

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



## **ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**HEBERTH ALFREDO MAMANI HERRERA**

**PROMOCIÓN**

**2009 – II**

**LIMA – PERÚ**

**2013**

**ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA  
LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO**

*A Mamá Cirila*

## SUMARIO

El presente informe contiene el desarrollo de un estudio de coordinación de protecciones para la Unidad Minera Cerro Lindo perteneciente a la Compañía Minera Milpo S.A.A. El estudio se inicia con la descripción del sistema eléctrico de potencia, los equipos que lo componen y las protecciones asociadas a cada circuito. Luego se pasó a dar detalle sobre los parámetros eléctricos involucrados, los cuales son mostrados en los diagramas eléctricos unifilares. Una vez reunidos todos los datos se modeló el sistema eléctrico en el software especializado Digsilent Power Factory tomando como referencia la base de datos que proporciona el COES para realizar estudios de preoperatividad y operatividad [1].

Las simulaciones de cortocircuito fueron realizados sobre la base de una solución previa de flujo de carga para el horizonte de estudio correspondiente, se analizaron simulaciones para condiciones de máxima y mínima falla, para las fallas trifásicas, fallas monofásicas y fallas bifásicas, con los valores de fallas obtenidos se pasó a realizar la coordinación de protecciones y los ajustes de los relés de protección.



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA</b>	
1.1 Descripción del Problema	2
1.2 Objetivos	2
1.3 Alcance del Estudio	2
1.2.2 Metodología	3
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO</b>	
2.1 Sistema Eléctrico	4
2.1.1 Sistema Eléctrico sin Considerar el Proyecto	4
2.1.1 Sistema Eléctrico Ampliado	6
2.2 Sistema de Protecciones	6
2.2.1 Circuito de Salida 6110-001-A4 (Chancado F – 92330)	6
2.2.2 Circuito de Salida 6110-001-A9 (Tratamiento de agua F – 92251)	9
2.2.3 Circuito de Salida 6110-001-B5 (Molino de Bolas F – 92231)	10
2.2.4 Circuito de Salida 6110-001-B6 (Bomba y Relleno en Pasta F – 92227)	10
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MARCO CONCEPTUAL DEL ESTUDIO DE PROTECCIONES</b>	
3.1 Cálculo de Cortocircuito	13
3.1.1 Objetivo	13
3.1.2 Metodología	13
3.1.3 Casos Simulados y Resultados	13
3.2 Cálculo de Protección de Sobrecorriente	14
3.2.1 Objetivo	14
3.2.2 Protección Selectiva	14
3.2.3 Proyecto de Selectividad	14
3.2.4 Protección de Sobrecorriente de fases	15
3.2.5 Criterios y Lineamientos Seguidos Para el Ajuste de las Protecciones de Sobrecorriente de Fase	16

3.2.6	Resultado del Análisis de Selectividad entre Protecciones de Sobrecorriente de Fase	21
3.2.7	Protección de Sobrecorriente Tierra (Homopolar) en Redes Aterradas	21
3.2.8	Criterios y Lineamientos Seguidos Para el Ajuste de las Protecciones de Sobrecorriente de Tierra en Redes Aterradas	22
3.2.9	Resultado del Análisis de Selectividad entre Protecciones de Sobrecorriente de Tierra en Redes Aterradas	22
3.3	Cálculo de Ajustes del Motor del Circuito 6110-001-B5 (Molino de Bolas F-92231)	23
3.3.1	Características Técnicas del Motor del Molino de Bolas (4000HP)	23
3.3.2	Arranque del Molino de Bolas	23
3.3.3	Ajustes Propuestos del Relé <i>General Eléctric</i> SR – 469	24
3.4	Protección Diferencial del TP 5MVA del circuito 6110-001-B5 (Molino de bolas F-92231)	29
3.4.1	Descripción de la Protección Diferencial	29
3.4.2	Características Eléctricas del Transformador TP 6120-003 de 5MVA	30
3.4.3	Cálculo de la Protección Diferencial	31
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	35
	<b>ANEXO I</b>	37
	<b>ANEXO II</b>	43
	<b>ANEXO III</b>	56
	<b>ANEXO IV</b>	86
	<b>ANEXO V</b>	111
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	128

## PRÓLOGO

La continuidad y la calidad del servicio son dos requisitos íntimamente ligados al funcionamiento satisfactorio de un Sistema Eléctrico de Potencia. La continuidad implica que el sistema debe garantizar que la energía sea suministrada de forma ininterrumpida a los centros de consumo. Esta característica adquiere especial importancia si se tiene en cuenta que una interrupción del suministro tiene repercusiones directas e inmediatas sobre los procesos que se desarrollan a partir del consumo de energía eléctrica. El requisito de calidad se refiere a que la energía debe ser suministrada bajo unas determinadas condiciones con el fin de garantizar que los diferentes equipos conectados a la red operarán en las condiciones para las que han sido diseñados.

Toda instalación eléctrica nueva o en etapa de ampliación debe contar con un estudio de protecciones actualizado, esto debido a que con la instalación de nuevos equipos y nuevas cargas, los niveles de cortocircuito se incrementan y los ajustes de las protecciones estarán desactualizados, por esta razón se ha creído conveniente desarrollar el Estudio de Coordinación de Protecciones para la Unidad Minera Cerro Lindo.

Para desarrollar el tema se ha tomado como referencia los estudios previos realizados, manuales de los dispositivos de protección, datos técnicos de equipos, recomendaciones para realizar un estudio de protecciones y la normativa vigente como la IEC e IEEE.

El presente estudio está dividido en tres partes: En el primer capítulo se hace una breve descripción del proyecto en general, objetivos, alcances del estudio, y la metodología a usar en el desarrollo del informe.

En el segundo capítulo inicia con la descripción del sistema eléctrico existente y proyectado, los equipos que lo componen y sus respectivas protecciones.

En el tercer capítulo se describe el fundamento teórico referente a los estudios de selectividad en sistemas eléctricos, descripción de la protección de sobrecorriente, dispositivos de protección de sobrecorriente como relés y fusibles, además se describe algunas curvas estandarizadas corriente versus tiempo que son de uso frecuente en los análisis de selectividad. En este capítulo también se menciona los ajustes que involucran las protecciones propias de los motores y la protección diferencial del transformador.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del Problema

La Compañía Minera Milpo S.A.A., desarrolló el proyecto de ampliación de la Unidad Minera Cerro Lindo Fase II. La unidad minera está ubicada en la Quebrada de Topará, Distrito de Chavín, Provincia de Chíncha, Departamento de Ica, a 2200 m.s.n.m. La topología del sistema eléctrico de La Unidad Minera Cerro Lindo, se ha visto modificada debido al ingreso de nuevas cargas y diversos cambios de configuración del sistema de transmisión y distribución (nuevas cargas, rotación de cargas, cambio de transformadores, ingreso de nuevas líneas de distribución etc.)

Anteriormente al desarrollo del proyecto su capacidad de procesamiento era de 5,000 T.M secas de mineral por día, en la actualidad la Unidad Minera Cerro Lindo tiene una capacidad de procesamiento de 10,000 T.M secas por día. Para cubrir esta demanda de energía eléctrica, requirió la ampliación del proceso productivo de la Fase II, incrementando el transporte de energía de su sistema eléctrico, desde el punto suministro en la subestación Desierto hasta la subestación de llegada en Cerro Lindo.

Ante estos cambios del sistema eléctrico, como una parte del desarrollo del proyecto se hizo necesario realizar un estudio de protecciones del sistema de distribución de la planta minera para efectuar las operaciones diarias, sin comprometer la seguridad del personal y de los equipos.

### 1.2 Objetivos

Realizar el análisis de coordinación de protecciones del sistema eléctrico de la Unidad Minera Cerro Lindo, utilizando criterios adecuados con el fin de garantizar un correcto funcionamiento del sistema de protecciones ante un evento que influya sobre el sistema eléctrico, cumpliendo con los principios básicos de selectividad, sensibilidad, fiabilidad, velocidad y seguridad que todo sistema de protecciones debe cumplir [2].

### 1.3 Alcance del Estudio

Como alcances del estudio de protecciones se tiene:

- Realizar las simulaciones de máxima y mínima corriente de cortocircuito para el sistema eléctrico en estudio, considerando Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

- Realizar el análisis de coordinación de las protecciones (sistema de distribución 10/4,16/0,48 kV), utilizando como referencia las protecciones de sobrecorriente ubicadas en el lado de 10 kV de los transformadores de potencia de la Subestación Cerro Lindo [3].
- Realizar el análisis de coordinación de las protecciones para los circuitos 6110-001-A4 (Circuito de chancado F92330), 6110-001-A9 (Tratamiento de agua F92251), 6110-001-B5 (Molino de bolas F92231) y 6110-001-B6 (Bomba y Relleno en Pasta F92227) los cuales son mostrados en detalle en el anexo I.
- Realizar el ajuste de las protecciones propias del motor del Molino de Bolas (Molino Metso de 4000HP) y ajuste diferencial del transformador de 5MVA asociado al Molino del circuito F92231.
- Elaboración de las planillas de ajuste de las protecciones de sobrecorriente de acuerdo a la marca y modelo del relé.
- Realizar las observaciones y recomendaciones del caso.

Igualmente se anexa los diagramas unifilares de los circuitos involucrados en el estudio, la base de datos de equipos, las gráficas de selectividad entre protecciones de sobrecorriente, las planillas de ajustes, los resultados de las diversas simulaciones de cortocircuito realizados, información que servirá de referencia para el desarrollo de futuras actividades de ampliación del sistema eléctrico bajo estudio.

#### **1.4 Metodología**

El análisis de coordinación de protecciones del sistema eléctrico de la planta se realizó en base a criterios obtenidos de diversos artículos técnicos, del trabajo en campo y de las recomendaciones consignadas en los manuales de los relés. El cálculo de los ajustes de las protecciones se realizó en base a los resultados de las simulaciones de flujo de carga y cortocircuito, los cuales fueron realizados con la finalidad del análisis de coordinación de protecciones.

Las simulaciones de flujo de carga, cortocircuito y coordinación de protecciones se efectuaron mediante la ayuda del software DlgSILENT Power Factory 14.0.520. Para el análisis de selectividad se utilizaron como protecciones de sobrecorriente de referencia, las protecciones ubicadas en el lado de 10 kV de los transformadores de potencia y el ajuste actual del acople de barras en 10 kV [3] de la Subestación Cerro Lindo.

## **CAPÍTULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO**

#### **2.1 Sistema Eléctrico**

El sistema eléctrico de estudio se inicia en la subestación Desierto el cual es alimentado desde el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) mediante dos líneas en 220 kV: Independencia – Desierto (L-2208) y Desierto – Chilca REP (L-2091). La subestación Desierto es una subestación tipo convencional al exterior de 220/60/22,9 kV. En 60kV tiene una configuración simple barra con 02 bahías de transformación, 01 bahía de acoplamiento y 02 salidas de línea a Cerro Lindo en 60kV. En 22,9kV tiene una configuración simple barra, abierta, tipo exterior con cuatro salidas. Para interconectar los tres niveles de tensión se cuenta con 02 transformadores de  $214+4x2\%-5x2\%/60/22,9kV$ ; 20-25/20-25/6,66-8,33 MVA (ONAN-ONAF) conexión YNyn0d5, con cambiador de tomas en vacío. Desde la subestación Desierto salen dos líneas de subtransmisión en 60 kV y una línea de distribución en 22,9kV; ambos en una misma estructura soporte de celosía metálica; esta configuración tiene una longitud de 18,6Km, a partir de este punto la línea en 60 kV continua hasta la subestación Cerro Lindo.

La subestación Cerro Lindo, punto de llegada de la línea de subtransmisión en 60kV, es una subestación del tipo convencional al exterior de 60/10kV. En 60 kV tiene 02 bahías de línea–transformador. Los transformadores son de  $56\pm 10x1\%/10kV$ ; 15/19 MVA (ONAN/ONAF) con regulación automática bajo carga en el lado de 56kV, grupo de conexión Dyn5, como se detalla en la Figura 2.1.

El lado de 10kV es un sistema trifásico con neutro puesto a tierra a través de una resistencia que limita la corriente de falla a 400 Amperios en cada transformador. El sistema en 10kV es simple barra con 01 bahía de acoplamiento del tipo interior, conformado por 16 celdas aisladas en aire. A continuación se describe los circuitos instalados antes y después del desarrollo del proyecto “Ampliación de la Unidad Minera Cerro Lindo”.

#### **2.1.1 Sistema Eléctrico sin considerar el Proyecto**

- ✓ Subestación Desierto de 220/60/22,9 kV:
  - Sistema doble barra en 220kV.
  - Dos Bahías de Línea en 220kV

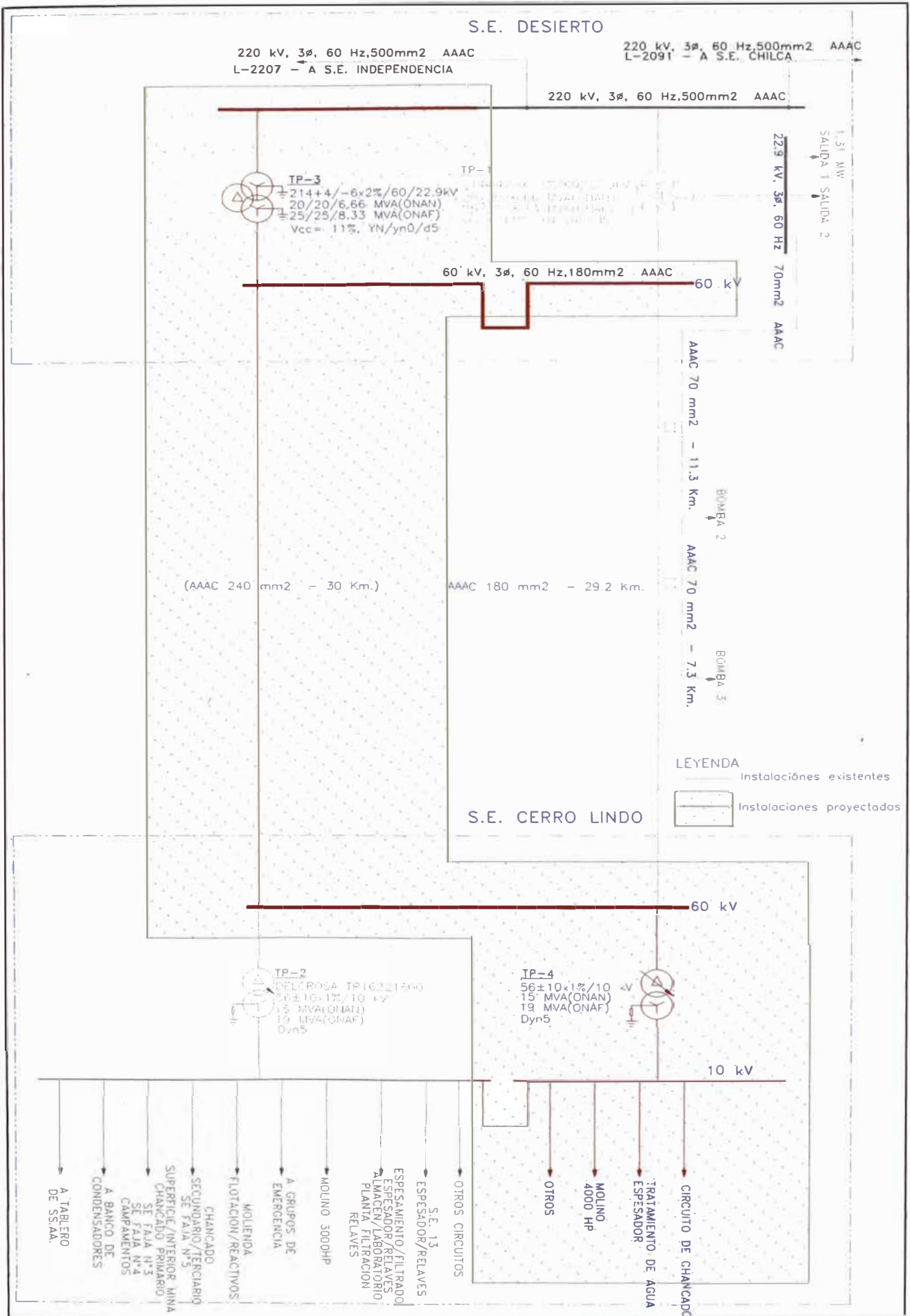


Figura 2.1 Diagrama unifilar general



- Una Bahía de transformación 220kV
- Una Bahía de acoplamiento en 220kV.
- Un Transformador de potencia 220/60/22,9 kV.
- Una Bahía de Transformador y Salida directa de línea en 60kV
- Sistema simple barra en 22,9kV.
- Una Bahía de transformación en 22,9kV
- Tres bahías de salida de cargas en 22,9kV
- ✓ Línea de subtransmisión en 60 kV desde S. E. Desierto a S. E. Cerro Lindo.
- ✓ Subestación Cerro Lindo de 60/10kV.
  - Una Bahía de Entrada directa de línea a Transformador en 60 kV.
  - Un Transformador de potencia 60/00 kV.
  - Sistema de celdas de distribución con una celda de llegada de transformador y siete salidas para cargas de distribución con interruptor.
- ✓ Celdas de distribución en 10kV.
  - Circuito de salida 6110-001-A1 (Tablero de servicios auxiliares)
  - Circuito de salida 6110-001-A2 (Banco de condensadores)
  - Circuito de salida 6110-001-A3 (Chancado primario F-9207)
  - Circuito de salida 6110-001-A5 (Remolienda y flotación F-9215)
  - Circuito de salida 6110-001-A6 (Grupo de emergencia)
  - Circuito de salida 6110-001-A7 (Motor síncrono de 3000HP F-3007)
  - Circuito de salida 6110-001-A8 (Espesamiento y filtrado F-92347)
  - Circuito de salida 6110-001-A10 (Soplador y compresor F-92361)
  - Circuito de salida 6110-001-B2 (Circuito de acoplamiento)
  - Circuito de salida 6110-001-B3 (Molienda y flotación F-92211)
  - Circuito de salida 6110-001-B4 (Reserva F-92251)
  - Circuito de salida 6110-001-B7 (Filtrado de relave F-92262)

### **2.1.2 Sistema Eléctrico Ampliado**

Como ampliación del sistema eléctrico se tiene:

- ✓ Subestación Desierto de 220/60/22,9 kV
  - Una Bahía de transformación 220 kV
  - Un Transformador de potencia 220/60/22,9 kV.
  - Sistema de barras simple en 60 kV.
  - Una bahía de transformador nueva en 60 kV
  - Una bahía de línea nueva en 60 kV.
  - Adecuación de la actual bahía de transformador-línea a una bahía de



transformador más una bahía de línea independientes.

- ✓ Una nueva Línea de subtransmisión en 60 kV desierto - Cerro Lindo
- ✓ Ampliación de Subestación Cerro Lindo de 60/10kV:
  - Dos bahías de línea nuevas con equipos compactos en 60kV.
  - Sistema de barras simple en 60 kV.
  - Una bahía de transformador nueva en 60 kV
  - Un nuevo transformador de potencia 60/10 kV
  - Adecuación de la actual bahía de transformador–línea a una bahía de transformado.
- ✓ Ampliación de Celdas de distribución en 10kV.
  - Circuito de salida 6110-001-A4 (Chancado secundario F-92330)
  - Circuito de salida 6110-001-A9 (Tratamiento de agua F-92251)
  - Circuito de salida 6110-001-B5 (Molino de bolas F-92231)
  - Circuito de salida 6110-001-B6 (Relleno y bomba en Pasta F-92227)

## 2.2 Sistema de Protecciones

A continuación se describe en detalle el sistema de protecciones de los circuitos A4, A9, B5 y B6 comprendidos en el presente estudio. Se nombra la salida principal y los elementos que conforman el circuito para cada alimentador con código, los relés asociados a cada interruptor donde se detalla la marca, modelo y función de protección, como se muestra en los diagramas unifilares del anexo I.

### 2.2.1 Circuito de salida 6110-001-A4 (Chancado F-92330)

#### a) Protección de celda de salida (A4) en 10 kV

Esta celda cuenta con los siguientes relés:

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca General Electric modelo F650, con las siguientes funciones:
  - Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

#### b) Protección de celda de transformador de potencia de 2 MVA (6121-050).

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:
  - Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

#### c) Protección de celda de 10 kV-circuito (F-92335).

✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:

- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

**d) Protección de celda de transformador de potencia de 1MVA (F-92336).**

✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:

- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:

- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

**e) Protección de celda 10 kV circuito (F-92333).**

✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:

- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

**f) Protección de motor – faja transportadora N° 5 en 4,16 kV de 700 HP.**

Se cuenta con los siguientes relés de protección para la faja transportadora N°5.

✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo 469, con funciones:

- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- Fusible de protección contra cortocircuitos.

**g) Protección de celda de transformador de potencia de 1,6 MVA (6121-008).**

✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:

- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

**h) Protección de celda 10 kV transformador de potencia de 3 MVA (6121-030).**

✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:

- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:

- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

**i) Protección de motor – chancadora terciaria, F-20254 de 450 HP.**

j) Esta celda cuenta con el siguiente relé para el motor Chancadora terciaria de 450 HP:

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo 469, con funciones:
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
  - Fusible de protección contra cortocircuitos.

**k) Protección de motor – chancadora secundaria, F-20382 de 450 HP.**

Se cuenta con los siguientes relés para el motor Chancadora secundaria N°2 de 450 HP:

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo 469, con funciones:
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
  - Fusible de protección contra cortocircuitos.

**l) Protección de motor – chancadora terciaria N° 1, F-20383 de 700 HP.**

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo 469, con funciones:
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
  - Curva de protección térmica.
  - Fusible de protección contra cortocircuitos.

**m) Protección de motor – chancadora terciaria N°2 F-20384 de 700 HP.**

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo 469, con funciones:
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
  - Curva de protección térmica.
  - Fusible de protección contra cortocircuitos.

**2.2.2 Circuito de salida 6110-001-A9 (Tratamiento de agua F-92251)**

**a) Protección de celda de salida (A9) en 10 kV (alimentación al circuito F-92251 IP 6110-001-A9).**

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca General Electric modelo F650, con las siguientes funciones:
  - Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

**b) Protección de celda en 10 kV de transformador de potencia de 1,2 MVA (6121-011).**

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:
  - Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

**✓ Protección de celda en 10 kV de transformador de potencia de 2,0 MVA (6121-053).**

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:

- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- c) Protección de celda de transformador de potencia de 2,0 MVA (6121-028).**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

### **2.2.3 Circuito de salida 6110-001-B5 (Molino de bolas F-92231)**

#### **a) Protección de celda de salida B5 en 10 kV.**

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca General Electric modelo F650, con las siguientes funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

#### **b) Protección de celda de transformador de potencia de 5 MVA (6120-003).**

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL modelo ekorRPG, con las siguientes funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- ✓ Un (01) relé multifunción, marca GE modelo T60, con las siguientes funciones:
- Protección diferencial porcentual del transformador de potencia.
  - Protección de respaldo de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de respaldo de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

#### **c) Protección del motor - Molino de bolas en 4,16 kV de 4000 HP.**

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo 469, con funciones:
- Curva de protección térmica.
  - Fusible (550 A) de protección contra cortocircuitos.

### **2.2.4 Circuito de salida 6110-001-B6 (Bomba y Relleno en Pasta F-92227)**

#### **a) Protección de celda de salida B6 en 10 kV.**

- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca General Electric modelo F650, con las siguientes funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).

- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- b) Protección de celda de alimentación a circuito F92227B (rama 1) – pasta 1 y 2.**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL modelo ekorRPG, con las siguientes funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- c) Protección de celda de transformador de potencia de 3 MVA (6121-031).**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- d) Protección del motor – bomba de relleno en pasta en 4,16 kV de 1100 HP.**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, modelo Soft Started, con funciones:
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
  - Curva de protección térmica.
- e) Protección de celda de transformador de potencia de 1,2 MVA (6121-016).**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
- f) Protección de celda de transformador de potencia de 2 MVA (6121-032).**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- g) Protección de celda de transformador de potencia de 3 MVA (6121-033).**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- h) Protección del motor – bomba de relleno en pasta en 4,16 kV de 1100 HP.**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, modelo *Soft Started*, con funciones:
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

- Curva de protección térmica.
  - Fusible (12R) de protección contra cortocircuitos.
- i) Protección de celda de alimentación a circuito F92227A (rama 2)**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL modelo ekorRPG, con las siguientes funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- j) Protección de celda de transformador de potencia de 1,6 MVA (6121-049).**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- k) Protección del motor – faja transportadora # 4 de 1000 HP.**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- l) Protección de celda de transformador de potencia de 1,2 MVA (8612-013).**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG, con funciones:
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- m) Protección de celda de transformador de potencia de 2 MVA (8612-021).**
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca ORMAZABAL, modelo ekorRPG.
- Protección de sobrecorriente entre fases (50/51).
  - Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).
- ✓ Un (01) relé de sobrecorriente multifunción, marca GE, modelo MIF II, con funciones:
- Protección de sobrecorriente a tierra (50G/51G).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO CONCEPTUAL DEL ESTUDIO DE PROTECCIONES**

#### **3.1 Cálculo de Cortocircuito**

##### **3.1.1 Objetivo**

Las simulaciones de cortocircuito tienen como objetivo determinar las máximas y mínimas corrientes de falla en el área de influencia del proyecto, para una condición inicial en operación normal del sistema eléctrico en estudio.

Los resultados de las simulaciones nos permiten:

- Verificar la saturación y límite térmico de los transformadores de corriente.
- Realizar el análisis de coordinación de las protecciones.

##### **3.1.2 Metodología**

Para el análisis de coordinación de las protecciones se realizaron simulaciones de cortocircuito mediante el método IEC 60909, el cual fue realizado sobre la base de una solución previa de flujo de carga para el horizonte de estudio correspondiente. Además para el cálculo de máxima corriente de cortocircuito se utilizaron las reactancias subtransitorias saturadas para los generadores síncronos. Cabe aclarar que para el caso de cortocircuitos entre fases sin contacto a tierra (trifásica y bifásica), las fuentes que alimentan a la falla son los generadores y el aporte proveniente del SEIN. En el caso de cortocircuitos con contacto a tierra, además de los generadores con neutro a tierra, también son fuentes de corrientes de secuencia cero los puntos de conexión a tierra, tal como sucede con los neutros puestos a tierra de las conexiones en estrella de los transformadores de potencia y de los transformadores de aterramiento.

##### **3.1.3 Casos Simulados y Resultados**

Se han simulado los siguientes casos de cortocircuito para determinar la máxima corriente de cortocircuito para el análisis de coordinación de las protecciones:

- Cortocircuito trifásico franco
- Cortocircuito monofásico franco

Se han simulado los siguientes casos de cortocircuito para determinar la mínima corriente de cortocircuito para el análisis de coordinación de las protecciones:

- Cortocircuito bifásico franco



- Cortocircuito monofásico con  $R_f = 10$  y  $50 \Omega$ .

Para cada uno de los casos simulados se presentaron salidas gráficas con resúmenes de fallas en barras que muestran la corriente total en todas las barras y la contribución que llega a cada barra a través de cables, transformadores y generadores.

Los resultados se presentaron en forma gráfica en el anexo N° II, además en la Tabla 3.1 se puede ver los valores de cortocircuito de manera resumida para los casos que se muestran.

**Tabla 3.1** Resumen de cortocircuito trifásico en 10 kV. [15]

Descripción	kV	Corriente de Cortocircuito (kA)		
		Trifásica	Bifásica	Monofásica
		$I_{K''}$	$I_{K''}$	$3I_o$
		R=0 Ohm	R=0 Ohm	R=0 Ohm
Barra A de 10kV	10	11,48	5,729	0,657
Barra B de 10kV	10	11,48	5,729	0,657
Acople en 10kV	10	6,116	2,678	0,328

Con los máximos niveles de corrientes de cortocircuito obtenidos se ha verificado la probable saturación de los transformadores de corriente de todos los alimentadores en 10kV, tal como se muestra en la Tabla 3.2.

### 3.2 Cálculo de Protección de Sobrecorriente

#### 3.2.1 Objetivo

El objetivo principal de los sistemas de protección es aislar la mínima porción posible del sistema de potencia ante una falla o una condición anormal. Esto es conseguido seleccionando un sistema de protección adecuado para la subestación o equipo protegido y ajustándolos en valores adecuados. Si el sistema de protección es capaz de aislar la mínima parte del sistema entonces podemos introducir el término selectividad.

#### 3.2.2 Protección Selectiva

La protección selectiva es una protección el cual determina que falla esta dentro de su zona y aísla solamente esa zona.

#### 3.2.3 Proyecto de Selectividad

El proyecto de selectividad fue realizado de manera que estas protecciones operen para fallas en gran parte del sistema eléctrico y desconecten la parte fallada solamente graduando los ajustes de tiempo, corriente o tensión. La mayoría de las fallas arrancan muchos relés de protección en ambos grupos. Por ejemplo, cortocircuitos con contacto a tierra pueden arrancar protecciones de sobrecorriente entre fases, protección de secuencia negativa, protección de fallas a tierra, protección de sobrecarga, protección diferencial y protección de mínima tensión dependiendo de la posición de falla, tipo de



aterramiento y esquema del sistema de protección. Las curvas de selectividad son diagramas y tablas que muestran los tiempos de operación y su respectiva cantidad que la hace actuar o posición de la falla para la protección selectiva de una red de trabajo. El propósito del proyecto de selectividad es coordinar los ajustes del relé de manera que:

- El equipo fallado sea desconectado tan rápido como sea posible.
- Disminuir los daños por seguridad del equipo.
- Una protección de respaldo es obtenida si una protección principal o su interruptor falla al disparar.

El proyecto de selectividad fue desarrollado de igual manera para fallas entre fases y para fallas a tierra.

**Tabla 3.2** Niveles probables de saturación de los transformadores de corriente [15]

S.E.	UBICACIÓN	RELACIÓN	CLASE	# de dev.	I <sub>th</sub> (kA/1s)	I <sub>cc</sub>	
		I <sub>1</sub> /I <sub>2</sub> (A)				kA (Vista)	kA Saturación
Cerro Lindo	Lado 10 kV Transformador TP2	800-1200/5	C150	2	96	3.5	24
Cerro Lindo	Banco de Capacitores	600/5	C50	1	20	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito A3 Mina/Chancado Primario	600/5	C200	1	48	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito A4 Chancado Secundario/Terciario	600/5	C200	1	48	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito A5 Molienda Flotación/Reactivos	600/5	C50	1	12	11.5	12
Cerro Lindo	Grupos de emergencia	600/5	C50	1	12	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito A7 Molino 3000 HP	600/5	C50	1	20	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito A8 Espesamiento/Filtrado	600/5	C200	1	48	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito A9 Espesador/Relaves	600/5	C200	1	48	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito A10 Flotación/Molienda	600/5	C50	1	24	11.5	12
Cerro Lindo	Lado 10 kV Transformador TP4	800-1200/5	C200	2	96	3.5	24
Cerro Lindo	Acoplamiento 10 kV	800-1200/5	C200	2	64	6.11	16
Cerro Lindo	Circuito B3 Flotación/Molienda	600/5	C50	1	20	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito B4 Sopladores/Compresor	600/5	C50	1	12	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito B5 Molino 4000 HP	600/5	C50	1	24	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito B6 Faja 4/Relleno en Pasta	600/5	C200	1	48	11.5	12
Cerro Lindo	Circuito B7 Filtrado/Relaves	600/5	C100	1	24	11.5	12

### 3.2.4 Protección de sobrecorriente de fases

Para efectuar la coordinación de la protección de sobrecorriente para fallas entre fases en

el sistema eléctrico en estudio, se tomó como referencia los ajustes actuales de la función de protección de sobrecorriente entre fases ubicados en el lado de 10kV de los transformadores de potencia de la subestación Cerro Lindo y del acoplamiento de barras en 10kV. A continuación en la tabla 3.3 se muestra un cuadro resumen de los ajustes actuales de las protecciones a utilizar como referencia [3].

**Tabla 3.3** Ajustes actuales referentes de las funciones 50/51. [3]

Ajustes				Etapa 1			Etapa 2			Observaciones
Relé	Modelo	T.C.		Arranque Ip>		T>	Arranque Ip>>		T>>	Curvas
		(A)		A Prim.	A. Sec.	Dial o s	A Prim.	A. Sec.	s	
CL 3.2	F650	1200	/ 5	1200	5	0,13	2592	10,8	0,6	IEC Standard Inv.
CL 7.0	MIFF II	800	/ 5	960	6	1,56	2160	13,5	0,4	ANSI Short Time Inv.

### 3.2.5 Criterios y lineamientos seguidos para el ajuste de las protecciones de sobrecorriente de fase

Los criterios de protecciones de sobrecorriente se tomaron como referencia de estudios anteriormente realizados [4], bibliografía referente al tema [13], de los cuadernos técnicos para media tensión de Schneider Electric [5] y de la experiencia acumulada en la elaboración de estudios eléctricos.

En base a la topología del sistema eléctrico y al modo de operación de la Minera Cerro Lindo, se establecieron los siguientes criterios y lineamientos para los análisis de operación y selectividad de las protecciones de sobrecorriente fase.

#### a) Características de las curvas de operación de los relés

Los ajustes propuestos de los relés de sobrecorriente del proyecto, se basan en la norma IEC y ANSI, en la expresión (3.1) se detallan las curvas IEC.

#### Curva IEC 60255-3 [16]

$$T = M \cdot \left( \frac{K}{\left( \frac{I}{I_{pu}} \right)^E - 1} \right) \quad (3.1)$$

Donde:

T : Tiempo de disparo (en segundos)

M : Ajuste de multiplicador

I : Corriente de entrada

I<sub>pu</sub> : Ajuste de corriente pick-up

K, E : Constantes

En la tabla 3.4 se pueden observar los valores para las constantes K y E. Por otra parte las características de operación de los relés protección MIFF II, cuyas curvas de coordinación se basan en la norma ANSI C37.90 se muestra en la expresión (3.2).

**Tabla 3.4** Constantes K y E [16]

Curva IEC	K	E
<i>Normal Inverse</i>	0,14	0,02
<i>Very Inverse</i>	13,5	1
<i>Extremely Inverse</i>	80	2
<i>Long Time Inverse</i>	120	1

### **Curva ANSI C37.90**

La fórmula general para todas las curvas ANSI es la siguiente (3.2).

$$T = M \cdot \left[ A + \frac{B}{V-C} + \frac{D}{(V-C)^2} + \frac{E}{(V-C)^3} \right] \quad (3.2)$$

Donde:

**Tabla 3.5** Constantes para la curva ANSI [17]

Nombre de la curva	A	B	C	D	E
Inversa	0,0274	2,2614	0,3000	-4,1899	9,1272
Muy inversa	0,0615	0,7989	0,3400	-0,2840	4,0505
Extremadamente inversa	0,0399	0,2294	0,5000	3,0094	0,7222

Donde:

M : Dial a ser ajustado por el usuario.

V :  $\frac{I}{I_{pickup\ setting}}$

### **b) Etapa Temporizada (1er umbral)**

#### **b.1) Corriente de operación**

- Para el caso de los transformadores de 10/4.16 kV y 10/0.48 kV, se recomienda que el umbral de operación este entre el 120% de la corriente nominal del transformador de potencia en operación ONAN.
- Para el caso de los alimentadores en 10kV que terminen en una barra de 10kV, se considera adecuado un umbral de operación superior al 120% de la máxima demanda registrada o calculada para dicho alimentador. Se recomienda ajustar el mismo umbral de operación para la protección de sobrecorriente fase de la llegada a la barra de 10kV [4].
- Todo valor de corriente de arranque no debe ser mayor al 120% de la corriente

nominal del transformador de corriente asociado al relé de protección, con el fin de evitar posibles daños térmicos y afectar la expectativa de vida de los transformadores de corriente. En caso se encontrase un ajuste actual con un umbral superior al 120% de la corriente nominal del transformador de corriente, dicho umbral de operación se reducirá hasta el límite permitido [4].

- Las corrientes primarios de cortocircuito causan esfuerzos mecánicos y fatiga térmica. Los esfuerzos mecánicos no pueden ser influenciados por los relés de protección pero el daño térmico depende del tiempo que dura la falla (tiempo de despeje de falla). La siguiente expresión (3.1) puede ser usada para calcular la capacidad de otros tiempos de falla según la IEC 60255 [6].

$$I_k^{1/2} \cdot t_k = I_1^{1/2} \quad (3.1)$$

Donde:

$I_k$  : Capacidad de corriente de cortocircuito para un tiempo  $t_k$

$I_1$  : Capacidad de corriente de cortocircuito 1 segundo.

## b.2) Curva y dial de operación

- Las curvas de operación de los relés deben necesariamente estar ubicados por debajo de la capacidad térmica del transformador de potencia y por encima de los valores de las corrientes de energización, que se considera entre 8 a 12 veces la corriente nominal con un tiempo de duración aproximado de 100 milisegundos según la IEEE 242 [11].
- Para el caso de los transformadores de 10/4.16 kV, se considera adecuado las curvas IEC Standard Inverse e IEC Very Inverse, la selección entre estas dependió de los niveles de cortocircuito y al sistema de protecciones colindante. El dial de operación se ajustó de tal manera que ante una falla en el lado de 4.16kV el relé ubicado en la salida de 10kV mantenga un margen de coordinación no menor a los 0.20 segundos con el relé ubicado en los alimentadores de 4.16KV, de la misma manera este relé debe guardar dicho margen de coordinación con la protección de llegada del transformador de 60/10kV y con las protecciones del sistema de acople de barras en 10 kV. En algunos casos se utilizaron la curva IEC *Extremely Inverse*, básicamente para lograr una adecuada coordinación con fusibles y los centros de control de motores [4].
- Para el caso de los motores, se recomienda utilizar la curva IEC *Very Inverse*, con un dial de operación con el cual la curva de operación se coloque por encima de la curva de arranque estándar y por debajo de la curva de daño térmico estándar tomando en cuenta las siguientes consideraciones [11]:

Factor de potencia

Eficiencia

Corriente rotor bloqueado

Tiempo de Arranque

*Inrush*

Tiempo *Inrush*

Tiempo de parada en frío y caliente:

Para los motores de 450HP y 700HP del circuito 6110 – 001 – A4 (Circuito de Chancado F92230), se utilizaron las simulaciones hechas en el estudio de arranque de motores de inducción [14], la cuales se muestran en Anexo V, asimismo se uso los datos técnicos de fabricante de motores de media tensión *ABB S.A.* y *WEG S.A.*

### **c) Etapa Tiempo Definido o Instantánea (2do umbral)**

El segundo umbral de operación es recomendable para la protección de transformadores, motores, bancos de condensadores y filtros de armónicos, en caso de altos niveles de cortocircuito y problemas de selectividad este umbral puede ser necesario en salidas, llegadas y acople de barras.

#### **c.1) Corriente de operación**

- La etapa instantánea se ajustó para un cortocircuito trifásico al 85% de la línea de transmisión protegida [13]. Por lo tanto para un cortocircuito trifásico o bifásico entre el punto de instalación del relé y el 85% de la línea de transmisión actuará la unidad instantánea.
- Para el caso de los transformadores de potencia de 10/4.16 y 10/0.48 kV, el umbral de operación se ajustó por encima del 120% de la máxima corriente vista por el relé ante una falla en la barra de baja tensión [5]. Esto con la finalidad de que ninguna protección de sobrecorriente de fase del transformador opere en su etapa instantánea ante fallas en el lado de baja y de esta forma brindar una protección rápida y selectiva ante fallas.
- Para las protecciones de los motores, se dio un ajuste que esté por encima de la corriente de energización del motor [11].

#### **c.2) Tiempo de operación**

- Para el caso de los transformadores de potencia de 10/4.16kV y 10/0.48kV, el valor de ajuste debe estar por encima de la corriente *inrush* del transformador [11].
- Se verificó que las etapas de tiempo definido (instantáneas) entre las protecciones de sobrecorriente de fase de las salidas, llegadas y acoples de barras de 10 kV mantengan un margen de coordinación no menor a los 0.2 segundos.

### **d) Curvas estandarizadas de daño térmico – mecánico de transformadores**

Las curvas para las Categorías I, II, III y IV de transformadores (descritos en ANSI/IEEE C57.109 - 1993) son presentados en este apéndice mostrando las curvas de protección para corriente de falla. Es muy conocido que el daño a los transformadores debido a corrientes de falla es el resultado de efectos térmicos y mecánicos. El aumento de temperatura asociado con las altas magnitudes de corrientes de falla es absolutamente aceptado, los efectos mecánicos son intolerables si tales fallas se permiten que ocurran con mucha regularidad. Esto es el resultado de la suma de algunos efectos mecánicos, compresión del aislamiento, pérdida de aislamiento y desplazamiento por fricción inducida. El daño que ocurre como resultado de la suma de estos efectos es función no solo de la magnitud y duración de las corrientes de falla, sino también del número total de tales fallas. En el anexo V se puede observar a más detalle las curvas, a continuación describimos las cuatro categorías.

#### **d.1) Categoría I**

Para transformadores categoría I (5 kVA a 500 kVA monofásicos, 15 kVA a 500 kVA trifásicos), se aplica una simple curva protección de daño térmico. Ver figura 3.1 del anexo V. Esta curva puede ser usada para elegir el dispositivo de protección de sobrecorriente para todas las aplicaciones independientemente de los niveles de incidencia de falla.

#### **d.2) Categoría II**

Para transformadores categoría II (501 kVA a 1667 kVA monofásicos, 501 kVA a 5000 kVA trifásicos), dos curvas de daño térmico son empleadas. Ver figura 3.2

##### **Curva (2a)**

La curva de la izquierda refleja ambas consideraciones daños térmico y mecánico y se usa para elegir la característica del dispositivo tiempo corriente para alta incidencia de fallas.

##### **Curva (2b)**

La curva de la derecha refleja principalmente consideraciones de daño térmico y es usada para elegir la característica de corriente del dispositivo en el alimentador para poca incidencia de fallas. Esta curva puede ser usada también para elegir las características de los dispositivos de protección del lado primario y secundario para todas las aplicaciones independientemente de los niveles de incidencia de falla.

#### **d.3) Categoría III**

Para transformadores categoría III (1668 kVA a 10000 kVA monofásicos, 5001 kVA a 30000 kVA trifásicos), dos curvas de daño térmico son empleadas. Ver figura 3.3

##### **Curva (3a)**

La curva de la izquierda refleja ambas consideraciones daños térmico y mecánico y se

usa para elegir la característica del dispositivo tiempo corriente del alimentador para alta incidencia de fallas. Esta curva es dependiente de la impedancia del transformador para corrientes de falla por encima del 50% de la máxima admisible y está cerrada para el  $I^2t$  del peor caso de servicio mecánico (máxima corriente de falla por 2 segundos).

### **Curva (3b)**

Similar para transformadores categoría II

#### **d.4) Categoría IV**

Para transformadores categoría IV (encima de 10000 kVA monofásicos, encima de 30000 kVA trifásicos), solo una curva de daño térmico es empleada. Ver figura 3.4.

Esta curva refleja los efectos térmicos y mecánicos y puede ser usada para elegir las características del dispositivo de protección para todos los casos no importando el nivel de ocurrencias de fallas. Esta curva es dependiente de la impedancia del transformador para corrientes de falla por encima del 50% de la máxima admisible y está cerrada para el  $I^2t$  del peor caso de servicio mecánico (máxima corriente de falla por 2 segundos). La relación de aplicaciones poco frecuente versus frecuente incidencia de fallas para categorías II y III puede ser definida por la localización de la falla.

