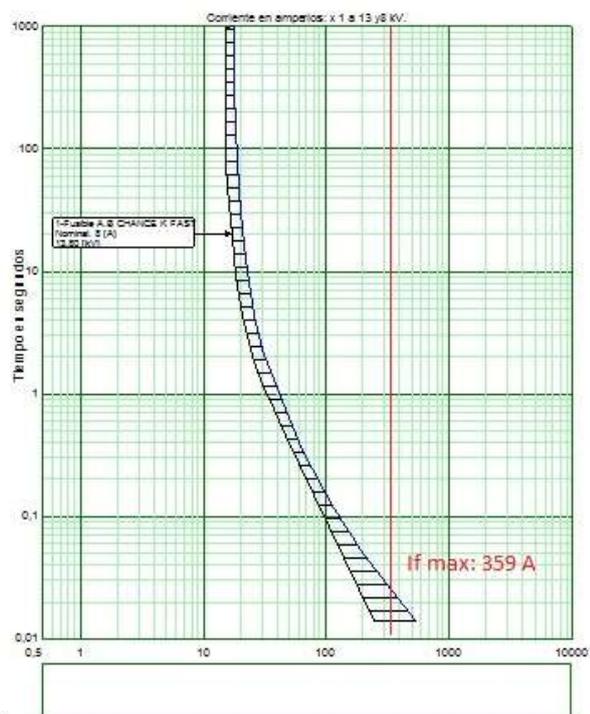


Figura 77 Coordinación fusible 10359-8K.

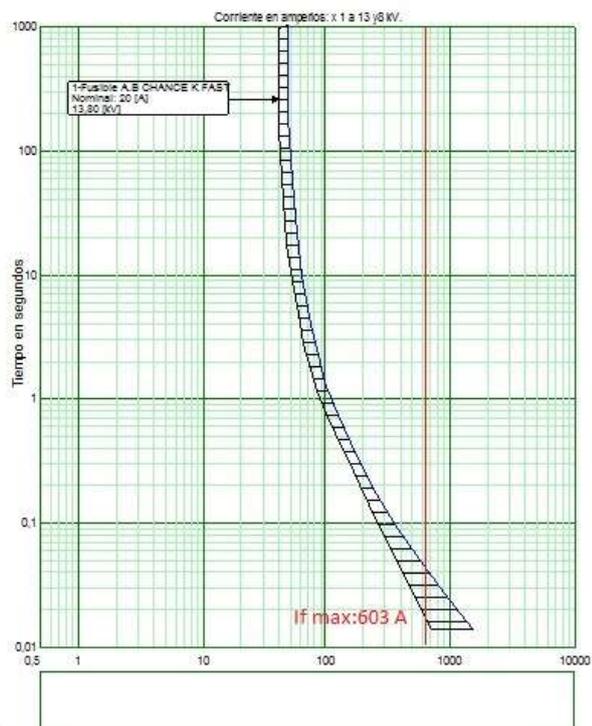


Figura 78 Coordinación fusible 36321-20K.

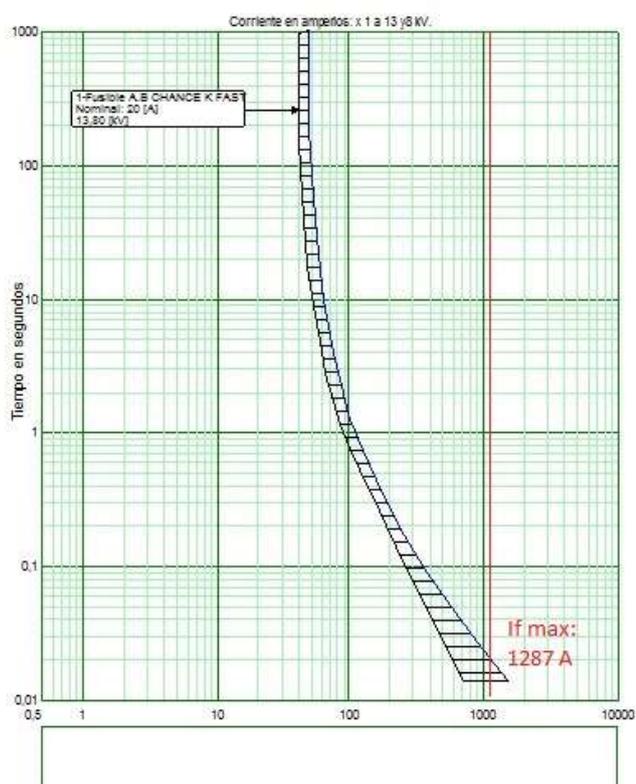


Figura 79 Coordinación fusible 67772-20K.

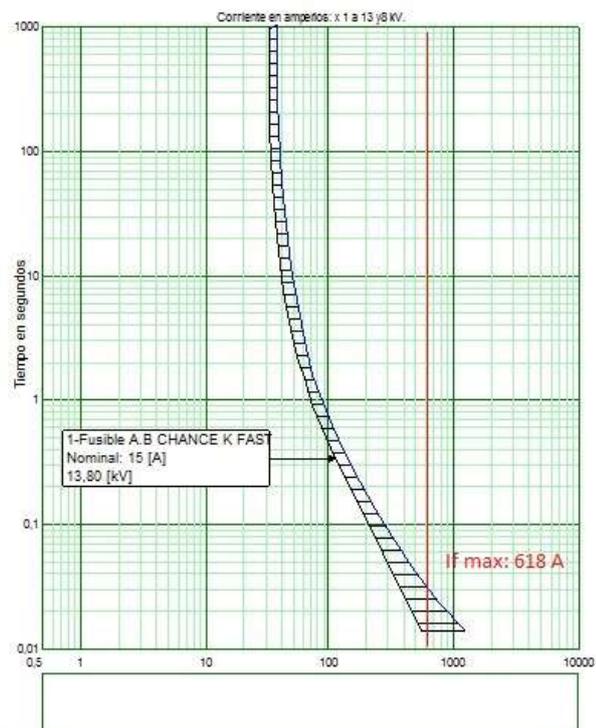


Figura 80 Coordinación fusible 68104-15k.

