

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES IMPULSIONALES EN
SUBESTACIONES DE POTENCIA DE ALTA TENSIÓN**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

MARCO ANTONIO FLORES CCOICCOSI

**PROMOCIÓN
1999 - II**

**LIMA – PERÚ
2006**

**PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES IMPULSIONALES EN SUBESTACIONES
DE POTENCIA DE ALTA TENSIÓN**

***Dedico este trabajo a:
Mis padres Maximiliano Flores y Epifania Ccoiccosi,
Por su cariño y ejemplo de superación.***

SUMARIO

Las Subestaciones de Potencia, dentro de un sistema eléctrico son de alta importancia, pues tienen la función de dirigir, controlar y proteger el flujo de energía; Es así, que su concepción y diseño demanda la consideración de varios estudios y criterios, tanto para la operación en condiciones normales como anormales. El presente informe se aboca a una parte de este último, denominado como protección contra las sobretensiones impulsionales, cuyos niveles de protección, sirven de base para la coordinación de aislamiento de los equipos. En una subestación de potencia, las maniobras de apertura y cierre, las fallas a tierra, la desconexión repentina de cargas y las sobretensiones atmosféricas, son solo algunas de las causas que generan sobretensiones; Que aunque, muchas veces no ocasionen daños inmediatos, a la larga contribuyen al envejecimiento del aislamiento de los equipos y su posterior colapso; Para prevenir ello, actualmente se emplean los equipos de protección denominados: Descargadores y Explosores de Brecha de Aire, que serán objeto de estudio del presente informe, donde se reafirmaran los criterios de aplicación, selección y disposición dentro de las subestaciones de potencia, con el fin de conseguir una protección adecuada.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

SOBRETENSIONES

1.1	Definición	3
1.2	Origen y Clasificación de las Sobretensiones	3
1.2.1	Sobretensiones Temporales	3
1.2.2	Sobretensiones de Frente Lento (Maniobra)	5
1.2.3	Sobretensiones de Frente Rápido (Atmosféricas)	6
1.2.4	Sobretensiones de Frente Muy Rápido ó Escarpado	8
1.3	Sobretensiones Impulsionales	8
1.3.1	Estándar de Forma de Onda de Sobretensiones de Frente Lento (Maniobra)	8
1.3.2	Estándar de Forma de Onda de Sobretensiones de Frente Rápido (Atmosféricas)	9

CAPÍTULO II

INTRODUCCION AL DISEÑO DE SUBESTACIONES DE POTENCIA

2.1	Introducción	10
2.2	Definiciones y Criterios	10
2.2.1	Tensión Nominal del Sistema (U_n)	10
2.2.2	Tensión Máxima del Sistema (U_s)	11
2.2.3	Tensión Máxima del Equipo (U_m)	11
2.2.4	Nivel de Aislamiento Nominal	11
2.3	Equipos Principales de Subestaciones de Potencia	14
2.4	Efectos de las Sobretensiones Sobre los Equipos Principales	14

CAPÍTULO III

EQUIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES IMPULSIONALES

3.1	Introducción	16
3.2	Descargadores	17
3.2.1	Descripción	17
3.2.2	Selección de Descargadores de Oxido de Zinc (ZnO)	17

3.2.3	Disposición de los Descargadores	26
3.3	Explosores de Brecha de Aire ó Cuernos de Descarga	27
3.3.1	Descripción	27
3.3.2	Selección y Ajuste de Explosores de Brecha de Aire	27
3.3.3	Disposición de Explosores de Brecha de Aire	31

CAPÍTULO IV

MODELAMIENTO DE SOBRETENSIONES Y EQUIPOS

4.1	Introducción	32
4.2	Modelamiento Matemático de Sobretensiones Impulsionales	33
4.2.1	Modelo Matemático de los Dos Exponenciales	33
4.2.2	Modelo Matemático de Heidler	33
4.2.3	Modelo Matemático de Standler	34
4.2.4	Modelo Matemático de CIGRE	34
4.3	Modelamiento Matemático de Líneas de Transmisión y Cables de Energía	35
4.3.1	Deducción del Modelamiento Matemático	35
4.3.2	Parámetros Eléctricos de Líneas de Transmisión y Cables de Energía	39
4.3.3	Modelamiento Matemático de Líneas de Transmisión Aéreas	40
4.3.4	Modelamiento Matemático de Cables de Energía Aislados	41
4.4	Modelamiento Matemático de Transformadores de Potencia	41
4.5	Modelamiento Matemático de Transformadores de Tensión y de Corriente	43
4.6	Modelamiento Matemático de Interruptores y Seccionadores	43
4.7	Modelamiento Matemático de Sistema de Barras	44
4.8	Modelamiento Matemático de Descargadores de Oxido de Zinc (ZnO)	44
4.8.1	Modelo Matemático de Resistencia no Lineal	44
4.8.2	Modelo Matemático del IEEE	46
4.8.3	Modelo Matemático de Pinceti	47
4.8.4	Modelo Matemático de Fernández	49
4.9	Modelamiento Matemático de Explosores de Brecha de Aire	51

CAPÍTULO V

EJEMPLOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES IMPULSIONALES EN SUBESTACIONES DE POTENCIA

5.1	Criterios de Protección Contra Sobretensiones Impulsionales	52
5.2	Ejemplo 1: Proyecto Ampliación de Subestación Carhuaquero 220 kV	53
5.2.1	Descripción General del Proyecto	53

5.2.2	Características Eléctricas	53
5.2.3	Instalaciones Existentes	54
5.2.4	Instalaciones Proyectadas	55
5.2.5	Protección Contra Sobretensiones Impulsionales	56
5.2.6	Modelamiento Matemático y Simulaciones	60
5.3	Ejemplo 2: Proyecto Ampliación de Subestación Mollepata y Nueva Subestación San Francisco 66 kV	70
5.3.1	Descripción General del Proyecto	70
5.3.2	Características Eléctricas	70
5.3.3	Instalaciones Existentes	71
5.3.4	Instalaciones Proyectadas	72
5.3.5	Protección Contra Sobretensiones Impulsionales	73
5.3.6	Modelamiento Matemático y Simulaciones	79
CONCLUSIONES		96
ANEXOS		98
A	Planos del Proyecto: Ampliación de Subestación Carhuaquero	
B	Reportes de Simulaciones en el ATP-EMTP del Proyecto: Ampliación de Subestación Carhuaquero	
C	Planos del Proyecto: Ampliación de Subestación Mollepata y Nueva Subestación San Francisco	
D	Reportes de Simulaciones en el ATP-EMTP del Proyecto: Ampliación de Subestación Mollepata y Nueva Subestación San Francisco	
E	Catalogo de Características Técnicas: Fabricante ABB Descargadores EXLIM	
BIBLIOGRAFÍA		99

PRÓLOGO

El presente informe, tiene como marco general el diseño de subestaciones de potencia, específicamente, la protección contra sobretensiones impulsionales; tema, que se ha venido estudiando y desarrollando desde hace varios años atrás. En la actualidad, con la aparición de nuevas tecnologías y materiales, los descargadores de Oxido de Zinc (ZnO) ó también llamados de Oxido Metálico (MO), se han consolidado como los equipos de protección contra sobretensiones impulsionales mas utilizados, debido a su mejor precisión en la tensión de encendido y su mínimo tiempo de retardo en la reducción de las sobretensiones, desplazando a sus predecesores los descargadores de Carburo de Silicio (SiC); Asimismo, aun se vienen empleando los tradicionales explosores de brecha de aire ó cuernos de descarga, debido a su simplicidad y bajo costo, muchas veces como respaldo de los descargadores. Bajo esta concepción, el presente informe, tiene como propósito, reafirmar los criterios de aplicación, selección y disposición de los Descargadores de Oxido de Zinc (ZnO) y los Explosores de Brecha de Aire, con el objeto de conseguir una adecuada protección contra las sobretensiones de tipo rayo y maniobras.

La aplicación del presente informe esta orientado a la protección de las subestaciones de potencia de alta tensión (30 – 220 kV) del tipo convencional a la intemperie, contra las sobretensiones externas, que se propagan por las líneas de transmisión mediante ondas viajeras. Para la mejor comprensión del desarrollo del tema, se ha visto por conveniente enfocarlo de la manera siguiente:

Capítulo I, se describe el origen y la clasificación de las sobretensiones, asimismo, se describen las características de las formas de ondas representativas de sobretensiones de frente lento (maniobra) y sobretensiones de frente rápido (atmosféricas), estandarizadas por las normas IEC e IEEE.