### **3.2.6 Resultados del Análisis de Selectividad entre Protecciones de Sobrecorriente de Fase**

En el anexo III se muestra una serie de gráficos con curvas de selectividad de las protecciones de sobrecorriente fase con los ajustes recomendados, además de las corrientes de fase que circula por cada relé y sus tiempos de operación respectivos para diversas fallas que se pueden presentar en el sistema eléctrico en estudio.

En las gráficas de selectividad fase también se muestran las curvas de daño térmico y corriente *inrush* de los transformadores y motores, la curva de arranque de motores y las curvas de características de los fusibles (*minimum melting* y *total clearing*).

Para la elaboración de las gráficas de selectividad se codificó cada uno de los relés para su fácil identificación al momento de ubicar el relé en el pequeño esquema del sistema eléctrico mostrado en la gráfica, además del orden que se logró al momento de elaborar las planillas de ajustes. En el anexo IV se presentan las planillas con los ajustes propuestos.

### **3.2.7 Protección de Sobrecorriente Tierra (Homopolar) en Redes Aterradas**

En el sistema eléctrico en estudio, las redes aterradas son las siguientes:

- Red eléctrica correspondiente al nivel de 10 kV.
- Red eléctrica correspondiente al nivel de 4,16 kV.
- Red eléctrica correspondiente al nivel de 0,48 kV.

A continuación en la tabla 3.5 se muestra un cuadro resumen de los ajustes actuales de



las protecciones a utilizar como referencia [3].

**Tabla 3.5** Ajustes actuales referentes de las funciones 50N/51N [3]

AJUSTES				ETAPA 1			ETAPA 2			OBSERVACIONES	
RELÉ	MODELO	T.C. (A)		Arranque Ip>		T>	Arranque Ip>>		T>>	Curvas	
				A Prim.	A. Sec.	Dial o s	A Prim.	A. Sec.	s		
CL 3.2, CL5.2	F650	1200	/	5	60	0,25	0,26	-	-	-	IEC Standard Inverse Curva A
CL 7.0	MIFF II	800	/	5	160	1,00	0,5	-	-	-	DT

### 3.2.8 Criterios y Lineamientos Seguidos para el Ajuste de las Protecciones de Sobrecorriente Tierra en Redes Aterradas

En base a la topología del sistema eléctrico y al modo de operación de la Minera Milpo, se establecieron los siguientes criterios y lineamientos para los análisis de operación y selectividad de las protecciones de sobrecorriente de tierra:

#### a) Etapa de Tiempo Definido o Instantánea (2do umbral)

##### a. Corriente de operación

- Para el caso de las redes aterradas con resistencia o neutros artificiales que es nuestro caso, se considera aceptable un umbral mayor o igual al 5% [4] de la corriente nominal del transformador toroidal, verificando que este valor sea inferior a la mínima corriente homopolar vista por el relé ante una falla a tierra lejana de alta resistencia.

##### b. Curva y dial de operación

- Se utilizó la característica de operación de tiempo definido para hacer la coordinación con las protecciones de referencia ubicadas aguas arriba. Por otra parte la temporización se hizo guardando margen de coordinación no menor de 0.2 segundos con las protecciones colindantes.

### 3.2.9 Resultados del Análisis de Selectividad entre Protecciones de Sobrecorriente Tierra para Redes Aterradas

La red de 10kV, 4.16kV y 0.48kV del sistema eléctrico en estudio se encuentra conectada a tierra a través de los neutros de los devanados de todos los transformadores de potencia. Por lo tanto, las contribuciones de corriente homopolar para una falla a tierra en cualquier red, será a través de los neutros de los transformadores de potencia.

En el anexo III se muestra una serie de gráficos con curvas de selectividad de las protecciones de sobrecorriente tierra con los ajustes recomendados, además de las corrientes homopolares (3I<sub>o</sub>) que circula por cada relé y sus tiempos de operación respectivos para diversas fallas a tierra que se pueden presentar en el sistema eléctrico en estudio.

Para la elaboración de las gráficas de selectividad se utilizó la misma codificación para



cada relé usado para el análisis de selectividad. En el anexo IV se presentan las planillas con los ajustes actuales y propuestos.

### 3.3 Cálculo de ajustes del motor del circuito 6110-001-B5 (Molino de bolas F-92231)

Los relés *General Electric* SR-469, son relés diseñados para la protección y manejo de motores de mediana y alta capacidad. Entre las principales funciones de este relé se encuentran [9]:

- Sobrecarga
- Cortocircuitos entre fases
- Atascamiento mecánico
- Baja corriente
- Desbalance de corriente
- Falla a tierra
- Diferencial de fases
- Contador de tiempo de aceleración
- Bloqueo contra arranques múltiples y Bloque de re-arranque
- Baja y sobre tensión
- Baja y sobre frecuencia
- Otros: registrador de eventos, predisparo, memoria rastreo, falla arrancador, simulación de falla, falla VT, etc.

#### 3.3.1 Características Técnicas del Motor del Molino de Bolas (4000HP)

A continuación se muestran los datos nominales del motor asíncrono de 4000HP – Molino de Bolas (*datos de placa*).

- |                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| • Potencia Eléctrica               | 2985kW                   |
| • Tensión Nominal                  | 4160V $\pm$ 10%          |
| • Corriente Nominal                | 505A                     |
| • Velocidad nominal                | 1193RPM                  |
| • Frecuencia nominal               | 60Hz                     |
| • Eficiencia                       | 96.2% (al 100%)          |
| • Factor de potencia               | 0.85 (al 100%)           |
| • Máximo tiempo de Atascamiento    | 3/1 segundos (cold/warm) |
| • Numero de arranques consecutivos | 3/2 (cold/warm)          |

#### 3.3.2 Arranque del Molino de Bolas

El motor de 4000HP del Molino de Bolas viene a ser del tipo motor de inducción de rotor bobinado y utiliza para el arranque resistencias rotoricas, ya que de lo contrario se producirían corrientes inadmisibles en el arranque. El estator se alimenta con la tensión

plena y el control de la corriente y el par de arranque se realiza mediante la inserción de resistencias que se cortocircuitan progresivamente hasta quedar cortocircuitado directamente el rotor. En el arranque se tiene la mayor resistencia y la menor velocidad y alcanza su plena velocidad cuando la resistencia está completamente cortocircuitada.

El motor con arranque rotórico se impone, por lo tanto, en todos los casos en los que las puntas de corriente deben ser débiles y cuando las máquinas deben arrancar a plena carga. La corriente de arranque debe alcanzar entre 200% a 300% de la corriente nominal en un tiempo de 15 segundos aproximadamente (*dato del fabricante*). Por otra parte en el anexo V se muestran los datos y fichas técnicas del motor.

### 3.3.3 Ajustes Propuestos del Relé *General Eléctric SR – 469*

Los ajustes ingresados al motor de 2985KW, se realizaron con las recomendaciones hechas por el manual del SR-469 [9] y con los datos técnicos del fabricante (ABB) del motor.

- *Current Sensing* (Sensores de corriente)
- *Phase CT primary* : 800A
- *Motor full load amps* : 505A

Este valor corresponde al dato de placa del fabricante y representa la corriente de plena carga del motor debido a la potencia del motor.

- *Ground CT type* : 5A secundarios

Se tiene conectado un toroide de relación 50/5

- *Phase differential CT* : No

En los diagramas no están conectadas las entradas de corriente diferencial en el relé SR469.

- *Enable 2-speed motor protection*: No (el motor no es de 02 velocidades)

a) *Voltage Sensing* (Sensores de tensión)

- *Vt connection type* : *Open Delta*

Tipo de conexión típica para medir tensión.

- *Voltage transformer ratio* : 35

Transformador de tensión con relación  $(4160/\sqrt{3})/(120\sqrt{3})=35$

- *Motor nameplate* : 4160V

La tensión nominal del motor

b) *Power System* (Sistema de potencia)

- *Nominal system frequency* : 60Hz

- *System phase sequence* : ABC

c) *Reduced Voltage* (Tensión reducida)

- *Reduced voltage starting* : *Off/No*

Este ajuste corresponde cuando es un arranque directo

d) *Thermal Model* (Modelo térmico)

- *Curve style* : *Standar*
- *Overload pickup level* : 1.1xFLA

Arranque de la función de sobrecarga

- *Unbalance k factor* : 26

Factor usado para el modelo térmico que permite detectar calentamiento en los motores debido a la componente de secuencia negativa causado por cargas desbalanceadas. Se puede calcular como sigue [9]:  $k = 230 / (I_{LR})^2$  donde  $I_{LR}$  es la corriente de rotor bloqueado por unidad (dato fabricante). Entonces  $k = 230 / (3)^2 = 25.6$

e) *Cool Time Constant Running* : 120 minutos

Constante de tiempo de enfriamiento cuando el motor ha estado en servicio casi a su capacidad nominal por un periodo largo de tiempo. Por recomendación del manual [10], un ajuste adecuado de este parámetro es la mitad del *Cool Time constant stopped*, debido a que el rotor se enfría de modo más rápido cuando el motor ha estado en operación.

f) *Cool Time Constant Stopped* : 240 minutos

Constante de tiempo de enfriamiento cuando el motor ha estado detenido un periodo de tiempo largo.

*Hot/Cold Safe Stall Ratio* : 0.33 (*data sheet*)

Es la división entre el tiempo de atascamiento en caliente y el tiempo de atascamiento en frío.

- *Enabled RTD blasing* : *On/Yes*
- *RTD blas minimum* : 40 °C – dato estandar
- *RTD blas center* : 130 °C
- *RTD blas maximum* : 155 °C
- *Thermal capacity alarm* : *Latched*

La alarma se mantendrá hasta que sea reseteada.

- *Thermal capacity alarm relays* : *Alarm*
- *Thermal capacity alarm level* : 85% used
- *Thermal capacity alarm events* : *On/Yes*
- *Overload trip relays* : *trip & Aux 2*

g) *Curve Setup* (Ajuste de la curva de sobrecarga)

*Standard Overload Curve Number* : 1

Se elige una temporización que esté por debajo de los límites térmicos del rotor definidos por el fabricante y por encima de la zona de operación normal del motor. La característica

está definida en el manual del relé SR 469.

h) *Short Circuit Trip* (Protección contra cortocircuitos)

*Short Circuit Trip* : *Off*

Este ajuste esta deshabilitado, debido a que el elemento de disparo es un contactor que puede dañarse cuando apertura anta elevadas corrientes de fallas. Las fallas de elevadas corrientes que se puedan producir, son despejadas por los interruptores de 10kV y 4.16kV y los fusibles ultrarrápidos.

i) *Overload Alarm* (Alarma por sobrecarga)

• *Overload alarm* : *Latched*

La alarma se ajustó como enganchada, es decir, cuando se excede el límite de sobrecarga se emite una alarma la cual permanece en el panel del relé hasta su *reset* manual.

• *Assign alarm relays* : *Alarm*

• *Overload alarm events* : *On/Yes*

• *Overload alarm delay* : 0.1 s

j) *Mechanical Jam* (Atascamiento mecánico)

Esta función es usada para indicar una condición de atascado cuando el motor está en marcha, sacándolo de servicio en forma más rápida que el modelo térmico.

• *Mechanical jam trip* : *Latched*

• *Mechanical jam trip relays* : *Trip*

• *Mechanical jam pickup* : 2.0 x *FLA*

• *Mechanical jam delay* : 4s

k) *Undercurrent* (corriente baja)

• *Block undercurrent from start* : 10s

• *Undercurrent alarm* : *Off*

• *Undercurrent trip* : *Off*

l) *Current Unbalance* (Desbalance de corriente)

Esta función mide el desbalance entre corriente de secuencia positiva ( $I_1$ ) y de secuencia negativa ( $I_2$ ), causada por variaciones de tensión en la red de alimentación o por desbalances de corriente propias de la red.

• *Current unbalance alarm* : *Unlatched*

• *Current unbalance alarm relays* : *Alarm*

• *Current unbalance alarm pickup* : 15%

Una variación de 1% de tensión generalmente causa un desbalance de corriente de 6% [10], se considera una variación máxima de tensión del 2% la que causa un desbalance de corriente de 12%, por ello se ajusta en 15% la alarma con un margen razonable.

- *Current unbalance alarm delay* : 10 s
- *Current unbalance alarm events* : On/Yes
- *Current unbalance trip* : Latched
- *Current unbalance trip delays* : Trip
- *Current unbalance trip pickup* : 20%
- *Current unbalance trip delay* : 5 s

m) *Ground Fault* (Falla a Tierra)

- *Ground fault alarm* : Unlatched
- *Ground fault alarm relays* : Alarm
- *Ground fault alarm pickup* : 50A
- *Intentional gf alarm delay* : 100ms
- *Ground fault alarm events* : On/Yes
- *Ground fault trip* : Latched
- *Ground fault trip relays* : Trip & Aux 2
- *Ground fault trip pickup* : 10 A
- *Intentional gf trip delay* : 250 ms
- *Ground fault trip backup* : off/No

n) *Ground fault overreach filter* : Off/No

El relé puede filtrar la componente DC de la corriente asimétrica durante la falla para evitar sobrealcances, no se habilita esta función porque el efecto de sobrealcance no es perjudicial y además esta función podría retardar el tiempo de respuesta del relé ante una falla.

o) *Phase Differential* (Diferencial de fase)

- *Phase differential trip* : Off

p) *Acceleration timer* (Contador de tiempo de aceleración)

Esta función protege al motor de estar con altas corrientes de arranque por periodo de tiempo muy largo en el caso que falle el arranque del motor. Los ajustes dependen del tipo de carga del motor.

Los ajustes dependerán del tipo de carga del motor

- *Acceleration timer trip* : Latched
- *Assign timer trip relays* : Trip
- *Acceleration timer from star* t: 35 s

q) *Start Inhibit* (Inhibidor de arranque)

Esta función previene disparos del motor durante el arranque. El relé puede almacenar en memoria la capacidad térmica de los 5 últimos arranques exitosos y usarlos en su algoritmo para el siguiente arranque.

- *Start inhibit block* : *On/Yes*
- *TC used margin* : 25%

r) *Jogging Block* (Bloqueo de arranques múltiples)

Esta función es usada para prevenir múltiples arranques y paradas en secuencia rápida.

- *Jogging block* : *On/Yes*

Este ajuste depende de los datos de placa de carga

- *Maximum starts/hour permissible* : 2

Este ajuste depende de los datos de placa de carga

- *Time between starts*

Este ajuste depende de los datos de placa de carga y tipo de carga, y corresponde al tiempo mínimo que el motor debe estar detenido antes de realizar un nuevo arranque.

s) *Restart Block* (Bloqueo de re-arranque)

Esta función bloquea un arranque del motor por un periodo ajustado contado inmediatamente después de la parada. La aplicación depende del tipo de motor y carga que alimenta.

- *Restart block* : *On/Yes*

Este ajuste depende de los datos de placa de la carga.

- *Restart block time*: 120 segundos

Este ajuste depende de los datos de placa y tipo de carga, en este caso la aplicación del motor es para Molino de bolas, el cual en operación normal maneja cargas con alta inercia, en esta condición cuando se quite suministro el motor quedara girando por un tiempo hasta su desaceleración pidiéndose comportar en este lapso de tiempo como un generador; se ajusta en 120 segundos esperando que la rotación haya desaparecido.

t) *Undervoltage* (baja tensión)

- *Undervoltage active only if bus energized* : *On/Yes*
- *Undervoltage alarm* : *Unlatched*
- *Assign alarm relays* : *Alarm*
- *Undervoltage alarm pickup* : 0.9
- *Starting undervoltage alarm pickup* : 0.0
- *Undervoltage alarm delay* : 3
- *Undervoltage alarm events* : *On/Yes*

- *Undervoltage trip* : *Latched*
- *Undervoltage trip mode* : *3-Phase*
- *Undervoltage trip relays* : *Trip & Aux*
- *Undervoltage trip pickup* : *0.85*
- *Starting undervoltage trip pickup* : *0.85*
- *Undervoltage trip delay* : *5s*
- u) *Overvoltage (sobre tensión)*
- *Overvoltage alarm* : *Unlatched*
- *Overvoltage alarm relays* : *Alarm*
- *Overvoltage alarm pickup* : *1.05 Rated*
- *Overvoltage alarm delay* : *3.0 s*
- *Overvoltage alarm events* : *On/Yes*
- *Overvoltage trip* : *Latched*
- *Assign trip relays* : *Trip & Aux 2*
- *Overvoltage trip pickup* : *1.10 Rated*
- *Overvoltage trip delay* : *3.0 s.*
- v) *Phase Reversal (inversión de potencia)*
- *Voltage phase reversal trip* : *Latched*
- *Voltage phase reversal trip relays* : *trip & Aux 2*
- w) *Frequency (frecuencia)*
- *Voltage frequency alarm* : *Off*
- *Voltage frequency trip* : *Off*
- x) *Rtd Temperature*
- *Stator – alarm* : *130 °C*
- *Stator – trip* : *150 °C*
- *Bearing – alarm* : *80 °C*
- *Bearing – trip* : *95 °C*

### **3.4 Protección Diferencial del Transformador de 5MVA del circuito 6110-001-B5 (Molino de bolas F-92231)**

#### **3.4.1 Descripción de la Protección Diferencial**

El elemento diferencial porcentual del T60 está basado en una característica de pendiente dual y doble punto de corte. El propósito de esta característica es definir la variación de la corriente diferencial y de restricción durante las diferentes condiciones de carga, además que pueda distinguir entre fallas dentro y fuera de la zona de protección, como se indica en la Figura 3.5. Las variaciones de la corriente diferencial y de restricción

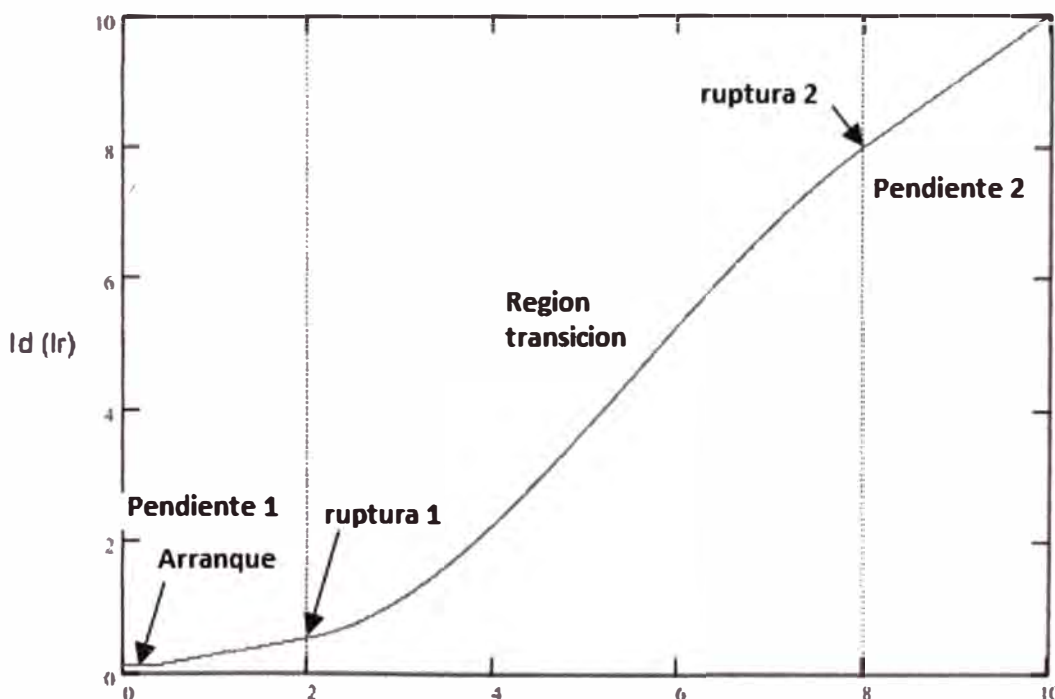
ocurren debido al desbalance de corriente entre el devanado primario y secundario y pueden tener las siguientes causas:

- Imprecisiones inherentes al TC.
- Cambio del tap bajo carga, lo cual ajusta la relación del transformador y consecuentemente las corrientes de los devanados.
- Saturación de TC.

### 3.4.2 Características Eléctricas del Transformador TP 6120-003 de 5MVA

La característica del transformador de potencia de 5 MVA de la subestación 21A (Molino de Bolas) se detalla a continuación. Asimismo en el Anexo V, se puede observar con más detalle el dato de placa de dicho transformador.

- Potencia nominal : 5 MVA (ONAN)
- Tensión nominal :  $10 \pm 2 \times 2.5\%$  / 4,16 kV
- Corriente nominal (tap central) : 288,68 / 693,93 A
- Conexión : Dyn5
- Vcc : 7,32% (5 MVA)



**Figura 3.5** Característica de operación diferencial porcentual del T60. [8]

Transformadores de corriente:

Lado 10 kV:

- 400/5
- 5P20
- Punto estrella del TC ubicado al lado del transformador de potencia

Lado 4.16 kV:



- 950/5
- 5P20
- Punto estrella del TC ubicado al lado del transformador de potencia

### 3.4.3 Cálculo de la Protección Diferencial

#### a) Cálculo del devanado de referencia y del factor de compensación [M]

La protección del transformador de potencia presenta problemas en la aplicación con los transformadores de corriente (TC). Los TC deberían ser igualados para la evaluación de corriente de cada bobinado del transformador, a fin que la corriente a través del transformador de potencia sean iguales en el lado secundario de sus respectivos TC; por lo cual se realiza el siguiente calculo para poder igualar dichas corrientes [8].

- Calcular la corriente nominal de cada devanado (3.2)

$$I_{rated\{W\}} = \frac{P_{rated\{W\}}}{\sqrt{3} V_{nom\{W\}}} \quad (3.2)$$

- Calcular el margen de CT para cada devanado (3.3)

$$I_{margin} = \frac{CT_{primary\{W\}}}{I_{rated\{W\}}} \quad (3.3)$$

- Elegimos el devanado con menor margen de CT
- Calculamos la corriente nominal para cada devanado 1 y 2.

$$I_{rated\{1\}} = \frac{P_{rated\{1\}}}{\sqrt{3} V_{nom\{1\}}} = \frac{5MVA}{\sqrt{3} \times 10kV} = 288,67 A \quad (3.4)$$

$$I_{rated\{2\}} = \frac{P_{rated\{2\}}}{\sqrt{3} V_{nom\{2\}}} = \frac{5MVA}{\sqrt{3} \times 4,16kV} = 693,93 A \quad (3.5)$$

- Con estas corrientes calculamos el margen de CT para los devanados 1 y 2.

$$I_{margin\{1\}} = \frac{CT_{primary\{1\}}}{I_{rated\{1\}}} = \frac{400}{288,67} = 1,385 \quad (3.6)$$

$$I_{margin\{2\}} = \frac{CT_{primary\{2\}}}{I_{rated\{2\}}} = \frac{950}{693,93} = 1,369 \quad (3.7)$$

- Como, el devanado de referencia es el devanado 2 (menor relación).

$$I_{margin\{2\}} < I_{margin\{1\}} \quad (3.8)$$

- El factor de compensación M se calcula de la siguiente manera (3.9):

$$M_{\{W\}} = \frac{I_{primary\{W\}} \times V_{nom\{W\}}}{I_{primary\{Wref\}} \times V_{nom\{Wref\}}} \quad (3.9)$$

- En nuestro ejemplo, las magnitudes de compensación son las siguientes:

$$M_{|1|} = \frac{I_{primary[1]x} V_{nom[1]}}{I_{primary[2]x} V_{nom[2]}} = \frac{400 A_x 10KV}{950 A_x 4,16kV} = 1,01214 \quad (3.10)$$

$$M_{|2|} = \frac{I_{primary[2]x} V_{nom[2]}}{I_{primary[2]x} V_{nom[2]}} = \frac{950 A_x 4,16kV}{950 A_x 4,16kV} = 1,00 \quad (3.11)$$

El máximo valor del factor de compensación permitido es 32 [8] y ambos factores cumplen. Esta compensación por magnitud es compensada internamente por el software *Enervista UR* utilizado en los ajustes del relé diferencial GE T-60.

#### b) Compensación por Angulo de Fase

La compensación por ángulo de fase es realizada internamente por el software *Enervista UR* del relé diferencial T-60.

#### c) Cálculo de la Corriente Diferencial (Id) y Restricción (Ir)

El relé T60 calcula la corriente diferencial y la corriente de restricción para discriminar una operación ante un disparo interno o externo al transformador mediante las siguientes ecuaciones (3.12) y (3.13):

La corriente diferencial viene dada por:

$$I_{diferencial} = \vec{I}_{1(comp)} + \vec{I}_{2(comp)} \quad (3.12)$$

La corriente de restricción viene dada por:

$$I_{restricción} = \max(|I_{1(comp)}|, |I_{2(comp)}|) \quad (3.13)$$

Para que se cumplan la lógica de operación del relé el conexionado debe ser con el centro estrella de los transformadores de corriente en dirección hacia el transformador de potencia como se muestra en la figura 3.6.

#### d) Ajuste del porcentaje Diferencial (Pickup)

Este ajuste define la corriente diferencial mínima requerida para operación. Se escoge, basado en la cantidad de corriente diferencial que pudiera ser apreciada bajo condiciones normales de operación. Existen dos factores que pudieran crear corrientes diferenciales durante la operación normal del transformador: errores ocasionados por imprecisiones del transformador de corriente y variaciones de corriente debido a operaciones de cambio de tap bajo carga. Generalmente es recomendable un ajuste entre 0,1 y 0,3 [8]. En nuestro caso se dió un *pickup* de 0.2.

#### e) Cálculo de la Pendiente de la Característica de Operación

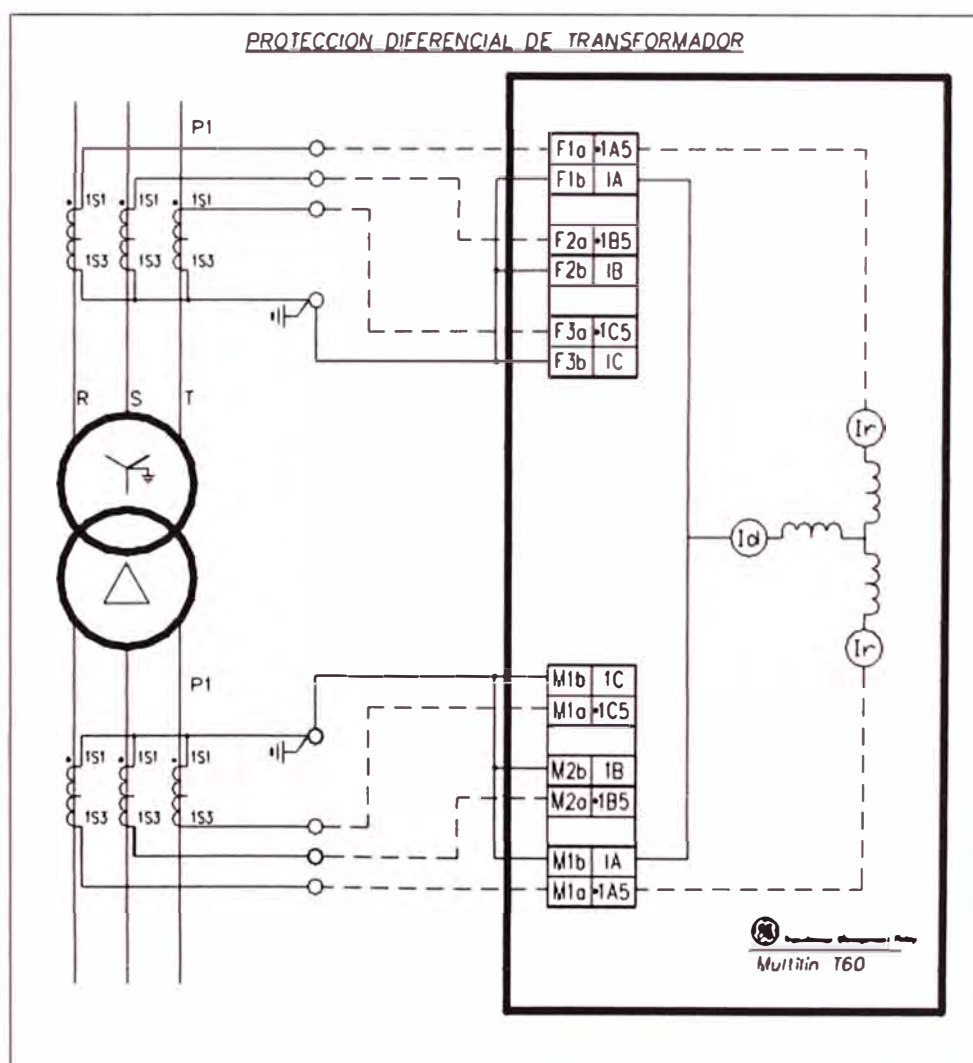
##### e.1) Slope 1 (primera pendiente)

Este ajuste define la corriente de restricción de la diferencial durante condiciones normales de operación para asegurar sensibilidad ante fallas internas. El ajuste debe ser

lo suficientemente alto, sin embargo, para manejar errores de saturación del transformador de corriente durante saturación bajo corrientes de pequeña magnitud pero significativas y con componentes DC de larga duración (tales como fallas distantes externas cercanas a generadores).

### e.2) Break 1 y break 2 (ruptura 1 y 2)

Los ajustes para ruptura 1 y ruptura 2 dependen muchísimo en la capacidad de los formadores de corriente de transformar correctamente corrientes primarias a secundarias durante fallas externas. El ajuste ruptura 2 debe ser colocada por debajo de la corriente de falla que tiene mayor probabilidad de causar la saturación del TC debido al componente AC por sí sólo. El ajuste ruptura 1 debe ser colocado por debajo de una corriente que cause la saturación del TC debido a componentes DC y/o magnetismo residual.



**Figura 3.6** Conexión de la protección diferencial [8]

### e.3) Slope 2 (segunda pendiente)

Este ajuste asegura la estabilidad del relé durante condiciones de fallas pasantes, donde

la saturación del transformador de corriente, se pueden producir corrientes diferenciales altas. *Slope 2* tiene un ajuste alto para mantener la estabilidad ante casos extremo de saturación de uno de los juegos de los transformadores de corriente. En cada caso la relación de corriente diferencial con la corriente de restricción pueden ser tan altas como 95 a 98% [8].

#### f) Bloqueo por 2do Y 5to Armónico

Con el propósito de evitar disparos indeseados ante corrientes transitorias de energización del transformador, se habilitó la función de bloqueo de segundo armónico con un ajuste del 20% sobre el valor de la fundamental para asegurar que el relé no dispare ante esta condición [8].

De igual manera se ajusto la opción de bloqueo de quinto armónico, con lo cual se evita el disparo del transformador durante la sobreexcitación, así cuando el nivel de quinta armónica excede el ajuste especificado el elemento diferencial está bloqueado. De acuerdo a las recomendaciones del manual del relé GE 469 se habilitó la función de bloqueo de quinto armónico con un ajuste del 10% para asegurar que el relé no dispare ante esta condición.

- Bloqueo por segundo armónico : 20% fo
- Bloqueo por quinto armónico : 10% fo

En la siguiente figura 3.7 se muestra la característica de operación de la función diferencial con los ajustes propuestos.

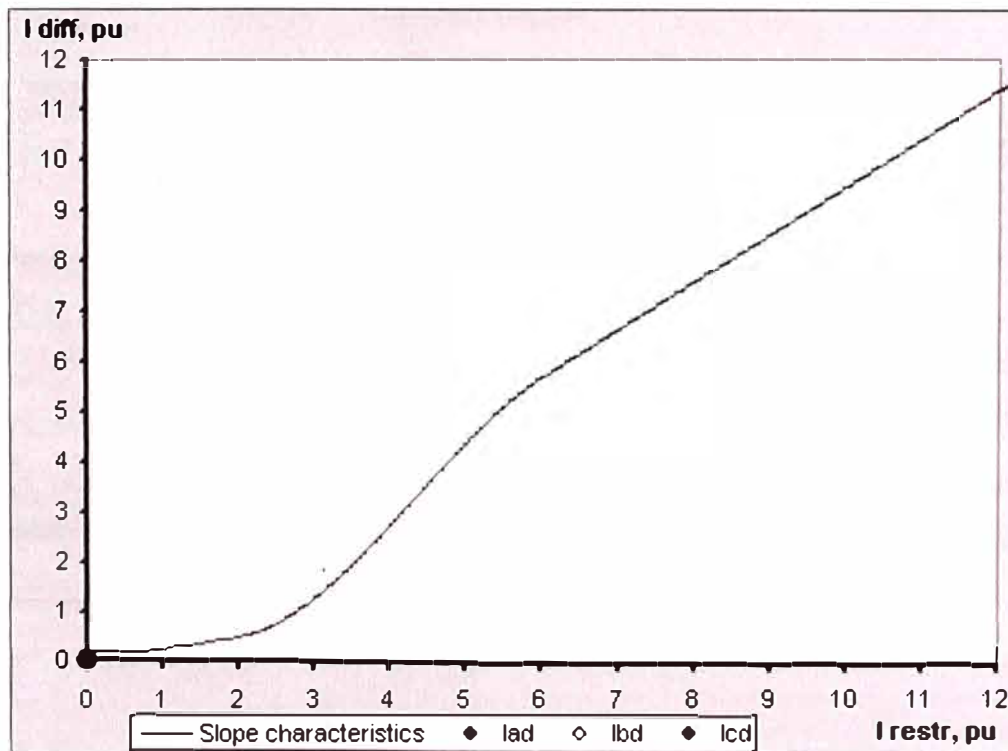


Figura 3.7 Característica de la operación Diferencial [8]

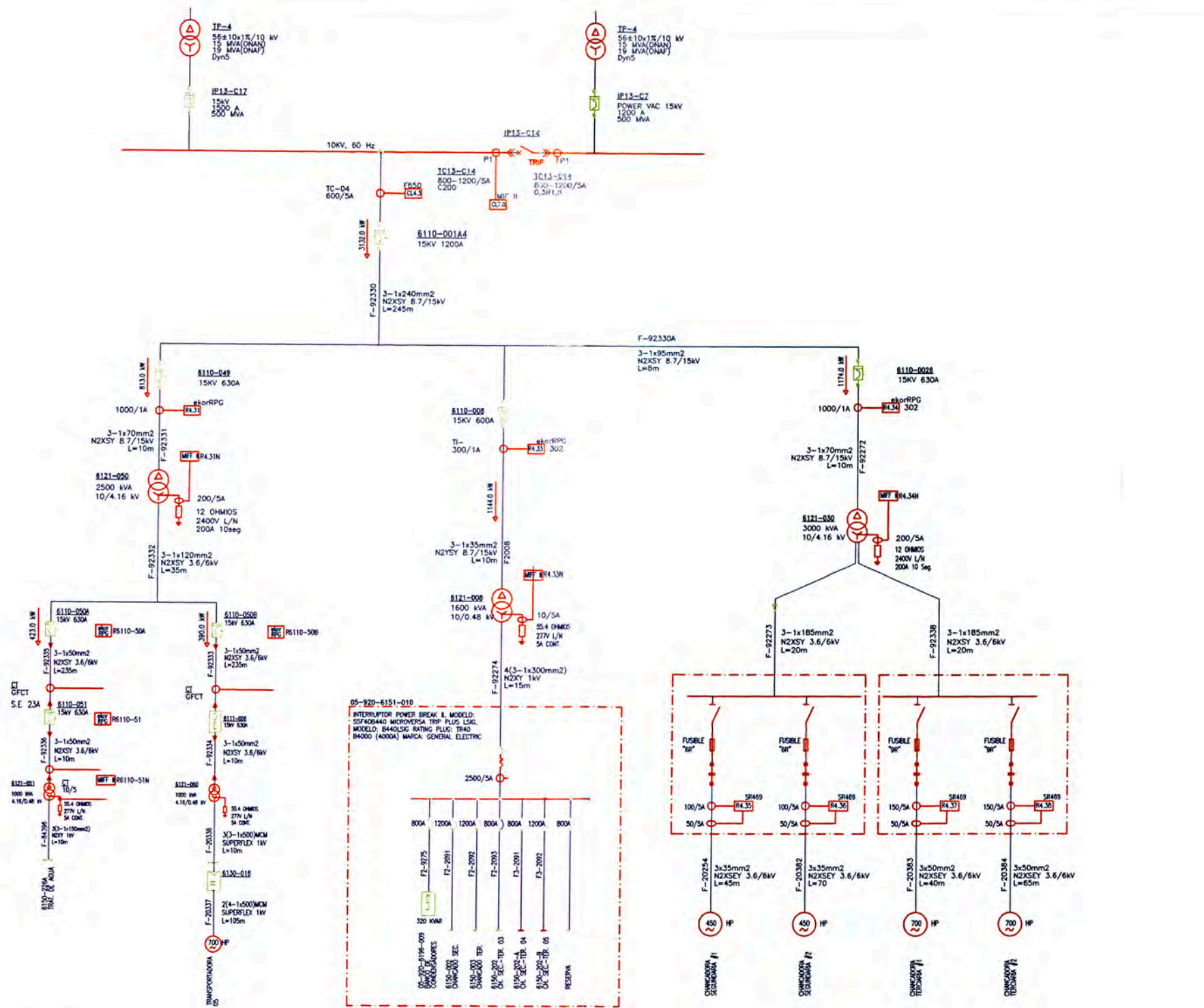
## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El nivel de cortocircuito máximo en la barra de 10 kV de la red llega a 11.5 kA. Actualmente dicha barra cuenta con interruptores con capacidad de corte de 23 kA; por lo tanto los interruptores no tendrán ningún problema al aperturar las fallas producidas en este nivel.
2. En el nivel de baja tensión no se encontraron problemas de capacidad de corte por parte de los interruptores.
3. Todos los ajustes revisados y actualizados para el presente estudio se muestran en la planilla de ajustes en el anexo IV.
4. Se tuvo en cuenta que los ajustes de los alimentadores en 10kV (llegada de los transformadores TP2 y TP4) y el acoplamiento en 10 kV correspondan a los ajustes de protecciones realizados en el Estudio de Operatividad Cerro Lindo Fase II – Etapa II 2012.
5. Los máximos niveles de corriente de cortocircuito obtenidos para el año 2012 no causan saturación alguna en los transformadores de corriente de los alimentadores principales en 10kV, esto para las relaciones de transformación consideradas, como se podrá apreciar en la tabla 3.2.
6. No se habilitó la función de sobrecorriente instantánea (50P) en los relés SR469 que protegen a los motores de media tensión, debido a que el elemento de actuación es un contactor y este puede sufrir daños al aperturar con altas corrientes, para este tipo de fallas los equipos de protección a actuar serán los fusibles instalados en las celdas.
7. En el presente estudio de coordinación de protecciones, se ha realizado considerando los equipos descritos en el ítem 2.2 y la topología detallada en los diagramas unifilares (Anexo I).
8. Con los ajustes planteados en el anexo IV, se prevé un adecuado coordinamiento de protecciones entre los equipos instalados en la Unidad Minera Cerro Lindo.