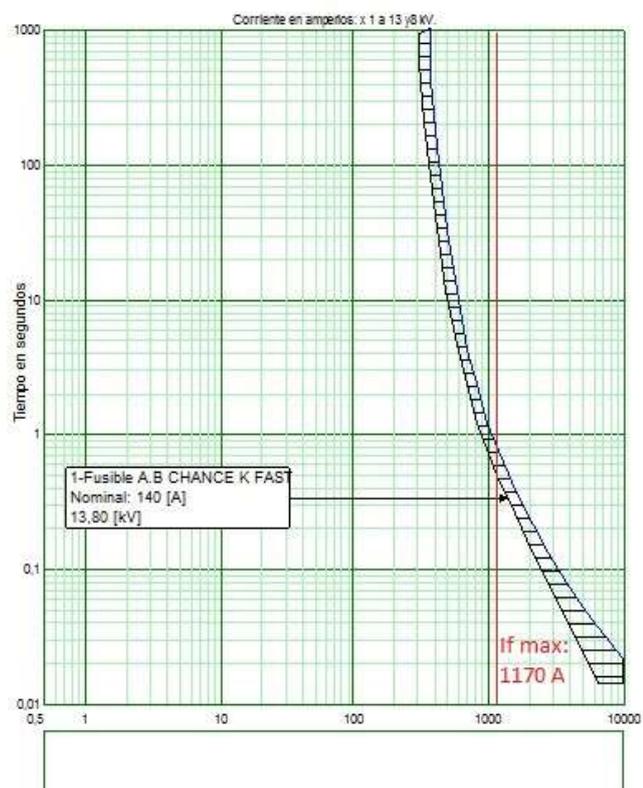


Figura 81 Coordinación fusible 74017-140k.

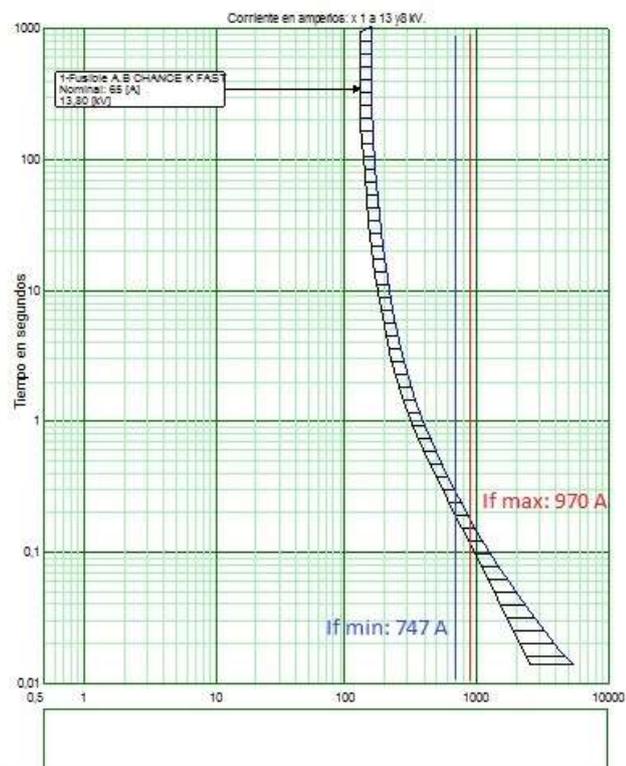


Figura 82 Coordinación fusible 74018-65k.

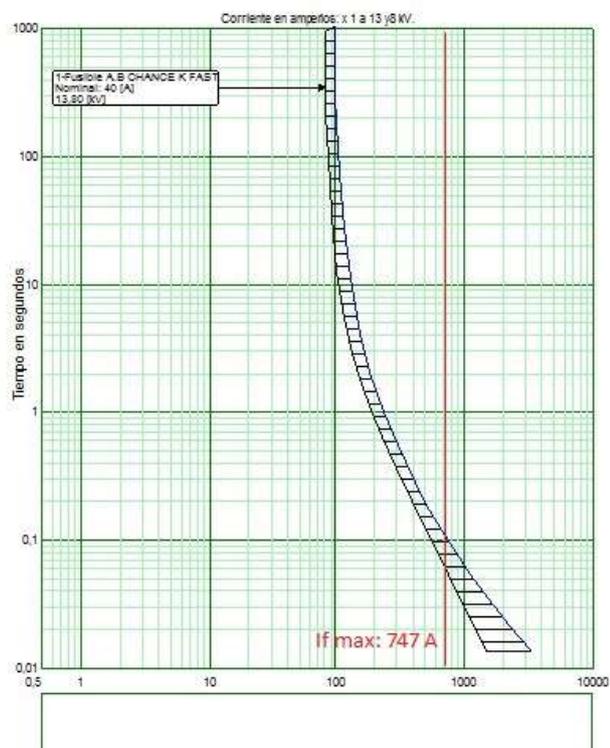


Figura 83 Coordinación fusible 78950-40k.