Capítulo II, se desarrolla una breve introducción al diseño de subestaciones de potencia, desde el punto de vista de selección de la tensión nominal, la tensión máxima de servicio y el nivel de aislamiento nominal.

Capítulo III, se describe una metodología de aplicación, selección y disposición de los descargadores y explosores de brecha de aire, para una adecuada protección contra las sobretensiones impulsionales.

Capítulo IV, se desarrollan los criterios para efectuar el modelamiento matemático de sobretensiones impulsionales, líneas de transmisión, cables de energía, equipos principales de subestaciones de potencia y equipos de protección contra sobretensiones.

Capítulo V, se presentan dos ejemplos de aplicación de protección contra sobretensiones impulsionales en subestaciones de potencia, los que adicionalmente, serán modelados en el programa computacional EMTP-ATP (Alternative Transient Program – Electro Magnetic Transient Program), para verificar y validar su correcta aplicación.

Finalmente, se efectuará un resumen de las conclusiones más importantes del informe.

CAPÍTULO I

SOBRETENSIONES

1.1 Definición

Son aquellas tensiones entre fase-fase ó fase-tierra dependientes del tiempo, que superan el valor pico de la tensión máxima de diseño de una instalación.

1.2 Origen y Clasificación de las Sobretensiones

Las sobretensiones según su origen, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Sobretensiones internas, y,
- Sobretensiones externas,

Siendo las sobretensiones internas, originadas por la variación de las condiciones de servicio de las instalaciones, y las sobretensiones externas, originadas por efectos externos a las instalaciones, generalmente por descargas atmosféricas.

Asimismo, las sobretensiones, según el grado de amortiguamiento y el tiempo de duración, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Sobretensiones temporales.
- Sobretensiones de frente lento (maniobra).
- Sobretensiones de frente rápido (atmosféricas), y,
- Sobretensiones de frente muy rápido ó escarpado.

1.2.1 Sobretensiones Temporales

Son sobretensiones de frecuencia industrial (60 Hz) o muy cercanas a ella que presentan una característica no amortiguada o suavemente amortiguada, el tiempo de duración es relativamente largo, pudiendo llegar al orden de las decenas de segundos, con amplitudes que normalmente no exceden 1,5 p.u.

Su origen principalmente se debe a:

- Fallas fase a tierra.
- Rechazo de carga, y,

Resonancia y ferresonancia.

a) Fallas fase a tierra

Se presentan cuando una fase viva hace contacto accidentalmente a tierra, originando una elevación de tensión respecto de tierra de las fases no falladas; Los niveles de sobretensiones para estos casos, dependen del tipo de conexión a tierra del neutro del sistema y de la ubicación de la falla.

En un sistema con el neutro conectado efectivamente a tierra, los niveles de sobretensiones pueden llegar a 1,3 p.u. y su duración puede alcanzar hasta 1 s, dependiendo de la rapidez de los dispositivos de protección en el aclaramiento de la falla. En un sistema con el neutro aislado de tierra, los niveles de sobretensiones pueden llegar a 1,73 p.u. o más, y su duración puede alcanzar hasta 10 s, y en caso de no contar con dispositivos de protección para falla a tierra, la duración puede ser indefinida.

b) Rechazo de carga

Se presenta en los casos de desconexión repentina de grandes cargas activas y reactivas; Los niveles de sobretensiones para estos casos, están en función a la magnitud de la carga desconectada, la configuración del sistema después de la desconexión y las características de los generadores de energía eléctrica (Potencia de cortocircuito en la subestación, regulación de velocidad y tensión de los generadores, etc.)

Los niveles y la duración de las sobretensiones por rechazo de carga, se pueden estimar según el tipo de subestación (del sistema o de generación), de la siguiente manera:

- **Subestación del sistema:** En sistemas moderadamente extendidos, los niveles de sobretensiones generalmente son menores a 1,2 p.u., y su duración puede alcanzar varios minutos, dependiendo de la operación y control de la tensión. En sistemas extendidos, los niveles de sobretensiones pueden llegar a 1,5 p.u. o más en caso de presentarse el efecto Ferranti o resonancia, y su duración esta en el orden de los segundos.

- **Subestación de generación:** Los niveles de sobretensiones pueden llegar a 1,5 p.u., y su duración puede alcanzar 3 s, dependiendo de las características y del control de los generadores.

Para reducir los niveles de sobretensiones por rechazo de carga, se emplean reactores shunt, compensadores estáticos de reactivos y/o bancos de descargadores.

c) Resonancia y ferresonancia

Se presenta en los casos de interacción de los elementos capacitivos (líneas, cables, condensadores de serie) y de los elementos inductivos que tienen características magnetizantes no lineales (transformadores, reactores de desviación), debido a cambios repentinos en la configuración del sistema, tales como pérdidas de carga, maniobras monofásicas de líneas de transmisión que terminan en un transformador ó el efecto capacitivo de interrupción de los transformadores de tensión.

Los niveles de sobretensiones para estos casos, pueden ser mayores a 3,0 p.u. en función al tiempo de aclaramiento.

Para reducir los niveles de sobretensiones por resonancia y ferresonancia, se emplean limitadores de resonancia, resistencias de amortiguamiento, o se cambia la configuración del sistema.

1.2.2 Sobretensiones de Frente Lento (Maniobra)

Son sobretensiones que presentan una característica unidireccional u oscilatoria de elevación lenta y fuertemente amortiguadas, el tiempo de duración es relativamente corto, en el orden de los cientos de microsegundos, con amplitudes que normalmente están en el orden de 1,5 a 4 p.u.

Su origen principalmente se debe a:

- Energización y recierre de líneas de transmisión.
- Inicio y aclaramiento de fallas, y,
- Maniobra con corrientes capacitivas e inductivas.

a) Energización y recierre de las líneas de transmisión

Se presentan en las maniobras de energización y recierre trifásico de líneas de transmisión; Los niveles de sobretensión, dependen de la tensión entre los contactos del interruptor en el momento de la maniobra, pudiendo ser despreciable en caso la maniobra coincida cuando la tensión entre los contactos es cero; Su determinación es una función probabilística de las magnitudes de tensión al momento de la maniobra.

Los niveles de sobretensiones para estos casos, oscilan con mayor probabilidad entre 1 a 1,5 p.u.

Para reducir los niveles de sobretensiones por energización y recierre de líneas de transmisión, se emplean resistencias de pre-inserción, controladores de cierre y/o descargadores.

Para la protección contra sobretensiones de frente lento (maniobra) mediante descargadores, el efecto de la disposición puede ser despreciado, debido a que las sobretensiones de maniobra son similares dentro de toda la subestación, dotando de protección a todos los equipos que se conecten eléctricamente.

b) Inicio y aclaramiento de fallas

Se presentan durante el inicio y aclaramiento de una falla fase a tierra; Los niveles de sobretensiones en las fases falladas pueden llegar a:

- (2 ke - 1) p.u. En el inicio de la falla.
- 2 p.u. En el aclaramiento de la falla.

Donde, ke es el factor de falla a tierra en p.u., referido al valor pico de la máxima tensión fase - tierra.

c) Maniobras con corrientes capacitivas e inductivas

Se presentan durante la energización de bancos de capacitores, energización de líneas de transmisión en vacío e interrupción de corrientes magnetizantes en transformadores y reactores.

Los niveles de sobretensiones durante la energización de un banco de capacitores, pueden llegar a 2 p.u. fase-tierra y 3 p.u. fase-fase, y para el caso de energización de líneas de transmisión en vacío, los niveles de sobretensiones pueden llegar a 4 p.u. o más, considerando los efectos de reflexión de las ondas viajeras.

1.2.3 Sobretensiones de Frente Rápido (Atmosféricas)

Son sobretensiones que presentan una característica unidireccional u oscilatoria, de elevación rápida y fuertemente amortiguadas, y tienen un tiempo de duración

relativamente corto en el orden de los microsegundos, normalmente sus amplitudes están en el orden de 4 a 7 p.u.

Su origen principalmente es asociado a:

Descargas atmosféricas, y,
Operaciones de maniobras y fallas.

a) Descargas atmosféricas

Se presentan durante:

Descargas atmosféricas sobre un conductor de fase, por falla en el apantallamiento.
Descargas atmosféricas sobre el cable de guarda, que origina flameo inverso hacia el conductor de fase, y,
Descargas atmosféricas en la proximidad de la línea, que inducen sobretensiones en los conductores de fase.

Las sobretensiones originadas por flameo inverso son las más severas, asimismo, las sobretensiones inducidas por descargas atmosféricas en la proximidad de la línea, generalmente son menores a 400 kV, afectando solamente a sistemas de bajas tensiones.