## **ANEXOS**

**ANEXO I**  
**DIAGRAMAS UNIFILARES**





Revisión	Descripción	Revisado	Fecha
1	Levantamiento de observaciones	A.G.	Julio - 2013
0	Plano conforme para informe final	Y.J.	Junio - 2013

PROPIETARIO  
**CÍA. MINERA MILPO S.A.A.**

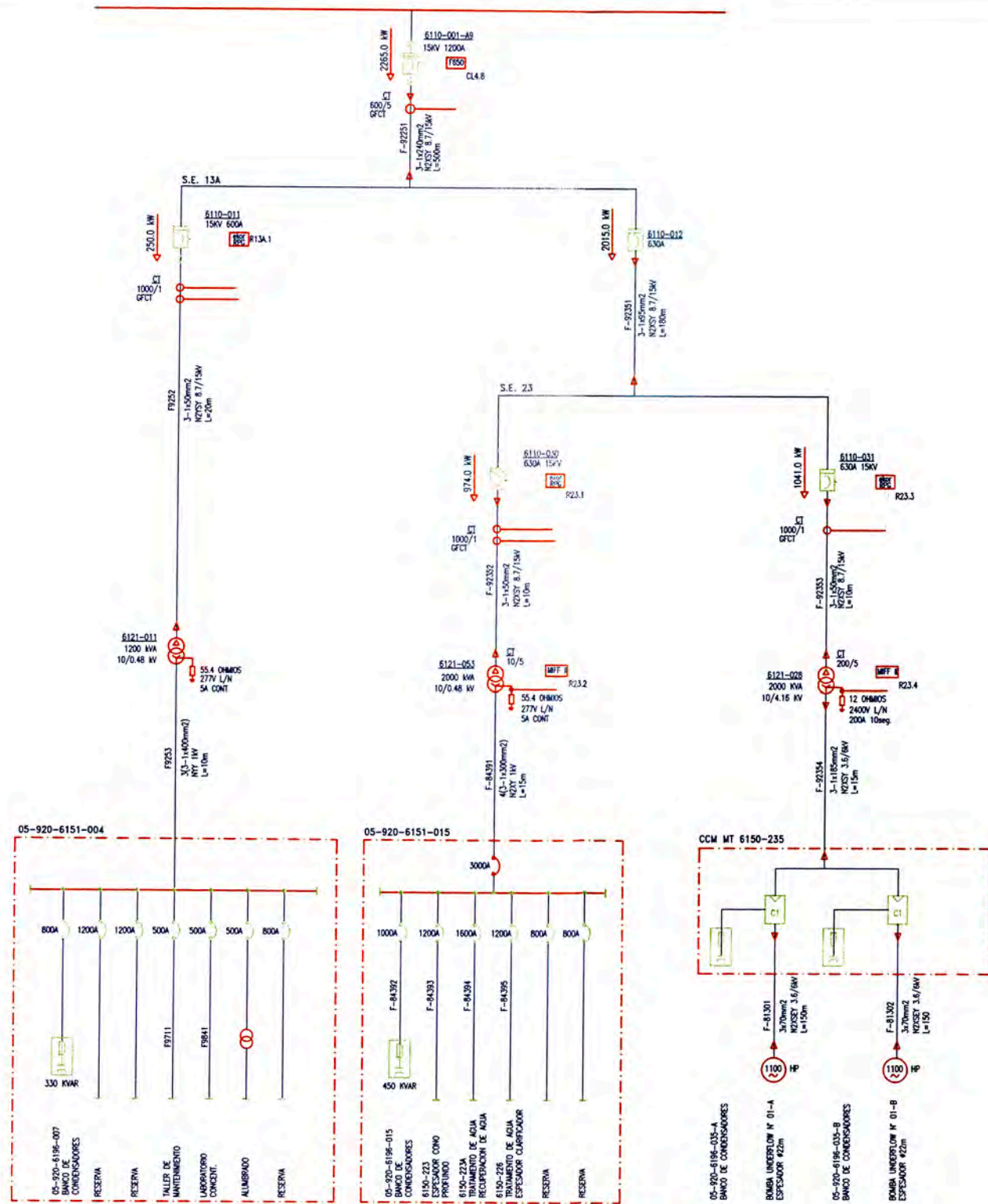


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
 17.º PROGRAMA DE TITULACIÓN

TÍTULO:  
**ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES  
 CIRCUITO F 92330 (6110-001-A4)**

DIS. :	H.A.M.H.	PROY. N.º :	INF. TITULACIÓN
REV. :	HAMH	ARCHIVO :	F92330-A4.DWG
APR. :	HAMH	DIBUJO :	HAMH
FECHA :	JULIO - 2013	ESCALA :	S/E
PLANO N.º :	002	HOJA :	1 DE 1
		REV. :	1





Revisión	Descripción	Revisado	Fecha
1	Levantamiento de observaciones	A.G.	Julio - 2013
0	Plano conforme para informe final	Y.J.	Junio - 2013

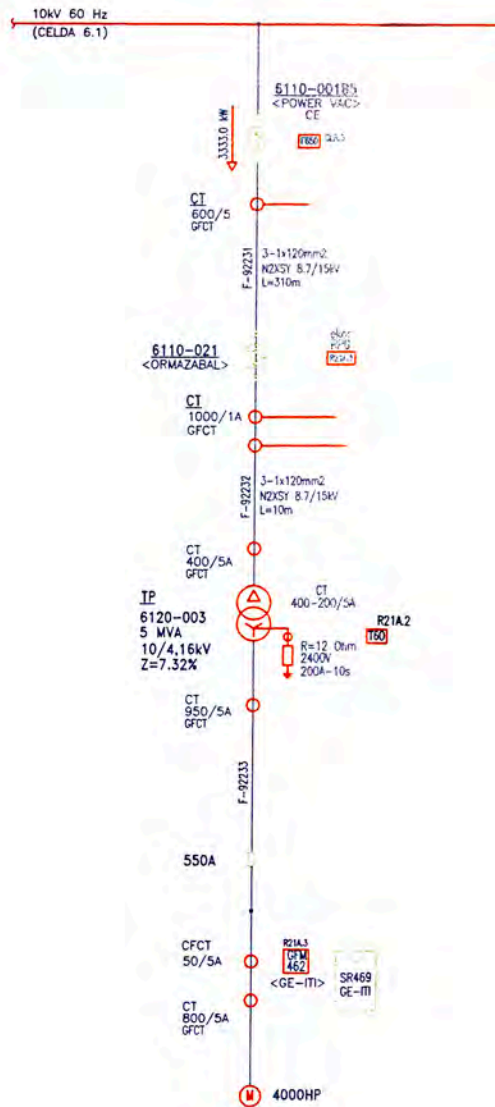
PROPIETARIO  
**CIA. MINERA MILPO S.A.A.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
 17.º PROGRAMA DE TITULACIÓN

TÍTULO: ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES  
 CIRCUITO F 92251 (6110-001-A9)

DIS. :	H.A.M.H.	PROY. N°:	INF. TITULACIÓN
REV. :	HAMH	ARCHIVO:	F92251-A9.DWG
APR. :	HAMH	DIBUJO :	HAMH
FECHA:	JULIO - 2013	ESCALA:	S/E
PLANO N°:	003	HOJA:	1 DE 1
		REV.:	1



Revisión	Descripción	Revisado	Fecha
1	Levantamiento de observaciones	A.G.	Julio - 2013
0	Plano conforme para informe final	Y.J.	Junio - 2013

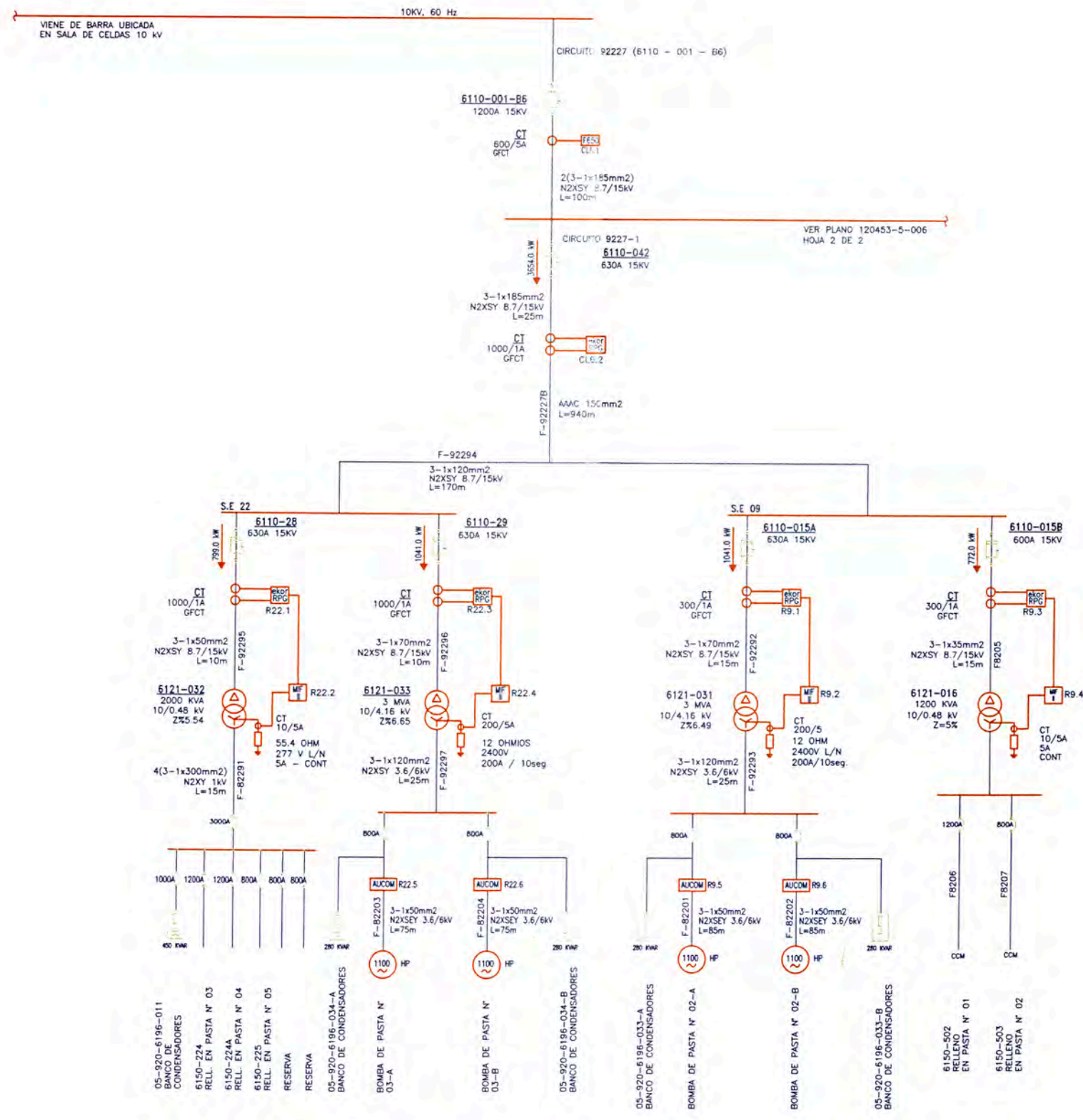
PROPIETARIO  
**CIA. MINERA MILPO S.A.A.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
 17.º PROGRAMA DE TITULACIÓN  
 TÍTULO: ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES  
 CIRCUITO F 92330 (6110-001-B5)

DIS. :	H.A.M.H.	PROY. N°:	INF. TITULACIÓN
REV. :	HAMH	ARCHIVO:	92330-B5.DWG
APR. :	HAMH	DIBUJO :	HAMH
FECHA:	JULIO - 2013	ESCALA:	S/E
PLANO N°:	004	HOJA:	1 DE 1
		REV.:	1





1	Levantamiento de observaciones	A.G.	Julio - 2013
0	Plano conforme para informe final	Y.J.	Junio - 2013
Revisión	Descripción	Revisado	Fecha

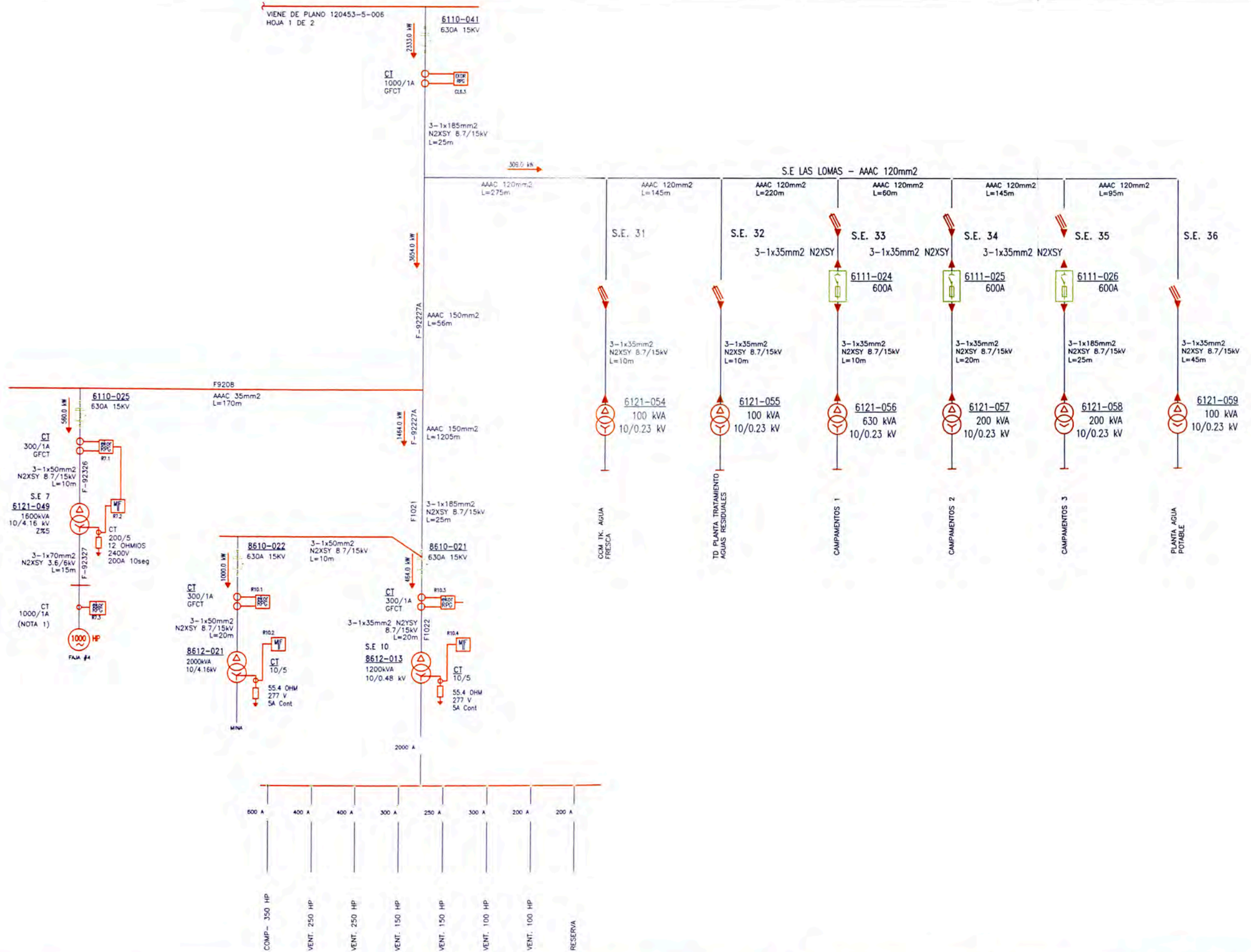
PROPIETARIO  
**CÍA. MINERA MILPO S.A.A.**



PROYECTO:  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
17.º PROGRAMA DE TITULACIÓN**

TÍTULO:  
**ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES  
CIRCUITO - F 92227B (6110 - 001 - B6)**

DIS. :	H.A.M.H.	PROY. N°:	INF. TITULACIÓN
REV. :	H.M.A.	ARCHIVO:	F92227B-B6.DWG
APR. :	H.M.A.	DIBUJO :	HAMH
FECHA:	JULIO - 2013	ESCALA:	S/E
PLANO N°:	005	HOJA:	1 DE 2
		REV.:	1



Revisión	Descripción	Revisado	Fecha
1	Levantamiento de observaciones	A.G.	Julio - 2013
0	Plano conforme para informe final	Y.J.	Junio - 2013

PROPIETARIO  
**CÍA. MINERA MILPO S.A.A.**



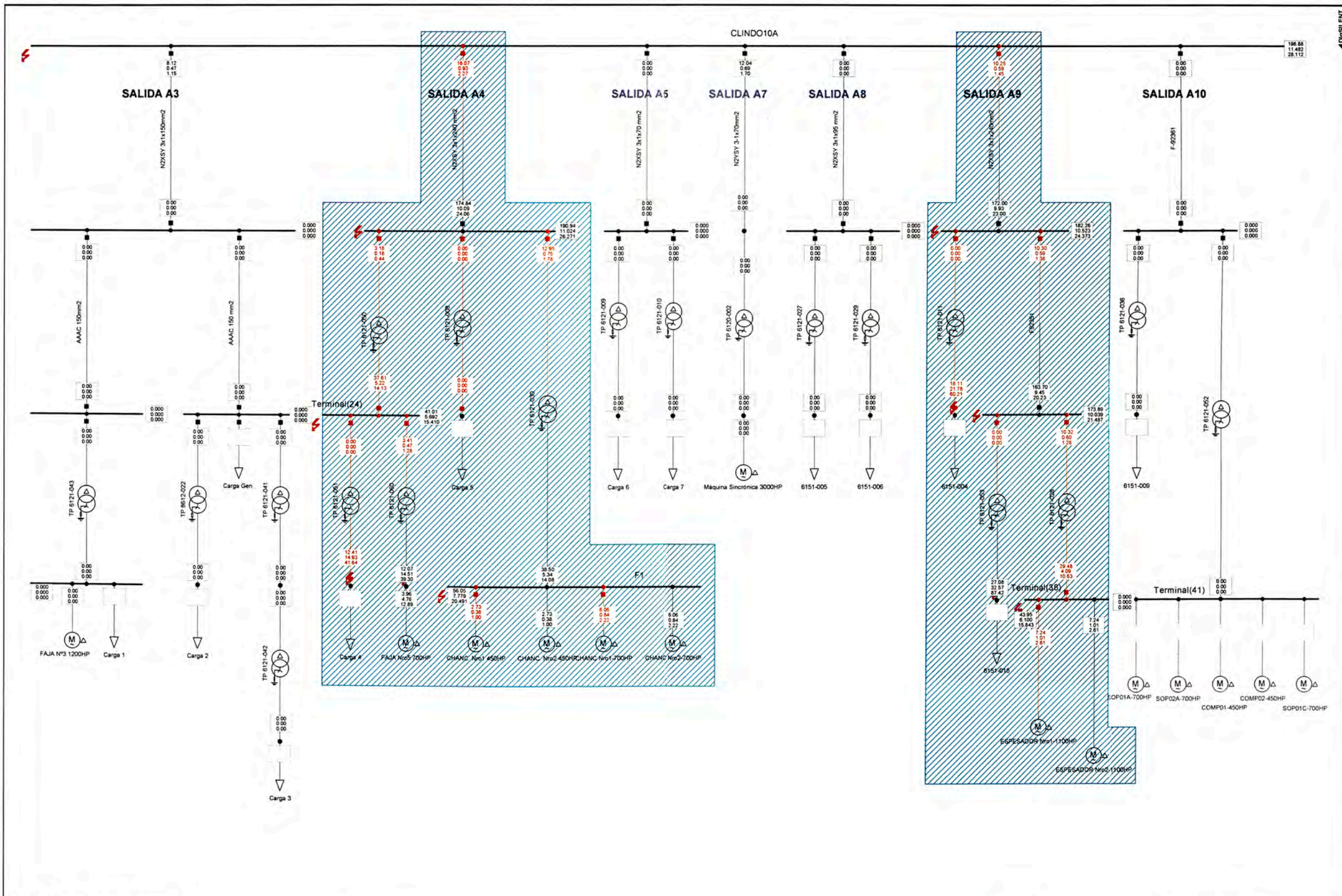

PROYECTO:  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
17.º PROGRAMA DE TITULACIÓN**

TÍTULO:  
**ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES  
CIRCUITO - F 92227A (6110 - 001 - B6)**

DIS. :	H.A.M.H.	PROY. Nº:	INF. TITULACIÓN
REV. :	HAMH	ARCHIVO:	F92227A-B6.DWG
APR. :	HAMH	DIBUJO :	HAMH
FECHA:	JULIO - 2013	ESCALA:	S/E
PLANO Nº:	005	HOJA:	2 DE 2
		REV.:	1


**ANEXO II**  
**RESULTADO DE LAS SIMULACIONES DE CORTOCIRCUITO**



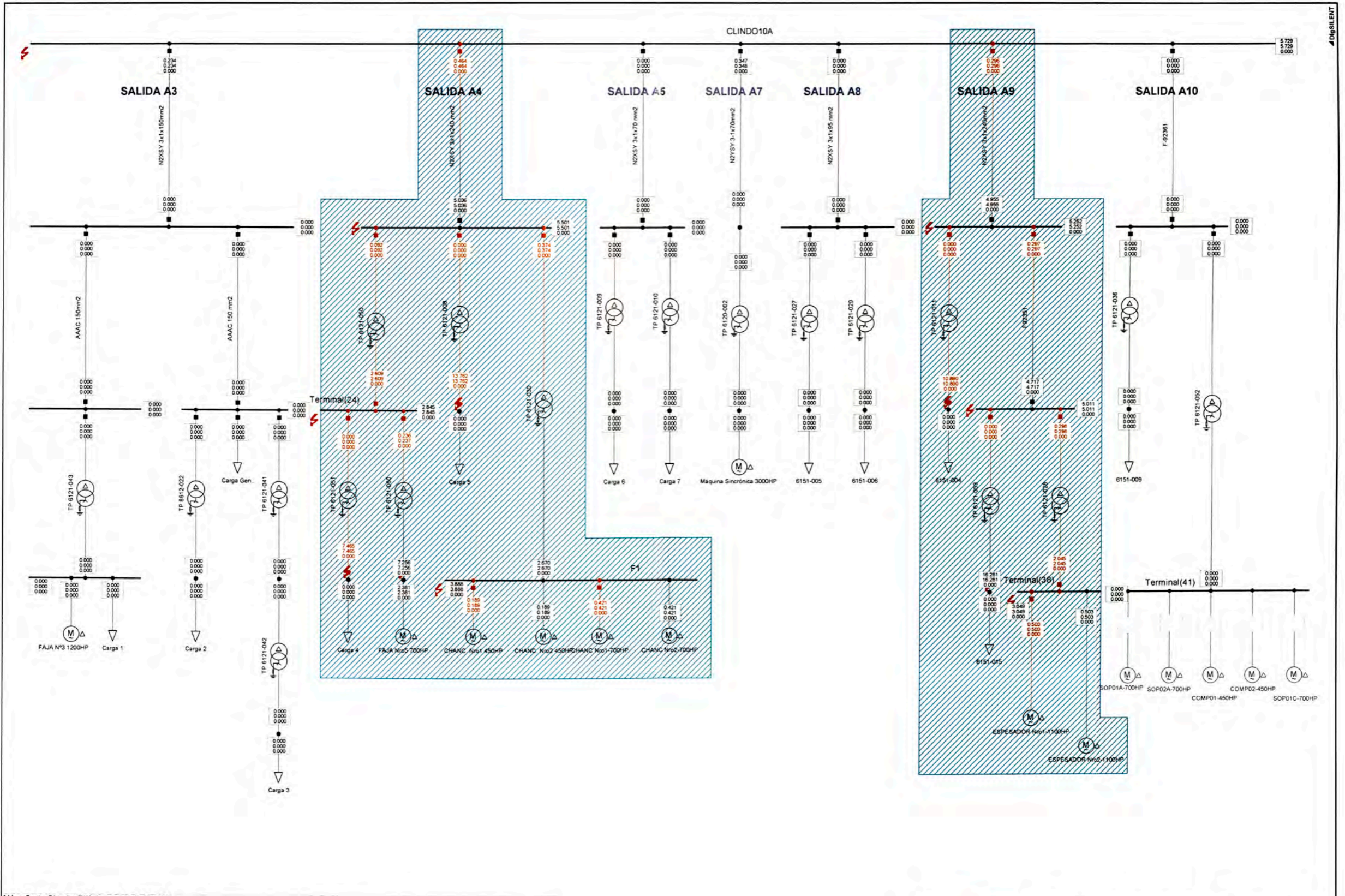


Máx Corto Circuito Trifásico según IEC60909

Nodos de Corto Circuito	Nodos	Ramas
Skss Potencia Inicial de Corto Circuito [MVA]	Skss Potencia Inicial de Corto Circuito [MVA]	Skss Potencia Inicial de Corto Circuito [MVA]
Ikss Corriente Inicial de Corto Circuito [kA]	Ikss Corriente Inicial de Corto Circuito [kA]	Ikss Corriente Inicial de Corto Circuito [kA]
Ip Corriente Pico de Corto Circuito [kA]	Ip Corriente Pico de Corto Circuito [kA]	Ip Corriente Pico de Corto Circuito [kA]

 PowerFactory 14.0.520	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA 17° PROGRAMA DE TITULACIÓN ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCION CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO	Proyecto: CERRO LIND Gráfica: CL-Circuito A Fecha: 18/07/2013 Anexo: II
--	--	--



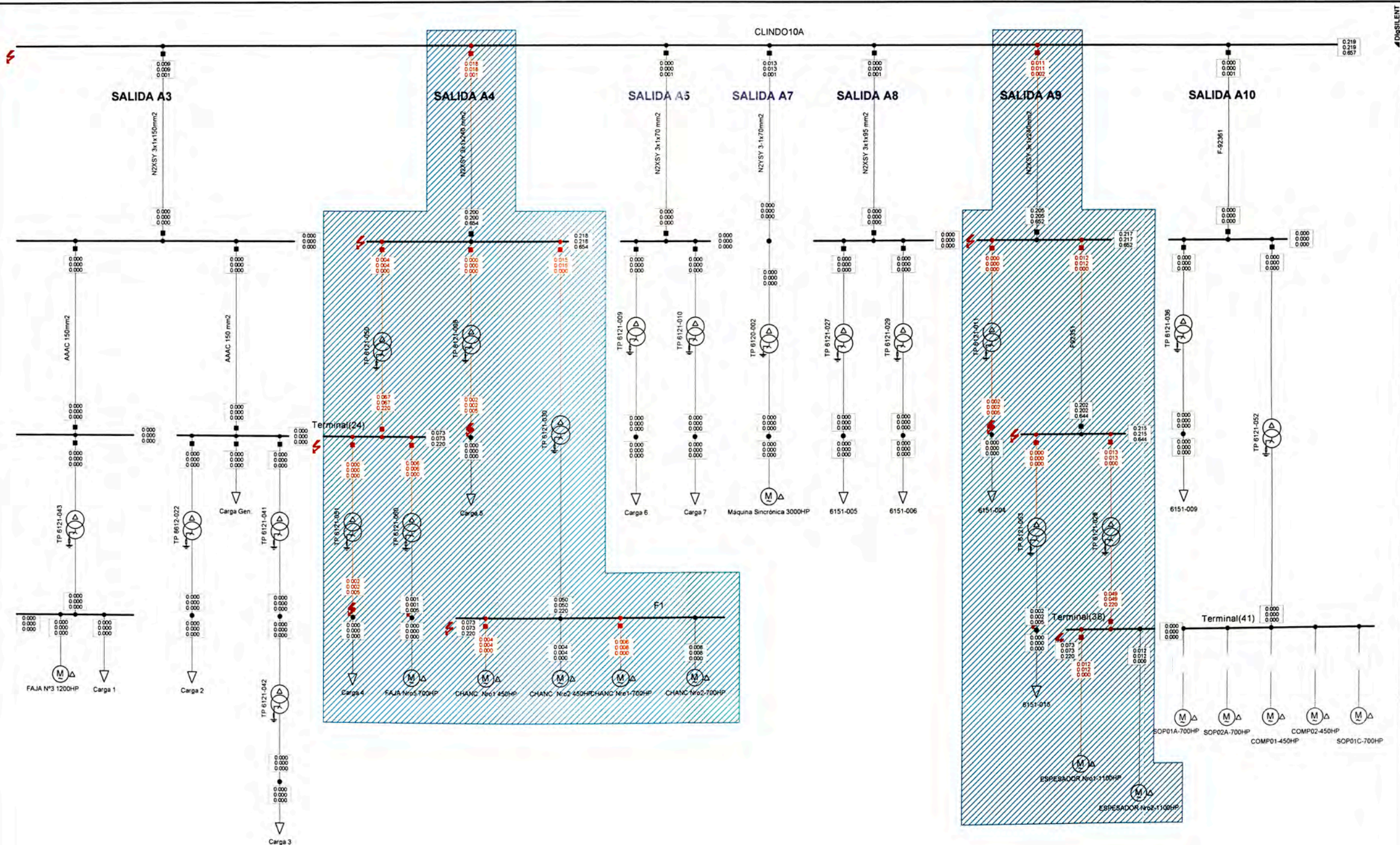


Máxs Corto Circuito Bifásico según IEC60909

Nodos de Corto Circuito	Nodos	Ramas
I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]
I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]
10x3 3*10 [kA]	10x3 3*10 [kA]	10x3 3*10 [kA]

 PowerFactory 14.0.520	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA 17° PROGRAMA DE TITULACIÓN ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCION CORTOCIRCUITO BIFÁSICO	Proyecto: CERRO LIND Gráfica: CL-Circuito A Fecha: 18/07/2013 Anexo: II
---------------------------	---	--



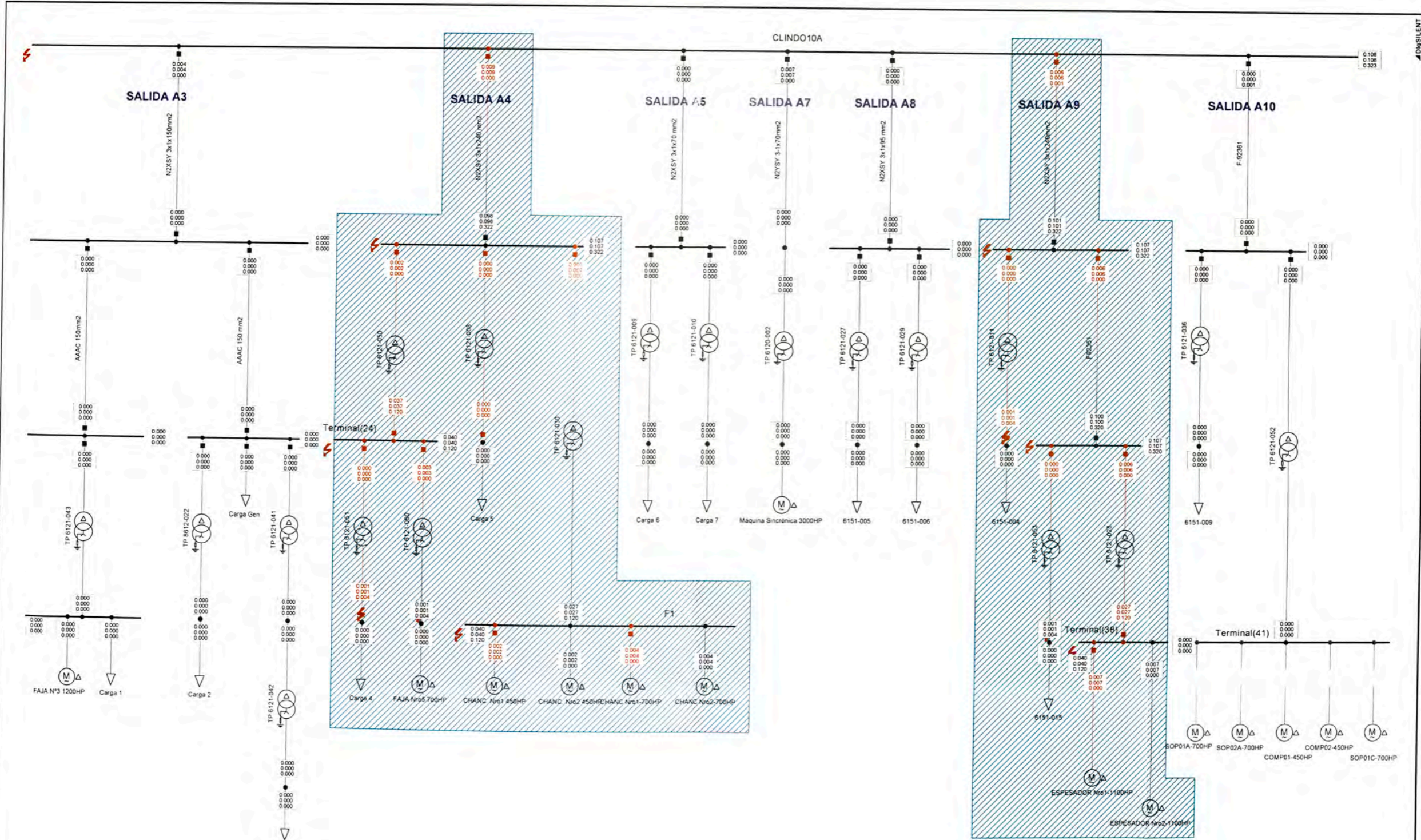


Máxs.Corto Circuito Monofásico según IEC60909

Nodos de Corto Circuito	Nodos	Ramas
I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]
I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]
I0x3 3°I0 [kA]	I0x3 3°I0 [kA]	I0x3 3°I0 [kA]

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	Proyecto: CERRO LINDO
	17° PROGRAMA DE TITULACIÓN ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCION CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO	Gráfica: CL-Circuito A Fecha: 18/07/2013
	PowerFactory 14.0.520	Anexo: II



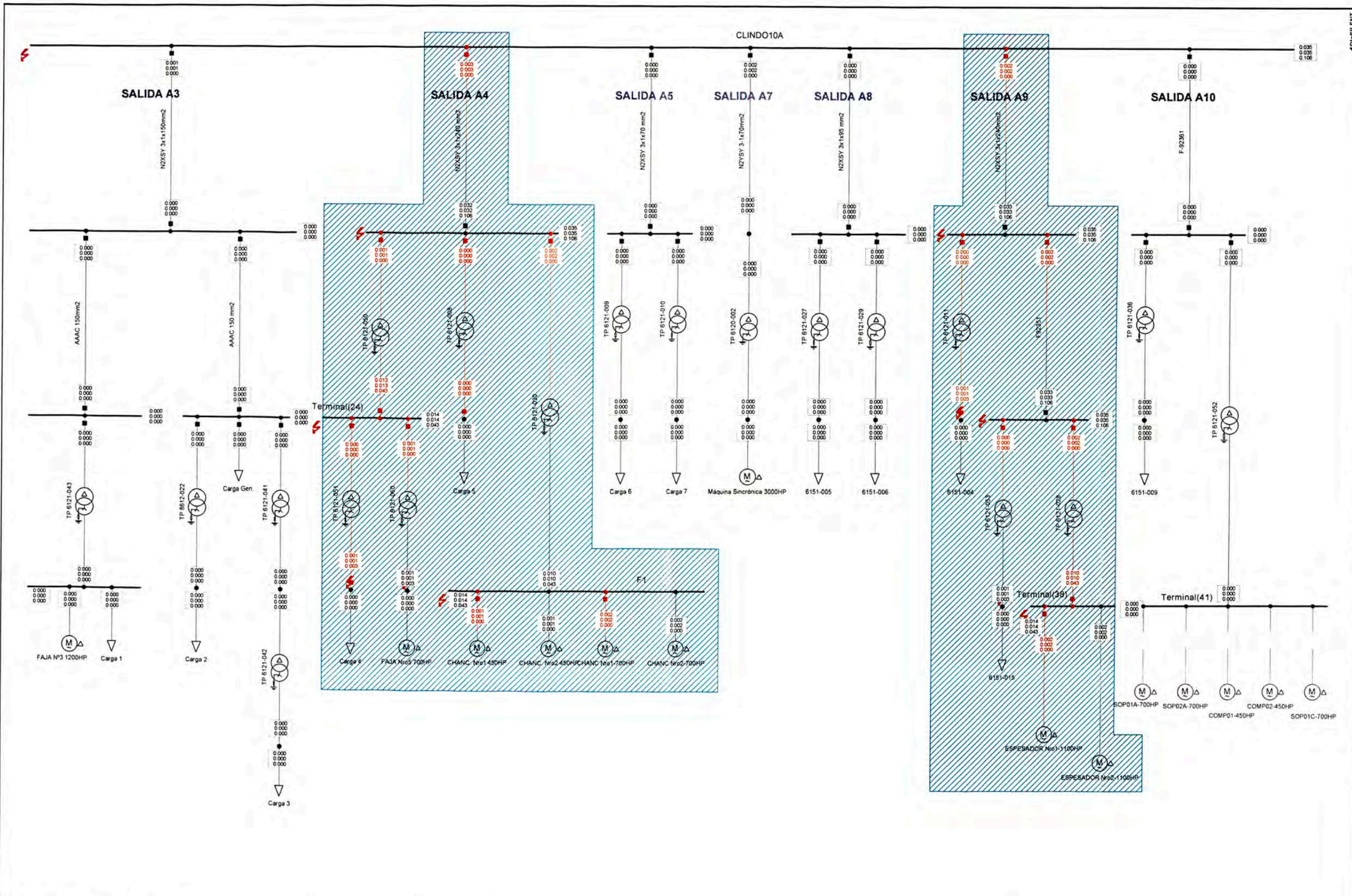


Máxs Corto Circuito Monofásico según IEC60909

Nodos de Corto Circuito		Ramas	
I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]
I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]
I0x3 3*10 [kA]	I0x3 3*10 [kA]	I0x3 3*10 [kA]	I0x3 3*10 [kA]

 PowerFactory 14.0.520	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA 17° PROGRAMA DE TITULACIÓN ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCION CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO R=10 Ohm	Proyecto: CERRO LIND Gráfica: CL-Circuito A Fecha: 18/07/2013 Anexo: II
---------------------------	--	--





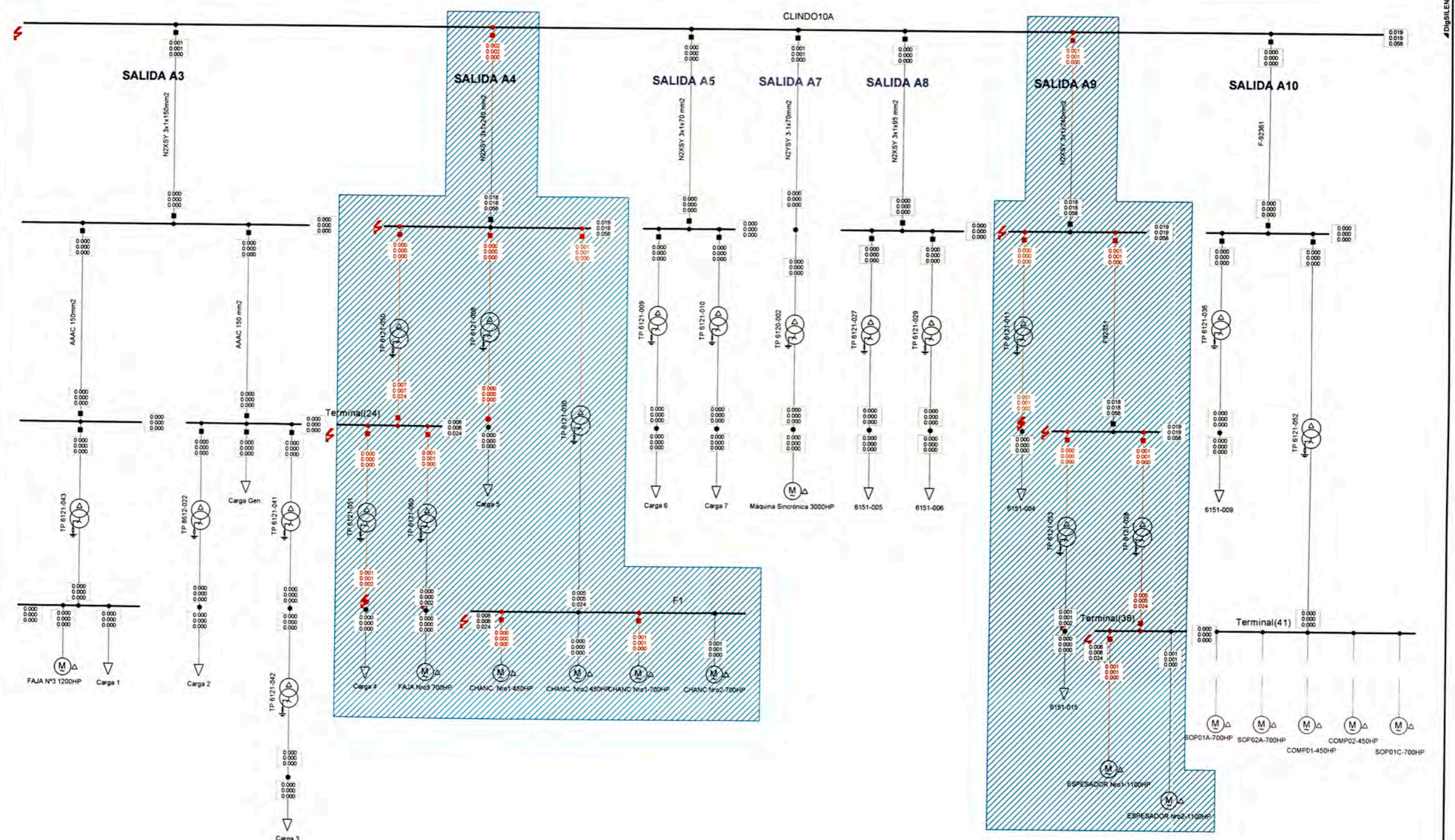
Máxs Corto Circuito Monofásico según IEC60909

Nodos de Corto Circuito	Nodos	Ramas
I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]
I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]
I0x3 3°I0 [kA]	I0x3 3°I0 [kA]	I0x3 3°I0 [kA]



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	Proyecto: CERRO LIND
17° PROGRAMA DE TITULACIÓN	Gráfica: CL-Circuito A
ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN	Fecha: 18/07/2013
CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO R=50 Ohm	Anexo: II



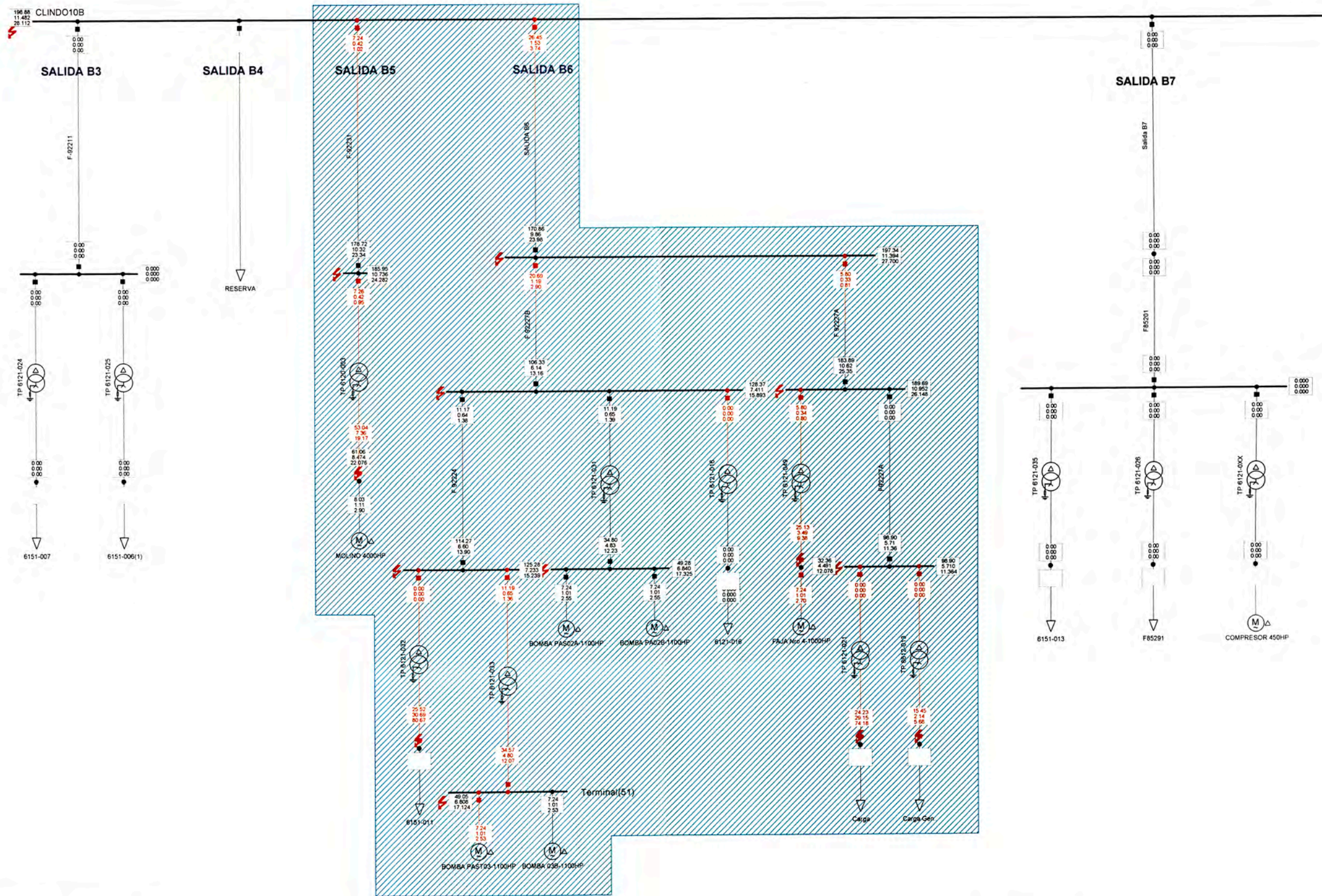


Máxs Corto Circuito Monofásico según IEC60909

Nodos de Corto Circuito	Nodos	Ramas
I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	I1 Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]
I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	I2 Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]
I0x3 3*10 [kA]	I0x3 3*10 [kA]	I0x3 3*10 [kA]

 PowerFactory 14.0.520	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA 17° PROGRAMA DE TITULACIÓN ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO R=100 Ohm	Proyecto: CERRO LIND Gráfica: CL-Circuito A Fecha: 18/07/2013 Anexo: II
---------------------------	---	--