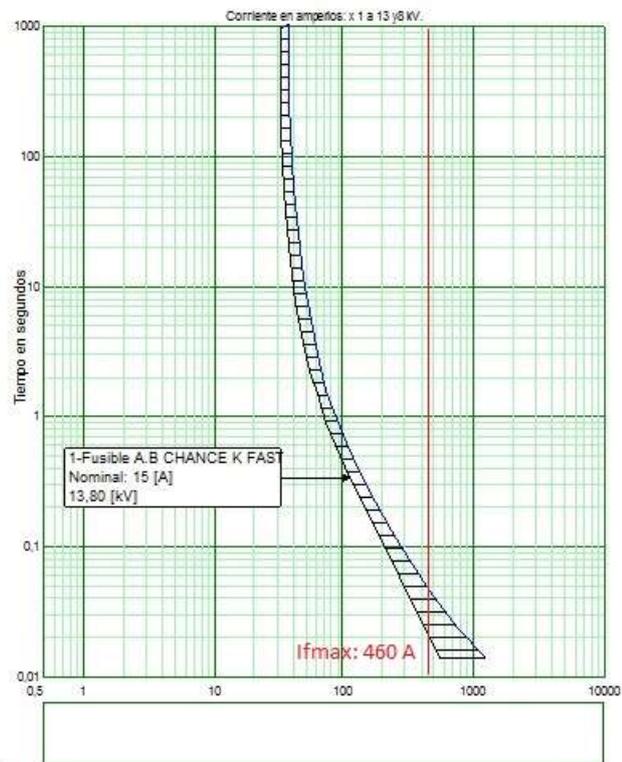


Figura 84 Coordinación fusible Nuevo 1-15k.

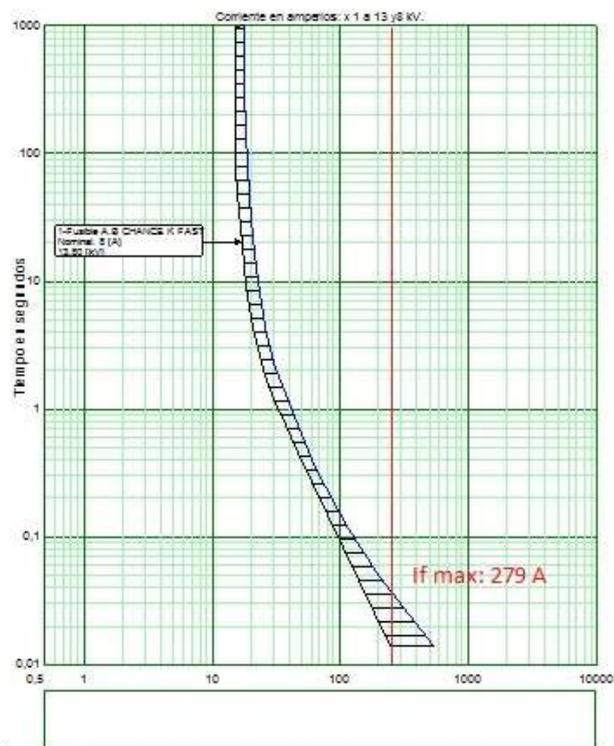


Figura 85 Coordinación fusible Nuevo 2-8K.

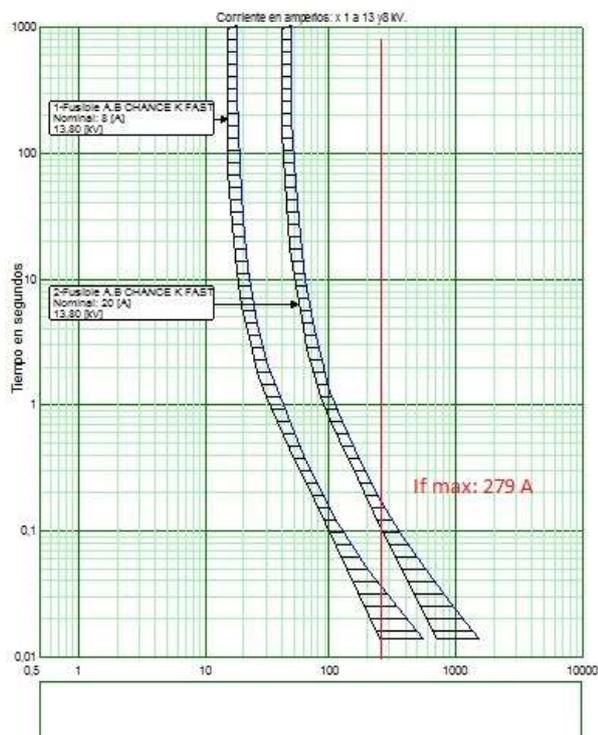


Figura 86 Coordinación entre fusibles 3621-20K y Nuevo 2-8K.

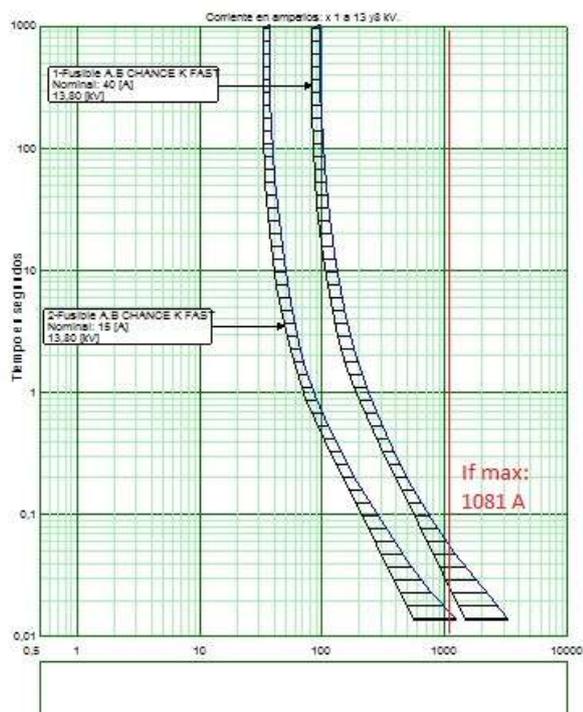


Figura 87 Coordinación entre fusibles 9647-40k y 9638-15k.