La severidad de las sobretensiones por descargas atmosféricas y sus valores de ocurrencia dependen de:

El desempeño ante descargas atmosféricas de las líneas aéreas conectadas a la subestación.
La disposición de la subestación, dimensiones físicas y el número de líneas conectadas a esta, y,
El valor instantáneo de la tensión de operación, en el momento de la descarga.

Para reducir los niveles de sobretensiones por descargas atmosféricas, se emplean principalmente descargadores, y en algunos casos explosores o cuernos de descargas.

b) Operaciones de maniobra y fallas

Se presentan durante:

La conexión y desconexión de equipos de maniobra cercanos, y,
El flameo de aislamientos externos.

Produciéndose, sobretensiones de elevación rápida y oscilatoria, similares a las de origen atmosférico; Los niveles de sobretensiones para estos casos, pueden llegar a:

- 2,0 p.u. Maniobra de interruptores sin reencendido.
- 3,0 p.u. Maniobras de interruptores con reencendido.
- 3,0 p.u. Maniobra de seccionadores.

1.2.4 Sobretensiones de Frente Muy Rápido ó Escarpado

Son sobretensiones que presentan una característica generalmente unidireccional, de alta frecuencia y de elevación rápida, y tienen un tiempo de duración relativamente corto en el orden de los microsegundos, normalmente sus amplitudes se pueden limitar a 2,5 p.u.

Su origen principalmente es asociado a la operación de seccionadores ó fallas internas en subestaciones aisladas en gas SF6 (Gas Insulated Substations, GIS).

1.3 Sobretensiones Impulsionales

Son sobretensiones, que se caracterizan por ser ondas de elevación brusca de tensión y de corta duración, generalmente en el orden de los microsegundos (us), que dan lugar a altas sollicitaciones de los aislamientos.

Tales sobretensiones, son conformadas por las sobretensiones de frente lento (maniobra) y las sobretensiones de frente rápido (atmosféricas), descritas anteriormente.

Las normas internacionales (IEC 60071) y americanas (IEEE Std. 1313.1-1996), para efectos de pruebas y ensayos de los equipos, han estandarizado las formas de onda de las sobretensiones impulsionales, de manera muy cercana a la realidad.

1.3.1 Estándar de Forma de Onda de Sobretensiones de Frente Lento (Maniobra)

Las normas IEC e IEEE, definen la forma de onda de las sobretensiones de frente lento (maniobra), de la manera siguiente:

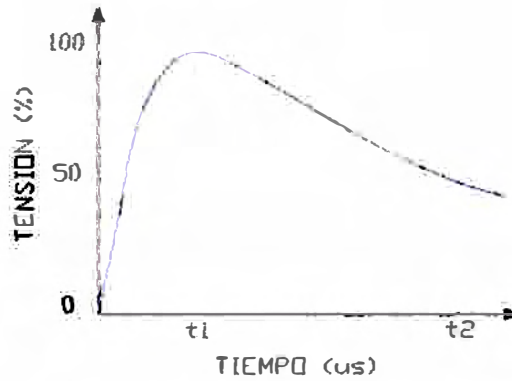


Fig. 1.1. Estándar de forma de onda de sobretensiones de frente lento

Donde:

t1 Varía entre 20 a 5000 us

t2 Es menor a 20000 us

Así mismo, para las pruebas de soportabilidad a la tensión de impulso de maniobra de los equipos, se ha estandarizado la forma de onda 250/2500 us.

1.3.2 Estándar de Forma de Onda de Sobretensiones de Frente Rápido (Atmosféricas)

Las normas IEC e IEEE, definen la forma de onda de las sobretensiones de frente rápido (atmosféricas), de la manera siguiente:

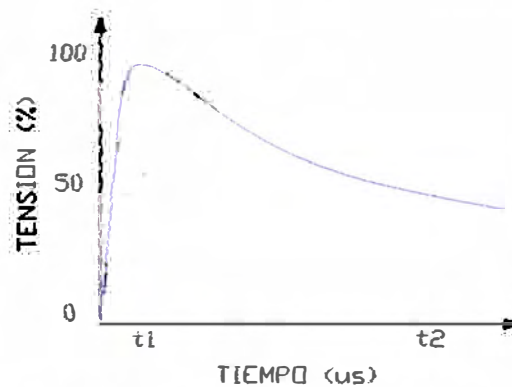


Fig. 1.2. Estándar de forma de onda de sobretensiones de frente rápido

Donde:

t1 Varía entre 0,1 a 20 us

t2 Es menor a 300 us

Así mismo, para las pruebas de soportabilidad a la tensión de impulso atmosférico de los equipos, se ha estandarizado la forma de onda 1,2/50 us.

CAPÍTULO II

INTRODUCCION AL DISEÑO DE SUBESTACIONES DE POTENCIA

2.1 Introducción

Las subestaciones de potencia, son un conjunto de equipos de maniobra y control concentrados en un determinado lugar, para dirigir, controlar y proteger el flujo de energía en un sistema de potencia, asociadas a la generación, la maniobra de flujo de energía, la transformación a diferente nivel de tensión, o combinaciones de estas.

Parte principal del diseño de las subestaciones de potencia, consiste en definir adecuadamente los valores de tensión nominal del sistema, tensión máxima del sistema, tensión máxima de los equipos y el nivel de aislamiento nominal, sobre los cuales se seleccionaran los equipos, asimismo se definirán los niveles de protección contra las sobretensiones.

2.2 Definiciones y Criterios

2.2.1 Tensión Nominal del Sistema (U_n)

La tensión nominal del sistema, es la tensión eficaz fase-fase, empleada para designar a un sistema; Según el cual, se determinan sus características de funcionamiento y de operación.

En el Perú, las tensiones nominales del sistema, pertenecientes al nivel de alta tensión ($U_n = 30$ a 220 kV), se encuentran estandarizadas en los valores siguientes:

$$U_n = 33, 34,5, 50, 60, 66, 138, 220 \text{ kV.}$$

Su determinación, estará en función a la tensión nominal del sistema existente a conectarse dando lugar a las subestaciones de maniobra, o caso contrario, en función a la potencia y la distancia de transporte de energía, debido a los efectos de regulación de tensión, dando lugar a las subestaciones de transformación.

2.2.2 Tensión Máxima del Sistema (U_s)

La tensión máxima del sistema, es la máxima tensión eficaz fase-fase, que se registra durante un ciclo de carga normalmente representativo para la operación y despacho eléctrico, puede variar según el régimen de carga, el valor representativo máximo corresponde a la mínima carga.

Su valor, varía entre: $U_n - 5\% U_n < U_s \leq U_m$.

2.2.3 Tensión Máxima del Equipo (U_m)

La tensión máxima del equipo, es la máxima tensión eficaz fase-fase, para la cual un equipo está diseñado respecto a su aislamiento.

Su valor está en función a la tensión máxima del sistema (U_s) y a los requerimientos de aislamiento de los equipos. Las normas IEC e IEEE, han estandarizado estos valores de la manera siguiente:

IEC $U_m = 36, 52, 72,5, 123, 145, 170, 245 \text{ kV}$.

IEEE $U_m = 36.2, 48.3, 72,5, 121, 145, 169, 242 \text{ kV}$.

2.2.4 Nivel de Aislamiento Nominal

El nivel de aislamiento nominal, es el conjunto de tensiones de soportabilidad normalizadas, las cuales caracterizan la rigidez dieléctrica del aislamiento.

La norma IEC, con la finalidad de facilitar el diseño de los sistemas de potencia y la selección de los equipos que la componen, ha normalizado los niveles de aislamiento, asociando las tensiones de soportabilidad normalizadas con la tensión máxima del equipo (U_m), y agrupándolos en dos rangos:

Rango I $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$

Rango II $245 \text{ kV} < U_m$

Dentro del rango I, las tensiones normalizadas de soportabilidad fase-fase, fase-tierra y longitudinal de corta duración a frecuencia industrial e impulso tipo atmosférico, son similares; En la tabla N° 2.1, se muestran los niveles de aislamiento normalizados para el rango I.

TABLA N° 2.1

Niveles de aislamiento normalizados para el rango I ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$)
 (Tabla extraída de la Norma IEC 60071-1 - 1993-12)

Tensión máxima del equipo U_m (kV) - r.m.s.	Tensión de soportabilidad normalizada de corta duración a frecuencia industrial (kV) - r.m.s.	Tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo atmosférico (kVp) - pico
3,6	10	20
		40
7,2	20	40
		60
12	28	60
		75
		95
17,5	38	75
		95
24	50	95
		125
		145
36	70	145
		170
52	95	250
72,5	140	325
123	(185)	450
	230	550
145	(185)	(450)
	230	550
	275	650
170	(230)	(550)
	275	650
	325	750
245	(275)	(650)
	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	460	1050

Si los valores entre paréntesis pueden ser insuficientes para probar que las tensiones de soportabilidad requeridas se cumplen, se deberán realizar pruebas de soportabilidad fase-fase adicionales.