Máxs.Corto Circuito Trifásico según IEC60909

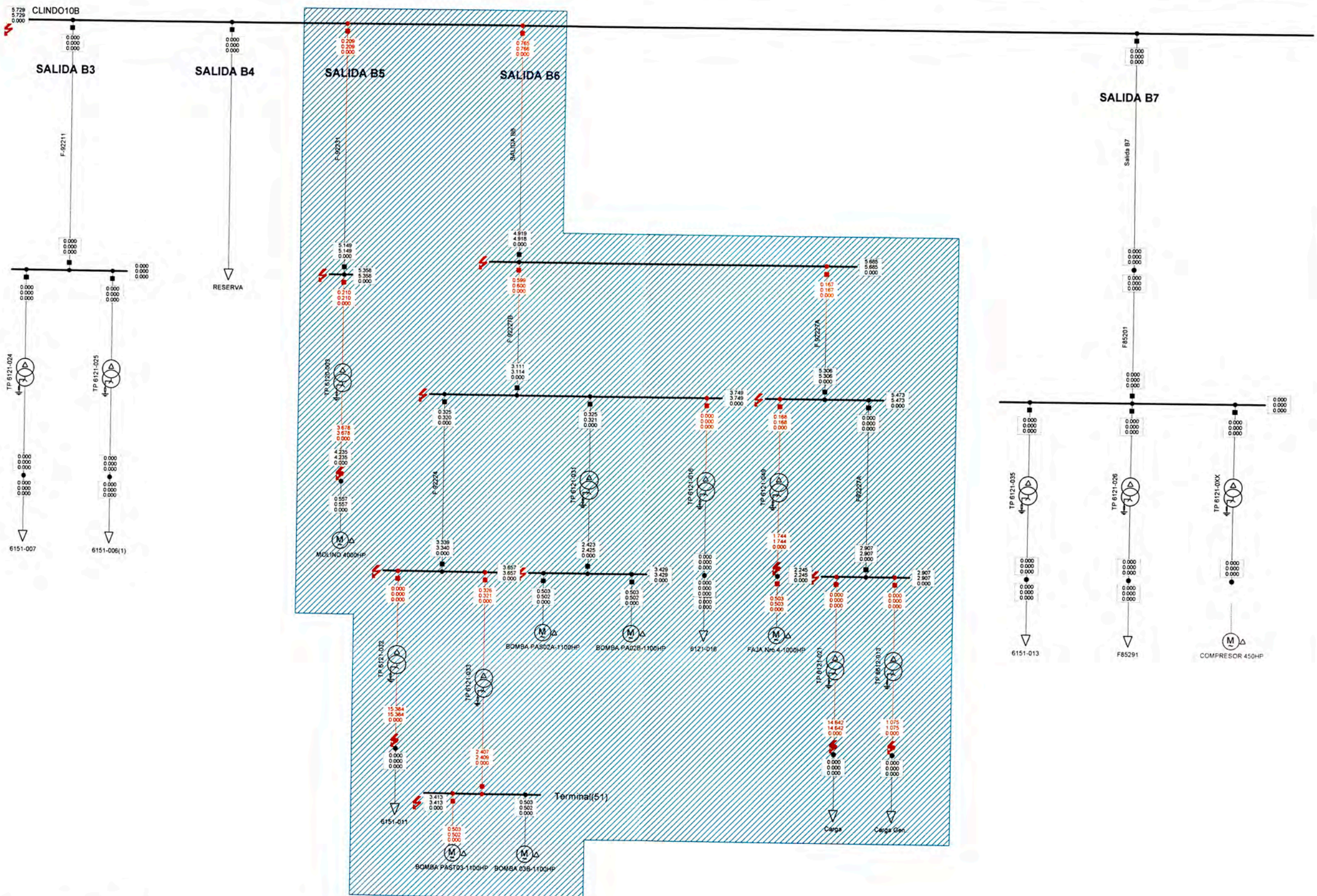
Nodos de Corto Circuito	Nodos	Ramas
Potencia Inicial de Corto Circuito [MVA]	Potencia Inicial de Corto Circuito [MVA]	Potencia Inicial de Corto Circuito [MVA]
Corriente Inicial de Corto Circuito [kA]	Corriente Inicial de Corto Circuito [kA]	Corriente Inicial de Corto Circuito [kA]
Corriente Pico de Corto Circuito [kA]	Corriente Pico de Corto Circuito [kA]	Corriente Pico de Corto Circuito [kA]



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 17.º PROGRAMA DE TITULACIÓN  
 ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCION  
 CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO

Proyecto: CERRO LIND  
 Gráfica: CL-Circuito B  
 Fecha: 18/07/2013  
 Anexo: II

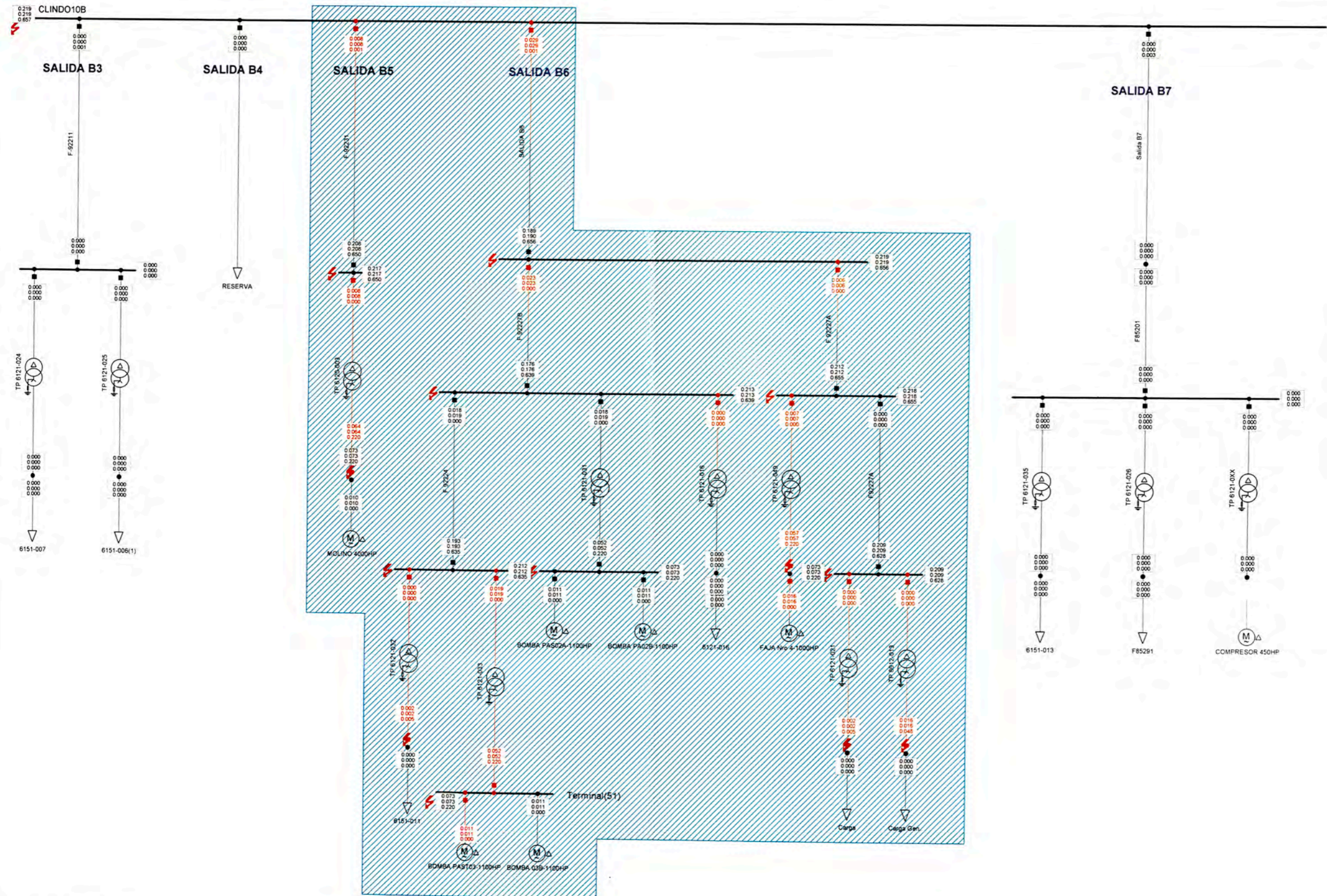




Máx. Corto Circuito Bifásico según IEC60909

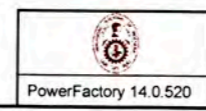
Nodos de Corto Circuito	Nodos	Ramas
Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]
Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]
3*10 [kA]	3*10 [kA]	3*10 [kA]



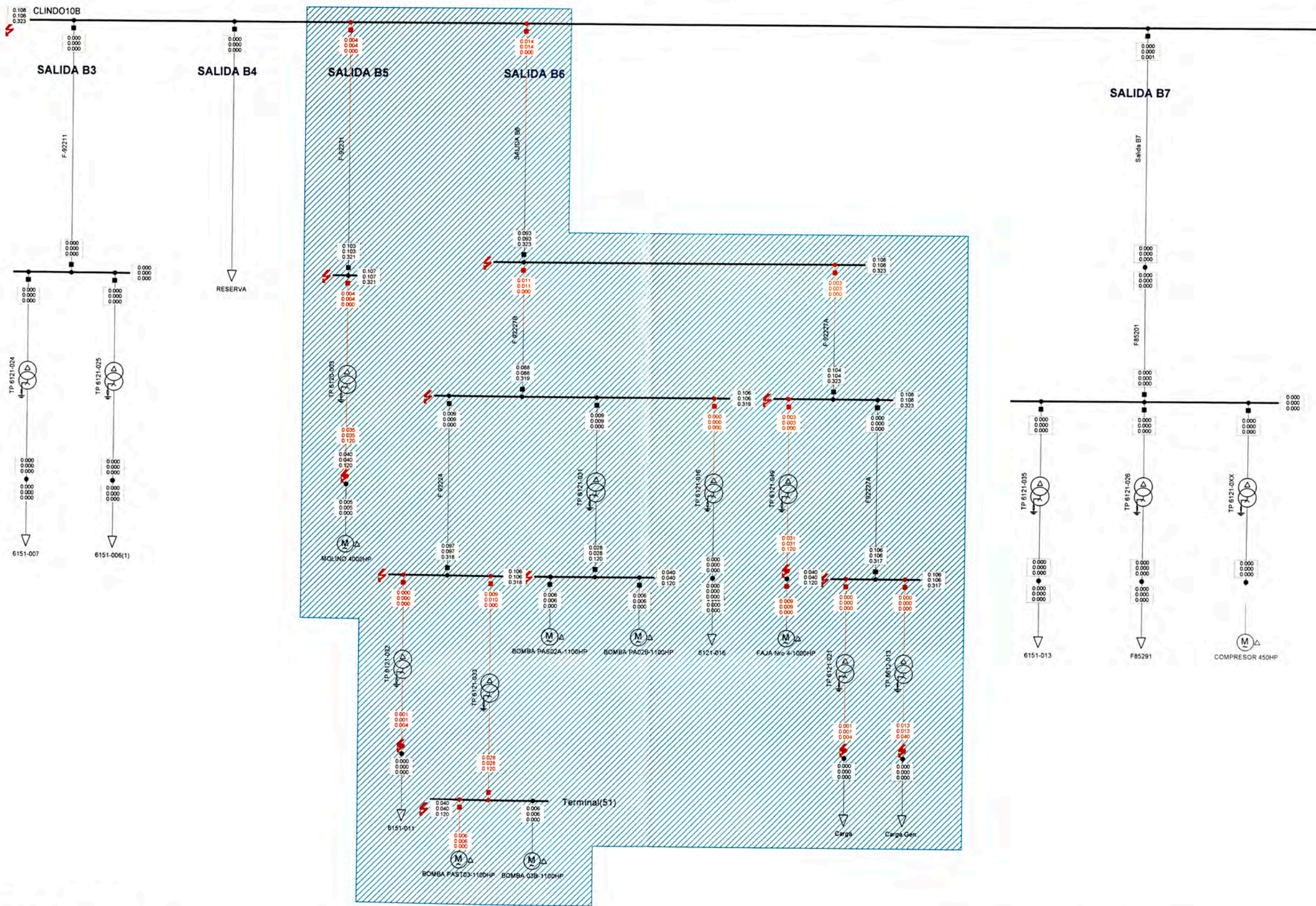


Máxs Corto Circuito Monofásico según IEC60909

Nodos de Corto Circuito		Ramas	
Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]
Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]
3*10 [kA]	3*10 [kA]	3*10 [kA]	3*10 [kA]





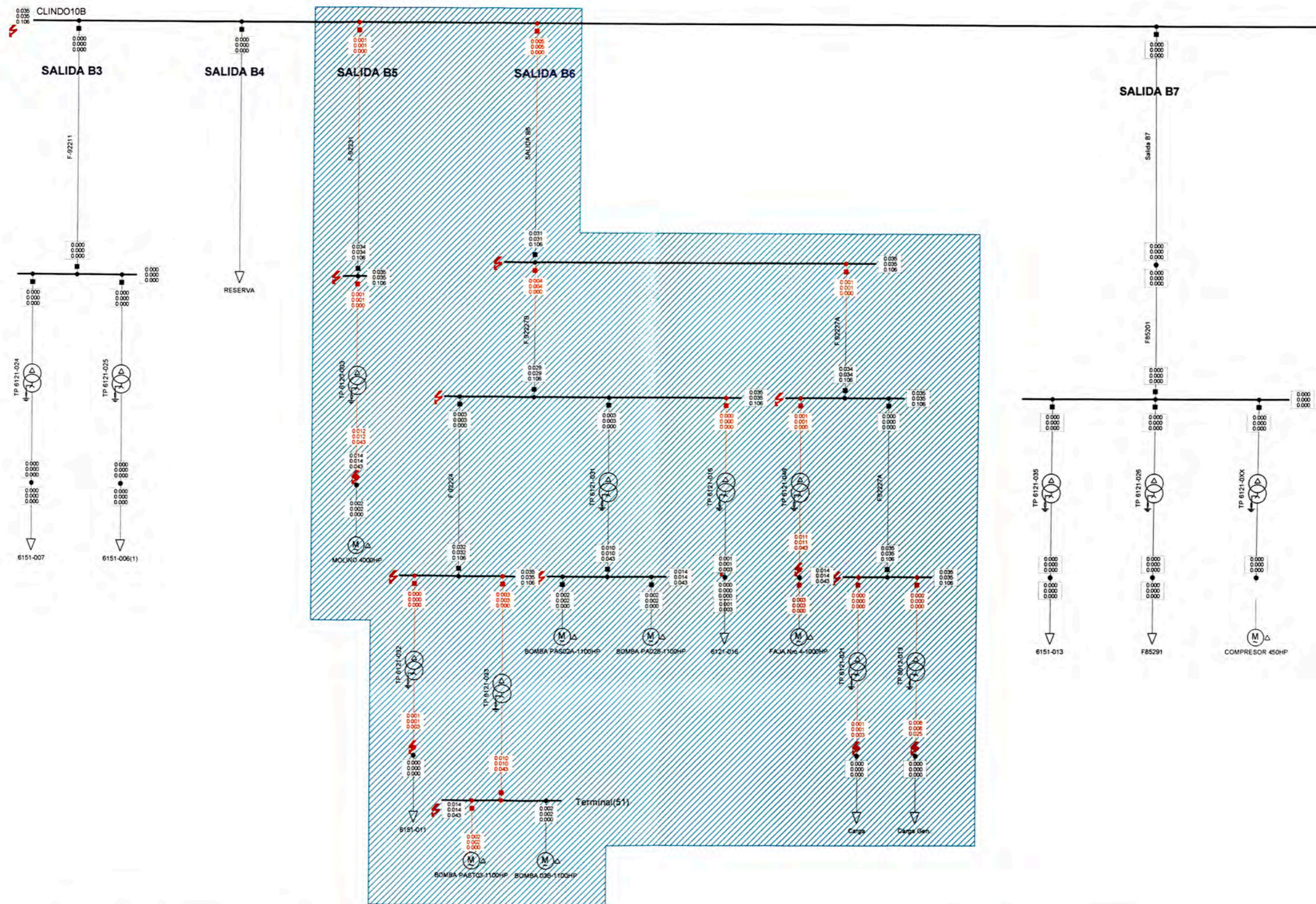


Máx. Corto Circuito Monofásico según IEC60909

Nodos de Corto Circuito	Nodos	Ramas
Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]
Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]
3*I0 [kA]	3*I0 [kA]	3*I0 [kA]

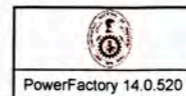
 PowerFactory 14.0.520	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	Proyecto: CERRO LIND
	17.º PROGRAMA DE TITULACIÓN ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO R=10 Ohm	Gráfica: CL-Circuito B Fecha: 18/07/2013 Anexo: II





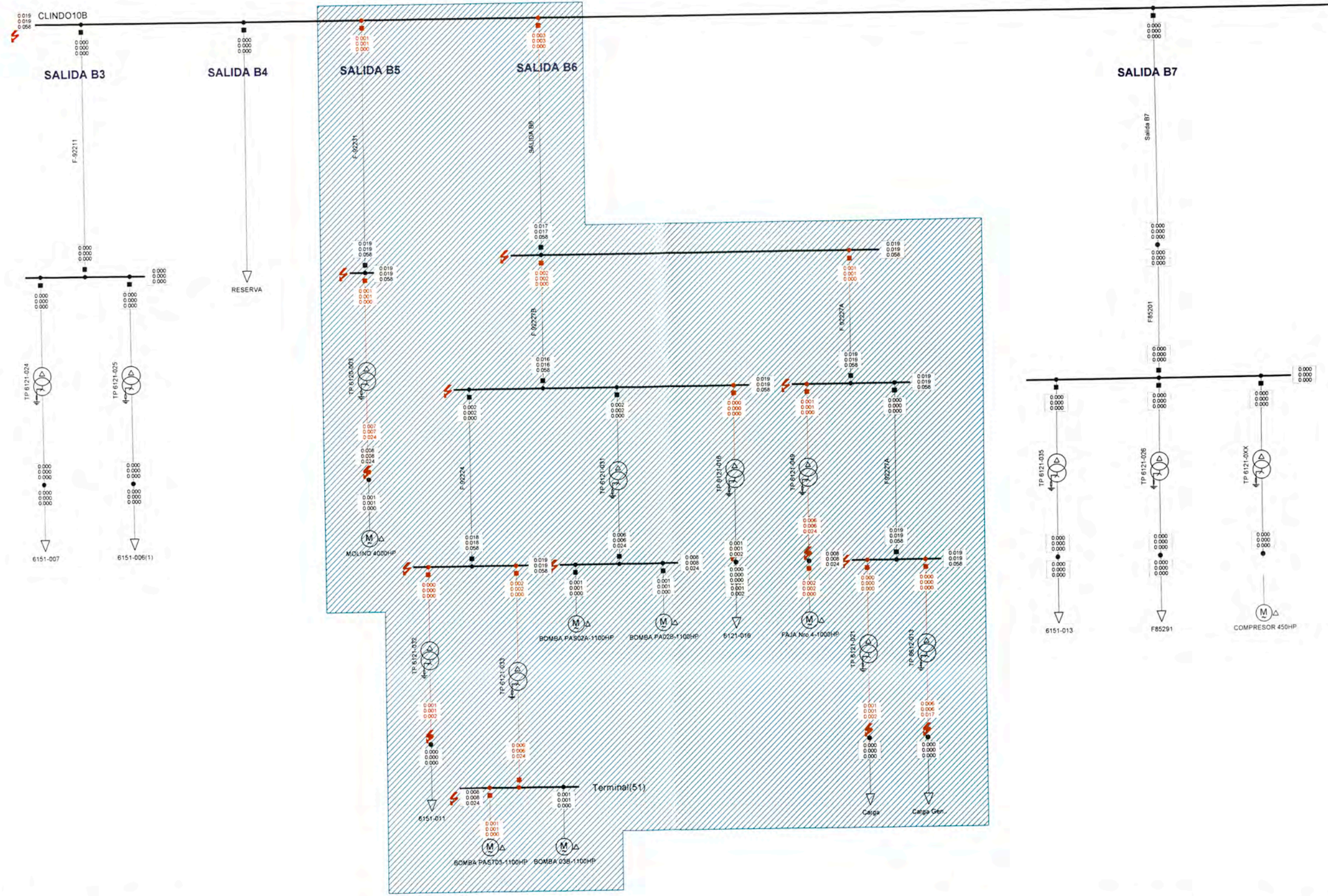
Máxs.Corto Circuito Monofásico según IEC60909

Nodos de Corto Circuito	Nodos	Ramas
Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]
Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]
3*10 [kA]	3*10 [kA]	3*10 [kA]



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Proyecto: CERRO LINDO
17.º PROGRAMA DE TITULACIÓN	Gráfica: CL-Circuito B
ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCION	Fecha: 18/07/2013
CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO R=50 Ohm	Anexo: II





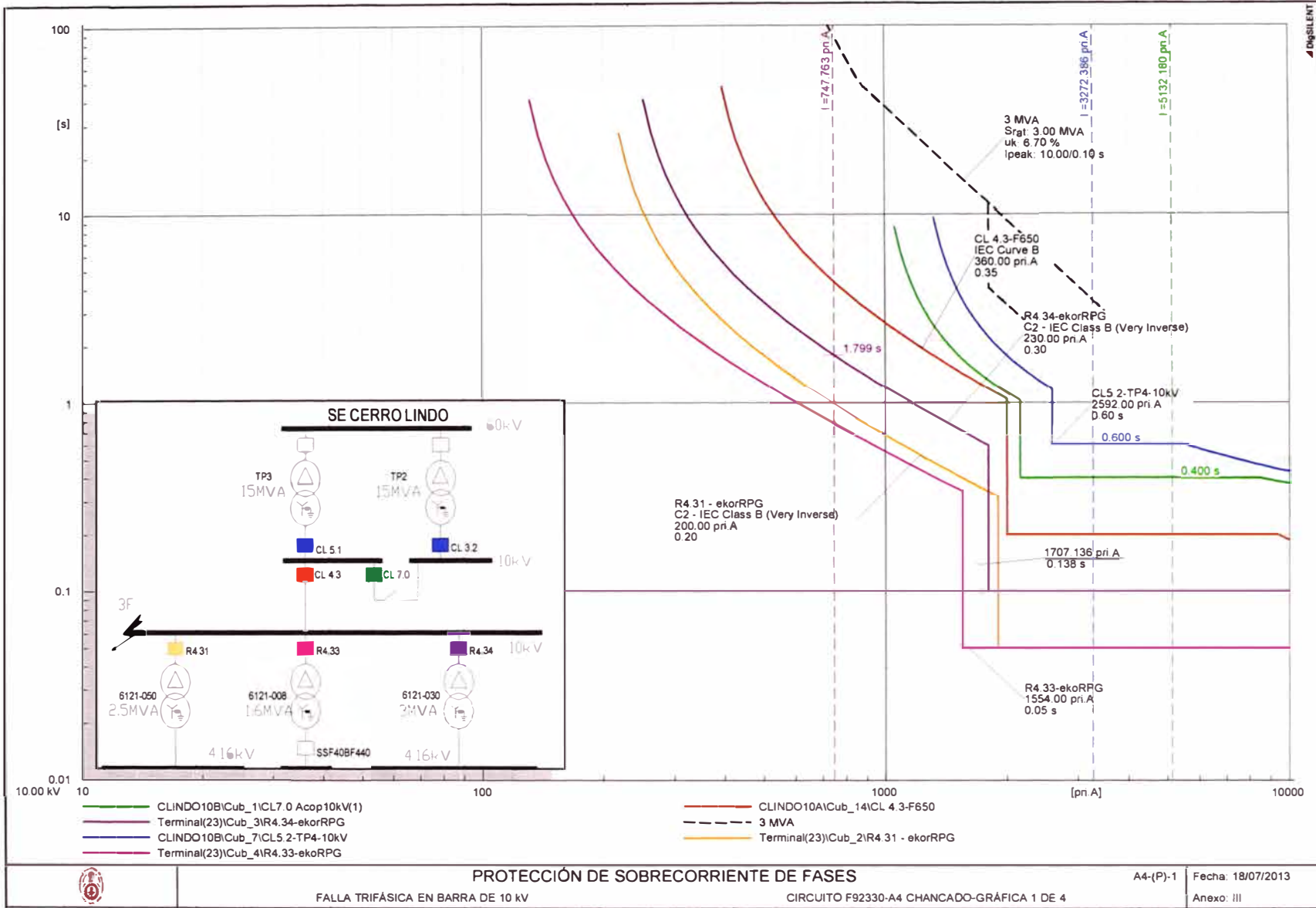
Máxs. Corto Circuito Monofásico según IEC60909

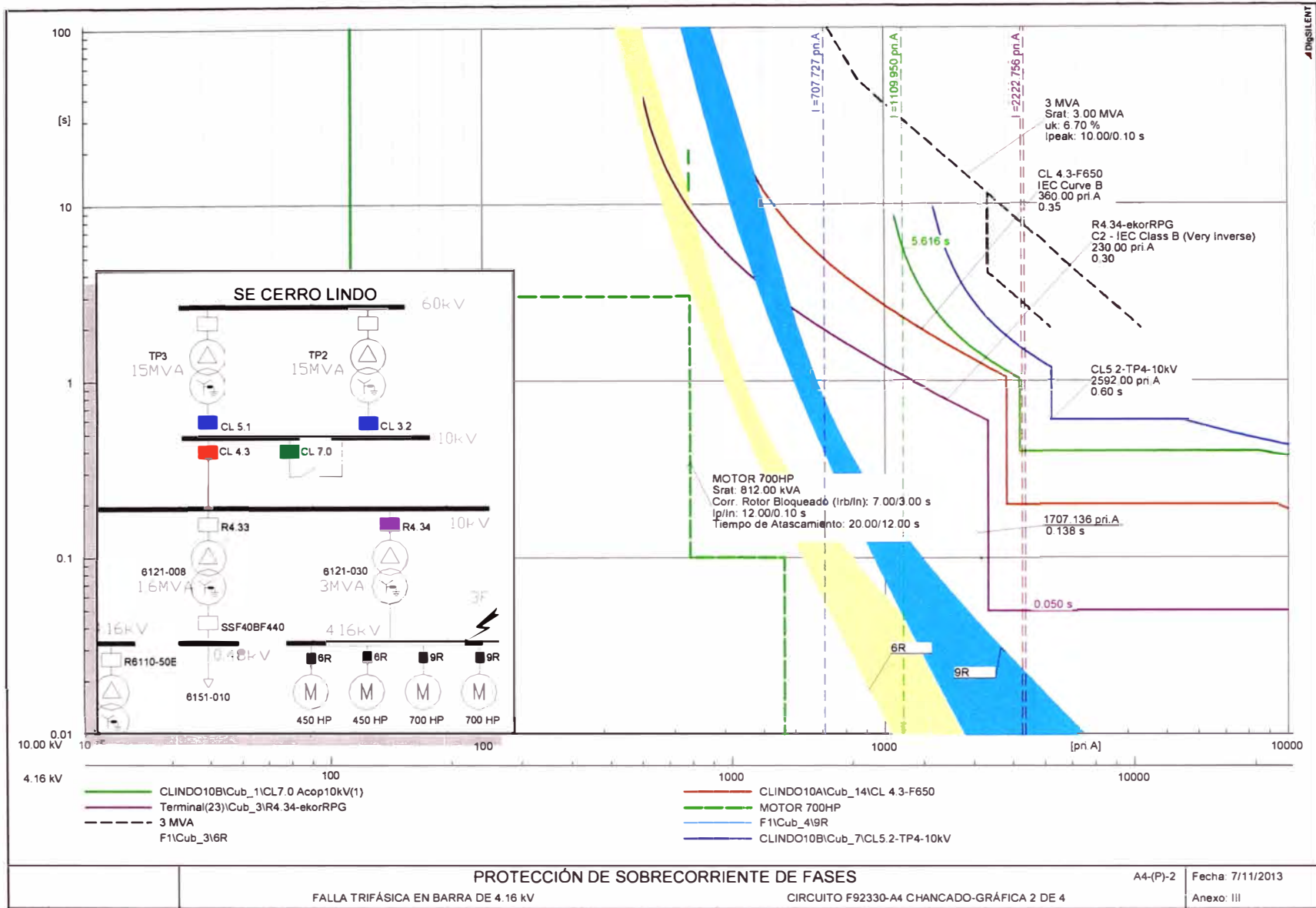
Nodos de Corto Circuito	Nodos	Ramas
Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Positiva, Magnitud [kA]
Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]	Corriente de Secuencia Negativa, Magnitud [kA]
3*10 [kA]	3*10 [kA]	3*10 [kA]

 PowerFactory 14.0.520	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Proyecto: CERRO LIND
	17 ° PROGRAMA DE TITULACIÓN	Gráfica: CL-Circuito B
	ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCION E	Fecha: 18/07/2013
	CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO R=100 Ohm	Anexo: II



**ANEXO III**  
**GRÁFICAS DE SELECTIVIDAD DE SOBRECORRIENTE DE FASE Y TIERRA**





PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASES

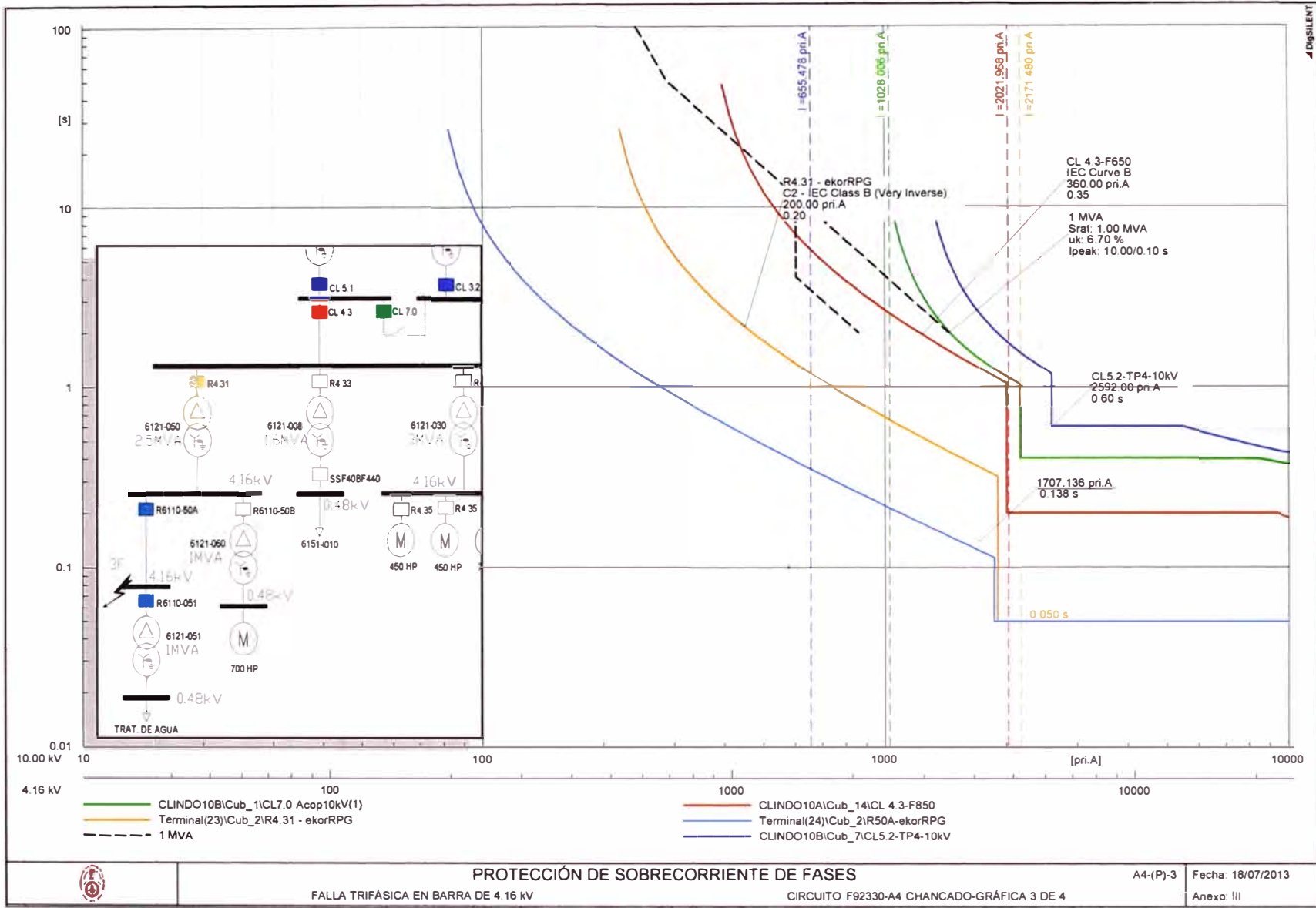
FALLA TRIFÁSICA EN BARRA DE 4.16 kV

CIRCUITO F92330-A4 CHANCADO-GRÁFICA 2 DE 4

A4-(P)-2

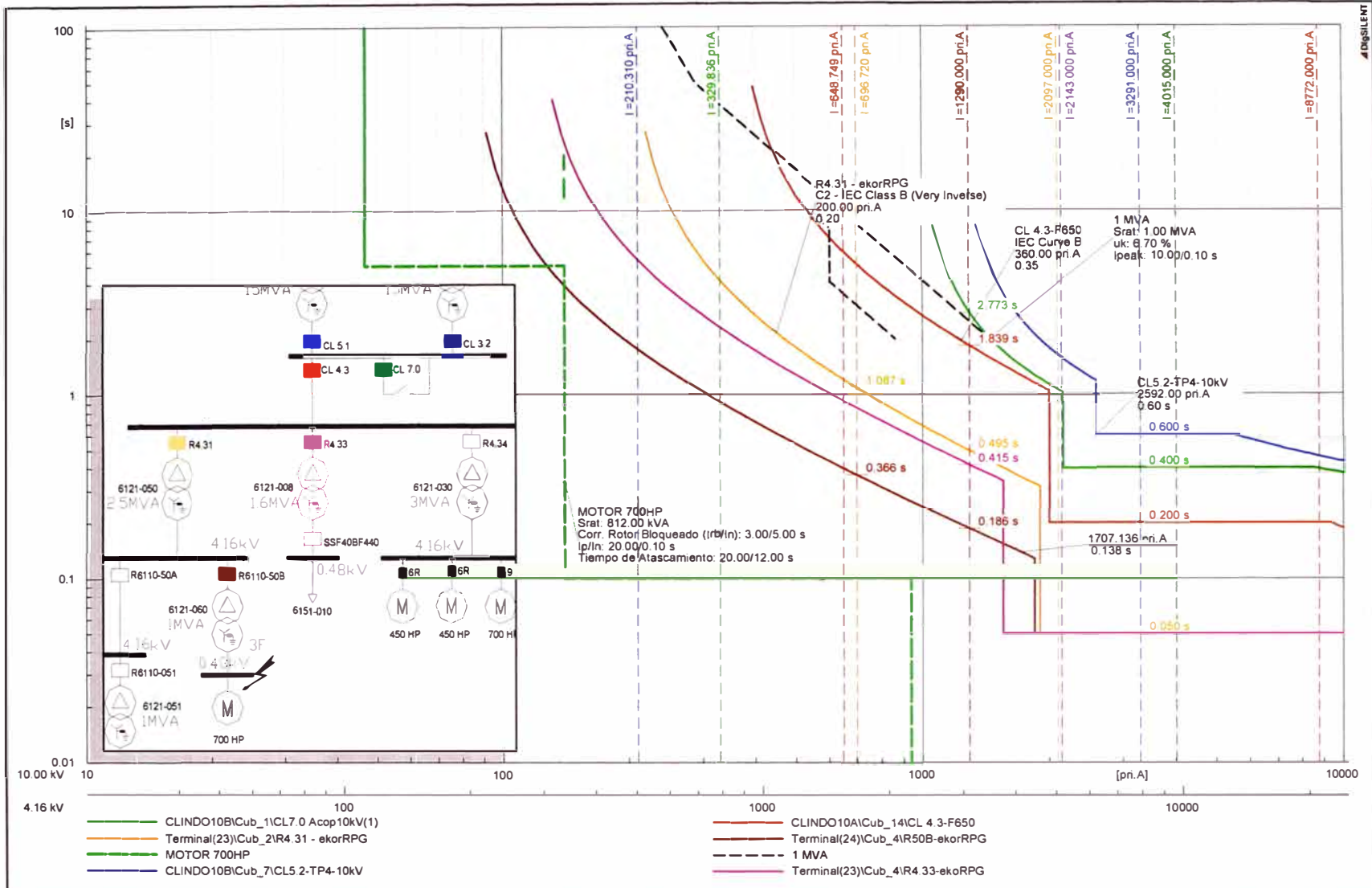
Fecha: 7/11/2013

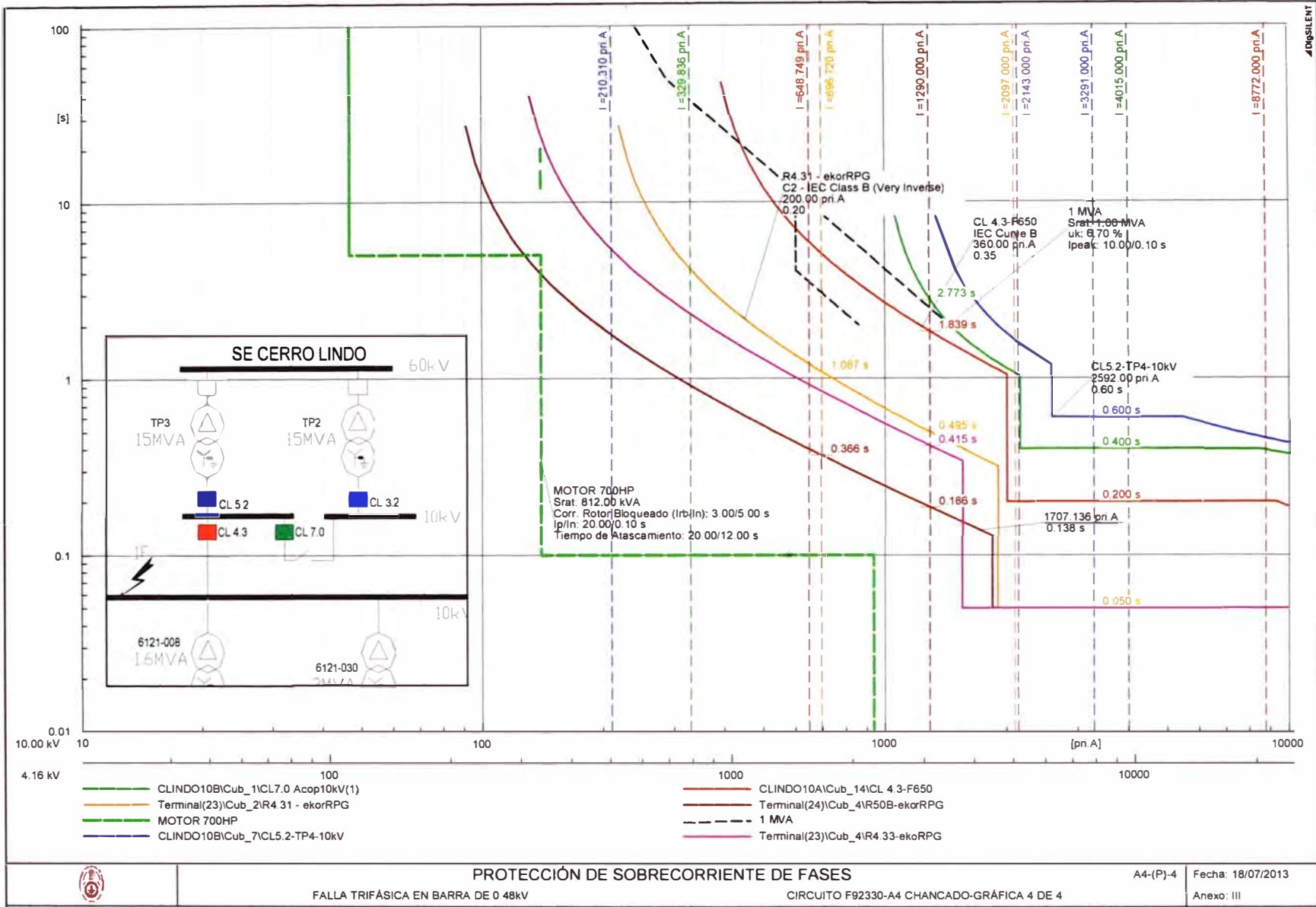
Anexo: III



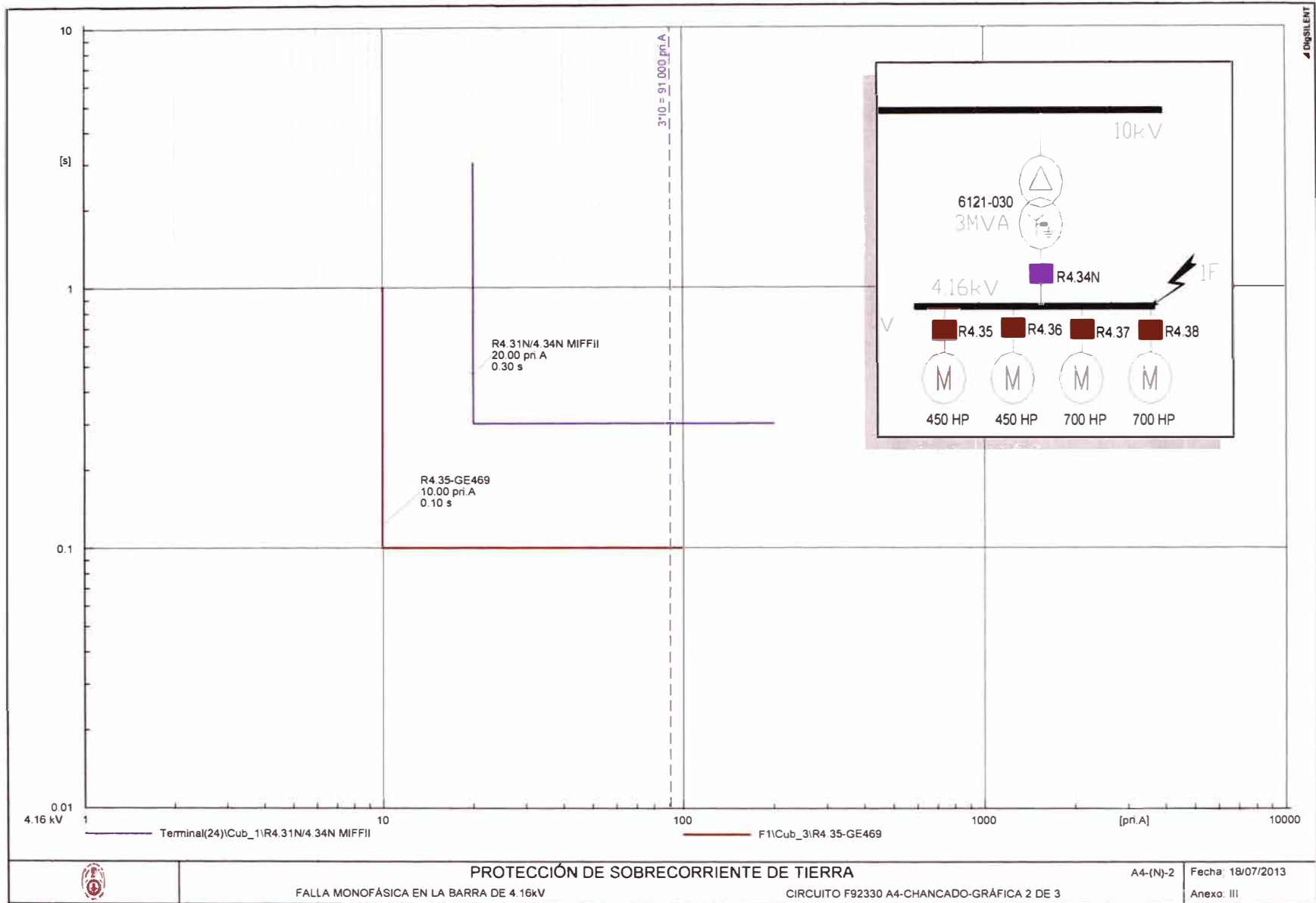
4 DIGISENT











PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE TIERRA

FALLA MONOFÁSICA EN LA BARRA DE 4.16kV

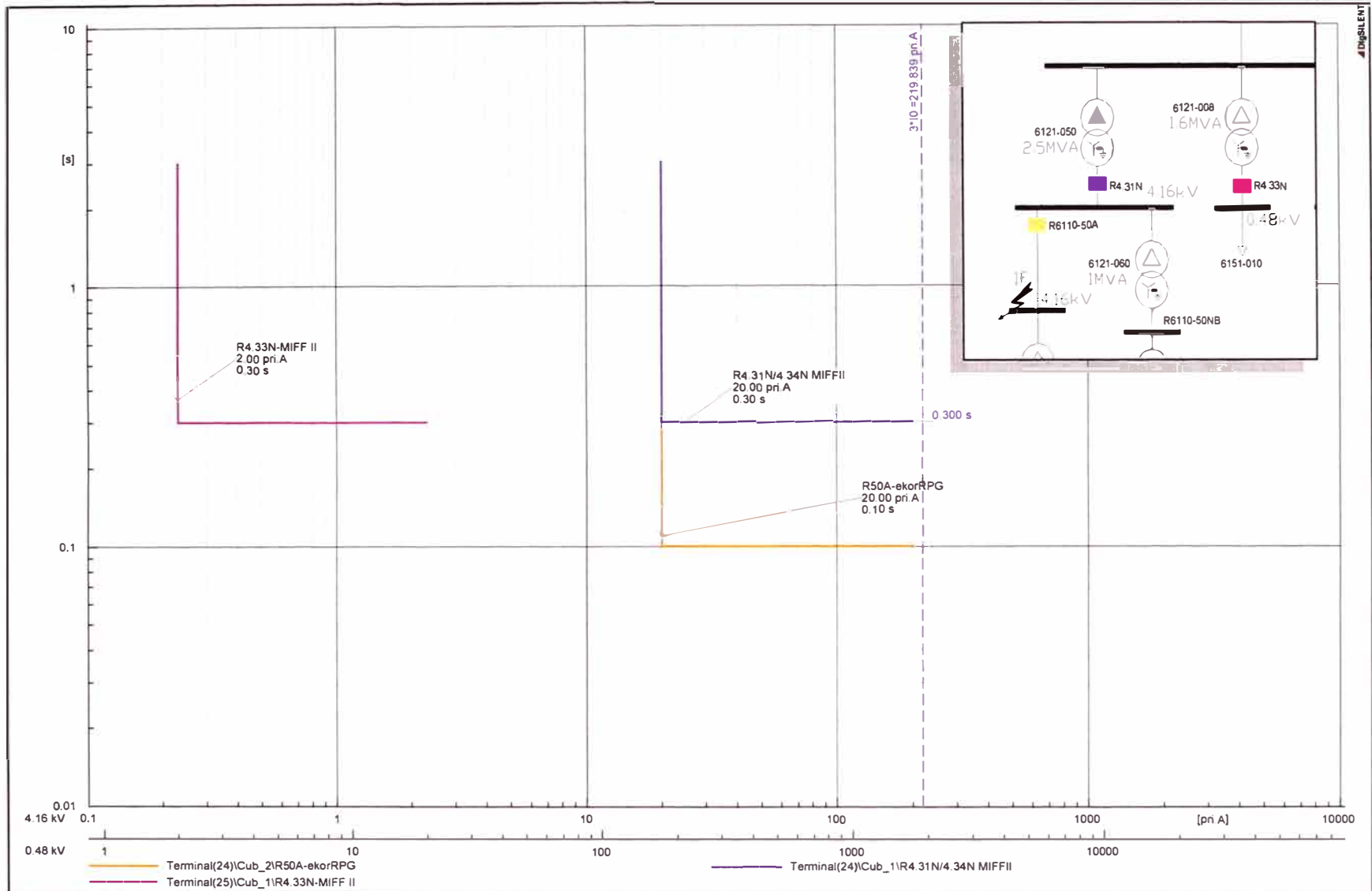
CIRCUITO F92330 A4-CHANCADO-GRÁFICA 2 DE 3