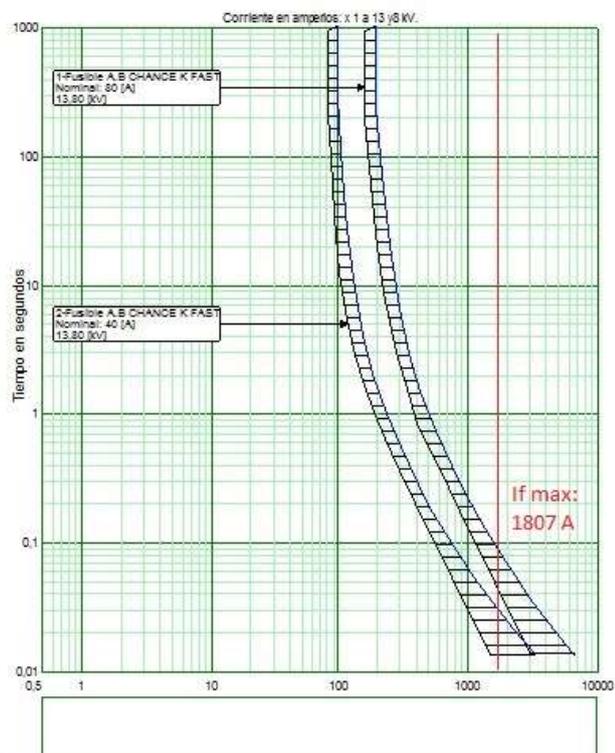


Figura 88 Coordinación entre fusibles 9656-80k y 9647-40k.

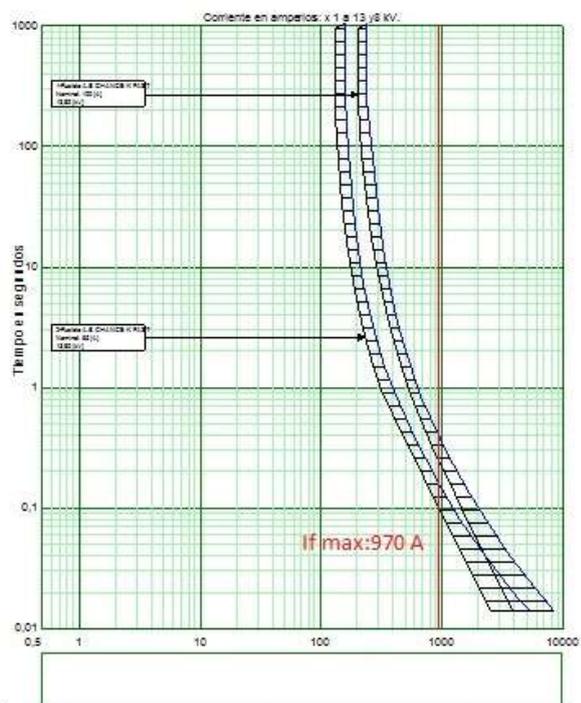


Figura 89 Coordinación entre fusibles 10344-100K y 74018-65K.

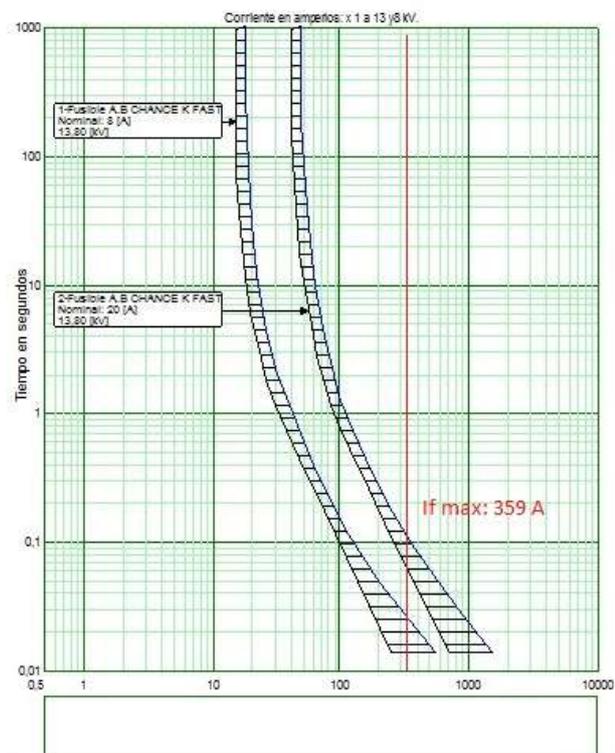


Figura 90 Coordinación entre fusibles 36321-20K y 10359-8K.

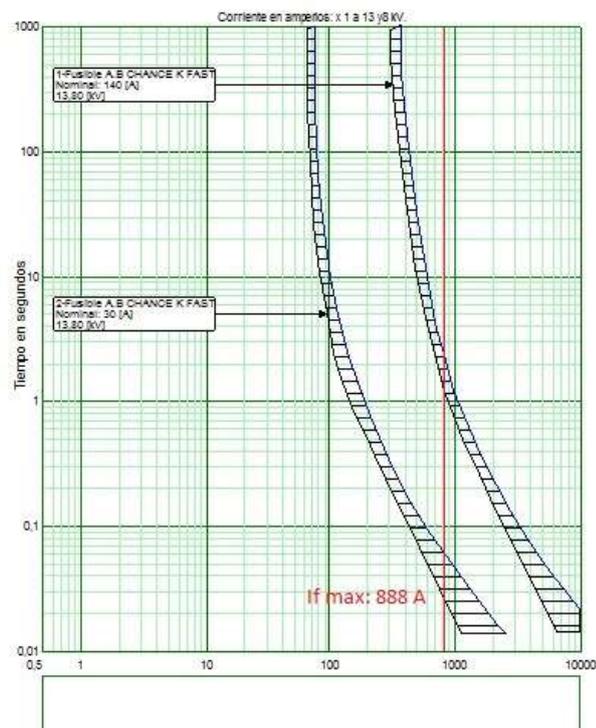


Figura 91 Coordinación entre fusibles 74017-140K y 10340-30K.