TABLA N° 2.2**Niveles de aislamiento normalizados para el rango II ($U_m > 245$ kV)****(Tabla extraída de la Norma IEC 60071-1 - 1993-12)**

Tensión máxima del equipo U_m (kV) - r.m.s.	Tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo maniobra (kVp) - pico			Tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo atmosférico (kVp) - pico
	Aislamiento Longitudinal	Fase - tierra	Fase - fase	
300	750	750	1125	850 950
	750	850	1275	950 1050
362	850	850	1275	950 1050
	850	950	1425	1050 1175
420	850	850	1360	1050 1175
	950	950	1425	1175 1300
	950	1050	1575	1300 1425
525	950	950	1615	1175 1300
	950	1050	1680	1300 1425
	950	1175	1763	1425 1550
765	1175	1300	2210	1675 1800
	1175	1425	2423	1800 1950
	1175	1550	2480	1950 2100

Dentro del rango II, las tensiones normalizadas de soportabilidad fase-fase, fase-tierra y longitudinal de impulso tipo maniobra, son diferentes, y las tensiones normalizadas de soportabilidad fase-fase, fase-tierra y longitudinal de impulso tipo atmosférico, son similares; En la tabla N° 2.2, se muestran los niveles de aislamiento normalizados para el rango II.

De las tablas N° 2.1 y 2.2, se puede observar que a la mayoría de valores de tensión máxima del equipo (U_m), se les asocian más de un nivel de aislamiento normalizado. Para la selección del nivel de aislamiento normalizado más adecuado, se debe realizar un estudio de coordinación de aislamiento, tomando en consideración las máximas tensiones que aparecen en el sistema, las condiciones del servicio y las características de los equipos de protección contra sobretensiones.

2.3 Equipos Principales de Subestaciones de Potencia

Se denominan equipos principales, a aquellos equipos que se encuentran directamente involucrados con el flujo de energía al interior de una subestación, y que generalmente se instalan en el patio de llaves.

Entre los equipos principales, comúnmente empleados en las subestaciones de potencia, se tienen los siguientes:

- Transformador de potencia,
- Interruptor de potencia,
- Seccionador de barras y de línea,
- Transformador de tensión,
- Transformador de corriente,
- Descargadores, y,
- Sistema de barras.

2.4 Efectos de las Sobretensiones Sobre los Equipos Principales

Las sobretensiones aplicadas a los equipos principales de una subestación de potencia, tienen incidencia en los aislamientos externo e interno, que al ser sobrepasados pueden causar contorneos a través del aire o perforaciones, presentándose así un camino libre para las corrientes de cortocircuito, ocasionando el deterioro ó peor aun la destrucción de los equipos.

Entonces, una adecuada protección contra los efectos de las sobretensiones, puede evitar cuantiosas pérdidas económicas, entre ellos el deterioro y la destrucción de los equipos y en consecuencia la desconexión temporal del servicio eléctrico, y peor aun la pérdida de vidas.

CAPÍTULO III

EQUIPOS DE PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES IMPULSIONALES

3.1 Introducción

Como se describió en el capítulo I, las sobretensiones impulsionales tienen orígenes internos ó externos, y se caracterizan por los incrementos bruscos de tensión que producen altas sollicitaciones de aislamiento, que en la mayoría de casos, sin presencia de equipos de protección, pueden causar contorneos ó perforaciones en los aislamientos de los equipos, causando deterioros ó peor aun la destrucción de los equipos.

Las causas de las sobretensiones de maniobra en una subestación eléctrica, generalmente son debidas a la conexión y desconexión de elementos de característica reactiva pudiendo ser líneas de transmisión ó transformadores de potencia, que pueden ser evitadas con un diseño adecuado, una operación correcta de los equipos de maniobra y/o con la instalación de resistencias de pre-inserción.

Las causas de las sobretensiones atmosféricas en una subestación eléctrica, generalmente son debidas a la presencia de descargas atmosféricas, que según su incidencia pueden clasificarse en descargas atmosféricas directas e indirectas.

Por lo general las Subestaciones de Potencia, se instalan en zonas aledañas a los centros poblados, centrales de generación, centros mineros, etc., todos ellos apantallados de manera natural y/o eléctrica contra las descargas atmosféricas, no dándose el mismo caso para las líneas de transmisión, que a pesar de tener un apantallamiento eléctrico por medio de cable de guarda a lo largo de su recorrido, su exposición a las descargas atmosféricas es mayor.

Consecuentemente, la mayor causa de sobretensiones impulsionales en una subestación eléctrica es debido a la llegada de las sobretensiones atmosféricas que caen en las líneas de transmisión y se propagan por medio de estas, como ondas viajeras hasta la subestación. Para tal caso a través del tiempo se han construido diversos equipos de protección, que han ido evolucionando y mejorando sus características, hasta el día de

hoy, en el que los mas empleados son los descargadores de oxido metálico, aparte los tradicionales explosores de brecha de aire ó cuernos de descarga, que se describen a continuación.

3.2 Descargadores

3.2.1 Descripción

Los descargadores son equipos de protección contra sobretensiones atmosféricas y de maniobra, que se caracterizan por presentar una resistencia extremadamente elevada durante condiciones normales de operación, y una resistencia muy baja durante la presencia de sobretensiones, evacuando toda la energía generada por las sobretensiones hacia tierra.

Los descargadores, en un inicio eran fabricados con resistencias no lineales de Carburo de Silicio (SiC) y con explosores; Actualmente, son fabricados con resistencias no lineales (semiconductores) de Oxido de Zinc (ZnO) y sin explosores, también se les llama Descargadores de Oxido Metálico (MO); Debido a su mejor precisión en la tensión de encendido y su mínimo tiempo de retardo en la reducción de las sobretensiones, se han consolidado como los como los equipos de protección contra sobretensiones impulsionales mas utilizados, razón por la cual, en el presente informe solo se abordaran los descargadores de Oxido de Zinc (ZnO), aunque se reconoce que los descargadores de Carburo de Silicio (SiC), tienen un buen desempeño respecto a las sobretensiones por resonancia y ferroresonancia.

3.2.2 Selección de Descargadores de Oxido de Zinc (ZnO)

Para la selección de los descargadores de Oxido de Zinc (ZnO), se considera la metodología planteada por el fabricante ABB, para la selección de los descargadores modelo EXLIM (1), tomando en consideración los datos de tensión máxima del sistema (Us) y los niveles y duración de las sobretensiones temporales que se pueden presentar en el sistema, con los cuales se determinan los parámetros siguientes:

a) Tensión Máxima de Operación Continua (Uc ó MCOV)

Es la mayor tensión eficaz permisible a frecuencia industrial aplicada continuamente en los terminales del descargador; se determina en función a la tensión máxima del sistema (Us). Considerando que el descargador generalmente se conecta entre fase y tierra, su valor en condiciones normales de servicio es igual o mayor a $Us/\sqrt{3}$.

En caso de no conocerse la tensión máxima del sistema (U_s), esta puede ser estimada aplicando un porcentaje adicional de 5 a 10% sobre el valor de la tensión nominal del sistema (U_n), ó en algunos casos, similar al valor de la tensión máxima del equipo (U_m).

b) Capacidad de Sobretensión Temporal (U_{tov} ó TOV)

Es la mayor sobretensión temporal permisible aplicada en los terminales del descargador para un determinado tiempo; se determina en función a la máxima sobretensión temporal que se puede presentar en el sistema; Siendo los casos más comunes de sobretensiones temporales, las originadas por el aumento de tensión en las fases sanas durante una falla monofásica o bifásica y por rechazo de carga.

Generalmente, las sobretensiones originadas por resonancia no se consideran, dado que un sistema correctamente diseñado debería estar libre de resonancias.

Las fallas monofásicas a tierra, son la causa más común de las sobretensiones temporales (U_{tov}), depende de la conexión del neutro a tierra, y se determina mediante la relación siguiente:

$$U_{tov} = \frac{U_s}{\sqrt{3}} k_e \quad (3.1)$$

Donde:

- U_s Tensión máxima del sistema
- k_e : Factor de falla a tierra en p.u., se determina en función a los parámetros:
 - o R_0 = Resistencia de secuencia cero.
 - o X_0 = Reactancia de secuencia cero.
 - o R_1 = Resistencia de secuencia positiva.
 - o X_1 = Reactancia de secuencia positiva.