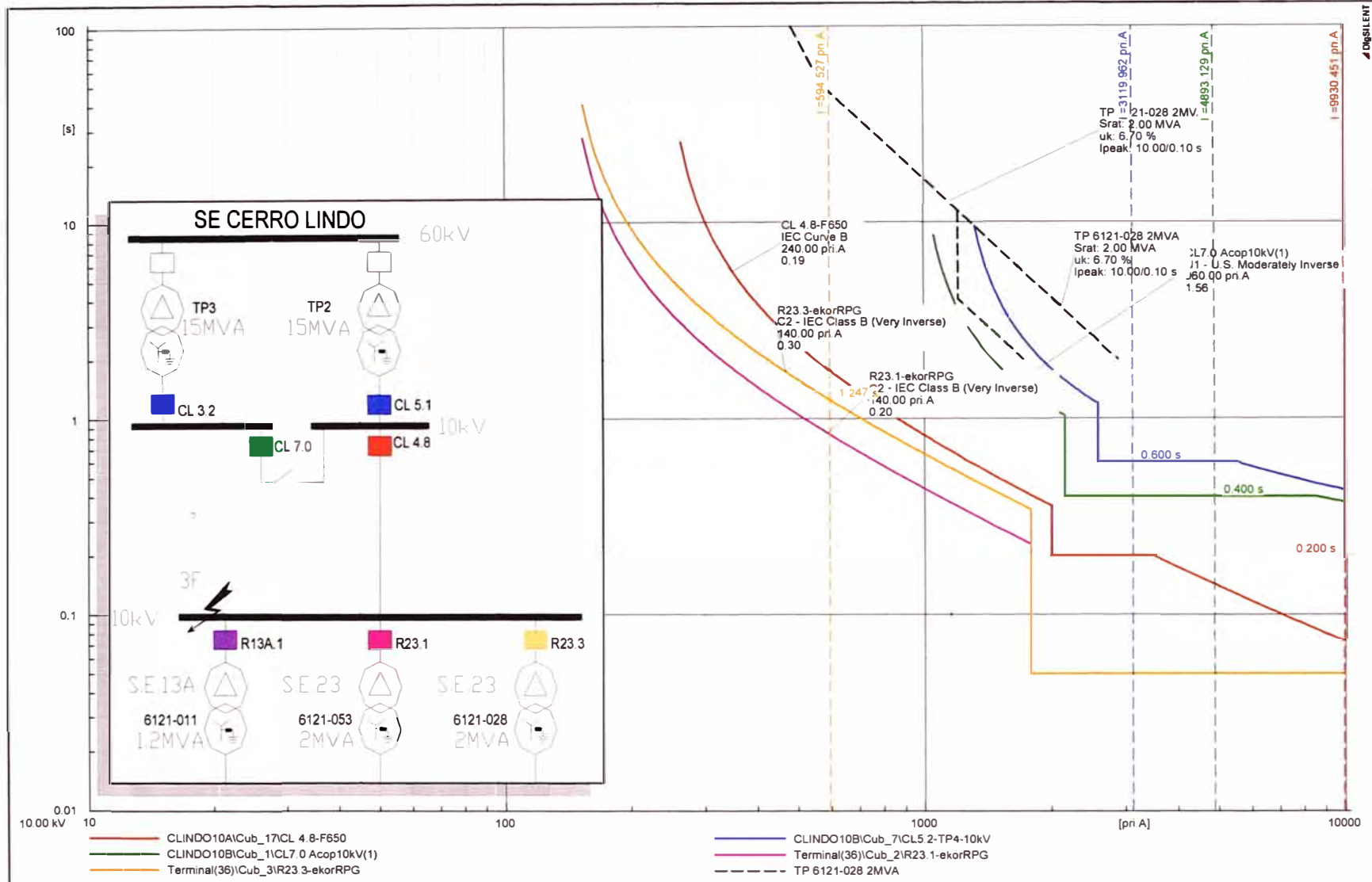
A4-(N)-2

Fecha: 18/07/2013

Anexo: III





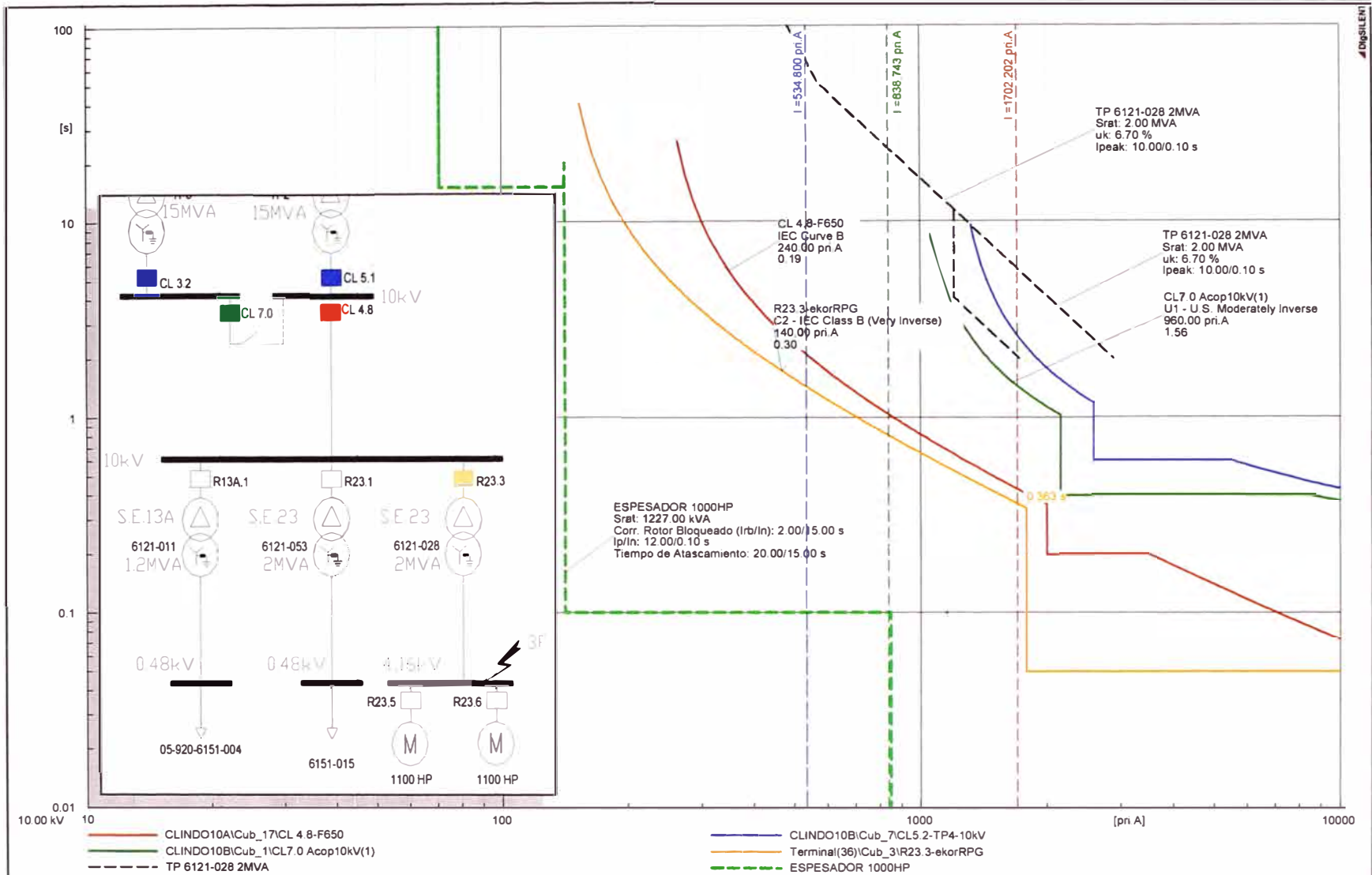


PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASES

FALLA TRIFÁSICA EN LA BARRA DE 10kV

CIRCUITO F92251-A9-GRÁFICA 1 DE 3

A9-(P)-1 Fecha: 18/07/2013  
 Anexo: III



PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASES

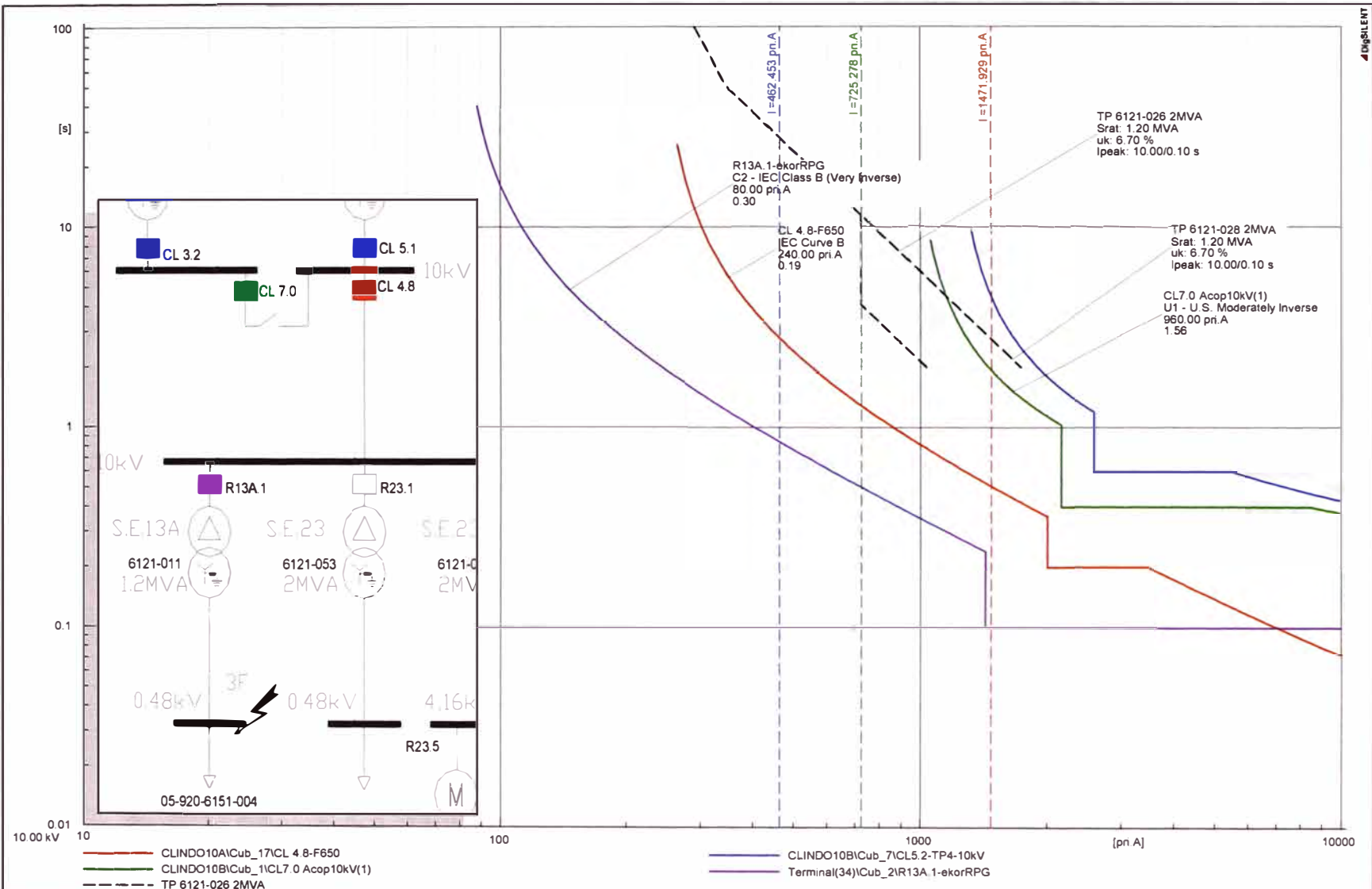
FALLA TRIFÁSICA EN LA BARRA DE 4.16kV

CIRCUITO F92251-A9-GRÁFICA 2 DE 3

A9-(P)-2 Fecha: 18/07/2013

Anexo: III

CONSULENT



4 LogSILENT



**PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASES**

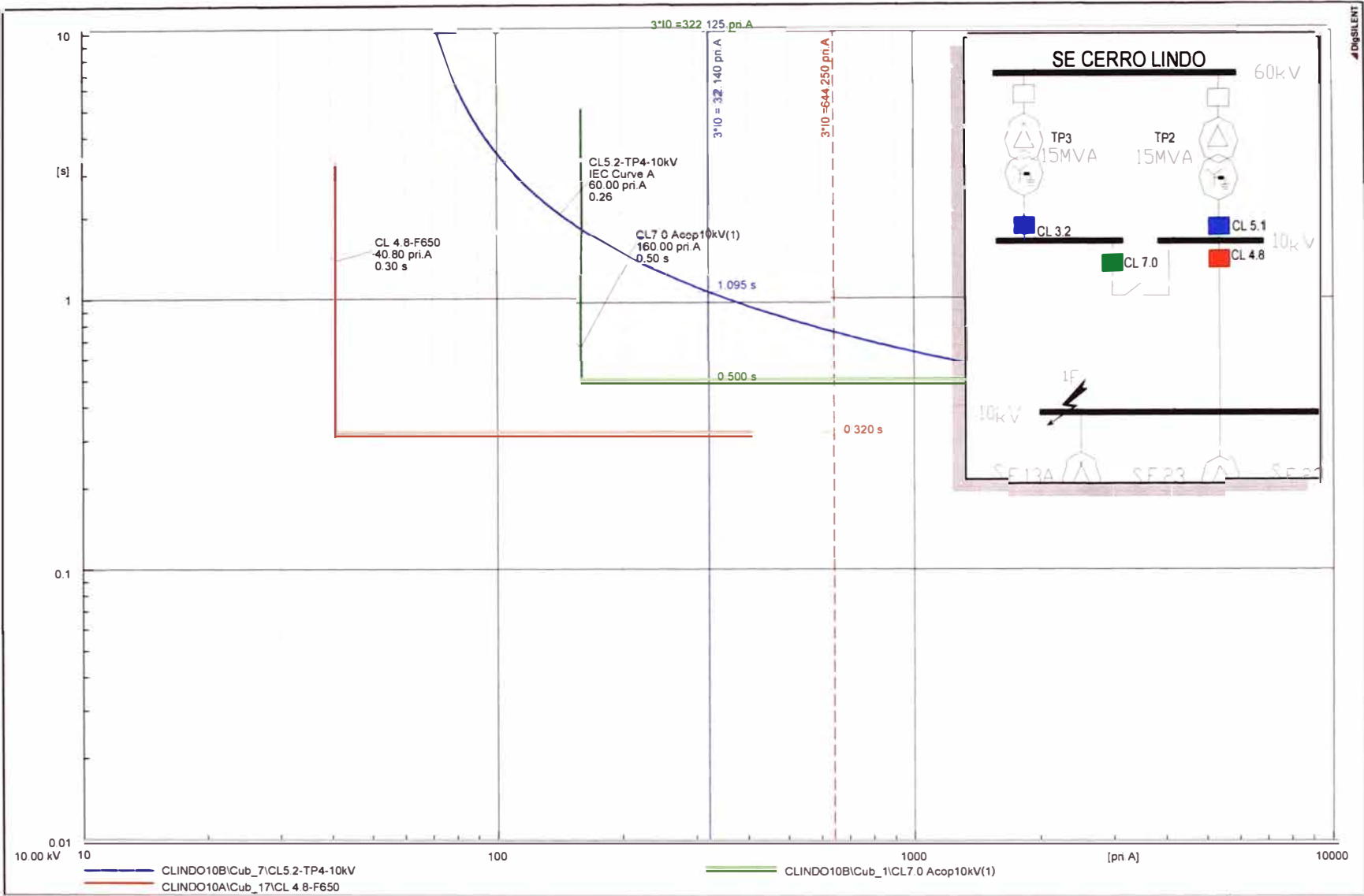
FALLA TRIFÁSICA EN LA BARRA DE 0.48kV

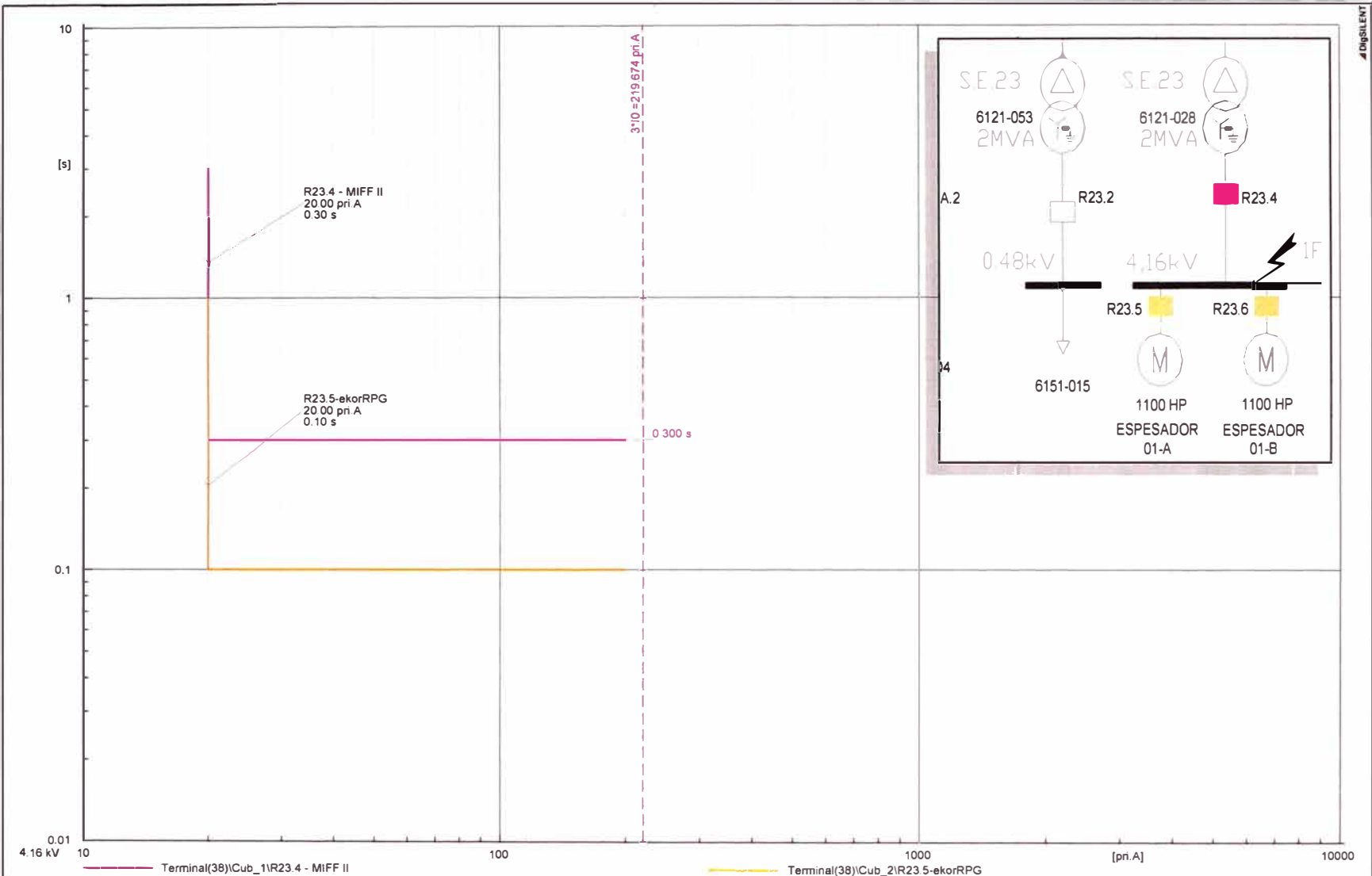
CIRCUITO F92251-A9GRÁFICA 3 DE 3

A9-(P)-3

Fecha: 18/07/2013

Anexo: III





PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE TIERRA

FALLA MONOFÁSICA EN LA BARRA DE 4.16kV

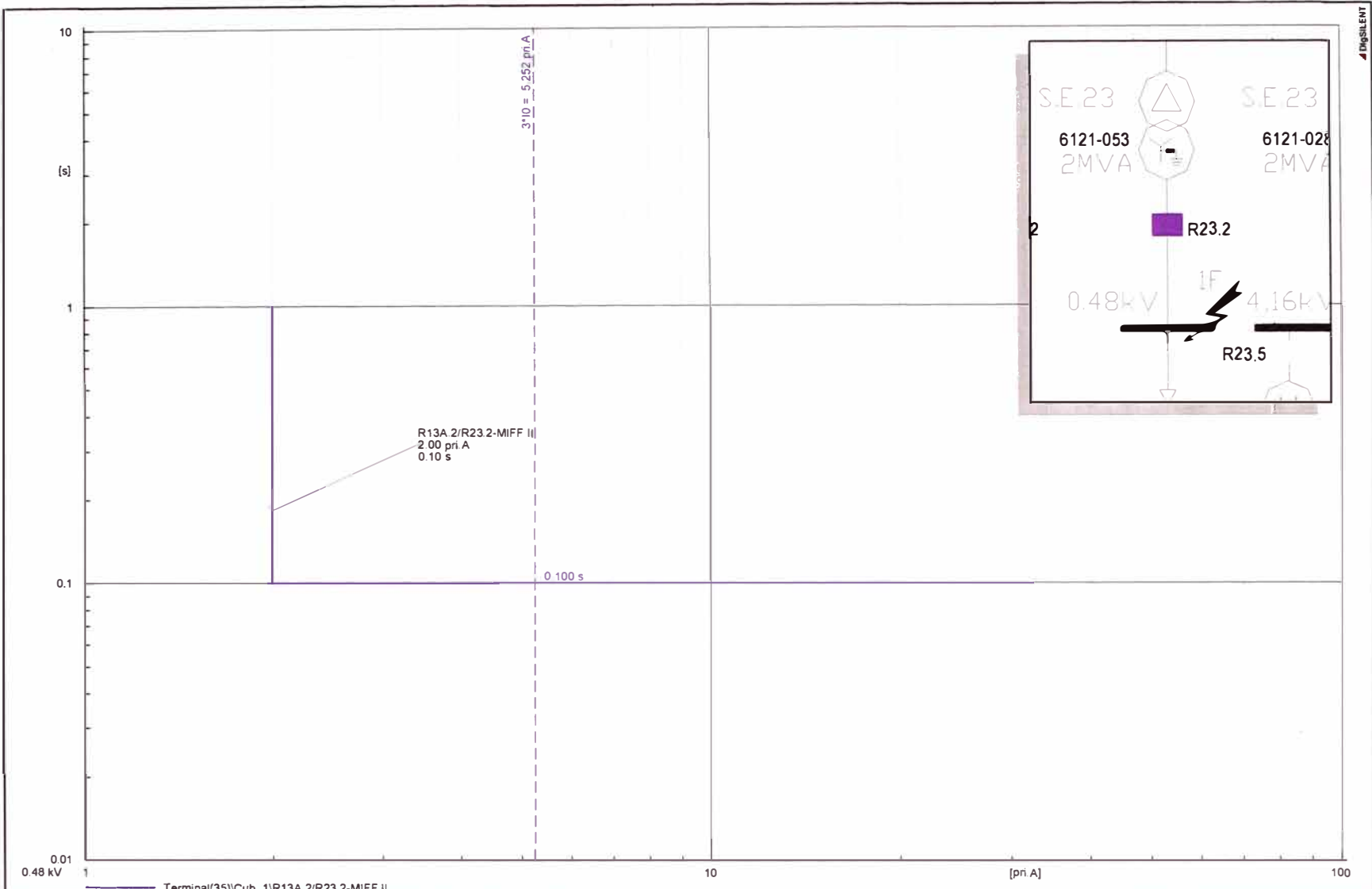
CIRCUITO F92251-A9-GRÁFICA 2 DE 3

A9-(N)-2

Fecha: 18/07/2013

Anexo: III





Terminal(3S)/Cub\_1/R13A 2/R23.2-MIFF II

PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE TIERRA

FALLA MONOFÁSICA EN LA BARRA DE 0.48 kV

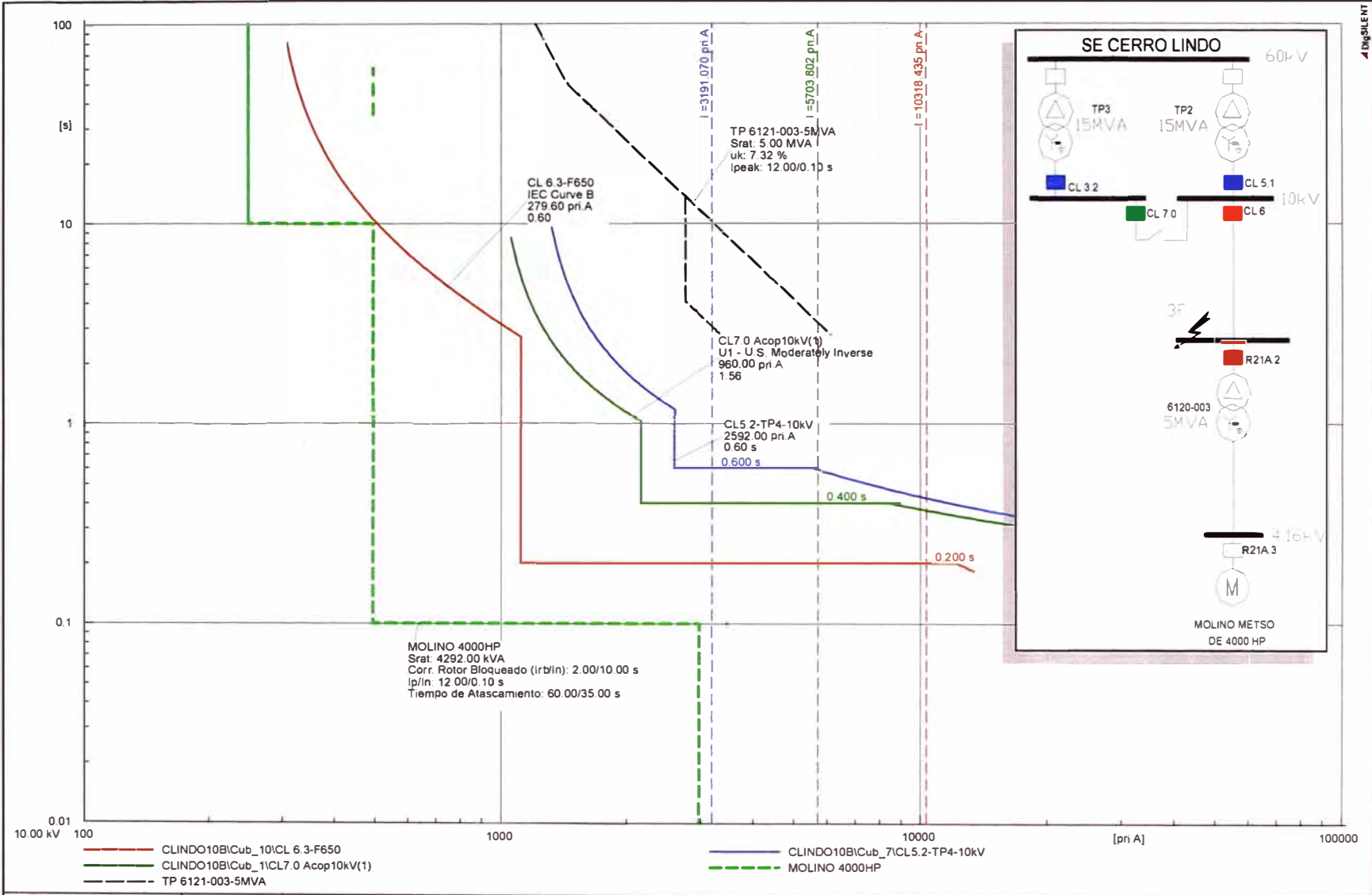
CIRCUITO F92251-A9-GRÁFICA 3 DE 3

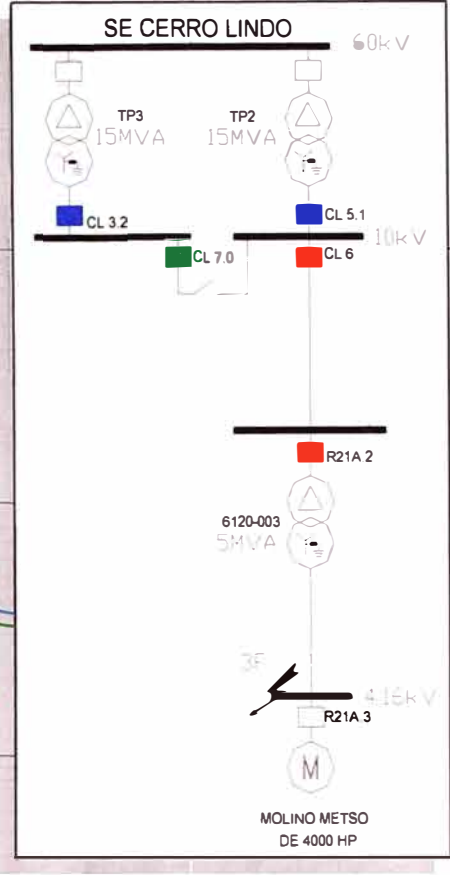
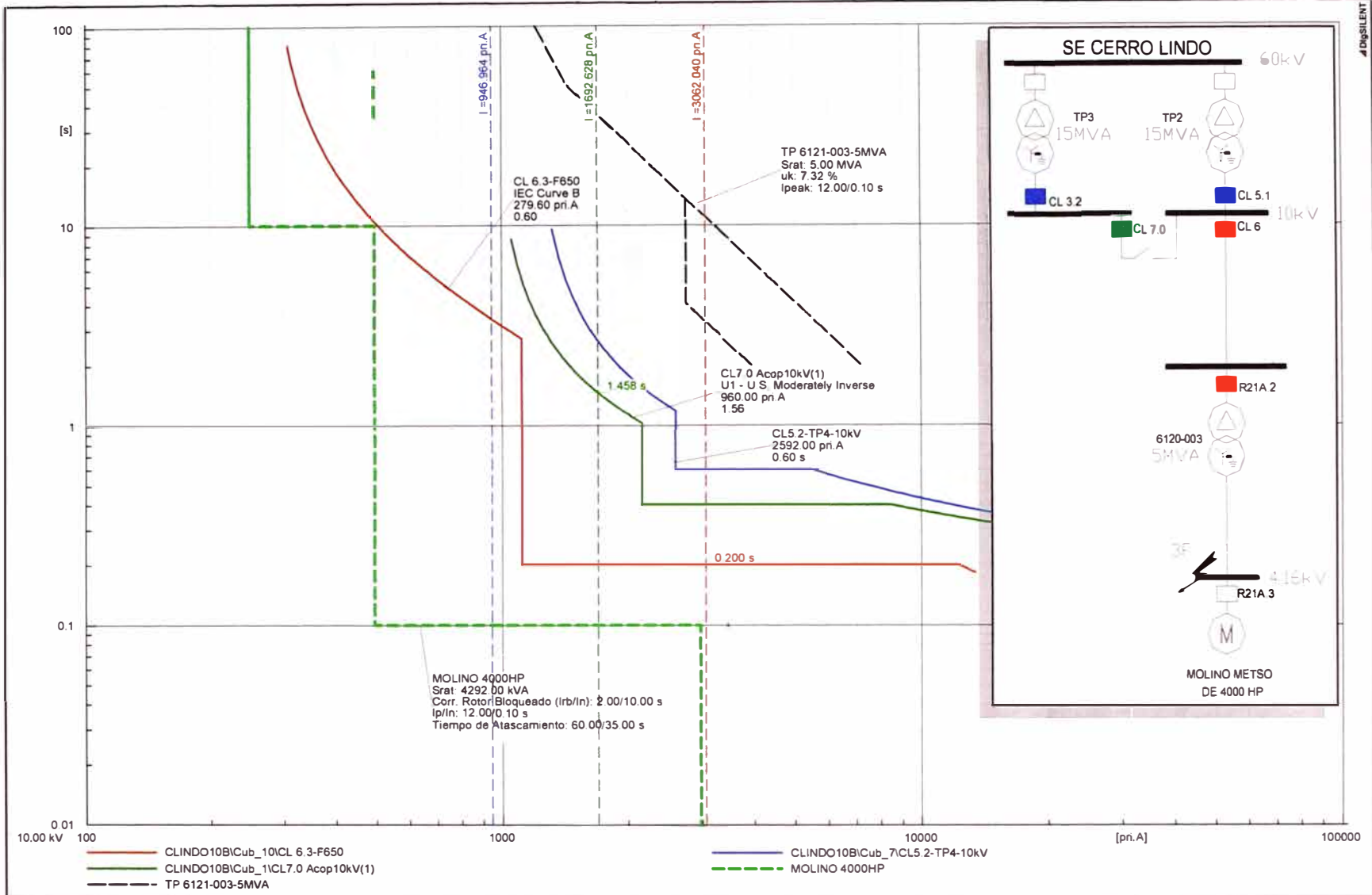
A9-(N)-3

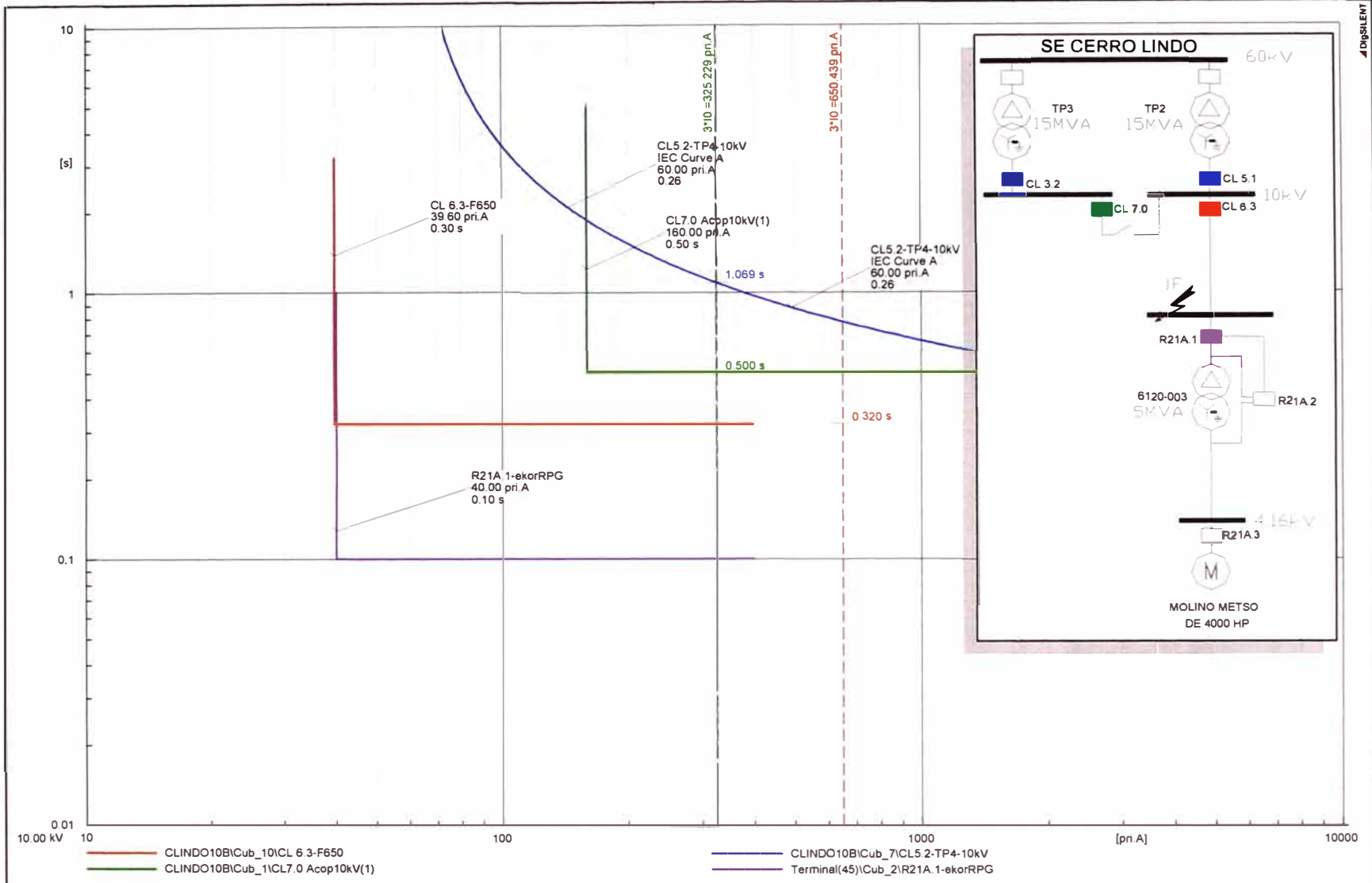
Fecha: 18/07/2013

Anexo: III

DISILENT







— CLINDO10B\Cub\_10\CL 6.3-F650  
— CLINDO10B\Cub\_1\CL7.0 Acop10kV(1)  
— CLINDO10B\Cub\_7\CL5.2-TP4-10kV  
— Terminal(45)\Cub\_2\R21A.1-ekorRPG



**PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE TIERRA**

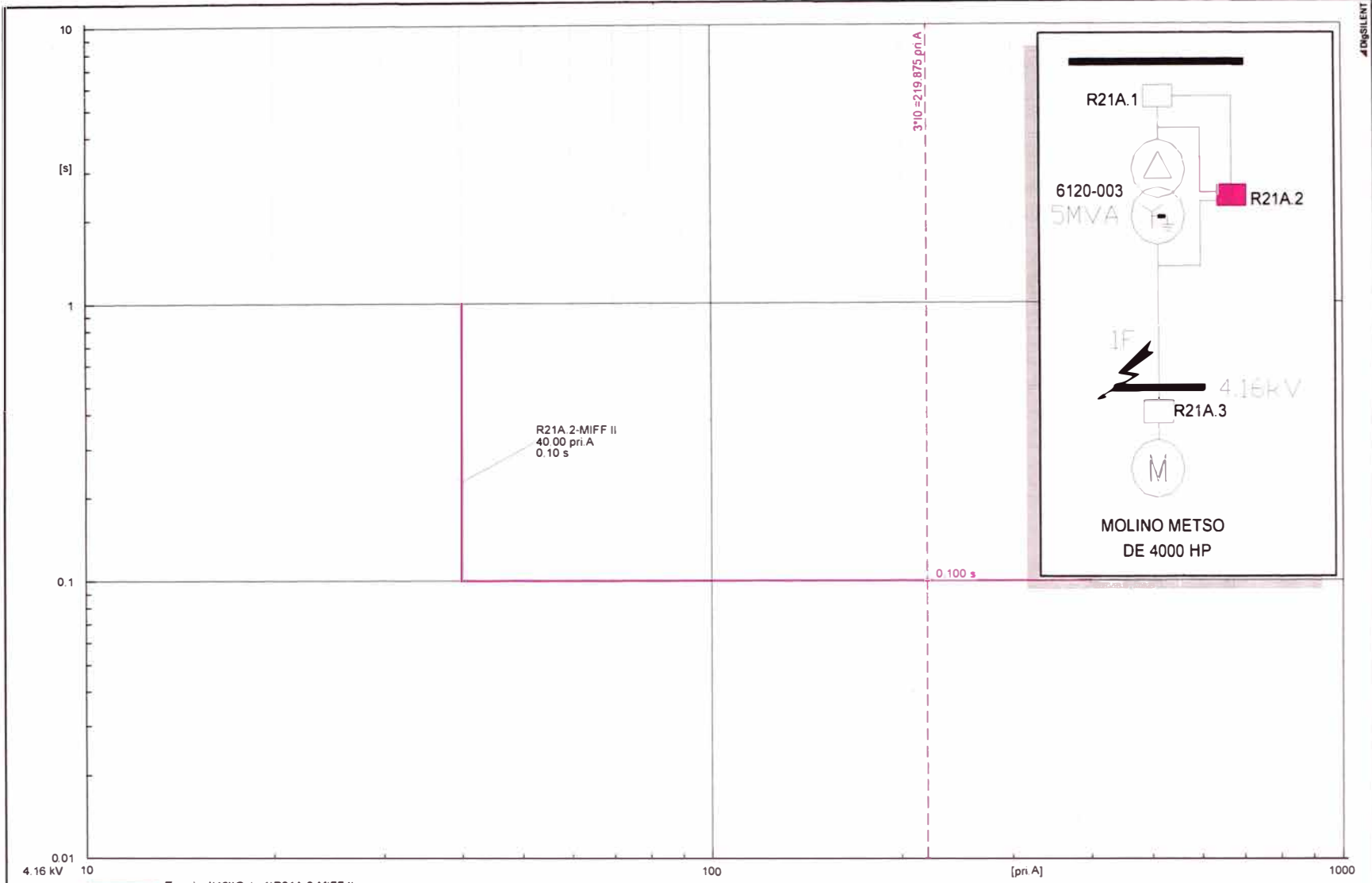
FALLA MONOFÁSICA EN LA BARRA DE 10kV

CIRCUITO F92231-B5 MOLINO METSO-GRÁFICA 1 DE 2

B5-(N)-1 Fecha: 16/07/2013

Anexo: III

Dgs/SL/ENT



4.16 kV

Terminal(46)\Cub\_1\R21A.2-MIFF II

[pri A]



PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE TIERRA

FALLA MONOFÁSICA EN LA BARRA DE 4.16kV

CIRCUITO F92231-B5 MOLINO METSO-GRÁFICA 2 DE 2

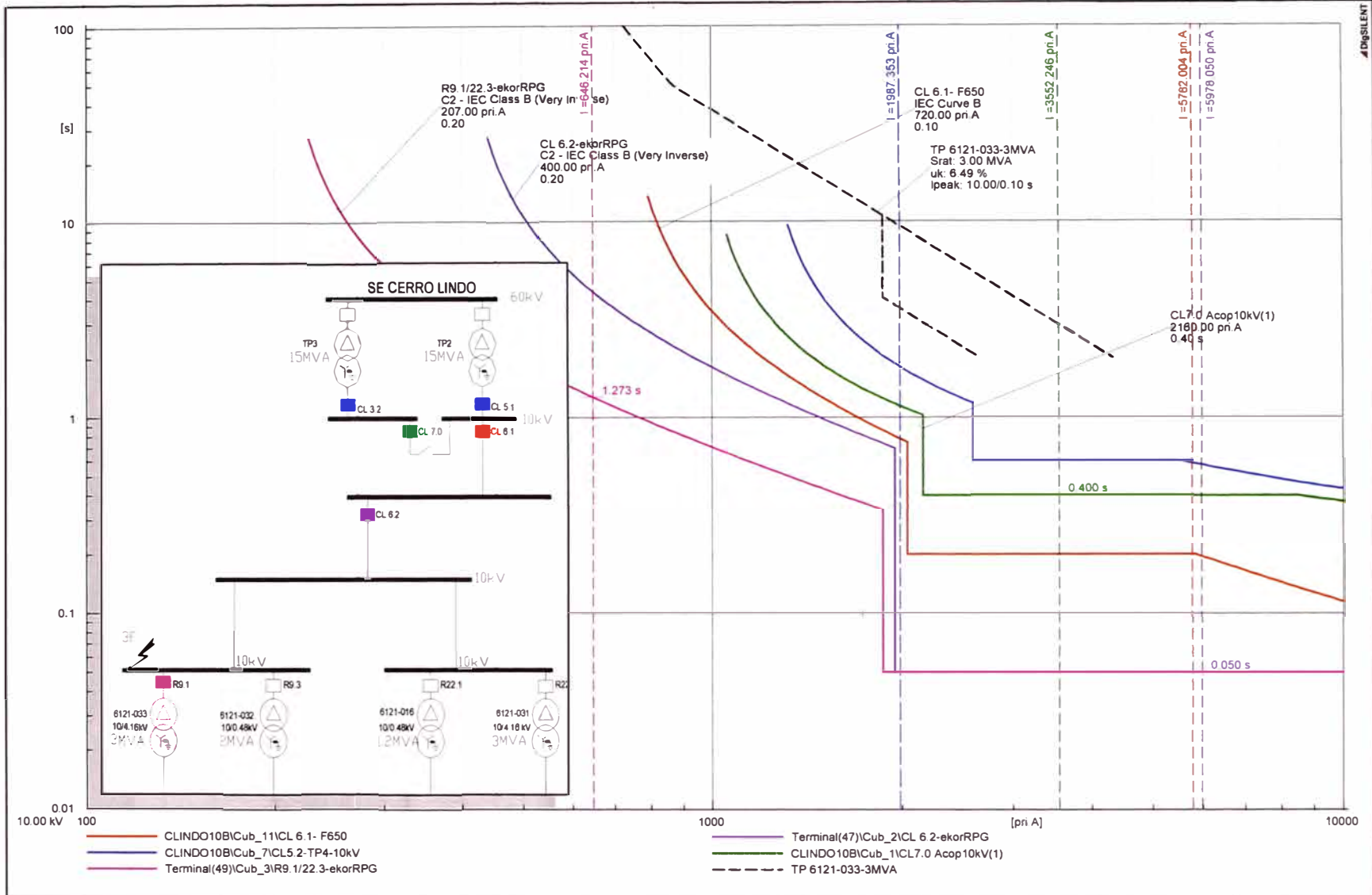
B5-(N)-2

Fecha: 18/07/2013

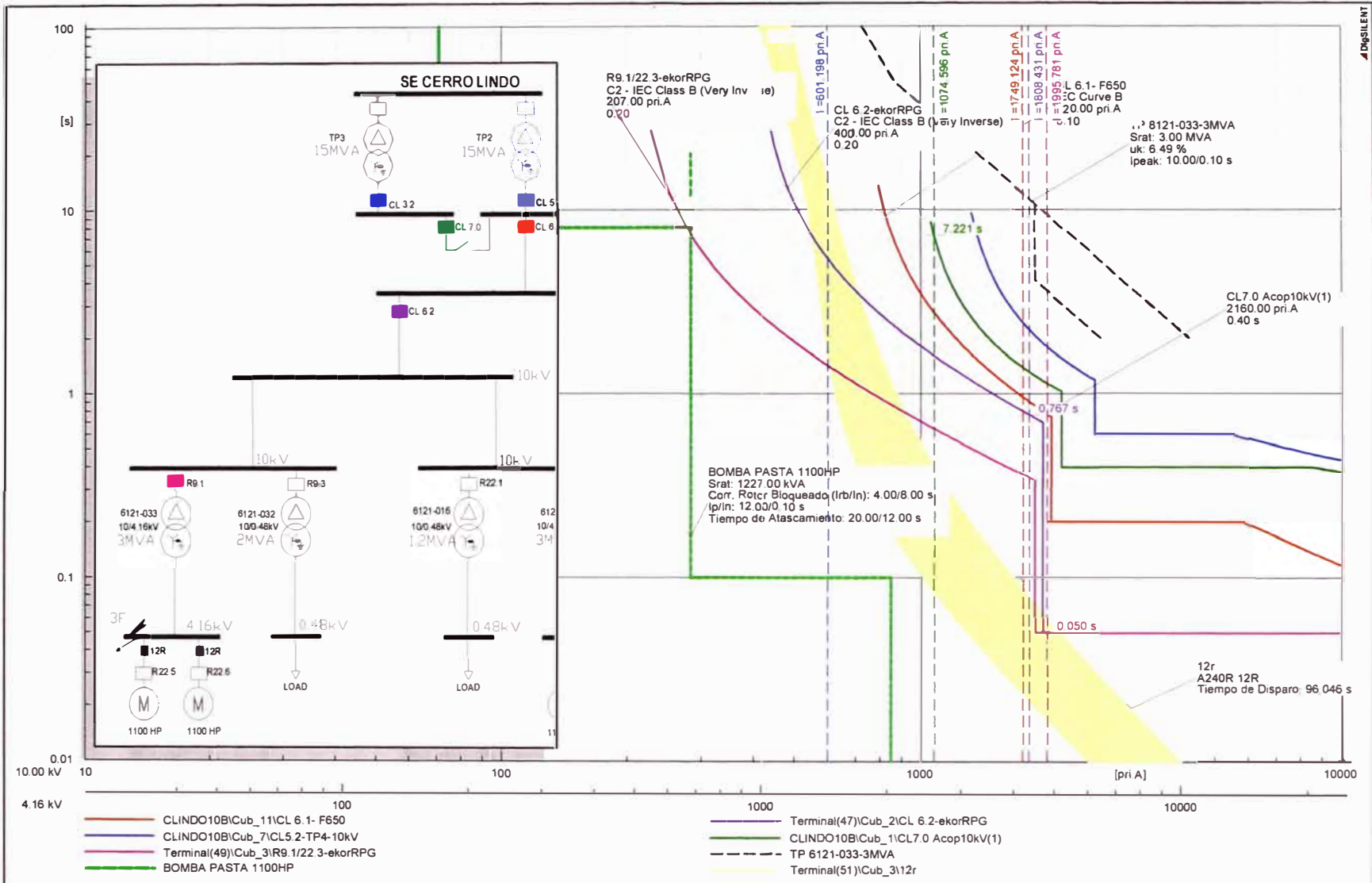
Anexo: III

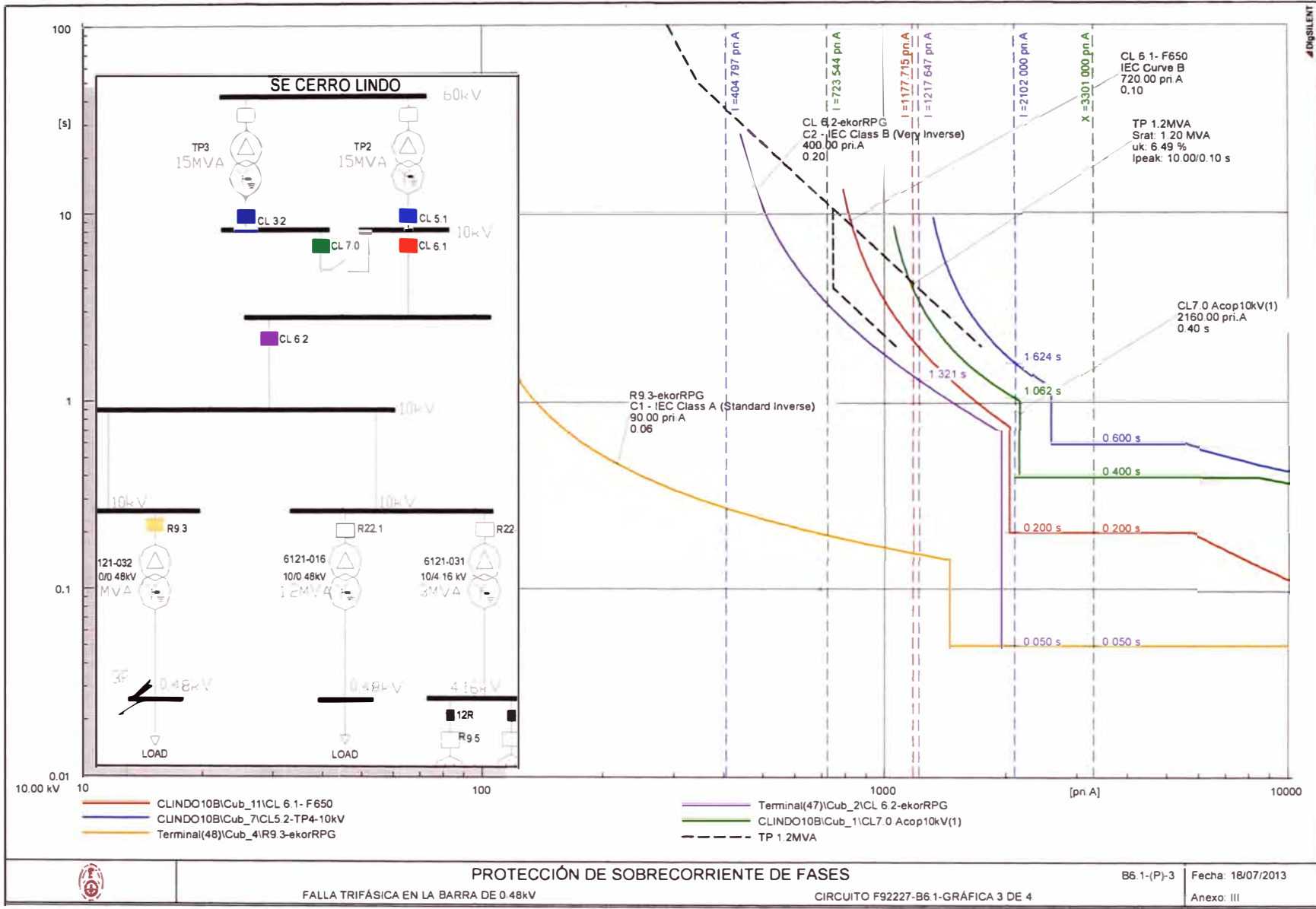
4 DIGISILENT





4 DgsILENT





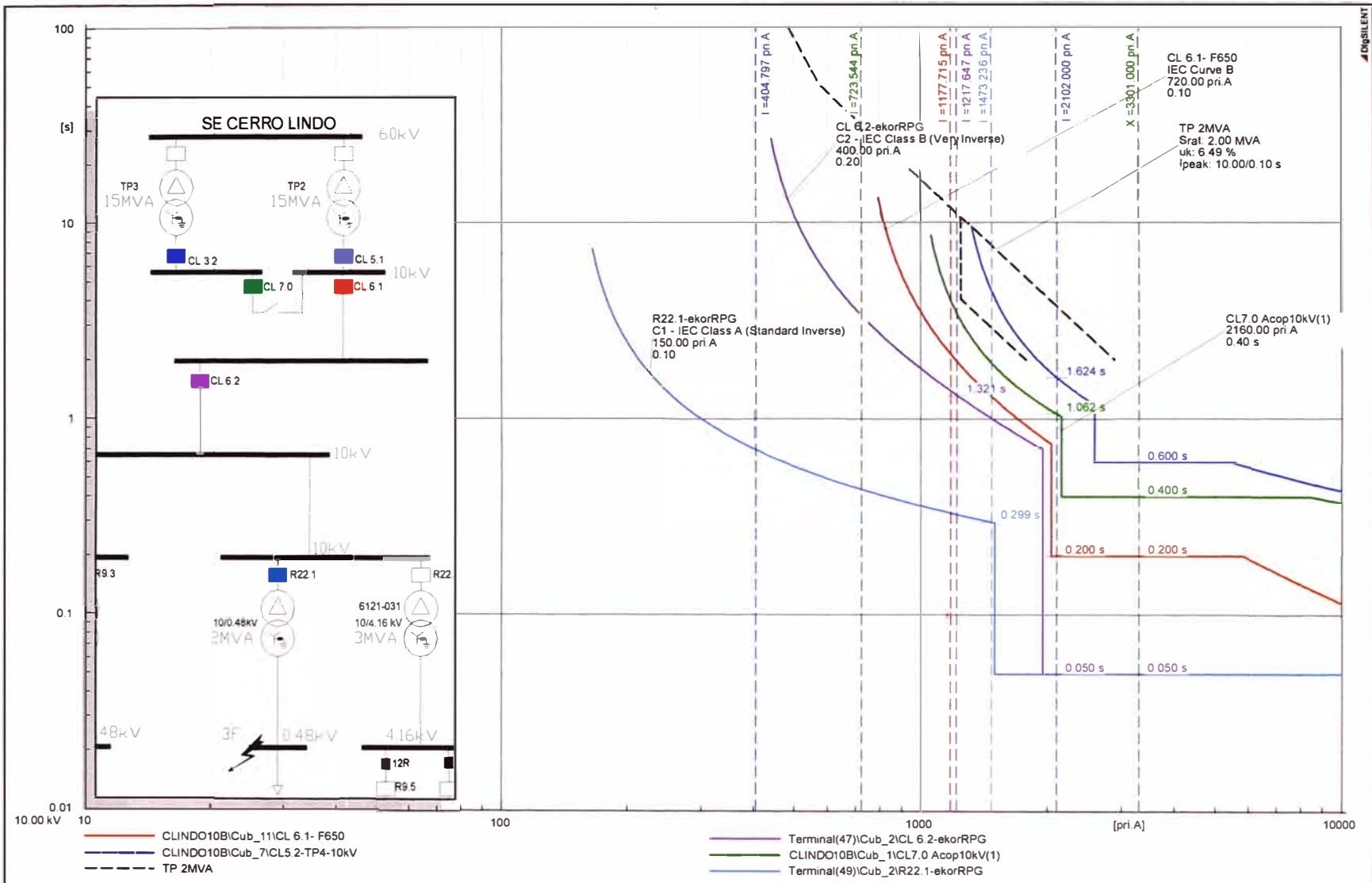
PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASES

FALLA TRIFÁSICA EN LA BARRA DE 0.48kV

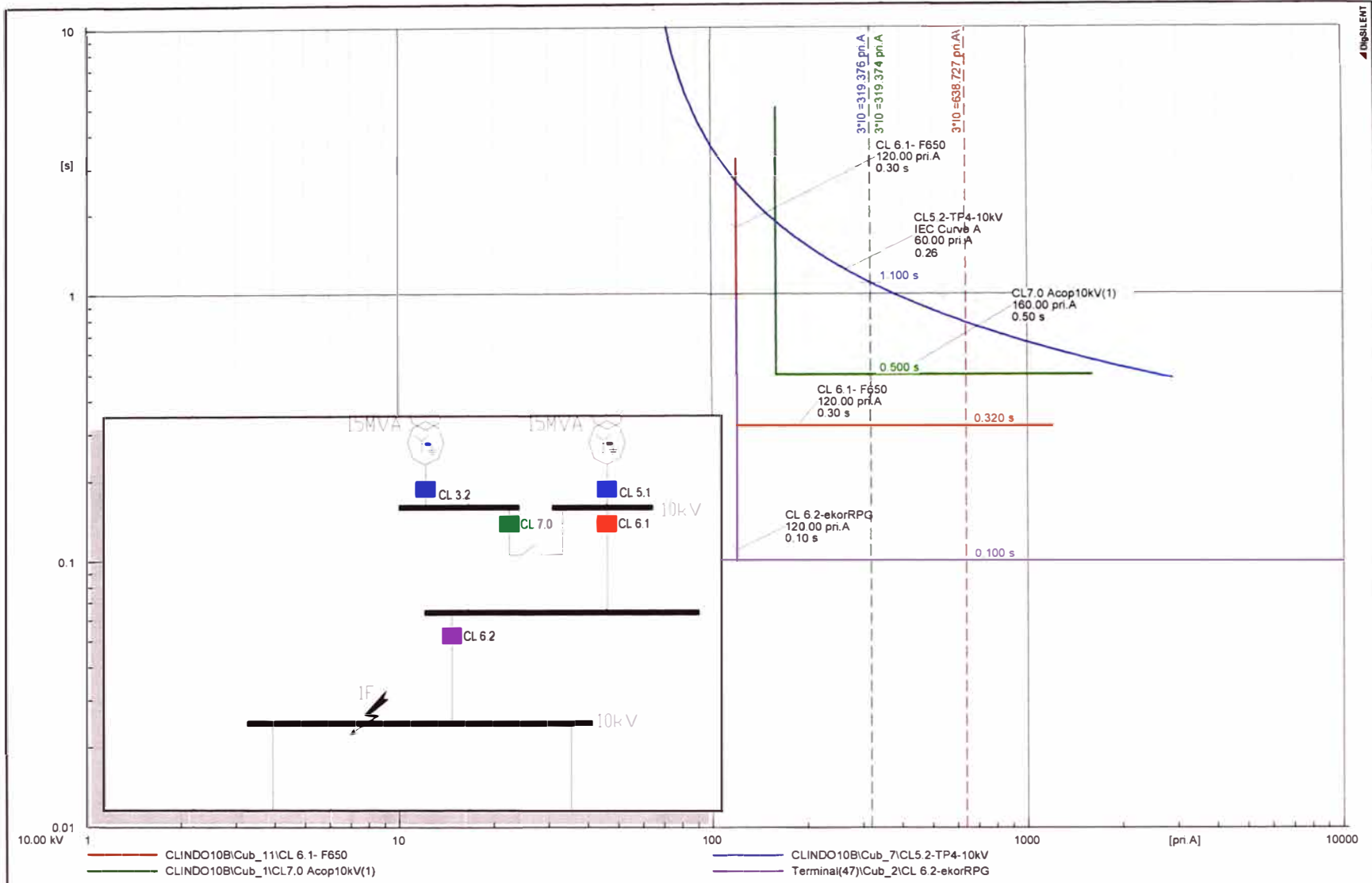
CIRCUITO F92227-B6.1-GRÁFICA 3 DE 4

B6.1-(P)-3 Fecha: 18/07/2013

Anexo: III



406SILENT



DIGISILENT

— CLINDO10B\Cub\_11\CL 6.1- F650  
— CLINDO10B\Cub\_1\CL 7.0 Acop10kV(1)  
— CLINDO10B\Cub\_7\CL 5.2-TF4-10kV  
— Terminal(47)\Cub\_2\CL 6.2-ekorRPG



**PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE TIERRA**

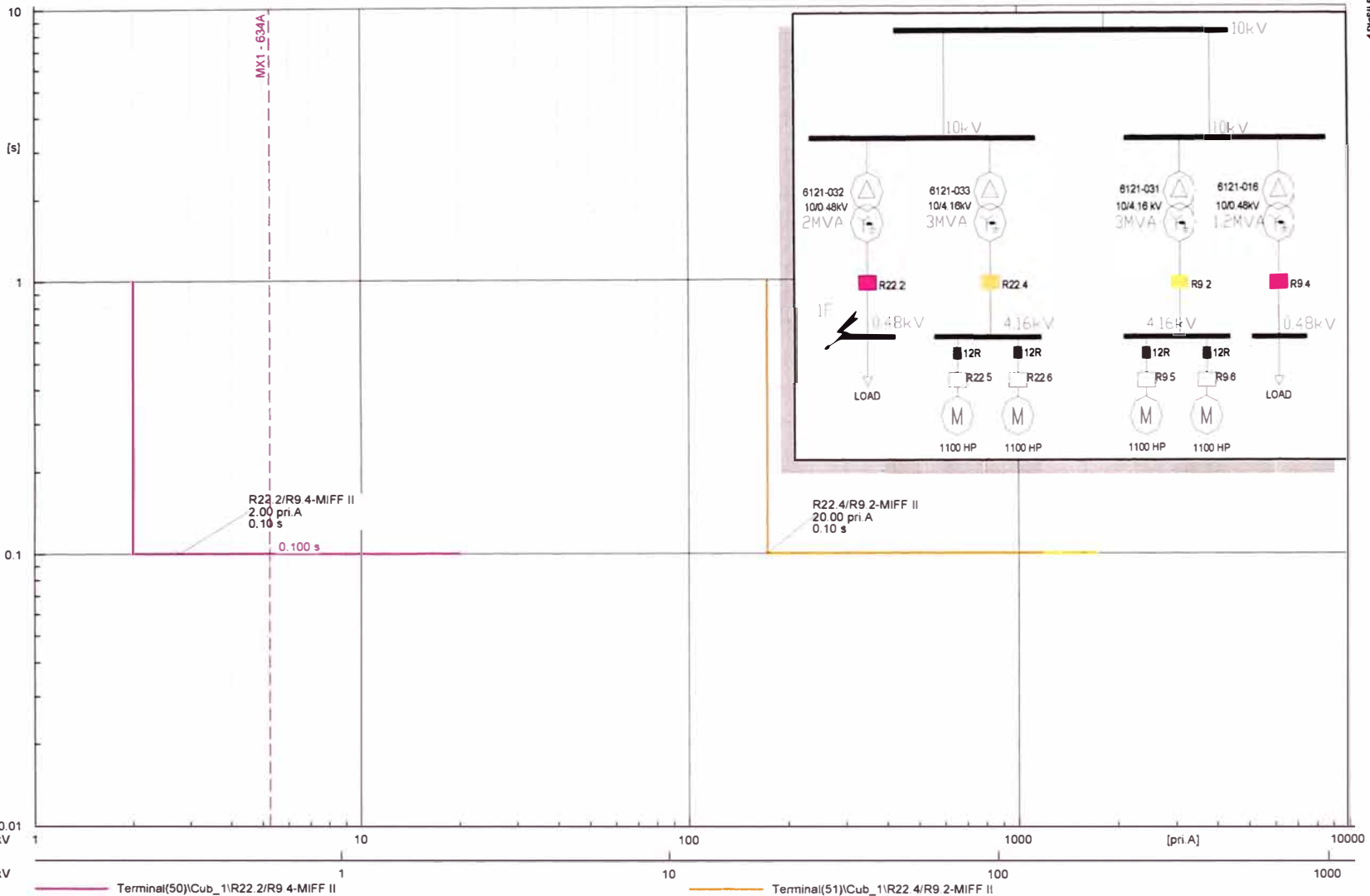
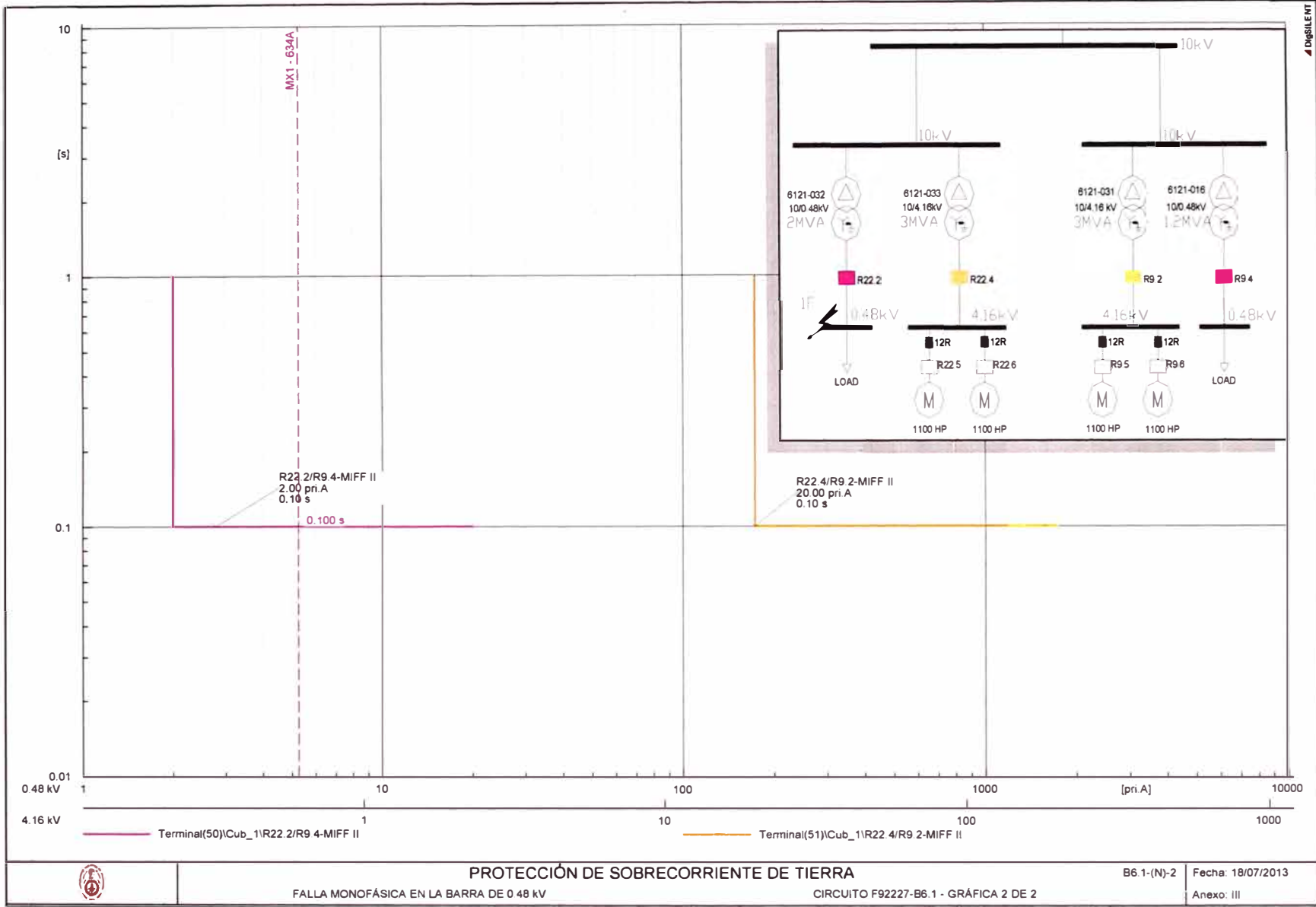
FALLA MONOFÁSICA EN LA BARRA DE 10kV

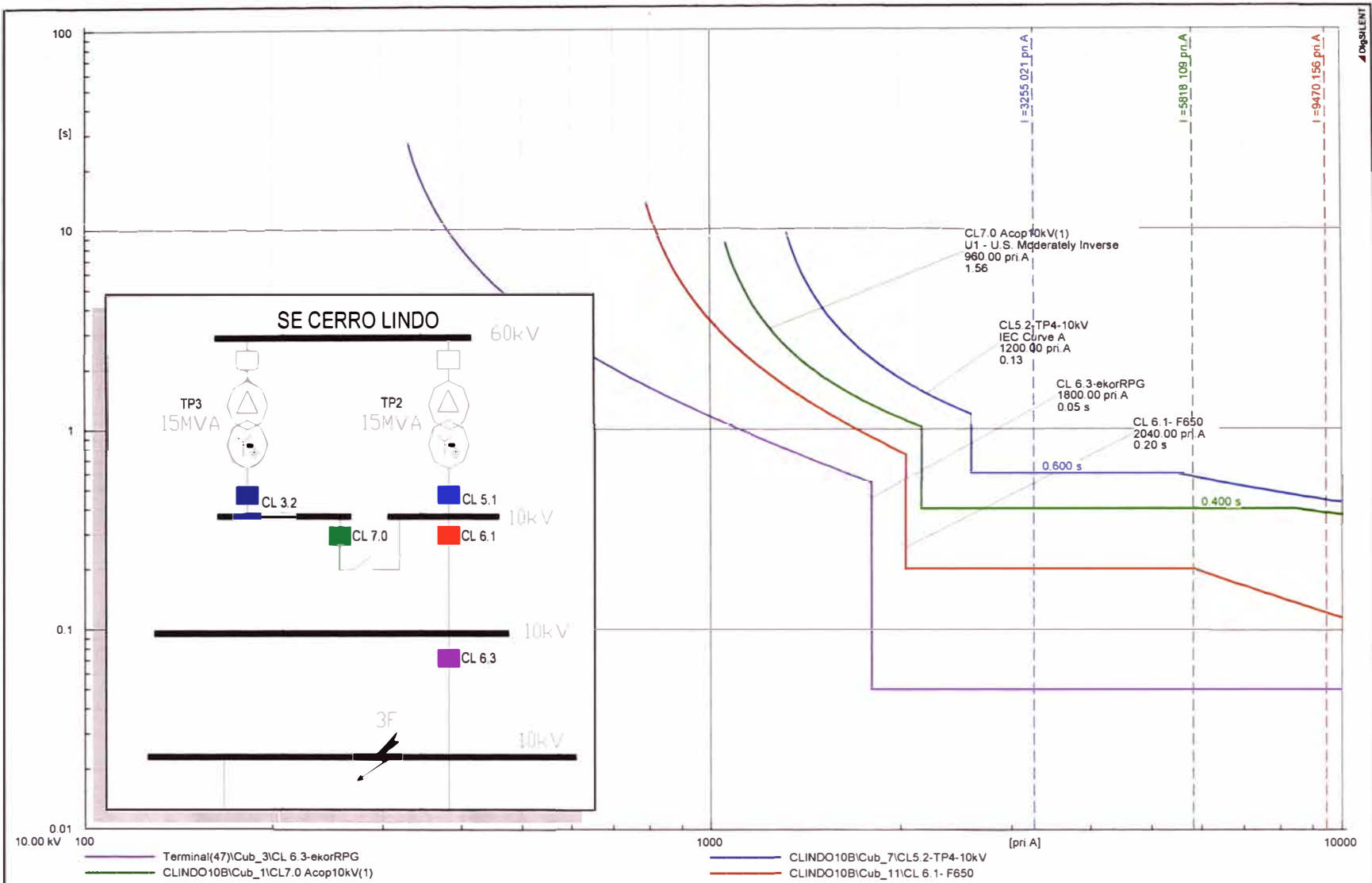
CIRCUITO F92227-B6.1-GRÁFICA 1 DE 2

B6.1-(N)-1 Fecha: 18/07/2013

Anexo III







PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASES

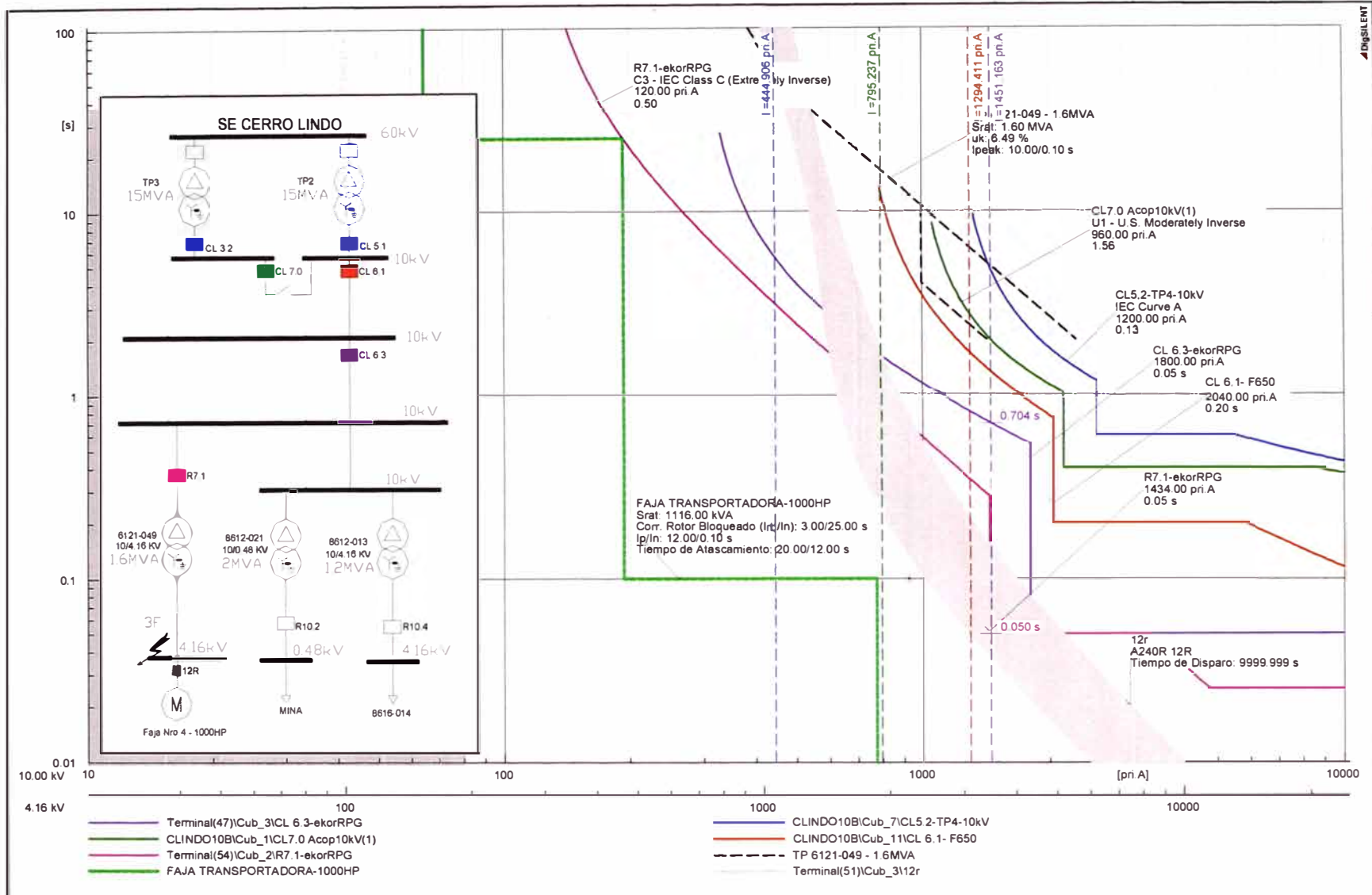
FALLA TRIFÁSICA EN LA BARRA DE 10 kV

CIRCUITO F92227-B6.2 - GRÁFICA 1 DE 3

B6.2-(P)-1 Fecha 18/07/2013

Anexo. III

40x50x125



PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASES

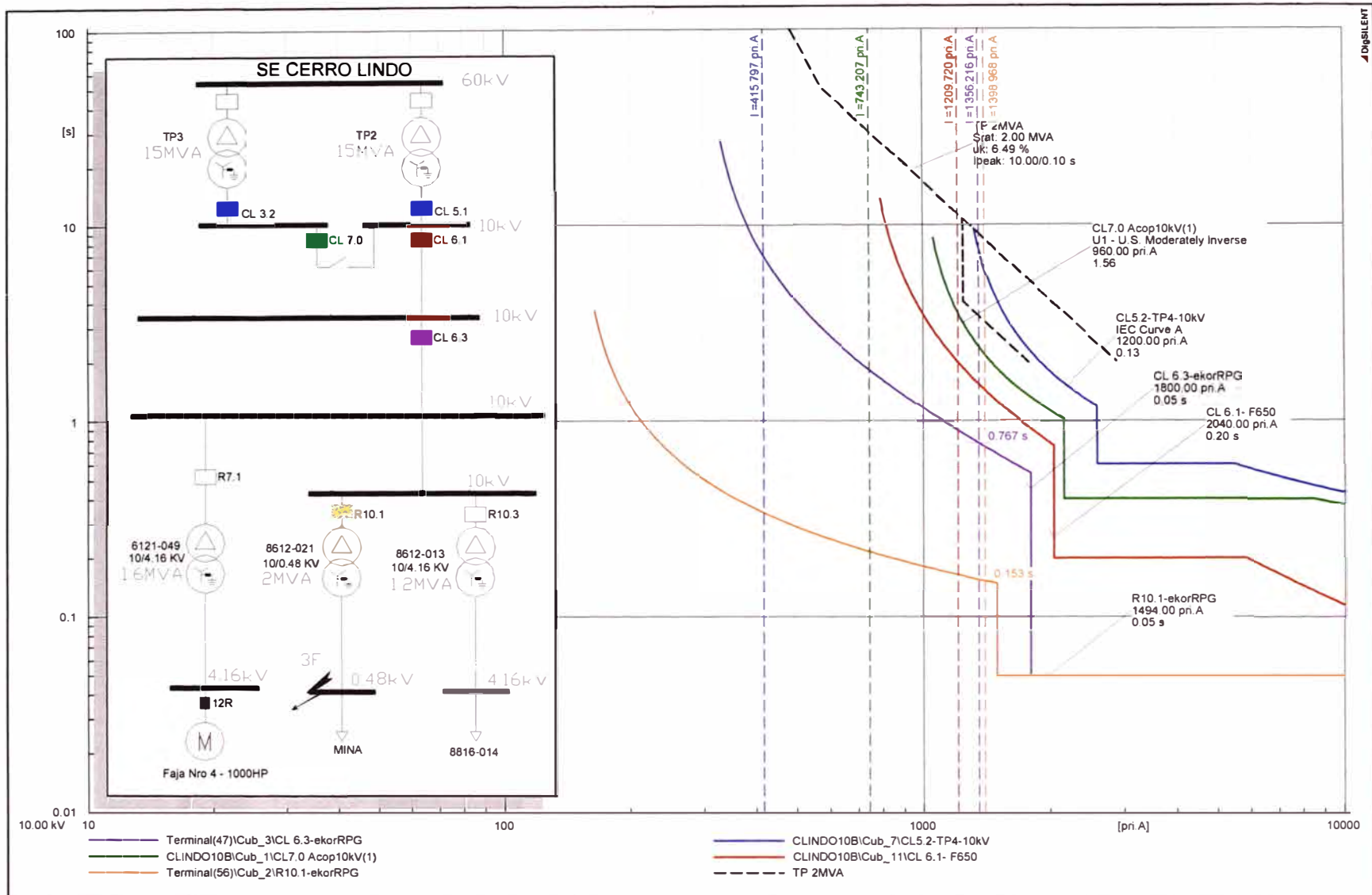
FALLA TRIFÁSICA EN LA BARRA DE 4.16 kV

CIRCUITO F92227-B6.2 - GRÁFICA 2 DE 3

B6.2-(P)-2 Fecha: 18/07/2013

Anexo: III





PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASES

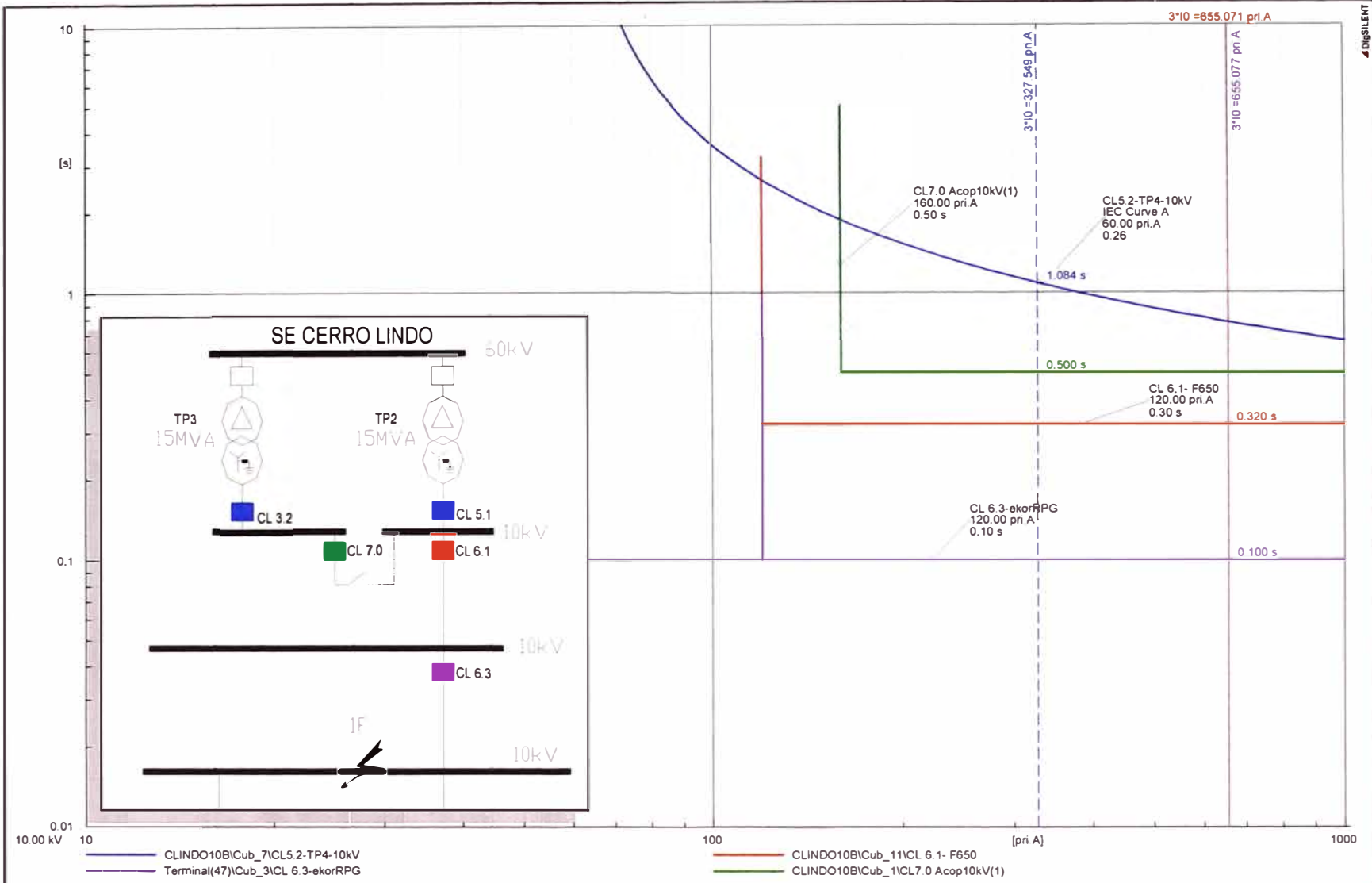
FALLA TRIFÁSICA EN LA BARRA DE 0.48 kV

CIRCUITO F92227-B6.2-GRÁFICA 3 DE 3

B6.2-(P)-3

Fecha: 18/07/2013

Anexo: III



4 DIGISILENT



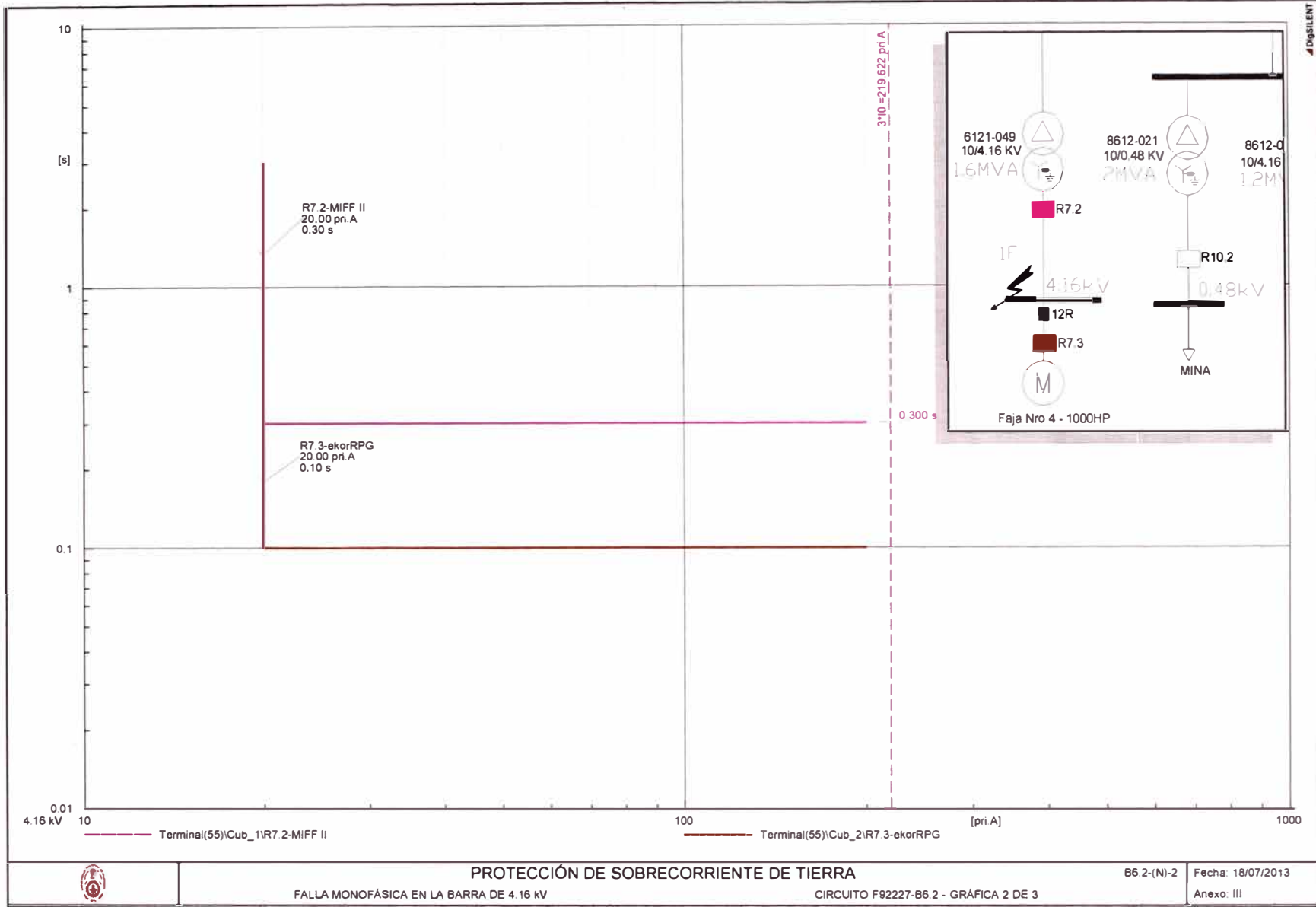
**PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE TIERRA**