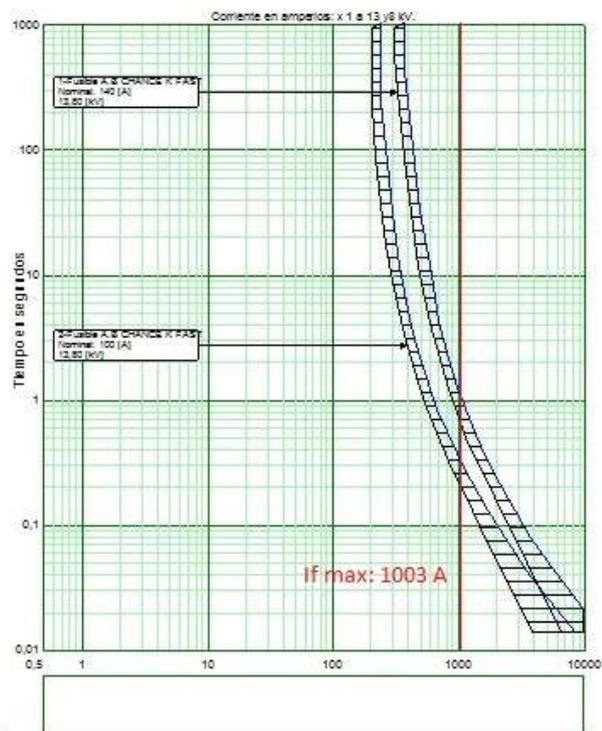


Figura 92 Coordinación entre fusibles 74017-140K y 10344-100K.

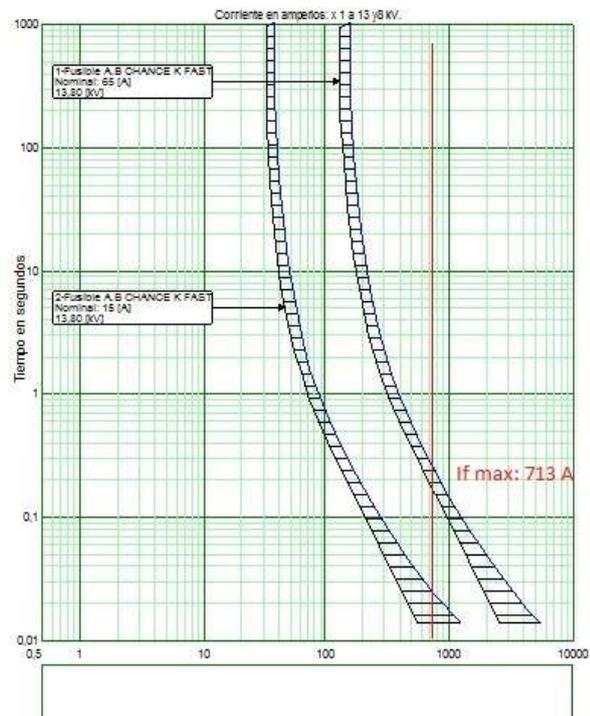


Figura 93 Coordinación entre fusibles 74018-65K y 10345-15K.

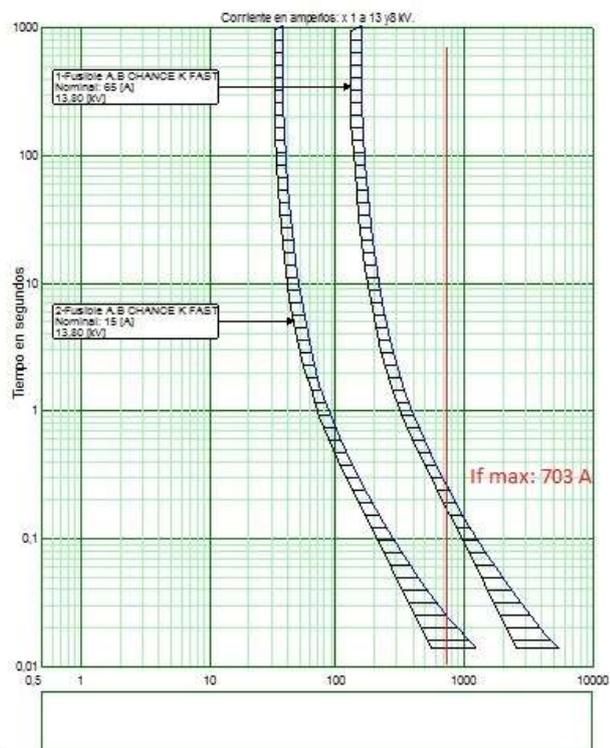


Figura 94 Coordinación entre fusibles 74018-65K; 10348-15K.