En las figuras 3.1, 3.2 y 3.3, se muestran diferentes valores del factor de falla a tierra (k_e), en función de las relaciones R_0/X_1 y X_0/X_1 , considerando para cada figura $X_2 = X_1$ y R_1 en función del valor X_1 .

En caso de no contarse con esta información, se pueden asumir los factores siguientes:

- $k_e \leq 1,40$ Para sistemas con neutro directamente a tierra.
- $k_e = 1,73$ Para sistemas con neutro aislado.

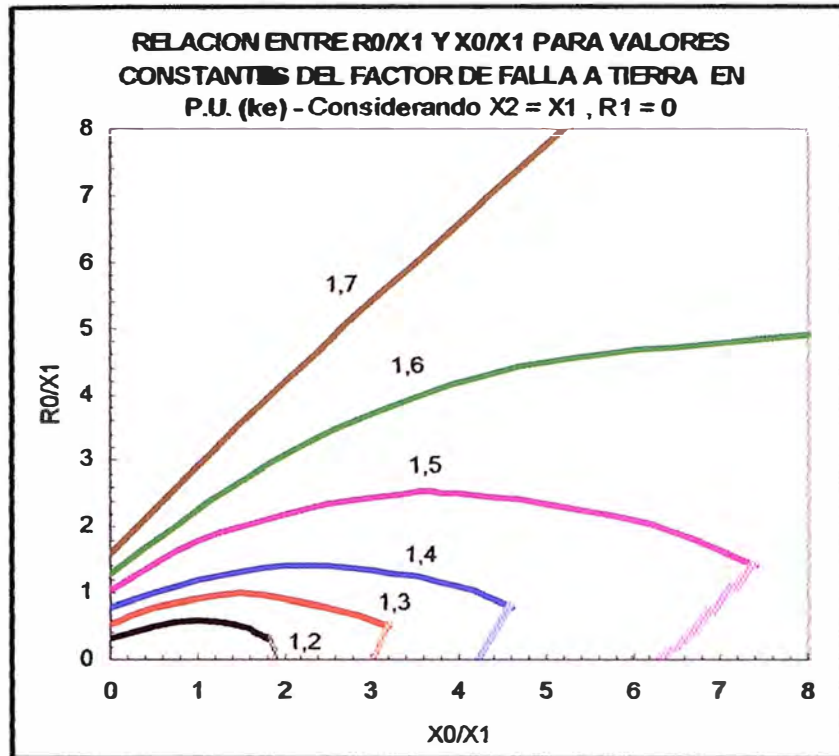


Fig. 3.1. Factor de falla a tierra (k_e), para $X2 = X1$, $R1 = 0$

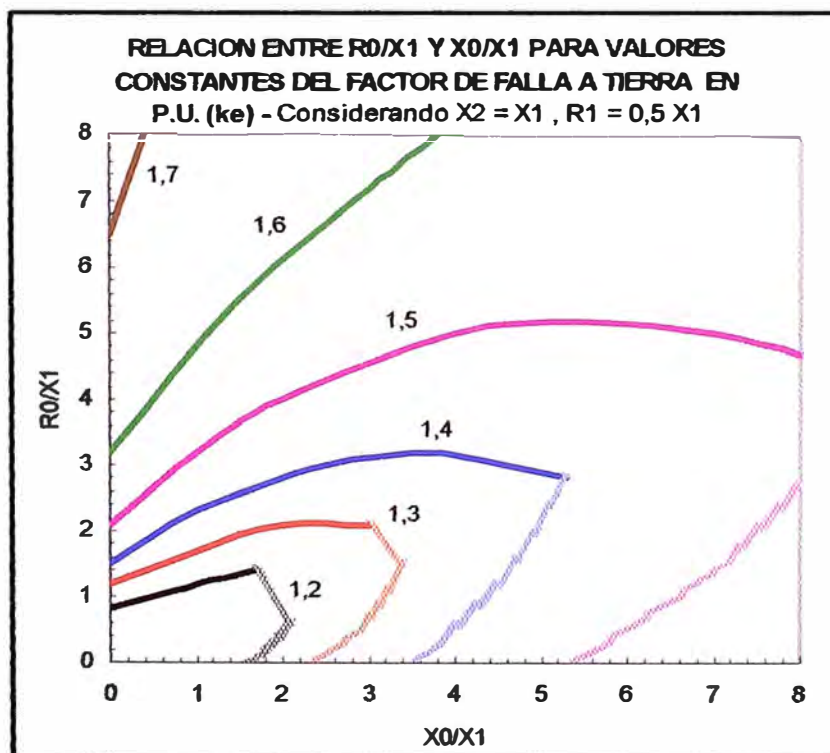
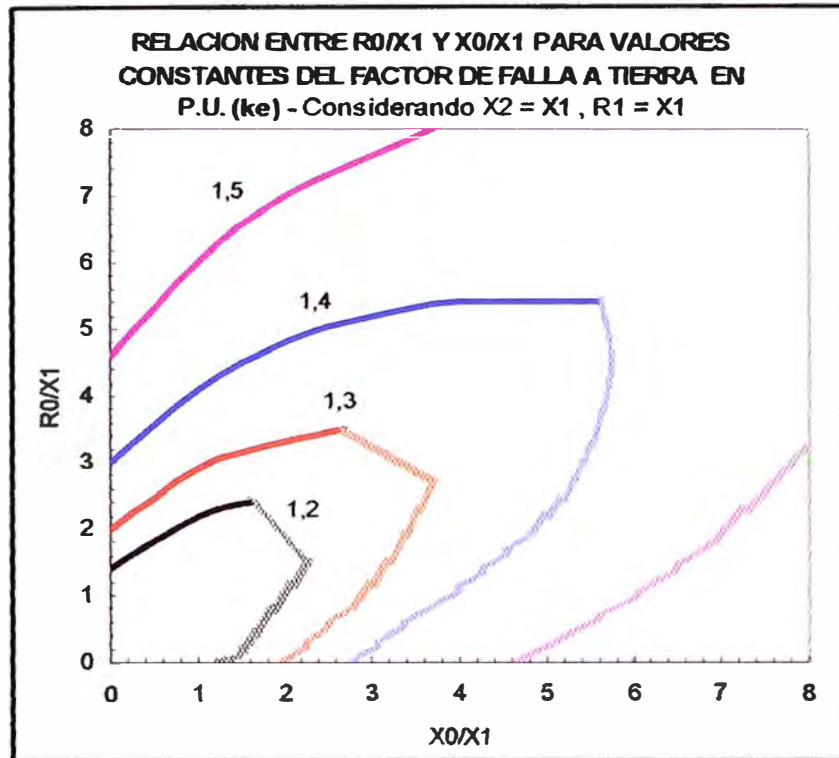


Fig. 3.2. Factor de falla a tierra (k_e), para $X2 = X1$, $R1 = 0,5 X1$



Asimismo, el tiempo de aclaramiento para fallas monofásicas a tierra, puede ser estimado de la siguiente manera:

- $t = 1 - 3$ s Para sistemas de alta tensión con neutro a tierra.
- $t = 3 - 10$ s Para sistemas de distribución con neutro a tierra.
- $t = 10$ s - 2 h Para sistemas con neutro aislado.