FALLA MONOFÁSICA EN LA BARRA DE 10 kV

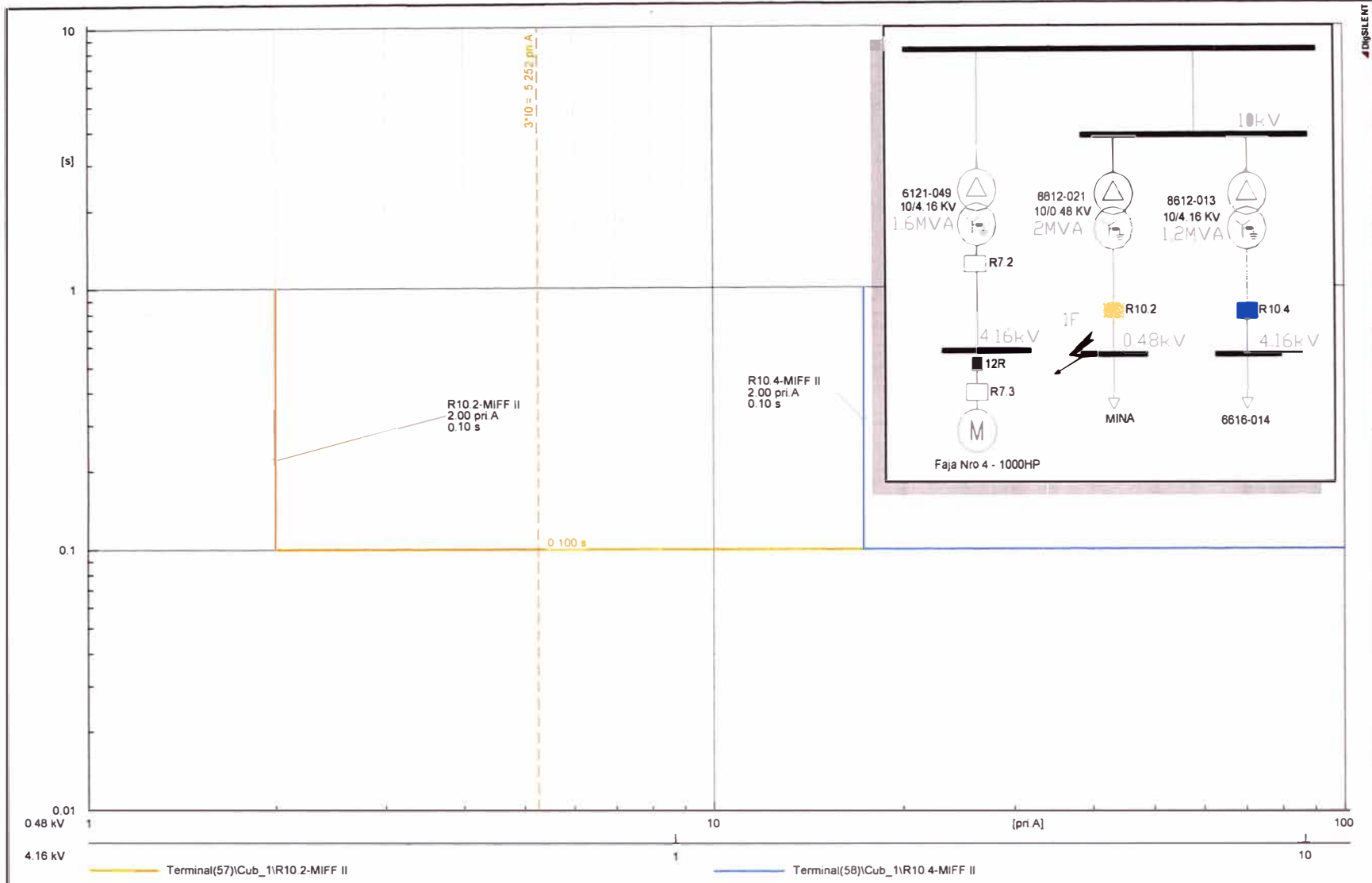
CIRCUITO F92227-B6.2 - GRÁFICA 1 DE 3

B6.2-(N)-1 Fecha: 18/07/2013

Anexo: III







**ANEXO IV**  
**PLANILLAS DE AJUSTES A IMPLEMENTAR.**

**CIRCUITO 6110 – 001 – A4 (CIRCUITO DE CHANCADO F – 92330)**



Relé : GE F650 – CL 4.3  
 Descripción : Alimentación al circuito de Chancado F-92330

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
CT Ph	600/5	600/5
Arranque 51P (I>)	360 A	3
Curva	IEC – VI Curva B	IEC – VI Curva B
Dial 51P	0,35	0,35
Arranque 50 P (I>>)	1900 A	15,8
Tiempo 50P (t>>)	0,2 s	0,2 s
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	600/5	600/5
Arranque 51P (I>)	60 A	0,5
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Dial 51P	0,3 s	0,3 s

Relé : Ormazabal ekorRPG – R4.31  
 Descripción : llegada a transformador 6121-050 de 2,5 MVA del circuito F-92331

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal ( Amp)	143	143
CT Ph	1000/1	1000/1
I>	200 A	1,4
Curva	IEC - VI	IEC - VI
K (TMS)	0,2	0,2
I>>	2000 A	10
t>>	0,05 s	0,05 s
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd		
I>	40 A	I <sub>g</sub> =40
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
TMS	0.10 s	0,10 s

Relé : MIF II – R4.31N (para la función de tierra 50N)  
 Descripción : Llegada a transformador 6121-050 de 2,5 MVA del circuito F-92331

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	200/5	200/5
I>	20 A	0,1
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,3 s	0,3 s

Relé : Ormazabal ekorRPG – R4.33  
 Descripción : llegada a transformador 6121-008 de 1,6 MVA

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
<b>Sobrecorriente de Fases</b>		
Corriente nominal ( A)	92	92
CT Ph	300/1	300/1
Arranque 51P I>	120 A	1,3
Curva	IEC – VI	IEC - VI
K ( DIAL)	0,3	0,3
Arranque 50P I>>	1555 A	13
t>>	0,05 s	0,05 s
<b>Sobrecorriente de Tierra</b>		
Corriente nominal ( A)		
CT Gnd		
Io>	40 A	Ig=40
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
TMS	0.30 s	0.30 s

Relé : MIF II – R4.33N ( para la función de tierra 50N)  
 Descripción : llegada al transformador 6121-008 de 1,6 MVA

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
<b>Sobrecorriente de Tierra</b>		
CT Gnd	10/5	10/5
Io>	2,0 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,3 s	0,3 s

Relé : Ormazabal ekorRPG – R4.34  
 Descripción : llegada al transformador 6121-030 de 3 MVA del circuito F-92272

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
<b>Sobrecorriente de Fases</b>		
Corriente nominal ( A)	173	173
CT Ph	1000/1	1000/1
I>	225 A	1,3
Curva	IEC - VI	IEC - VI
K ( TMS)	0,3	0,3
I>>	1800 A	8
t>>	0,10 s	0,10 s
<b>Sobrecorriente de Tierra</b>		
CT Gnd		
Io>	40 A	Ig=40
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
TMS	0.10 s	0,10 s

Relé : MIF II – R4.34N (para la función de tierra 50N)  
 Descripción : Llegada al transformador 6121-030 de 3 MVA del circuito F-92272

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	200/5	200/5
Io>	20 A	0,1
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,3 s	0,3 s

Relé : GE 469 – R4.35  
 Descripción : Motor – Chancadora secundaria Nro. 1 de 450 HP

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	50/5	50/5
Io>	10 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s

Relé : GE 469 – R4.36  
 Descripción : Motor – Chancadora secundaria Nro. 2 de 450 HP

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	50/5	50/5
Io>	10 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s

Relé : GE 469 – R4.37  
 Descripción : Motor – Chancadora terciaria Nro. 1 de 700 HP

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	50/5	50/5
Io>	10 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s

Relé : GE 469 – R4.38  
 Descripción : Motor – Chancadora terciaria Nro. 2 de 700 HP

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	50/5	50/5
$I_{o>}$	10 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s

Relé : Ormazabal ekorRPG – R6110-50A  
 Descripción : llegada a la S.E. 23A del circuito F-92335 – hacia tratamiento de agua.

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	138 A	138
Arranque 51P $I_{>}$	180 A	1,3
Curva	IEC – VI	IEC - VI
K (Dial)	0,2	0,2
Arranque 50P $I_{>>}$	4485 A	25
$t_{>>}$	0,05 s	0,05 s
Sobrecorriente de Tierra		
Corriente nominal (A)		
$I_{o>}$	40 A	$I_g=40$
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
TMS	0.10 s	0.10 s

Relé : Ormazabal ekorRPG – R6110-51  
 Descripción : llegada al TP 6121 – 051 de 1MVA – hacia tratamiento de agua.

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	138 A	138
Arranque 51P $I_{>}$	180 A	1,3
Curva	IEC – VI	IEC - VI
K (Dial)	0,2	0,2
Arranque 50P $I_{>>}$	4485 A	25
$t_{>>}$	0,05 s	0,05 s
Sobrecorriente de Tierra		
$I_{o>}$	40 A	$I_g=40$
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
TMS	0.10 s	0.10 s



Relé : MIFF II – R6110-051N

Descripción : llegada al TP 6121 – 051 de 1MVA – hacia tratamiento de agua.

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	10/5	10/5
$I_{0>}$	2,0 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s

Relé : Ormazabal ekorRPG – R6110-50B

Descripción : llegada al TP 6121 – 060 de 1MVA – hacia faja transportadora Nro. 5

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal ( A)	138 A	138
Arranque 51P $I_{>}$	193 A	1,4
Curva	IEC – VI	IEC - VI
K (Dial)	0,2	0,2
Arranque 50P $I_{>>}$	4444 A	23
$t_{>>}$	0,05 s	0,05 s
Sobrecorriente de Tierra		
$I_{0>}$	40 A	$I_g=40$
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
TMS	0.10 s	0.10 s

**CIRCUITO 6110 – 001 – A9 (TRATAMIENTO DE AGUA F – 92251)**

Relé : GE F650 – CL 4.8  
 Descripción : Alimentación al circuito 6110 – 001 – A9 - F92251

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
CT Ph	200/5	600/5
Arranque 51P (I>)	240 A	2
Curva	IEC – VI Curva B	IEC – VI Curva B
DIAL 51P	0,15	0,15
Arranque 50 P (I>>)	2000 A	16,6
Tiempo 50P (t>>)	0,2 s	0,2 s
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	200/5	600/5
Arranque 51P (I <sub>o</sub> >)	40 A	0,3
Curva	IEC - DT	IEC - DT
DIAL 51P	0,3 s	0,3 s

Relé : Ormazabal ekorRPG – R13A.1  
 Descripción : llegada al transformador 6121-011 de 1,2 MVA del circuito F-9252

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	70	70
CT Ph	1000/1	1000/1
I>	83 A	1,2
Curva	IEC - VI	IEC - VI
K (TMS)	0,2	0,2
I>>	1428 A	17
t>>	0,05 s	0,05 s
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd		
I <sub>o</sub> >	40 A	I <sub>g</sub> =40
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
TMS	0,1 s	0,10 s

Relé : MIF II – R14A.2 (para la función de tierra 50N)  
 Descripción : llegada al transformador 6121-011 de 1,2 MVA del circuito F-9252

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	10/5	10/5
$I_{0>}$	2,0 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s

Relé : Ormazabal ekorRPG – R23.1  
 Descripción : llegada al transformador 6121-053 de 2 MVA del circuito F-92352

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	115	115
CT Ph	1000/1	1000/1
$I_{>}$	138 A	1,2
Curva	IEC - VI	IEC - VI
K (TMS)	0,1	0,1
$I_{>>}$	1794 A	13
$t_{>>}$	0,05 s	0,05 s
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd		
$I_{0>}$	40 A	$I_g=40$
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
TMS	0,1 s	0,10 s

Relé : MIF II – R23.2 (para la función de tierra 50N)  
 Descripción : llegada al transformador 6121-053 de 2 MVA del circuito F-92352

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	10/5	10/5
$I_{0>}$	2,0 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s



Relé : Ormazabal ekorRPG – R23.3

Descripción : llegada al transformador 6121-028 de 2 MVA del circuito F-92353

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
<b>Sobrecorriente de Fases</b>		
Corriente nominal (A)	115	115
CT Ph	1000/1	1000/1
I>	138 A	1,2
Curva	<i>IEC – Extremely Inverse</i>	<i>IEC – Extremely Inverse</i>
K (TMS)	0,3	0,3
I>>	1794 A	13
t>>	0,05 s	0,05 s
<b>Sobrecorriente de Tierra</b>		
CT Gnd		
Io>	40 A	Ig=40
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
TMS	0,1 s	0,10 s

Relé : MIF II – R23.4 ( para la función de tierra 50N)

Descripción : llegada al transformador 6121-028 de 2 MVA del circuito F-92353

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
<b>Sobrecorriente de Tierra</b>		
CT Gnd	200/5	200/5
Io>	20 A	0,1
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,3 s	0,3 s

**CIRCUITO 6110 – 001 – B5 (MOLINO DE BOLAS F – 92231)**

Relé : GE F650 – CL 6.3  
 Descripción : Alimentación al circuito 6110 – 001 – B5 – F92231

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
<b>Sobrecorriente de Fases</b>		
CT Ph	600/5	600/5
Arranque 51P (I>)	280 A	2,33
Curva	IEC – VI Curva B	IEC – VI Curva B
DIAL 51P	0,6	0,6
Arranque 50 P (I>>)	1118 A	9,3
Tiempo 50P (t>>)	0,2 s	0,2 s
<b>Sobrecorriente de Tierra</b>		
CT Gnd	600/5	600/5
Arranque 51P (I <sub>o</sub> >)	40 A	0,33
Curva	IEC - DT	IEC - DT
DIAL 51P	0,3 s	0,3 s

Relé : Ormazabal ekorRPG – R21A.1  
 Descripción : llegada al transformador 6120-003 de 5 MVA del circuito F-92232

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
<b>Sobrecorriente de Fases</b>		
Corriente nominal (A)	233	233
CT Ph	1000/1	1000/1
I>	280 A	1,2
Curva IEC	<i>Very Inverse</i>	<i>Very Inverse</i>
K (TMS)	0,6	0,6
I>>	1118 A	4
t>>	0.2 s	0.2 s
<b>Sobrecorriente de Tierra</b>		
Corriente nominal (A)		
I <sub>o</sub> >	40 A	I <sub>n</sub> = 40A
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
TMS	0,1 s	0,1 s

**AJUSTES DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE (50P/51P Y 50N/51N) DE  
RESPALDO PARA EL TRANSFORMADOR DE 5MVA (6120-003)  
DE LLEGADA AL MOLINO METSO**

Relé : GE T60 – R21A.2

Descripción : Alimentación al motor - Molino Metso de 4000 HP

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
<b>Sobrecorriente de Fases 10 kV</b>		
CT Ph	400/5	400/5
51P (I>)	280 A	0,7
Curva (Dial)	<i>ANSI</i> <i>Very Inverse</i>	<i>ANSI</i> <i>Very Inverse</i>
50P (I>>)	1118	2,795
t>>	0.2 s	0.2 s
<b>Sobrecorriente de Tierra 10 kV</b>		
CT Gnd	400/5	400/5
51N (Io>)	40 A	0,1
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
Dial	0.10 s	0,10 s

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
<b>Sobrecorriente de Fases 4,16 kV</b>		
CT Ph	950/5	950/5
51P (I>)	673 A	0,708
Curva (Dial)	<i>ANSI</i> <i>Very Inverse</i>	<i>ANSI</i> <i>Very Inverse</i>
50P (I>>)	2680	2,82
t>>	0.2 s	0.2 s
<b>Sobrecorriente de Tierra 4,16 kV</b>		
CT Gnd	200/5	200/5
51N (Io>)	20 A	0,1
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
Dial	0.10 s	0,10 s



## AJUSTE DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL GE T60 PARA EL TRANSFORMADOR 6120-003

<i>Ac Input Setting</i>	CT F1	TC M1
<i>Phase CT Primary</i>	400	950
<i>Phase CT Secondary</i>	5	5

<i>Winding 1 Settings</i>	<i>Value</i>
<i>Source</i>	SCR 1
<i>Rated MVA</i>	5
<i>Nom Ph-Ph Voltage</i>	10 kV
<i>Connection</i>	<i>Delta</i>
<i>Grounding</i>	<i>Not whitin zone</i>
<i>Angle WRT</i>	0°

<i>Winding 2 Settings</i>	<i>Value</i>
<i>Source</i>	SCR 2
<i>Rated MVA</i>	5
<i>Nom Ph-Ph Voltage</i>	4,16 kV
<i>Connection</i>	Estrella
<i>Grounding</i>	<i>Whitin zonew</i>
<i>Angle WRT</i>	-150

<i>Percent Diff</i>	<i>Value</i>
<i>Minimum PKP</i>	0,25 pu
<i>Slope 1</i>	25%
<i>Breakpoint 1</i>	2 pu
<i>Breakpoint 2</i>	8 pu
<i>Slope 2</i>	95%

### Bloqueo por 2do Y 5to armónico

Bloqueo por segundo armónico: 20% fo  
 Bloqueo por quinto armónico: 10% fo

Relé : GE 469 – R21A.3

Descripción : Molino Metso de 4000 HP (Ajustes de motor)

SR469 - AJUSTES PROPUESTOS	
MOLINO METSO DE 4000 HP	
<i>Current Sensing</i>	
<i>Phase CT Primary</i>	800 A
<i>Motor Full Load Amps</i>	505 A
<i>Ground CT Type</i>	5 A Secondary
<i>Ground CT Primary</i>	50 A
<i>Phase Differential CT Type</i>	None
<i>Voltage Sensing</i>	
<i>Voltage Transformer Connection Type Open Delta</i>	Open Delta
<i>Voltage Transformer Ratio</i>	35.00 :1
<i>Motor Nameplate Voltage</i>	4160 V
<i>Protection Thermal Model 469</i>	
<i>Curve Style</i>	Estándar
<i>Overload Pickup Level</i>	1,1 FLA
<i>Unbalance k Factor</i>	26
<i>Cool Time Constant Running</i>	120 min
<i>Cool Time Constant Stopped</i>	240 min
<i>Hot/Cold Safe Stall Ratio</i>	0.33
<i>RTD Biasing</i>	No
<i>RTD Bias Minimum</i>	40 °C
<i>RTD Bias Center Point</i>	130 °C
<i>RTD Bias Maximum</i>	155 °C
<i>Thermal Capacity Alarm</i>	Latched
<i>Thermal Capacity Alarm Relays</i>	Alarm
<i>Thermal Capacity Alarm Level</i>	85% used
<i>Thermal Capacity Alarm Events</i>	On
<i>Overload Trip Relays</i>	Trip
<i>Overload Curve</i>	
<i>Estándar Overload Curve Number</i>	1
<i>Current Elements Short Circuit Trip</i>	
<i>Short Circuit Trip</i>	OFF
<i>Short Circuit Trip Relays</i>	Trip
<i>Short Circuit Trip Pickup</i>	12 CT
<i>Intentional Short Circuit Trip Delay</i>	50 ms
<i>Overload Alarm</i>	
<i>Overload Alarm</i>	Latched
<i>Overload Alarm Relays</i>	Alarm
<i>Overload Alarm Events</i>	On
<i>Overload Alarm Delay</i>	0,1 s
<i>Mechanical Jam</i>	
<i>Mechanical Jam Trip</i>	Latched
<i>Mechanical Jam Trip Relays</i>	Trip
<i>Mechanical Jam Pickup</i>	2,00 x FLA
<i>Mechanical Jam Delay</i>	4,0 s
<i>Undercurrent</i>	
<i>Block Undercurrent from Start</i>	OFF

<i>Current Unbalance</i>	
<i>Current Unbalance Alarm</i>	<i>Unlatched</i>
<i>Current Unbalance Alarm Relays</i>	<i>Alarm</i>
<i>Current Unbalance Alarm Pickup</i>	<i>15%</i>
<i>Current Unbalance Alarm Delay</i>	<i>10 s</i>
<i>Current Unbalance Alarm Events</i>	<i>On</i>
<i>Current Unbalance Trip</i>	<i>Latched</i>
<i>Current Unbalance Trip Relays</i>	<i>Trip</i>
<i>Current Unbalance Trip Pickup</i>	<i>20%</i>
<i>Current Unbalance Trip Delay</i>	<i>5 s</i>
<i>Ground Fault</i>	
<i>Ground Fault Alarm</i>	<i>Latched</i>
<i>Ground Fault Alarm Relays</i>	<i>Alarm</i>
<i>Ground Fault Alarm Pickup</i>	<i>50A</i>
<i>Intentional GF Alarm Delay</i>	<i>100 ms</i>
<i>Ground Fault Alarm Events</i>	<i>On</i>
<i>Ground Fault Trip</i>	<i>Latched</i>
<i>Ground Fault Trip Relays</i>	<i>Trip</i>
<i>Ground Fault Trip Pickup</i>	<i>10A</i>
<i>Intentional GF Trip Delay</i>	<i>100 ms</i>
<i>Motor Starting Acceleration Timer</i>	
<i>Acceleration Timer Trip</i>	<i>Latched</i>
<i>Acceleration Timer Trip Relays</i>	<i>Trip</i>
<i>Acceleration Timer from Start</i>	<i>35 s</i>
<i>Start Inhibit</i>	
<i>Start Inhibit Block</i>	<i>On</i>
<i>Thermal Capacity Used Margin</i>	<i>25%</i>
<i>Jogging Block</i>	
<i>Jogging Block</i>	<i>On</i>
<i>Maximum Starts/Hour Permissible</i>	<i>2</i>
<i>Time Between Starts</i>	<i>15min</i>
<i>Restart Block</i>	
<i>Restart Block</i>	<i>On</i>
<i>Restart Block Time</i>	<i>120 s</i>
<i>Voltage Elements Undervoltage</i>	
<i>Undervoltage Active Only If Bus Energized</i>	<i>On</i>
<i>Undervoltage Alarm</i>	<i>Unlatched</i>
<i>Undervoltage Alarm Relays</i>	<i>Alarm</i>
<i>Undervoltage Alarm Pickup</i>	<i>0,90 Rated</i>
<i>Starting Undervoltage Alarm Pickup</i>	<i>0,00 Rated</i>
<i>Undervoltage Alarm Delay</i>	<i>3 s</i>
<i>Undervoltage Alarm Events</i>	<i>On</i>
<i>Undervoltage Trip</i>	<i>Latched</i>
<i>Undervoltage Trip Mode</i>	<i>3-Phase</i>
<i>Undervoltage Trip Relays</i>	<i>Trip</i>
<i>Undervoltage Trip Pickup</i>	<i>0,85 Rated</i>
<i>Starting Undervoltage Trip Pickup</i>	<i>0,80 Rated</i>
<i>Undervoltage Trip Delay</i>	<i>5,0 s</i>

<i>Voltage Elements Overvoltage</i>	
<i>Overvoltage Alarm</i>	<i>Unlatched</i>
<i>Overvoltage Relays</i>	<i>Alarm</i>
<i>Overvoltage Alarm Pickup</i>	<i>1,05 Rated</i>
<i>Overvoltage Alarm Delay</i>	<i>3 s</i>
<i>Overvoltage Alarm Events</i>	<i>On</i>
<i>Overvoltage Trip</i>	<i>Latched</i>
<i>Overvoltage Trip Relays</i>	<i>Trip</i>
<i>Overvoltage Trip Pickup</i>	<i>1,10 Rated</i>
<i>Overvoltage Trip Delay</i>	<i>3,0 s</i>
<i>Phase Reversal</i>	
<i>Voltage Phase Reversal Trip</i>	<i>Latched</i>
<i>Voltage Phase Reversal Trip Relays</i>	<i>Trip</i>



**CIRCUITO 6110 – 001 – B6 (RELLENO Y BOMBA DE PASTA F – 92227)**

Relé : GE F650 – CL 6.1  
 Descripción : Alimentación al circuito F-9227

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
CT Ph	600/5	600/5
Arranque 51P (I>)	720 A	6
Curva	IEC - VI	IEC - VI
DIAL 51P	0,1	0,1
Arranque 50 P (I>>)	2050 A	17
Tiempo 50P (t>>)	0,2 s	0,2 s
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	600/5	600/5
Arranque 51P (Io>)	120 A	1,0
Curva	IEC - DT	IEC - DT
DIAL 51P	0,3 s	0,3 s

Relé : Ormazabal ekorRPG – CL 6.2  
 Descripción : Alimentación al circuito F-9227-B

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	307	307
CT Ph	1000/1	1000/1
Arranque 51P (I>)	400 A	1,3
Curva	IEC – VI	IEC - VI
K (DIAL)	0,2	0,2
Arranque 50P (I>>)	1950 A	5
t>>	0.05 s	0.05 s
Sobrecorriente de Tierra		
Arranque 51P (Io>)	120 A	120
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
DIAL ó tiempo	0.10 s	0.10 s

CIRCUITO F92292 – S.E. 09 - TP 3MVA – 6121 – 031

Relé : Ormazabal ekorRPG – R9.1  
 Descripción : Alimentación al circuito F-92292 – S.E. 09

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	173	173
CT Ph	300/1	300/1
Arranque 51P (I>)	207 A	1,2
Curva IEC	Very Inverse	Very Inverse
K (DIAL)	0,2	0,2
Arranque 50P (I>>)	1868 A	9
t>>	0,05 s	0,05 s

Relé : MIFF II – R9.2  
 Descripción : Alimentación al circuito F-92292 - S.E.09

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	200/5	200/5
I <sub>o</sub> >	20 A	0,1
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,11 s	0,11 s

### CIRCUITO F8205 – S.E. 09 – TRANSFORMADOR 6121-016 DE 1,2 MVA

Relé : Ormazabal ekorRPG – R9.3  
 Descripción : Alimentación al circuito F-8205 – S.E. 09

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	70	70
CT Ph	300/1	300/1
Arranque 51P (I>)	90 A	1,3
Curva IEC	<i>Normal Inverse</i>	<i>Normal Inverse</i>
K (DIAL)	0,06	0,06
Arranque 50P (I>>)	1456 A	16
t>>	0.05 s	0.05 s

### CIRCUITO F92295 – S.E. 22 – TRANSFORMADOR 6121-032 DE 2 MVA

Relé : Ormazabal ekorRPG – R22.1  
 Descripción : Alimentación al circuito F-92295

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	115,4	115,4
CT Ph	1000/1	1000/1
Arranque 51P (I>)	150 A	1,3
Curva IEC	<i>Normal Inverse</i>	<i>Normal Inverse</i>
K (DIAL)	0,1	0,1
Arranque 50P (I>>)	1495 A	10
t>>	0,05 s	0,05 s

Relé : MIFF II – R22.2  
 Descripción : Alimentación al circuito F-92295

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	10/5	10/5
$I_{o>}$	2 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s

### CIRCUITO F92296 – S.E. 22 – TRANSFORMADOR 6121-033 DE 3 MVA

Relé : Ormazabal ekorRPG – R22.3  
 Descripción : Alimentación al circuito F-92296

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	173	173
CT Ph	300/1	300/1
Arranque 51P ( $I_{>}$ )	207 A	1,2
Curva IEC	<i>Very Inverse</i>	<i>Very Inverse</i>
K (DIAL)	0,2	0,2
Arranque 50P ( $I_{>>}$ )	1868 A	9
$t_{>>}$	0.05 s	0.05 s

Relé : MIFF II – R22.4  
 Descripción : Alimentación al circuito F-92296

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	200/5	200/5
$I_{o>}$	20 A	0,1
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s



## CIRCUITO – F 92227A - LADO DEL INTERRUPTOR CON TAG 6110-041

Relé : Ormazabal ekorRPG – CL 6.3  
 Descripción : Alimentación al circuito F-92227A

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	250	250
CT Ph	1000/1	1000/1
Arranque 51P (I>)	300 A	1,2
Curva IEC	<i>Very Inverse</i>	<i>Very Inverse</i>
K (DIAL)	0,2	0,2
Arranque 50P (I>>)	1800 A	6
t>>	0,05 s	0,05 s
Sobrecorriente de Tierra		
Arranque 51P (Io>)	120 A	120
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
DIAL ó tiempo	0,10 s	0,10 s

## ALIMENTACIÓN AL CIRCUITO – S.E. N° 7 FAJA N° 4 – F20331

Relé : Ormazabal ekorRPG – R7.1  
 Descripción : Alimentación al transformador 6121–049 de 1,6 MVA

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	92	92
CT Ph	300/1	300/1
Arranque 51P (I>)	120 A	1,3
Curva IEC	<i>Extremely Inv.</i>	<i>Extremely Inv.</i>
K (DIAL)	0,5	0,5
Arranque 50P (I>>)	1435 A	12
t>>	0.05 s	0,05 s

Relé : MIFF II – R7.2  
 Descripción : Alimentación al transformador de 1,6 MVA.

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	200/5	200/5
Io>	20 A	0,1
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,3 s	0,3 s

Relé : ekorRPG – R7.3  
 Descripción : Alimentación al motor de 1000 HP - faja N°4.

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	131	131
CT Ph	1000/1	1000/1
Arranque 51P (I>)	170 A	1,3
Curva IEC	<i>Extremely Inverse</i>	<i>Extremely Inverse</i>
K (DIAL)	1,6	1,6
Arranque 50P (I>>)	2550 A	15
t>>	0.05 s	0.05 s
Sobrecorriente de Tierra		
Arranque 51P (I<>)	20 A	20
Curva	Tiempo definido	Tiempo definido
DIAL ó tiempo	0.10 s	0.10 s

#### CIRCUITO F92227A – S.E. 10 MINA

Relé : Ormazabal ekorRPG – R10.1  
 Descripción : Alimentación S.E. 10 – Mina TP de 2 MVA.

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	115	115
CT Ph	300/1	300/1
Arranque 51P (I>)	150 A	1,3
Curva IEC	<i>Normal Inverse</i>	<i>Normal Inverse</i>
K (DIAL)	0,05	0,05
Arranque 50P (I>>)	1495 A	10
t>>	0,05 s	0,05 s

Relé : MIFF II – R10.2  
 Descripción : Alimentación S.E. 10 – Transformador de 2 MVA.

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	10/5	10/5
I<>	2 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s

## CIRCUITO F92227A – F 1022 - TAG 8610 - 021

Relé : Ormazabal ekorRPG – R10.3

Descripción : Alimentación S.E. 10 – Transformador 8612-013 de 1,2 MVA.

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Fases		
Corriente nominal (A)	70	70
CT Ph	300/1	300/1
Arranque 51P (I>)	90 A	1,3
Curva IEC	<i>Normal Inverse</i>	<i>Normal Inverse</i>
K (DIAL)	0,06	0,06
Arranque 50P (I>>)	1365 A	15
t>>	0,05 s	0,05 s

Relé : MIFF II – R10.4

Descripción : Alimentación S.E. 10 – Transformador de 2 MVA.

Parámetro	Ajuste Primario	Ajuste Equipo
Sobrecorriente de Tierra		
CT Gnd	10/5	10/5
I <sub>o</sub> >	2 A	0,2
Curva	IEC - DT	IEC - DT
Tiempo de actuación	0,1 s	0,1 s

**ANEXO V**  
**DATOS TÉCNICOS**



**DATOS DE PLACA DEL MOTOR DEL MOLINO METSO DE 4000HP  
CIRCUITO 6110 – 001 – B5 (MOLINO DE BOLAS F-92231)**

<b>ABB S.p.A.</b> MV Induction Machines		CLASSIFYING CODE OR DOCUMENT TYPE <b>PERFORMANCE DATA OF MOTOR</b>			<b>ABB</b>	
Department/Author <b>D. Pedron</b>	Date of issue <b>21/07/08</b>	Lang. <b>En</b>	Rev. date	Our ref. <b>8708100716.02</b>		
Customer ref. <b>ABB USA</b>		Saving Ident		Rev./Changed by	Pages <b>1/6</b>	

**Driven Motor:**

Motor type code	<b>AML 630L6A BAM</b>			
Motor type	<b>Slip ring motor</b>			
Mounting designation	<b>IM 1001</b>			
Protected by enclosure	<b>IP 55</b>			
Method of cooling	<b>IC 611</b>			
Insulation	<b>Class F</b>			
Standards	<b>IEC</b>			
Ambient temperature, max.	<b>40 °C</b>			
Altitude, max.	<b>4600 m.a.s.l.</b>			
Duty type	<b>S1</b>			
Temp. rise	<b>Class B</b>			
Connection of stator winding	<b>Star</b>			
Rated output	<b>2985 kW</b>			
Voltage	<b>4160 V ±10 %</b>			
Frequency	<b>60 Hz</b>			
Speed	<b>1193 rpm</b>			
Current	<b>505 A</b>			
Rotor Voltage	<b>1602 V</b>			
Rotor Current	<b>1129 A</b>			
Connection of rotor winding	<b>Delta</b>			
Rotor resistance/phase	<b>0.0096 Ω</b>			
Relat. maximum torque	<b>2.8</b>			
No load current	<b>149 A</b>			
Rated torque	<b>23892 Nm</b>			
Load characteristics	Load %	Current A	Efficiency %	Power Factor
	100	505	96.2	0.85
	75	395	95.9	0.82
	50	294	94.8	0.75
Direction of rotation seen from DE	<b>Uni-directional</b>			
Sound pressure level: (sinus supply, no load)	<b>94 dB(A), tol. + 3 dB(A), 1 m</b>			
Weight of rotor	<b>4390 kg</b>			
Total weight of motor	<b>14100 kg</b>			
Inertia rotor	<b>Approx. 345 kgm<sup>2</sup></b>			
Bearings	<b>Antifriction</b>			
Maximum stalling time	<b>3.0 / 1.0 s (cold/warm)</b>			
Number of consec. starts	<b>3 / 2 (cold/warm)</b>			
Warm-up time constant	<b>80 min</b>			
Cool-down time constant	<b>240 min</b>			

This performance data is final and the motor will be manufactured accordingly. All motor data is subject to tolerances in accordance with IEC.

**ABB S.p.A.**


MV Induction  
Machines

Visiting Address  
Viale dell'Industria, 18  
Vittuone  
Italy

Postal Address  
Viale dell'Industria, 18  
20010 Vittuone  
Italy

Telephone  
+39 02 9034 1

Telefax  
+39 02 9034 7272

<b>ABB S.p.A.</b> <b>MV Induction Machines</b>		Classifying code or document type <b>PERFORMANCE DATA OF MOTOR</b>				
Department/Author <b>D. Pedron</b>	Date of issue <b>21/07/08</b>	Lang. <b>En</b>	Rev. date	Our ref. <b>8708100716.02</b>		
Customer ref. <b>ABB USA</b>			Saving ident.	Rev./Changed by	Page <b>2/6</b>	

Motor type code: AML 630L6A BAM

Rated output	2985 kW	Power Factor	0.85
Voltage	4160 V $\pm 10\%$	Rated torque	23892 Nm
Frequency	60 Hz	Relat. maximum torque	2.8
Speed	1193 rpm		
Current	505 A		

Comments:

- Number of consecutive starts, 3 from cold / 2 from hot, shall be verified in accordance with rheostat supplier.
- This type of motor is not suitable for DOL starting without rheostat, nor for re-starting after short voltage breakdown; moreover the maximum permissible voltage drop during running at full load must be limited.
- This motor has a quantity and grade of brushes fitted based upon the nameplate rating of the motor. In the event that this motor is run at a reduced rating there exists a possibility of damage to the brushgear, excessive brush wear and carbon dust build-up caused by over-brushing and/or incorrect selection of brush grade.