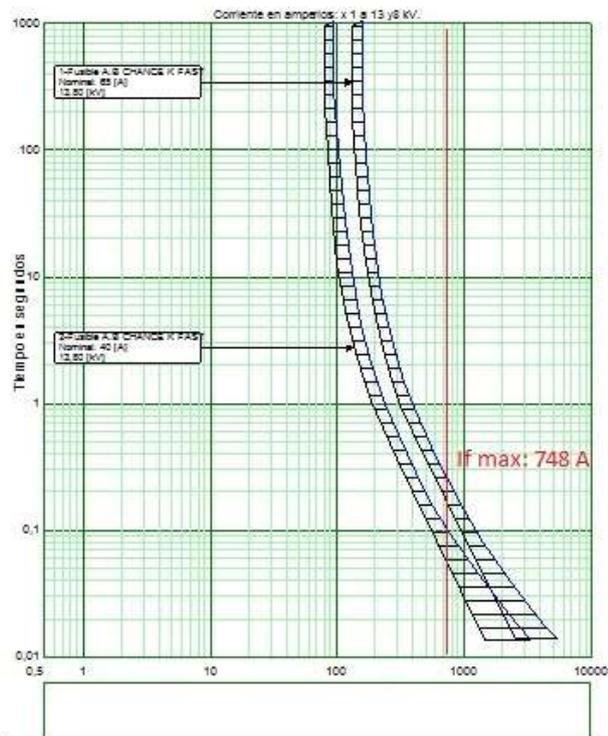


Figura 95 Coordinación entre fusibles 74018-65K y 78950-40K.

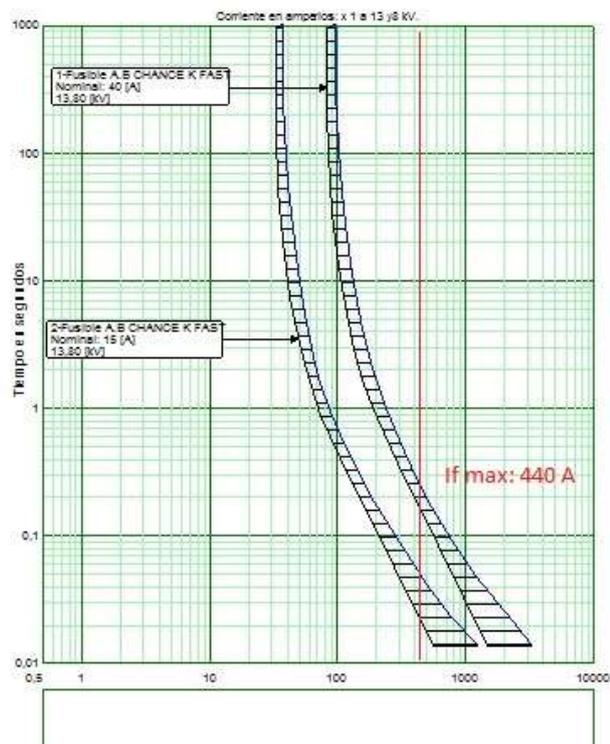


Figura 96 Coordinación entre fusibles 78950-40K y 10249-15K.

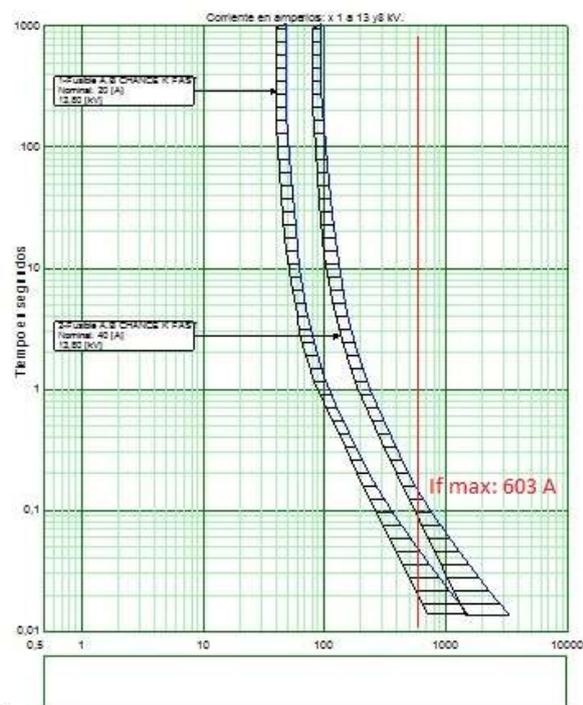


Figura 97 Coordinación entre fusibles 78950-40K y 36321-20K.

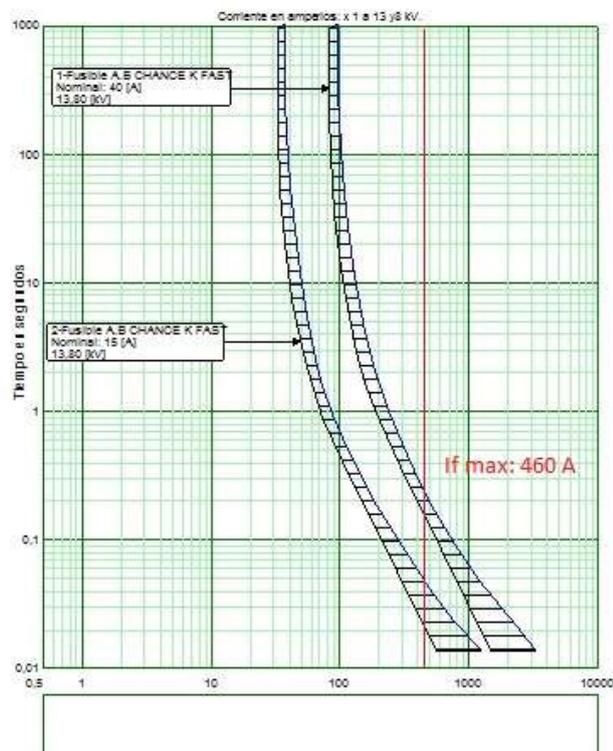


Figura 98 Coordinación entre fusibles 78950-40KNuevo 1-15K.