Es importante mencionar que generalmente los descargadores, no están orientados a brindar protección contra sobretensiones temporales (U_{tov}), pero deben diseñarse para soportar estas durante un tiempo determinado.

c) Tensión Asignada del Descargador (U_r)

Es la máxima tensión eficaz permisible a frecuencia industrial aplicada entre los terminales del descargador, para el cual debe operar correctamente bajo condiciones de sobretensiones temporales. Para determinar la tensión asignada del descargador (U_r) con la suficiente capacidad TOV requerida; se procede de la manera siguiente:

- Determinación de la Tensión Asignada Preliminar (U_{ro})

Se determina en función de la tensión máxima de operación continua (U_c ó MCOV), mediante la siguiente relación:

$$U_{ro} = \frac{U_c}{0,8} \quad (3.2)$$

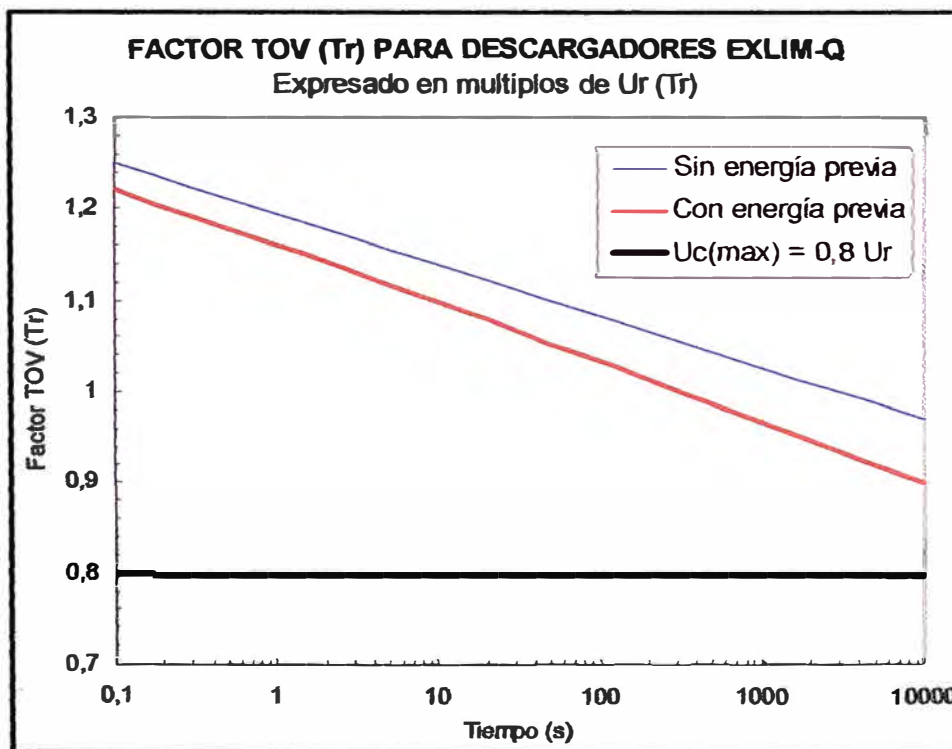
- Determinación de la Tensión Asignada Debido a Fallas Monofásicas a Tierra (U_{re})

Se determina en función de la máxima sobretensión temporal (U_{tov} ó TOV) debido a fallas monofásicas a tierra, mediante la siguiente relación:

$$U_{re} = \frac{U_{tov}}{Tr} \quad (3.3)$$

Donde Tr , es el factor de relación entre la máxima capacidad de sobretensión temporal (U_{tov} ó TOV) y la tensión asignada (U_r) del descargador, se expresa en múltiplos de U_r , y esta en función del tiempo de la eliminación de la sobretensión.

Como ejemplo, en la figura 3.4, se muestran las curvas del factor Tr para el descargador modelo EXLIM-Q de ABB, con y sin consideración de absorción de energía previa a la sobretensión temporal, es importante mencionar que estas curvas se generan mediante pruebas y pueden resultar diferentes para otros fabricantes.



* Energía previa = 4,5 kJ/kV (U_r)

Fig. 3.4. Factor TOV (Tr), para descargador modelo EXLIM-Q de ABB

Adicionalmente, considerando otras sobretensiones temporales que pudieran aparecer en el sistema TOV1, TOV2...TOVn, y procediendo de manera similar a lo descrito anteriormente, se determinan las tensiones asignadas U_{r1} , U_{r2} ,... U_{rn} , correspondientes.

Finalmente, la Tensión Asignada para el Descargador, será igual al mayor valor entre U_{ro} , U_{re} , U_{r1} , U_{r2} ,... U_{rn} , calculados anteriormente.

Una recomendación dada por los fabricantes, es aplicar al valor de la tensión asignada (U_r), un margen extra de 10% para tensiones máximas del sistema (U_s) menores ó iguales a 123 kV, y 5% para tensiones máximas del sistema (U_s) mayores a 123 kV, resultado con el cual se selecciona del catalogo del fabricante.

d) Capacidad de Disipación de Energía (W)

Es la máxima energía que un descargador esta en capacidad de disipar y se expresa en kiloJoules (kJ).

Para su determinación, se debe considerar el evento que genera la mayor energía, siendo el caso más común, las sobretensiones de maniobra originadas por la energización de una línea de transmisión en vacío con los descargadores instalados al final de la línea, como se muestra en la figura 3.5.

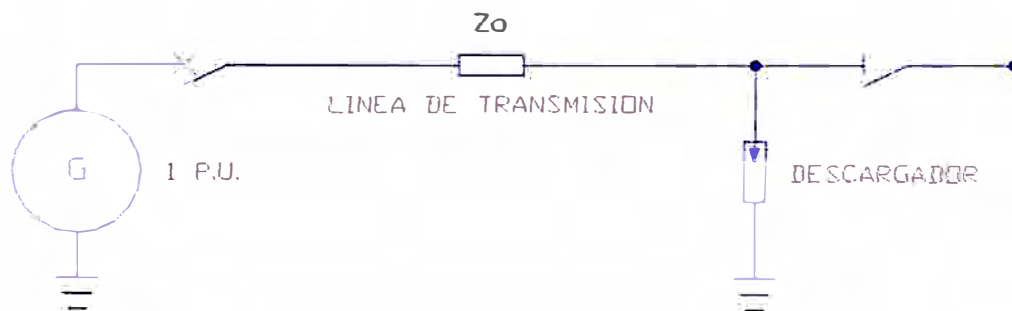


Fig. 3.5. Esquema de energización de una línea en vacío

Para este caso la energía a disipar por los descargadores se determina aproximadamente, aplicando la formula siguiente:

$$W = \frac{(U_L - U_{res})}{Z_0} \cdot U_{res} \cdot T \cdot n \quad (3.4)$$

Donde:

- **W:** Capacidad de disipación de energía, en kJ.
- **U_L:** Sobretensión esperada sin descargadores, en kV.
- **U_{res}:** Tensión residual del descargador al impulso tipo maniobra, en kV.
- **Z_o:** Impedancia característica de la línea, en Ohms.
- **T:** Tiempo de viaje de la onda de sobretensión, en us (l/v)
 - o **l:** Longitud de la línea, en km.
 - o **v:** Velocidad de propagación de la sobretensión, en km/us.
- **n:** Numero de descargas consecutivas, sin enfriamiento del descargador.

La norma IEC 60099-4 (2001) para facilidad del cálculo, presenta valores típicos de Z_o y U_L, que se muestran en la tabla N° 3.1.

TABLA N° 3.1

Valores típicos de impedancias características y sobretensiones
(Tabla extraída de la Norma IEC 60099-4 - 2001)

Tensión máxima del sistema Us (kV) - r.m.s.	Impedancia característica de la línea Z _o (Ohms)	Sobretensión esperada sin descargadores U _L (p.u.)
< 145	450	2,6
145 - 345	400	2,6
362 - 525	350	2,0
765	300	2,0

Si de la aplicación de la formula (3.4), se obtienen valores muy elevados, se deberá realizar un análisis mas detallado, mediante el uso de programas especializados en análisis de transitorios.

La norma IEC 60099-4, ha estandarizado la capacidad de disipación de energía en los descargadores por sobretensiones de maniobra, mediante el término clase de descarga de línea (Line discharge class), que se determina de la manera siguiente:

$$W' = \frac{W}{U_r} \quad (3.5)$$

Donde:

- W' : Energía específica de disipación, en kJ/kV.
- W : Capacidad de disipación de energía, en kJ.
- U_r : Tensión asignada del descargador, en kV

La selección de la clase de descarga de línea (Line discharge class) para el descargador, se determina de la figura 3.6, emplazando la energía específica de disipación (W') determinada con la relación (3.5) en el eje de las ordenadas y el cociente entre la Tensión residual del descargador al impulso de maniobra (U_{res}) y la tensión asignada del descargador (U_r), en el eje de las abscisas, seleccionando la línea de descarga estándar que se encuentra por encima del punto de encuentro de dichos valores.