MV Induction  
Machines

Visiting Address  
Viale dell'Industria, 18  
Vittuone  
Italy

**ABB S.p.A.**

Postal Address  
Viale dell'Industria, 18  
20010 Vittuone  
Italy

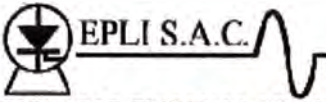
Telephone  
+39 02 9034 1

Telefax  
+39 02 9034 7272

**DATOS DE PLACA DEL TRANSFORMADOR TP 6120-003 DE 5MVA  
CIRCUITO 6110 – 001 – B5 (MOLINO DE BOLAS F-92231)**



MODULO METRO



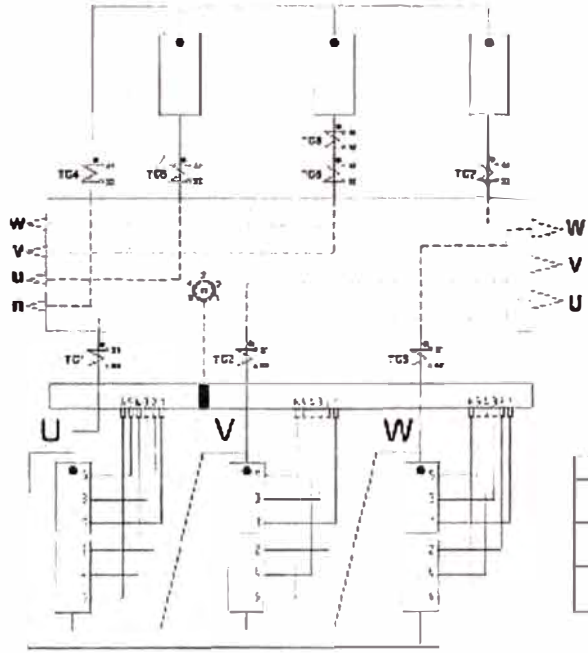
**EPLI S.A.C.**

**TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA**

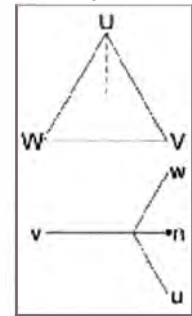
TAG	05-020-0120-020	FRECUENCIA	60 Hz	REGULACION												
SERIE	TR2010-02014-01	T.C.C.	7.32 %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>POS</th> <th>VOLTIOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>10500</td></tr> <tr><td>2</td><td>10250</td></tr> <tr><td>3</td><td>10000</td></tr> <tr><td>4</td><td>9750</td></tr> <tr><td>5</td><td>9500</td></tr> </tbody> </table>	POS	VOLTIOS	1	10500	2	10250	3	10000	4	9750	5	9500
POS	VOLTIOS															
1	10500															
2	10250															
3	10000															
4	9750															
5	9500															
TIPO	1F3J0	ENFRIAMIENTO	ONAN													
FASES	3	AISLAMIENTO	A0													
KVA	5000															
T.PRIM.	10000 V	<b>NIVEL DE AISLAMIENTO</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>BIL. EXT.</th> <th>AT/BT</th> <th>125/75</th> <th>KV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A.T.</td> <td>12/28/95</td> <td></td> <td>KV</td> </tr> <tr> <td>B.T.</td> <td>7.2/20/60</td> <td></td> <td>KV</td> </tr> </tbody> </table>			BIL. EXT.	AT/BT	125/75	KV	A.T.	12/28/95		KV	B.T.	7.2/20/60		KV
BIL. EXT.	AT/BT				125/75	KV										
A.T.	12/28/95		KV													
B.T.	7.2/20/60		KV													
T.SECU.	4160 V															
C.PRIM.	266.66 A	<b>PARTE ACT.</b> 5453 Kg <b>PESO ACEITE</b> 2694 Kg <b>PESO TOTAL</b> 13096 Kg <b>AÑO FABRICAC.</b> 14/07/10 <b>ACEITE</b> VYNAS NYTRO LIBRA														
C.SECU.	693.93 A															
ALTITUD	2200 msnm	<b>Δ T. SUP. ACEITE</b> 60 °C <b>Δ T. MEDIA Cu.</b> 65 °C <b>T. MAX AMBIENTE</b> 40 °C														
G.CONEX	Dyn5															
NORMA	CB-60075															

**MANUAL DE USUARIO: SGE - M - TR - 001**

JR. TARAPOTO 1167-BREÑA-LIMA-PERU (ALT. CDRA. 11 AV. TINGO MARIA)  
 TELFS.: 3301886 - 3302362 - 4338814 FAX:(51-1)4248829  
 JR. LUIS CARRANZA 2295-CERCADO-LIMA (ALT. CDRA 23 AV. COLONIAL)  
 TELFS.: 331-6685 FAX:(51-1)316-7350 www.epli.com.pe



**Dyn5**



LEYENDA			
TC1 TC2 TC3	15VA, 40VA CL. 5P2C	PROTECCION PRIM	
TC4 TC5 TC6 TC7	15VA, 60VA CL. 5P2C	PROTECCION SECUNDO	
TC8	15VA, 60VA CL. 3	MEDIDA R.IT	

**NOTA: 01 UNIDAD CON PLACA DE CONMUTADOR**

**CLIENTE:** CIA. MINERA MILPO S.A.

**SERIE:** TR-2010-02014

**NOVA:** 1da1

**OP:** 2304-8454

**RESERVA:** TR20 50VA 1000VA160V Dyn5SGE-M-TR 220mmmm. FORMATO DE PLACA

**COPIAS:** SGEF-DD-020





**VERSIÓN:** 03

**LISTA DE REVISIONES**

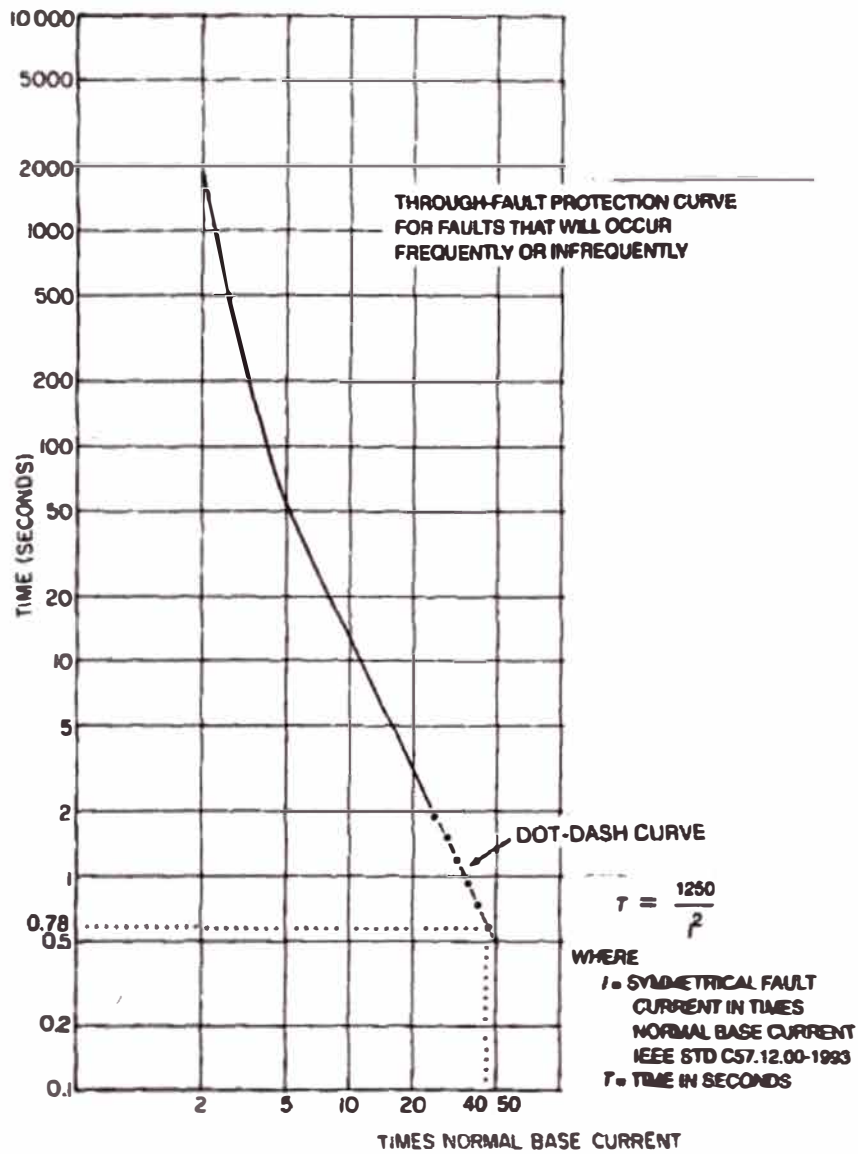
N°	FECHA	DESCRIPCION
1	14-07-10	
2	14-07-10	
3	14-07-10	
4	14-07-10	
5	14-07-10	

**EPLI S.A.C.**

TRANSFORMADORES TRIFASICOS DE POTENCIA  
 6° AV. TINGO MARIA 1167 BREÑA LIMA PERU TEL: 3301886 FAX: 4338814  
 JR. LUIS CARRANZA 2295 CERCADO LIMA PERU TEL: 3316685 FAX: 4338814

 <b>EPLI S.A.C.</b>				SALA DE PRUEBAS SGE N° 3°-002 Versión 1			
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO EN ACEITE			CLIENTE:	COMPAÑIA MINERA MELPO S.A.A.			
MARCA:	EPLI S.A.C.	KVA:	9000	FASES:	J		
TPU:	1033	V:	1000	FRECUENCIA:	60		
N° SERIE:	TR2C-0.02014 C	A:	4160	CONEXIÓN:	DMG		
VOLTAJE:	2010		252.95	REFRIGERACIÓN:	ONAN		
NORMA:	CEI-80078		928.93	T.C.C.:	7.33 %		
ALTO VOLTAJE:	2200 v en 4 u m	ALTO VOLTAJE:	17126.195 v	BUS. BT:	17126.195 KV		
<b>MEDIDA DE LA RELACION DE TRANSFORMACION</b>							
Pos. U <sub>1</sub> (v)	U <sub>1</sub> (v)	U <sub>2</sub> (v)	K=U <sub>1</sub> /U <sub>2</sub>	U <sub>1</sub> (V)	U <sub>2</sub> (V)	ERRORES RELACION %	
1	10500	4160	4.3710	4.375	4.3753	0.0124	
2	10200	4160	4.2777	4.2826	4.2823	0.1191	
3	10000	4160	4.1438	4.1629	4.1635	0.0129	
4	9750	4160	4.0385	4.0623	4.0627	0.0740	
5	9500	4160	3.9951	3.9988	3.9991	0.0098	
<b>PRUEBA DE VACIO</b>							
LECTURAS			LECTURA DE VARIOMETRO			PERDIDAS W/6000s	
TENSION (V)	U - V	V - W	W - U	TENSION PROMEDIO K-			
6000	4404.348	4327.74	4025.739	4150.936	41	42	
6000	11	1 v	1 w	1 p	1 q	1 r	
6000	1.7616	1.7605	1.6578	1.67	0.24		
<b>PRUEBA DE CORTO CIRCUITO</b>							
Tension (V)	Intensidad (A)		POTENCIA DE VAJIMIENTO (W)		PERDIDA DE CORTO CIRCUITO (W)		
K	43144	1.49144	K= 2.22440		K1= 1.2244		
LeC.	Vol	LeC.	AmD	W1	W2	WT	
1							
2							
3	420.00	720.85	109.56	285.88	420.00	14124.0	
4							
5							
<b>PRUEBA DE AISLAMIENTO</b>							
Aplicación:	LECTURA (MΩ)	VOLTAJE	Aplicación:	TENSION DE PRUEBA	RESULTADO		
A1 - M204	8000	5000	A1 - B1 y 600	20	KV/60seg BIEN		
B1 - M204	9000	2500	BT - AT y Tierra	20	KV/60seg BIEN		
A1 - BT	25000	5000	TRANSF. PATRON PARA PRUEBA (RELACION 0.2217000)				
<b>CALCULO DE PERDIDAS EN LOS DEVANADOS</b>							
Tem. Amb 20.4 °C							
RESIST	ALTA	7.84A	R FASE	I FASE	WATT	WATT 70°C	
Rc	0.2415	0.018548	ALTA T	0.1802	-36.87	155.8600	
			BAJA T	0.08279	8.02.93	1.958.01508	
PERDIDA RESISTENCIA DEVANADOS (T.M.B. Y T. 75 °C)					2747.61105	30000.05305	4.477.21248
DIFERENCIA DE PERDIDAS (T.M.B. Y T. 75 °C)					5245.79	9254.80	11.244.01248
PERDIDA TOTAL CALCULADA PARA TEMPERA 75 °C					3959.66	3959.66	R=0.1134 R=0.01665
<b>PRUEBA DE TENSION INDUCIDA</b>							
TENSION	INTENSIDAD (A)			INDICACION	TIEMPO	RESULTADO	
2000	1.2327	1.0342	1.349	120	60	BIEN	
<b>PERDIDAS</b>							
	Perd en Fa	Perd en T <sub>2</sub>	Perd en T <sub>1</sub>	T.C.C.	8.- PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA		
OBTENIDAS	4985.22	28528.95	40346.87	7.22	NORMA	N° PRUEBAS	
					AS-2-B1E	5	
					RIGID. DIELEC. = 60 KV/2m		
					TIPO DE APLIC. = NYNAS - NYTRO LUMINA		
					LECT N°: 100 T105 24 TOS 24 Dk-05		
<b>OBSERVACIONES</b>							
<b>INSTRUMENTOS DE LABORATORIO</b>							
1.- PATRIMONIO DE LA EMPRESA ASERVO MODELO 8000 2.- MEDIDOR METRO ELECTRONICO DE ALTA TENSION MARCA METAFERAS NI 100V 3.- MEDIDOR DE RIGIDEZ DIELECTRICA MARCA PI FAIX MUXY NI 100V 4.- MEDIDOR MULTICANAL DE RESISTENCIA MARCA CANNING - NI							
INSPECCION	Tec: Milton Orozco P.	APROBADO	7/19/11	APROBADO	Ing. David Ramirez		
EMPRESA	EPLI S.A.C.	EMPRESA		EMPRESA	COMPAÑIA MINERA MELPO S.A.A.		
EMPRESA	24417.21110	EMPRESA		EMPRESA	COMPAÑIA MINERA MELPO S.A.A.		
APROBADO EN EMPRESA		APROBADO EN EMPRESA		APROBADO EN EMPRESA			
EMPRESA		EMPRESA		EMPRESA			

**CURVAS DE DAÑO TÉRMICO DE TRANSFORMADORES**  
**(IEEE Std C57.109 – 1993)**



**Figura 3.1** Categoría I - Transformadores

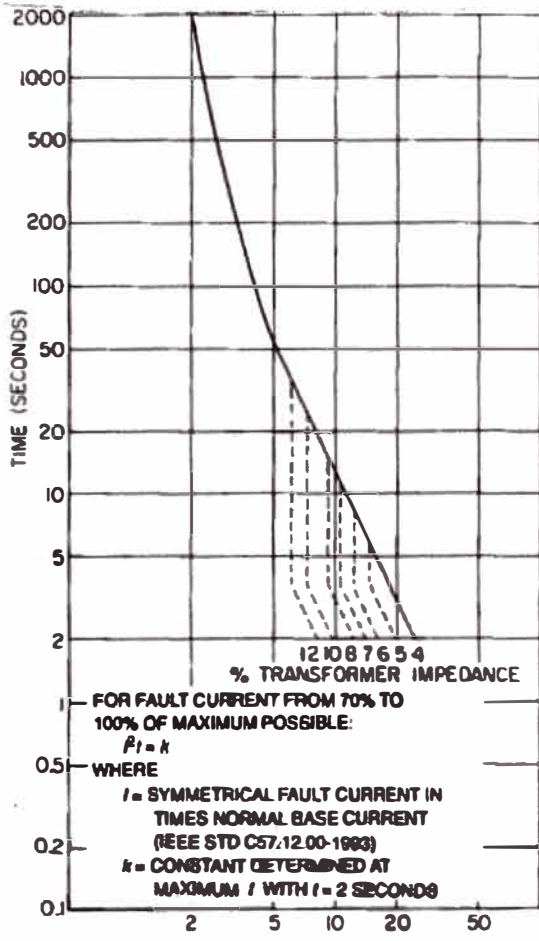
5kVA a 500kVA monofásicos

15kVA a 500kVA trifásicos

(IEEE Guide for Liquid Immersed Transformer Through Fault Current Duration.  
ANSI/IEEE C57.109 – 1993)

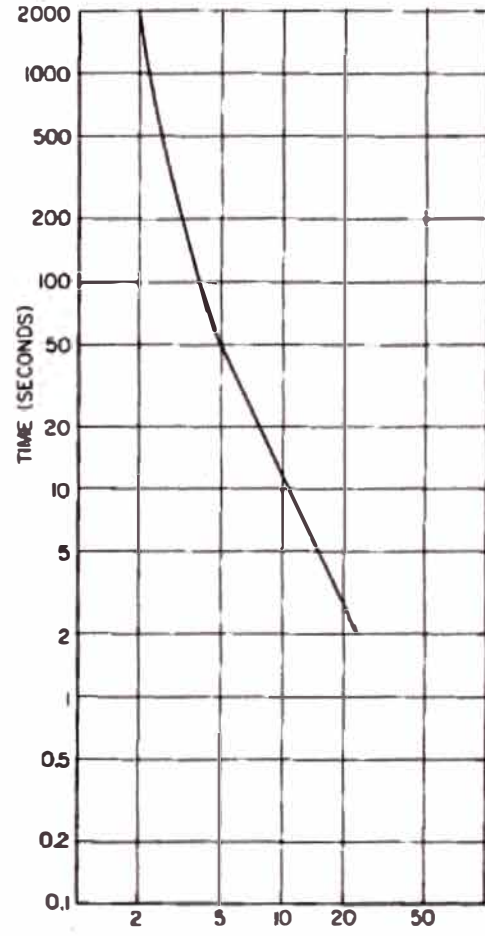


THROUGH-FAULT PROTECTION CURVE FOR FAULTS THAT WILL OCCUR FREQUENTLY (TYPICALLY MORE THAN TEN IN A TRANSFORMER'S LIFETIME) (SEE 4.2.1)



TIMES NORMAL BASE CURRENT (2a)

THROUGH-FAULT PROTECTION CURVE FOR FAULTS THAT WILL OCCUR INFREQUENTLY (TYPICALLY NOT MORE THAN TEN IN A TRANSFORMER'S LIFETIME)\* (SEE 4.2.2)



TIMES NORMAL BASE CURRENT (2b)

\*This curve may also be used for backup protection where the transformer is exposed to frequent faults normally cleared by high-speed relaying.

NOTES

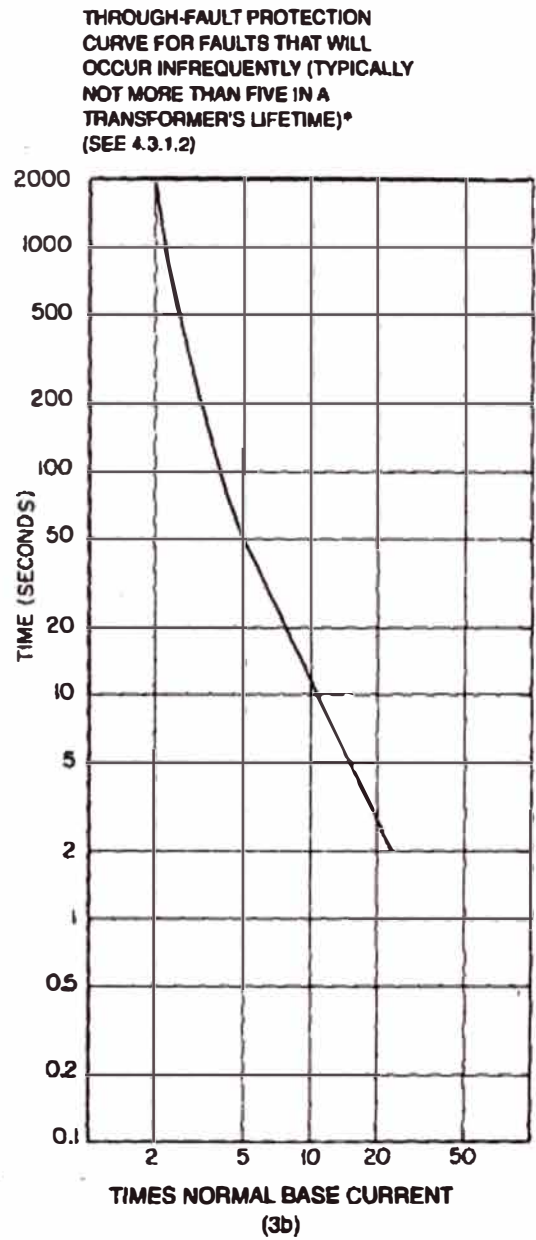
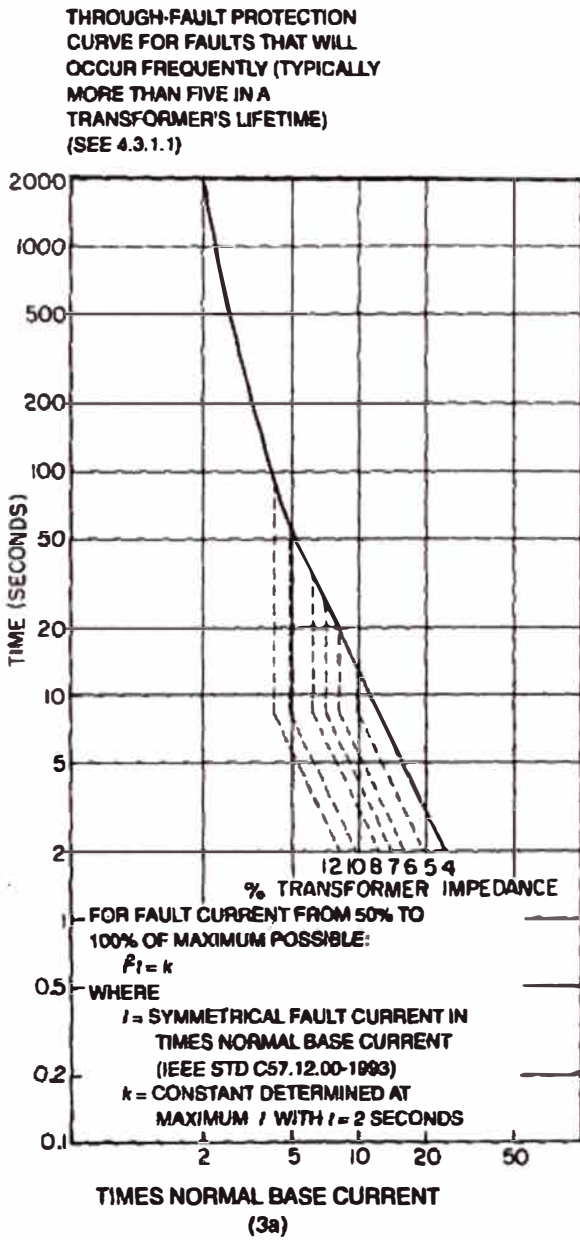
- 1—Sample  $I^2t = k$  curves have been plotted for selected transformer short circuit impedances as noted in 2a.
- 2—Low current values of 3.5 and less may result from overloads rather than faults. An appropriate loading guide should be referred to for specific allowable time durations.

Figura 3.2 Categoría II - Transformadores

501kVA a 1667kVA monofásicos

501kVA a 5000kVA trifásicos

(IEEE Guide for Liquid Immersed Transformer Through Fault Current Duration. ANSI/IEEE C57.109 – 1993)



\*This curve may also be used for backup protection where the transformer is exposed to frequent faults normally cleared by high-speed relaying.

**NOTES**

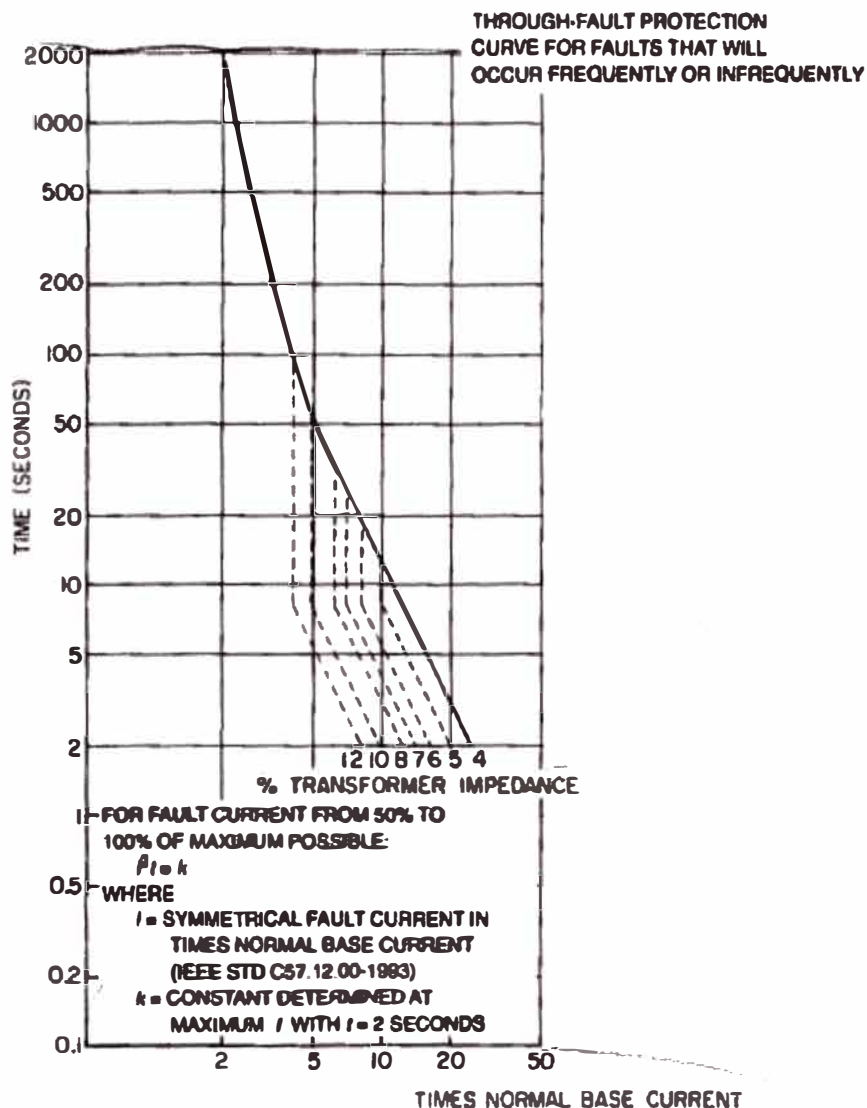
- 1—Sample  $I^2 t = k$  curves have been plotted for selected transformer short-circuit impedances as noted in 3a.
- 2—Low current values of 3.5 and less may result from overloads rather than faults. An appropriate loading guide should be referred to for specific allowable time durations.

**Figura 3.3 Categoría III - Transformadores**

1668kVA a 10000kVA monofásicos

5001kVA a 30000kVA trifásicos

(IEEE Guide for Liquid Immersed Transformer Through Fault Current Duration. ANSI/IEEE C57.109 – 1993)



#### NOTES

- 1— Sample  $I^2 t = k$  curves have been plotted for selected transformer short-circuit impedances as noted.
- 2— Low current values of 3.5 and less may result from overloads rather than faults. An appropriate loading guide should be referred to for specific allowable time durations.

#### Figura 3.4 Categoría IV - Transformadores

Arriba de 10000kVA monofásicos

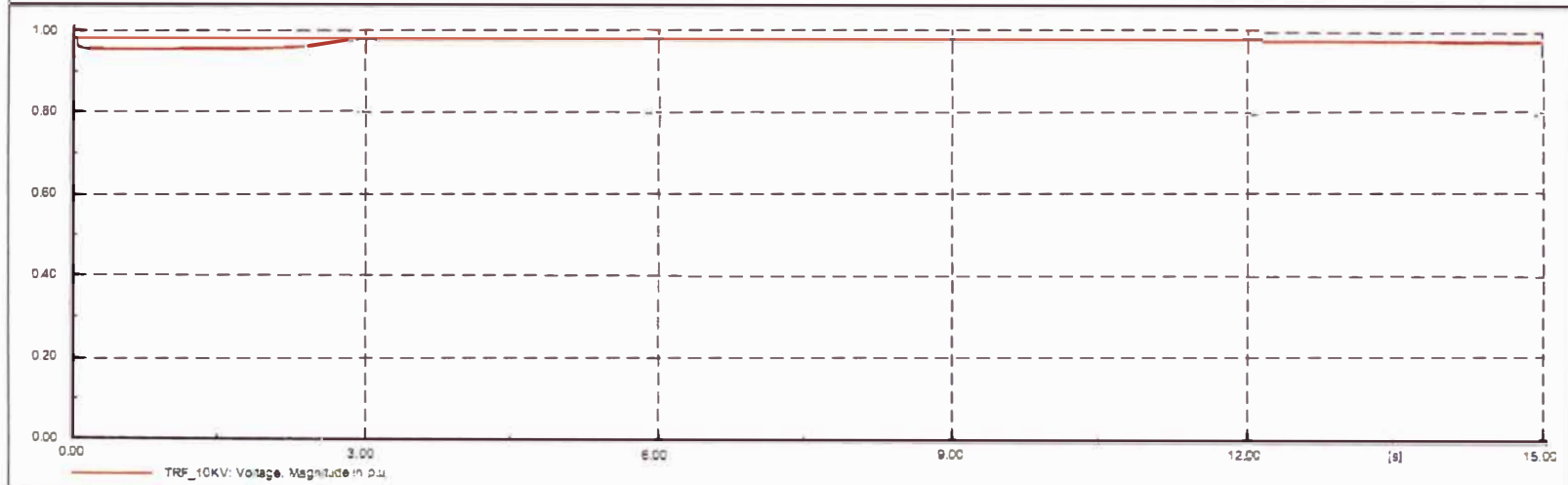
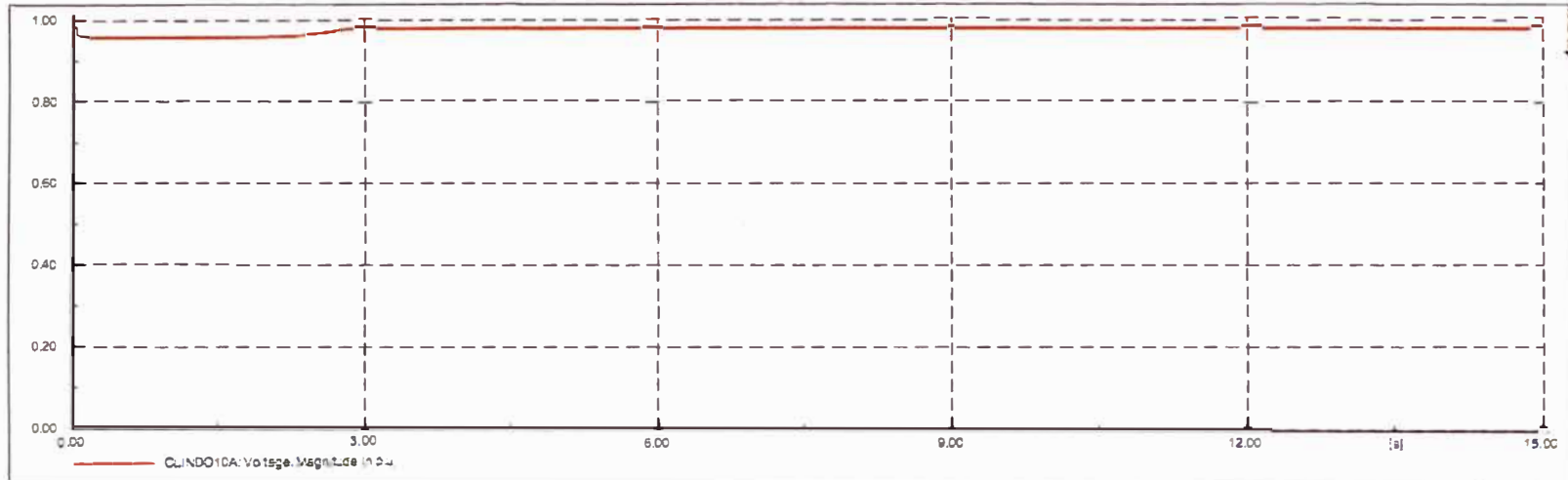
Arriba de 30000kVA trifásicos

(IEEE Guide for Liquid Immersed Transformer Through Fault Current Duration.  
ANSI/IEEE C57.109 – 1993)

**ARRANQUE DE MOTORES DE INDUCCIÓN [15]**  
**CIRCUITO DE SALIDA 6110 – 001 – A4 (CHANCADO F-92330)**



## ARRANQUE DE CHANCADORA DE 450 HP – MOTOR DE 315 kW



Arranque de Chancadora de 450 HP - Motor de 315 kW

Gráfico Tensão

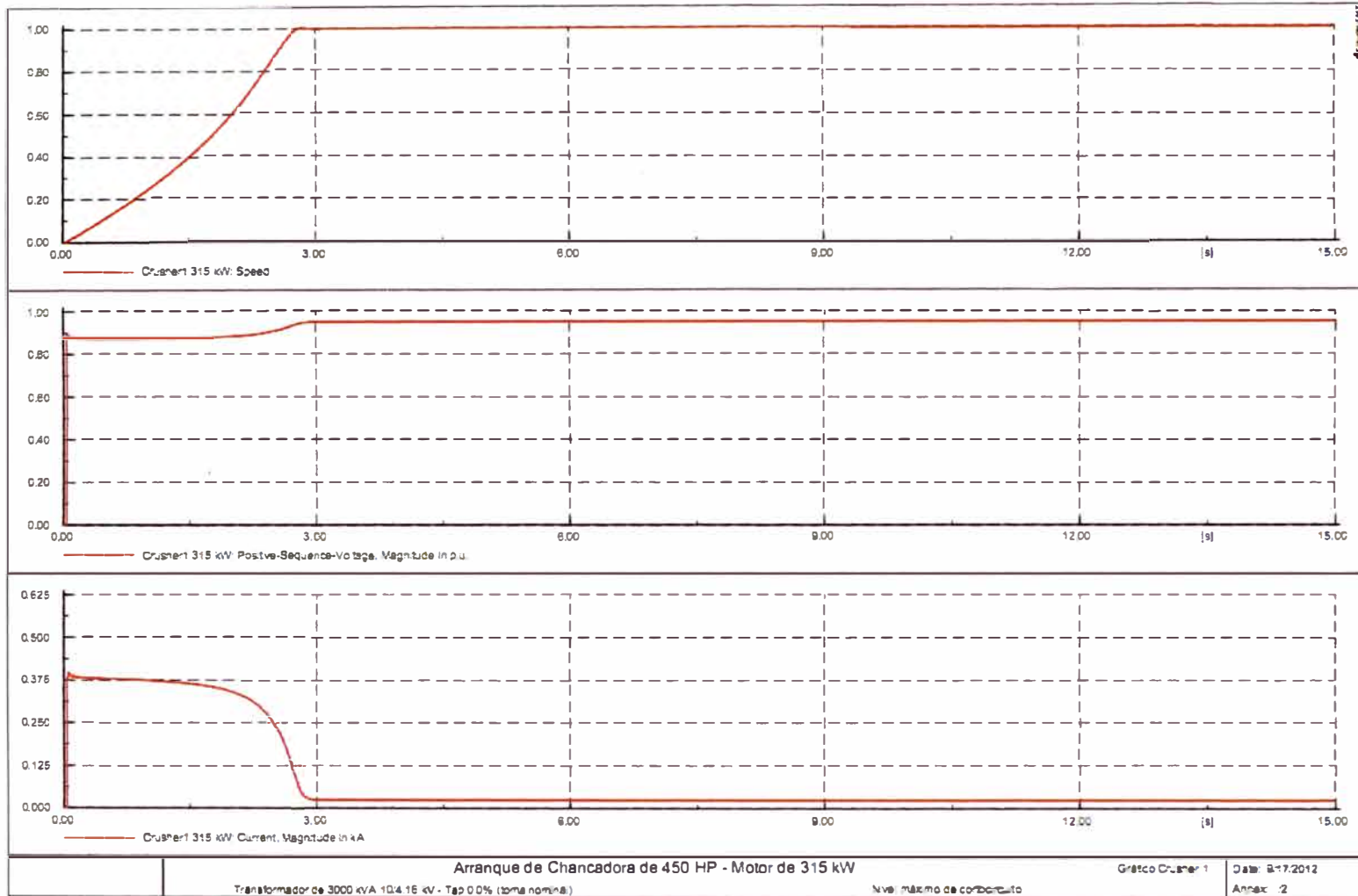
Data: 8/17/2012

Transformador de 3000 kVA 10.4 16 kV - Tap 0.0% (toma nominal)

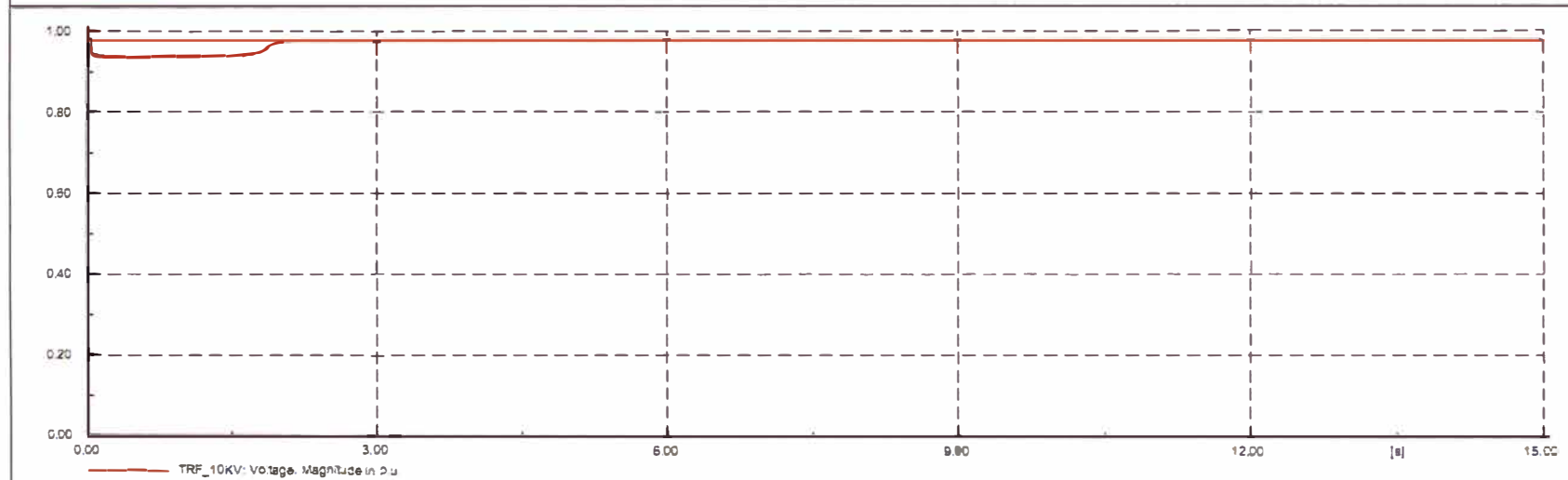
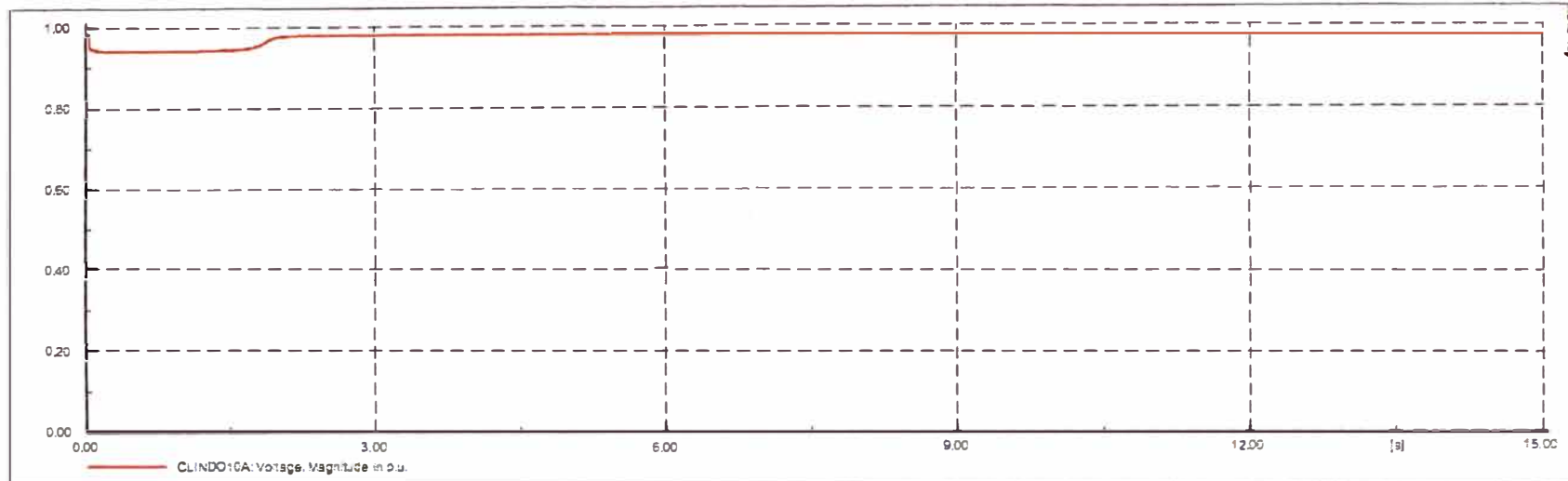
Nível máximo de sobretensão

Anexo 1

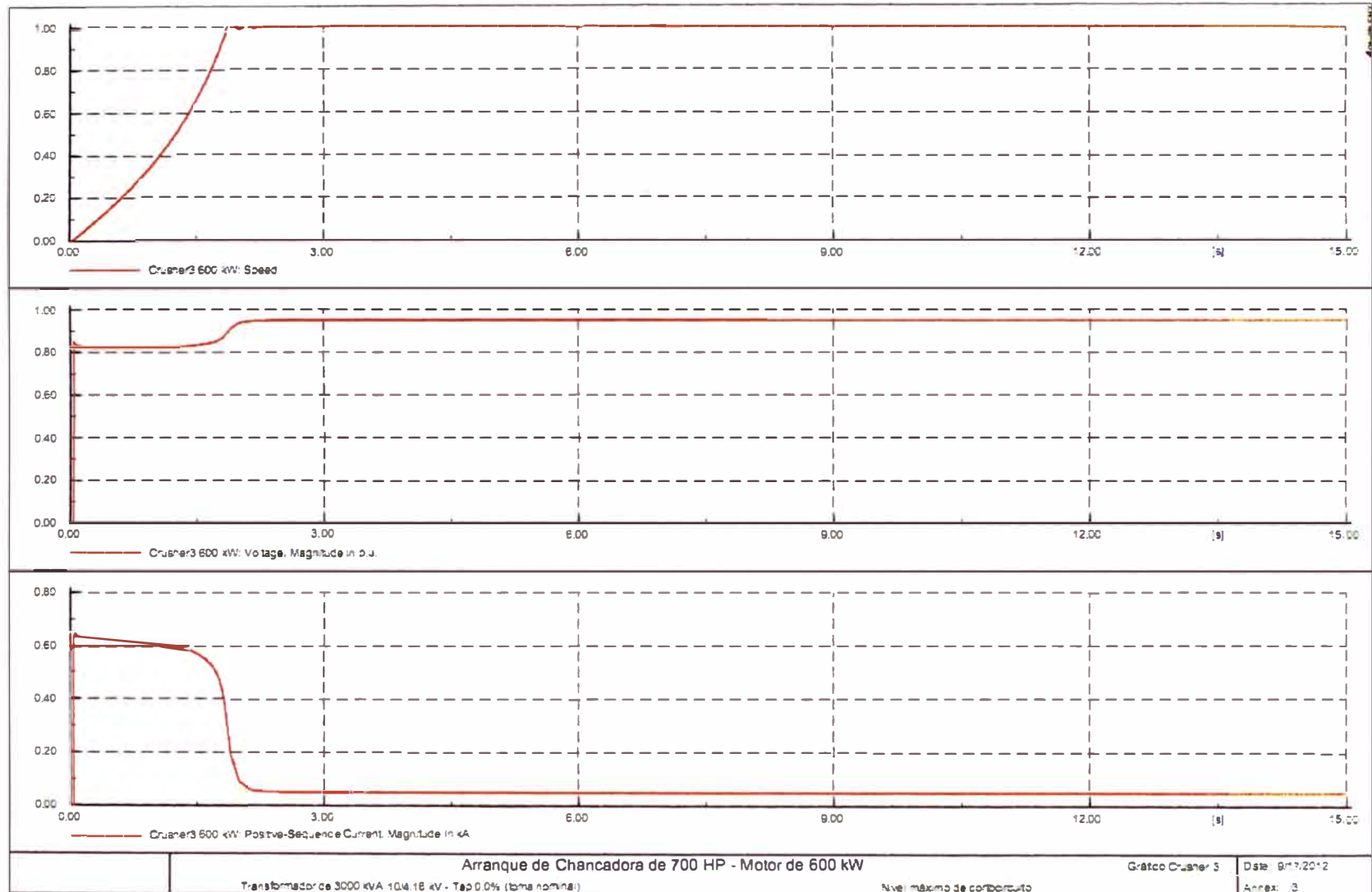
## ARRANQUE DE CHANCADORA DE 450 HP – MOTOR DE 315 kW



## ARRANQUE DE CHANCADORA DE 700 HP – MOTOR DE 600 kW



## ARRANQUE DE CHANCADORA DE 700 HP – MOTOR DE 600 kW





## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional – COES SINAC
- [2] Criterios de Ajuste y Coordinación de los Sistemas de Protección del SEIN – COES SINAC, Marzo del 2008
- [3] Informe técnico N° EDP-052-11 “Estudio de Operatividad, Análisis de Flujo de potencia, Cortocircuito y Coordinación de Protecciones”. Por Electricidad de Potencia - Lima Perú, 2012
- [4] Estudio de Coordinación de Protecciones para la Refinería Cajamarquilla de la Empresa Votorantim Metais. Por Siemens SAC – Lima Perú, Febrero del 2011.
- [5] Protecciones Eléctricas en Media Tensión – Cuadernos Técnicos de *Schneider Electric*. Barcelona España, Mayo del 2003.
- [6] IEC 60255-8 *Electrical relays - Thermal electrical relays*.
- [7] Informe técnico N° ECP-0031-10 “Estudio de Coordinación de Protecciones para la Ampliación de la Planta Minera Cerro Lindo - Milpo”. Por Ingelmec SAC Lima - Perú 2010.
- [8] Manual Relé GE T60 GEK 113028 GE Multilin Industrial System –Ontario Canadá.
- [9] Manual Relé GE 469 Version 30D200A4 GE Multilin Industrial System – Ontario Canadá.
- [10] Manual Relé ekorRPG, IG 159E celdas Ormazabal unidades de protección, medida y control, Lima – Perú, 2012.
- [11] IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Buff Book). ANSI/IEEE 242 – 2001.
- [12] IEEE Guide for Liquid Immersed Transformer Through Fault Current Duration. ANSI/IEEE C57.109 – 1993.
- [13] Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia, Geraldo Kindermann, 2da Edición. Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis – Brasil, 2005.
- [14] Estudio de Arranque de Motores de Inducción, 12045-IN-002. Por Ma Consultores SAC, Lima-Perú, Octubre del 2012.
- [15] Resultado de simulaciones del sistema eléctrico por el programa Digsilent Power

Factory para el presente informe de suficiencia.

- [16] *Electrical relays - Part 3: Single input energizing quantity measuring relays with dependent or independent time.* IEC 60255-3.
- [17] *IEEE Standard for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus.* ANSI/IEEE C37.90