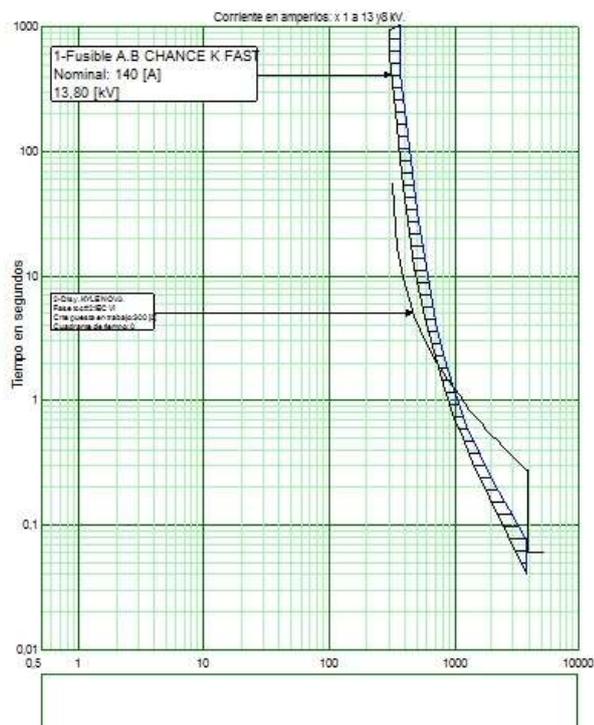


Figura 99 Coordinación de (Fase) Reconector - Fusible 78946-140K.

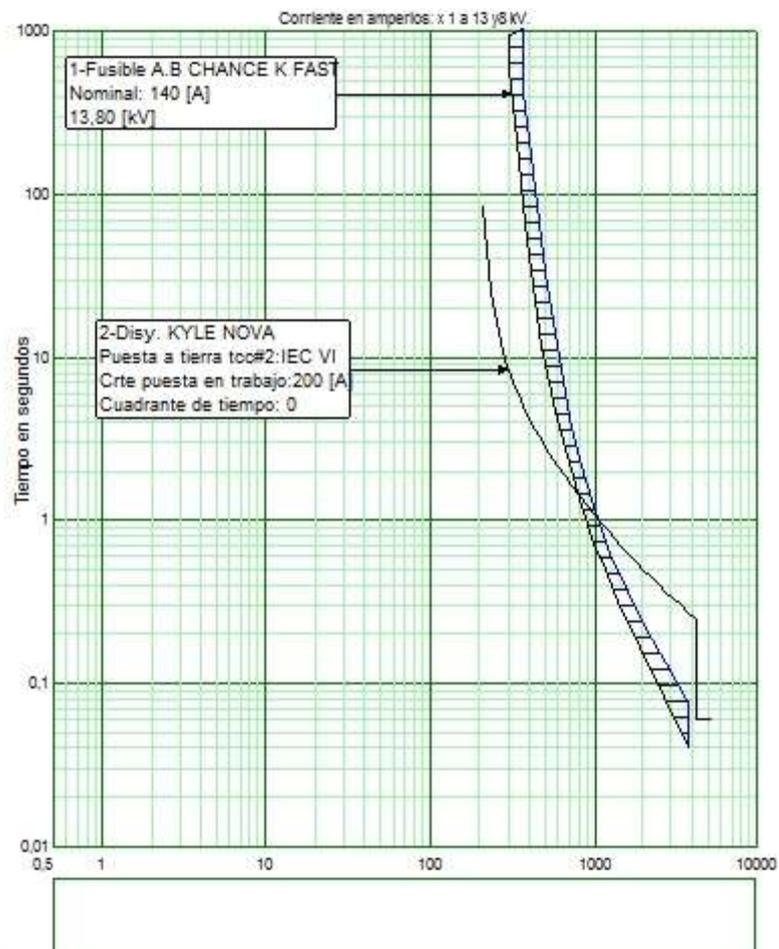


Figura 100 Coordinación de (Tierra) Reconector - Fusible 78946-140K.

Anexo 5 Tablas de cálculo de índices de calidad.

Fallas en el año	Código del fusible	Usuarios desc.	# de Tranf	KVA desc.	Tiempo de desc.	FMIK	TTIK	ASIFI	ASIDI
1	9767	29	10	217,5	0,88333	2,711	2,153	1,008	2,153
2	Reconector	1897	68	3117,5	0,06667				
3	9789	304	5	250	1,96667				
4	98946	1112	26	1190	0,51667				
5	9770	12	1	15	0,58333				
6	9790	95	2	100	1,15				
7	9771	9	4	112,5	1,56667				
8	9770	12	1	15	0,68333				
9	9769	10	1	25	1,36667				
10	9800	10	2	35	1,06667				
11	98946	1112	26	1190	1,41667				
12	9805	183	7	302,5	0,66667				
13	9784	326	7	350	1,98333				
14	9805	183	7	302,5	1,93333				
15	9805	183	7	302,5	1,9				
16	9800	10	2	35	0,7				
17	9800	10	2	35	1,91667				
18	9770	12	1	15	1,93333				
19	9795	271	5	300	1,85				
20	9766	1	1	25	1,51667				
21	9790	95	2	100	0,96667				
22	9770	12	1	15	1,65				
23	9800	10	2	35	1,41667				
24	9770	12	1	15	0,66667				
25	9784	326	7	350	0,53333				