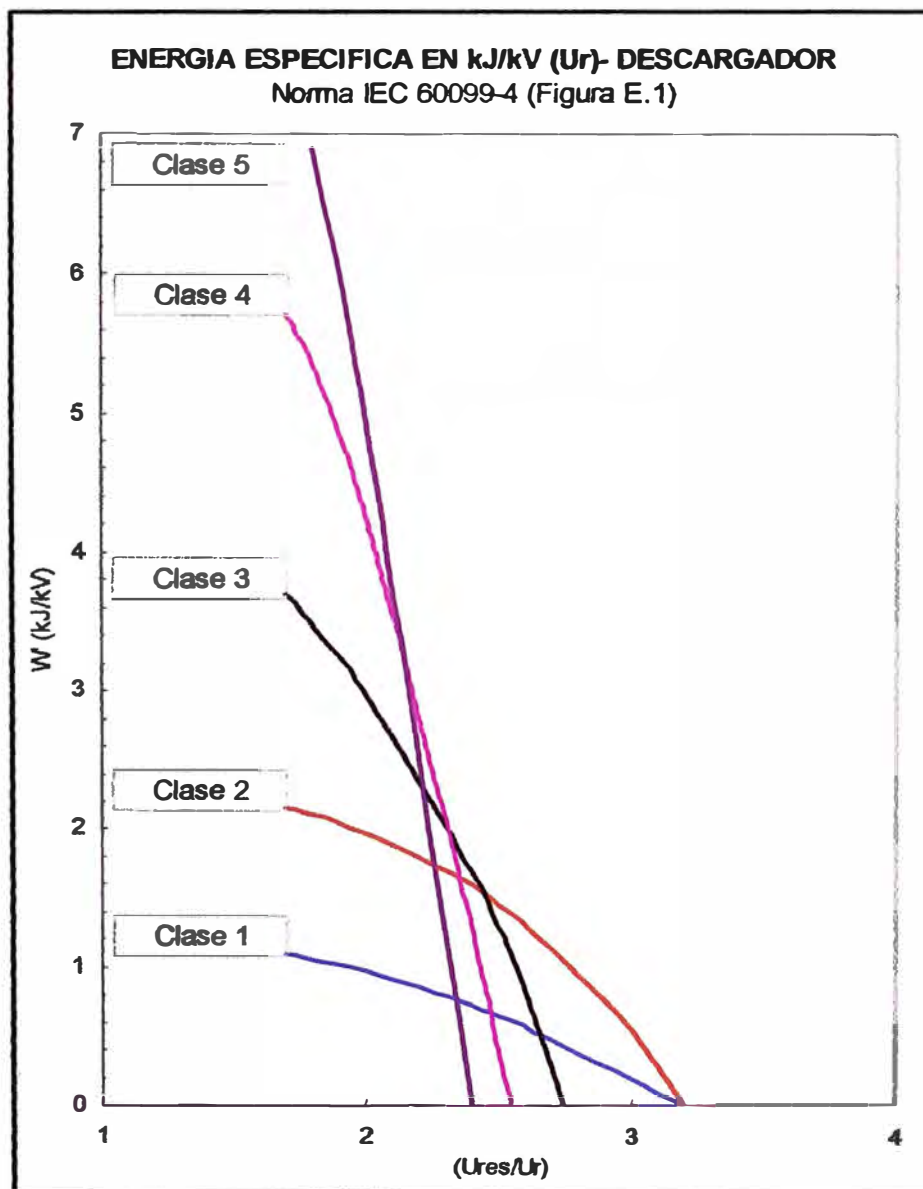


Fig. 3.6. Clase de descarga de línea (Line discharge class)

e) Corriente de Descarga (kAp)

Es el valor pico del impulso de corriente que puede fluir a través de un descargador, su determinación es complicada pero se puede estimar de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- Corriente de impulso tipo atmosférico (LIWL - Lightning Impulse Withstand Level)

Se representa por un impulso de corriente estándar de 8/20 us, y se determina de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA N° 3.2

Corriente de descarga (LIWL)
Para impulso de corriente 8/20 us

Tensión máxima del sistema Us (kV) - r.m.s.	Corriente de descarga kAp
< 420	10
420 - 550	15
550 - 800	20

Para el caso de un impulso de corriente de menor tiempo de frente, la tensión residual resultante puede incrementarse hasta un máximo de 10%.

- Corriente de impulso tipo maniobra (SILW - Switching Impulse Withstand Level)

Se representa por un impulso de corriente estándar de 30/60 us, y se determina de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA N° 3.3

Corriente de descarga (SIWL)
Para impulso de corriente 30/60 us

Tensión máxima del sistema Us (kV) - r.m.s.	Corriente de descarga kAp
< 145	0,5
145 - 362	1
420 - 800	2

Para el caso de un impulso de corriente de mayor tiempo de frente, la tensión residual no presenta variaciones considerables.

De las tablas anteriores se puede notar que la corriente de descarga, generalmente es definida por las corrientes de impulso tipo atmosférico.

3.2.3 Disposición de los Descargadores

En la determinación de los márgenes de protección de los descargadores, normalmente se considera que el descargador está instalado directamente en los terminales del equipo a proteger, pero generalmente, esto no es posible, pues en una subestación de potencia siempre hay una determinada distancia entre el descargador y el equipo a proteger.

La disposición de los descargadores, juega un papel importante ante la presencia de sobretensiones atmosféricas de origen cercano, pues a mayor longitud de conexión entre los descargadores y los terminales del equipo a proteger se reduce el margen de protección de los equipos, sometiéndolos a mayores sobretensiones; Una manera práctica de determinar la máxima distancia entre los descargadores y los terminales del equipo a proteger, se obtiene con la relación (3.6).

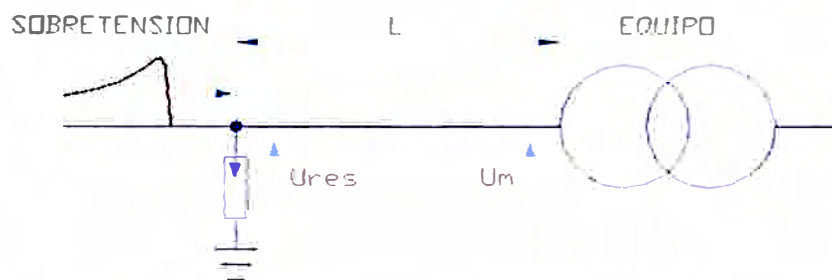


Fig. 3.7. Esquema de disposición de los descargadores

$$L = \frac{(U_{bil} - U_{res}) \cdot v}{2S} \quad (3.6)$$

Donde:

- L:** Distancia de protección, incluye la derivación al descargador, en m.
- U_{bil} :** Tensión de soportabilidad al impulso tipo atmosférico, en kVp
- U_{res} :** Tensión residual del descargador al impulso tipo atmosférico, en kVp.
- v:** Velocidad de propagación de la sobretensión, en m/us.
- S:** Pendiente del frente de onda, en kV/us.

3.3 Explosores de Brecha de Aire ó Cuernos de Descarga

3.3.1 Descripción

Los explosores de brecha de aire ó cuernos de descarga, son dispositivos de protección contra sobretensiones, conformados por dos electrodos apoyados en una columna aislante o aisladores de una cadena, uno de ellos instalado en el extremo energizado y el otro en el extremo conectado a tierra, separados entre ellos a una determinada distancia al aire libre.

Su operación consiste en iniciar un arco de descarga entre sus electrodos, ante la presencia de una sobretensión, disipando toda la energía generada por la sobretensión hacia tierra, siendo el gran inconveniente que en la mayoría de veces el arco no se extingue rápidamente, ocasionando que el interruptor actúe por falla a tierra o falla entre fases según sea el caso, interrumpiendo la continuidad del servicio; Una solución, para ello, es activar las funciones de recierre trifásico o monofásico de los dispositivos de protección.

El nivel de protección de los explosores es de baja precisión comparado con los descargadores de óxido metálico, y generalmente cuando las sobretensiones tienen un frente muy escarpado ($< 1 \mu s$) demora en originarse el arco de protección por descarga.

Se recomienda la aplicación de los explosores de brecha de aire, en líneas de distribución y de alta tensión, principalmente en zonas de gran intensidad de descargas atmosféricas, así también como respaldo de los descargadores.

El comportamiento de los explosores de brecha de aire, se ve influenciado por las características siguientes:

Separación entre electrodos.

Forma de los electrodos y su efecto de polarización.

Material de los electrodos.

Disposición de los electrodos, respecto de su soporte y superficies de aislamiento.

Proximidad a elementos puestos a tierra.

3.3.2 Selección y Ajuste de Explosores de Brecha de Aire

La selección de la configuración de los explosores de brecha de aire, se efectúa de acuerdo a la disposición de los aisladores, distancias mínimas de seguridad y distancia

del arco de protección a la superficie del aislador soporte, de tal manera que no se dañe la superficie aislante por fusión de los electrodos o calor generado por el arco entre ellos.

Para determinar el ajuste de los explosores de brecha de aire, se considera la metodología planteada en la referencia (2), tomando como dato el valor de la tensión de soportabilidad normalizada al impulso atmosférico exterior, del equipo a ser protegido, con el cual se procede de la manera siguiente:

- Se considera un margen de protección 20% menor respecto al valor de la tensión de soportabilidad normalizada al impulso atmosférico exterior, del equipo a ser protegido, que será la tensión de inicio del arco de protección.
- Se determina la longitud de la brecha de aire (d) y la distancia de separación a la superficie del aislador (e), a partir de las características experimentales (electrodos barra - barra) como se muestra en las figuras 3.8 y 3.9, en función a la tensión de inicio del arco de protección.