Tabla 37 Cálculo de índices de calidad alimentador El Salto

Fallas en el año	Código del fusible	Usuarios desc.	# de Tranf	KVA desc.	Tiempo de desc.	FMIK	TTIK	ASIFI	ASIDI
1	9825	1	1	10	0,58333	4,024	2,581	2,057	2,581
2	Nuevo 1	1	1	37,5	1,71667				
3	Nuevo 1	1	1	37,5	1,36667				
4	9825	1	1	10	1,18333				
5	9839	301	14	565	1,98333				
6	9846	101	10	392,5	0,65				
7	9826	5	1	15	1,26667				
8	Reconectador	1750	72	2907,5	0,06667				
9	9839	301	14	565	0,63333				
10	Nuevo 1	1	1	37,5	1,23333				
11	Nuevo 1	1	1	37,5	1,46667				
12	9846	101	10	392,5	1,8				
13	Reconectador	1750	72	2907,5	0,05				
14	Nuevo 1	1	1	37,5	1,05				
15	Nuevo 2	1	1	150	1,91667				
16	9822	28	6	105	0,85				
17	9846	101	10	392,5	0,65				
18	49714	573	23	830	1,93333				
19	Nuevo 1	1	1	37,5	1,28333				
20	9825	1	1	10	1,51667				
21	Nuevo 2	1	1	150	0,88333				
22	Nuevo 2	1	1	150	1,25				
23	9825	1	1	10	1,18333				
24	Nuevo 1	1	1	37,5	1,38333				
25	Nuevo 2	1	1	150	1,7				
26	Nuevo 2	1	1	150	0,91667				
27	Nuevo 1	1	1	37,5	1,58333				
28	9839	301	14	565	1,06667				
29	9846	101	10	392,5	0,7				
30	9839	301	14	565	0,7				
31	9826	5	1	15	1,55				

Tabla 38 Calculo de índices de calidad alimentador Barreiro

Fallas en el año	Código del fusible	Usuarios desc.	# de Tranf	KVA desc.	Tiempo de desc.	FMIK	TTIK	ASIFI	ASIDI
1	67772	2	2	110	0,75	2,62	6,37	12,13	6,37
2	10359	128	16	275	0,56				
3	Autolink 4	628	84	2123	0,56				
4	NUEVO1	227	38	680	0,63				
5	10340	45	3	97,5	0,66				
6	Autolink 3	64	16	245	0,91				
7	9642	2	2	35	0,86				
8	9655	25	1	15	0,58				
9	9638	34	2	40	0,66				
10	NUEVO1	227	38	680	0,85				
11	10340	45	3	97,5	0,88				
12	Autolink 3	64	16	245	0,75				
13	9647	40	6	90	0,9				
14	10345	44	14	160	0,63				
15	78950	1082	110	2267,5	0,56				
16	10249	127	5	200	0,63				
17	9656	47	8	110	0,73				
18	10249	127	5	200	0,6				
19	9748	13	1	15	0,93				
20	NUEVO1	227	38	680	0,66				
21	9674	6	23	1695	0,98				
22	67772	2	2	110	0,83				
23	78950	1082	110	2267,5	0,78				
24	9655	25	1	15	0,51				
25	10359	128	16	275	0,51				
26	NUEVO 3	13	3	50	0,93				
27	10345	44	14	160	0,68				
28	9675	2	2	315	0,68				
29	10345	44	14	160	0,6				
30	10348	2	3	55	0,8				
31	NUEVO 2	54	15	165	0,95				
32	10249	127	5	200	0,5				
33	10359	128	16	275	0,61				
34	NUEVO 2	54	15	165	0,91				
35	78950	1082	110	2267,5	0,71				
36	36321	284	50	872,5	0,51				

Tabla 39 Calculo de índices de calidad alimentador Caracol parte 1

Fallas en el año	Código del fusible	Usuarios desc.	# de Tranf	KVA desc.	Tiempo de desc.	FMIK	TTIK	ASIFI	ASIDI
36	36321	284	50	872,5	0,51				
37	10345	44	14	160	0,91				
38	9748	13	1	15	0,61				
39	9647	40	6	90	0,81				
40	NUEVO 3	13	3	50	0,7				
41	Autolink 3	64	16	245	0,88				
42	9642	2	2	35	0,98				
43	Autolink 1	10	4	290	0,63				
44	Reconectador	2941	408	10883	0,05				
45	10249	127	5	200	0,95				
46	10344	1352	161	3102,5	0,58				
47	Autolink 3	64	16	245	0,93				
48	10359	128	16	275	0,75				
49	9656	47	8	110	0,93				
50	10359	128	16	275	0,68				
51	10249	127	5	200	0,96				
52	Autolink 3	64	16	245	0,63				
53	NUEVO 2	54	15	165	0,5				
54	36321	284	50	872,5	0,88				
55	10340	45	3	97,5	0,58				
56	10359	128	16	275	0,58				
57	10348	2	3	55	0,55				
58	10344	1352	161	3102,5	0,8				
59	NUEVO 3	13	3	50	0,81				
60	NUEVO 3	13	3	50	0,5				
61	36321	284	50	872,5	0,6				
62	9647	40	6	90	0,91				
63	NUEVO1	227	38	680	0,78				
64	NUEVO 2	54	15	165	0,51				
65	78950	1082	110	2267,5	0,93				
66	9675	2	2	315	0,8				
67	68104	1	2	50	0,7				
68	Autolink 3	64	16	245	0,76				
69	74018	1352	160	3077,5	0,71				
70	67772	2	2	110	0,75				

Tabla 40 Cálculo de índices de calidad alimentador Caracol parte 2

Fallas en el año	Código del fusible	Usuarios desc.	# de Tranf	KVA desc.	Tiempo de desc.	FMIK	TTIK	ASIFI	ASIDI
71	9670	1	1	15	0,65				
72	Autolink 3	64	16	245	0,63				
73	10348	2	3	55	0,8				
74	10249	127	5	200	1				

Tabla 41 Cálculo de índices de calidad alimentador Caracol parte 3