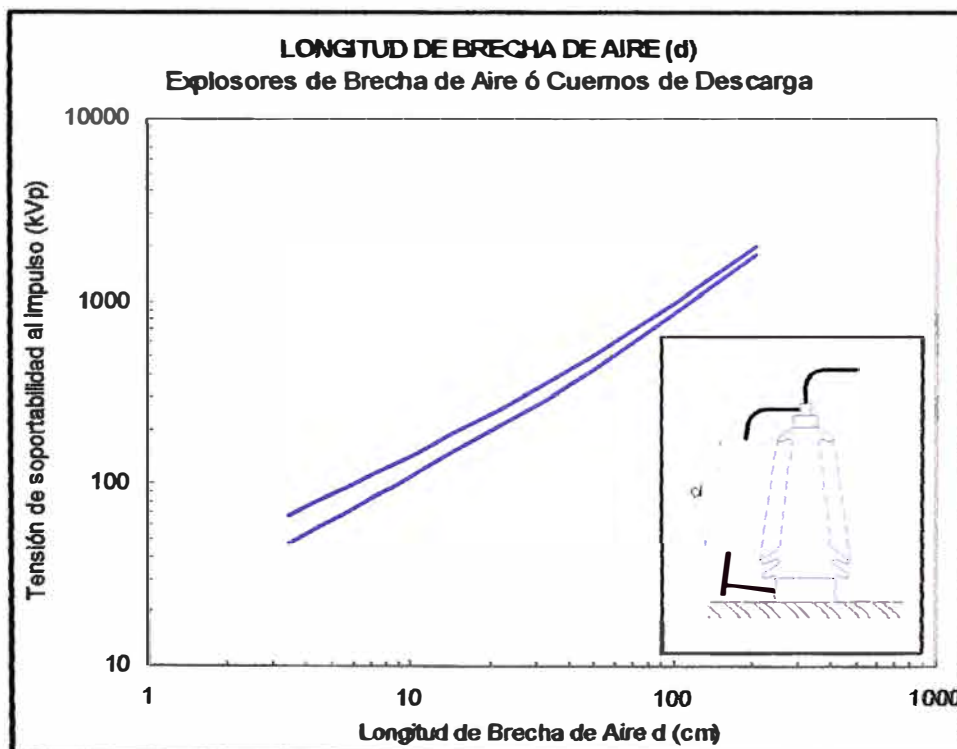


Fig. 3.8. Longitud de brecha de aire (d)

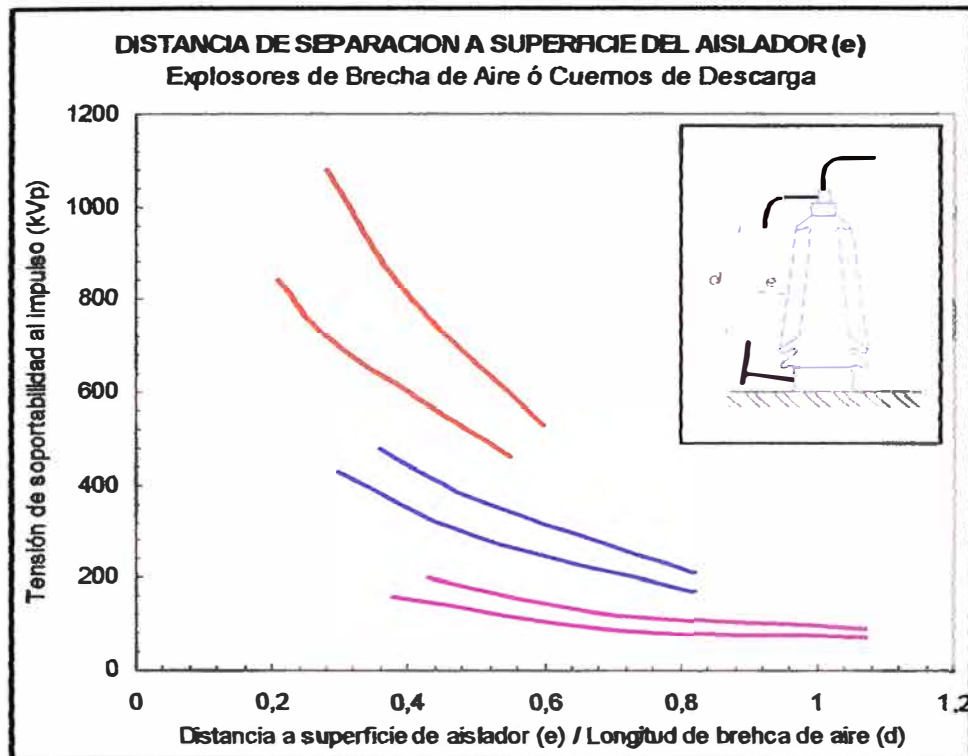


Fig. 3.9. Distancia de separación a superficie del aislador (e)

En caso de emplearse los explosores de brecha de aire, como respaldo de los descargadores (3), el margen de protección, será determinado en base al nivel de protección del descargador, de manera que no se inicie el arco de protección de los explosores, antes del 105% del nivel de protección contra sobretensiones de maniobra y atmosféricas de los descargadores en el 10% de las veces.

La norma IEC 71-A, presenta algunas configuraciones típicas de explosores con sus respectivas dimensiones que experimentalmente han presentado resultados satisfactorios, en caso de su aplicación se debe verificar el grado de protección de acuerdo a las condiciones locales, en las tablas N° 3.4 y 3.5 y la figura 3.10 se presenta lo mencionado.

TABLA N° 3.4

Distancias entre electrodos de explosores utilizadas en varias ciudades*
(Tabla extraída de la Norma IEC 60071-A - 1962)

Tensión máxima del sistema U_s (kV) - r.m.s.	Tension de soportabilidad al impulso de equipos a ser protegidos (kVp) - pico	Distancia entre electrodos (cm)		Configuración de explosores de brecha de aire
		normal	máximo	
36	170	12	15	D1
	200	-	-	-
52	250	22	27	A2
72,5	325	28	36	A3
100	450	46	55	A4, B1
123	450	-	-	-
	550	-	-	-
145	550	-	-	-
170	650	72	86	A5, B2, C1
	750	86	108	A5, B2, C1
245	900	108	128	A6, B3
	1050	130	150	A6, B3

* Los arreglos que se muestran son aplicados en las ciudades de Francia.

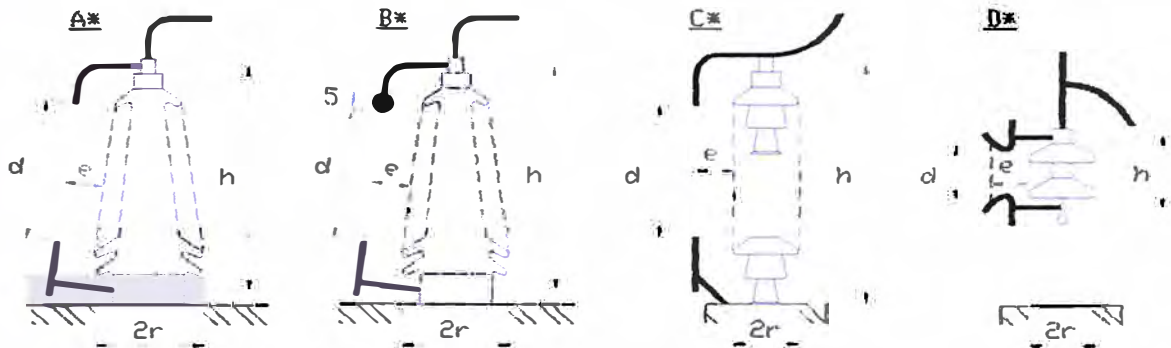


Fig. 3.10. Configuración de explosores de brecha de aire

TABLA N° 3.5**Dimensiones de configuraciones de explosores de brecha de aire**

(Tabla extraída de la Norma IEC 60071-A - 1962)

Configuración de explosores de brecha de aire	h (cm)	2r (cm)	e (cm)
A1	30	11	6
A2	95	30	18
A3	110	35	20
A4	135	42	25
A5	185	71	40
A6	245	80	60
B1	135	42	16
B2	185	71	20
B3	245	80	30
C1	156	44	50
C2	35	350	90
D1	20	15,5	5

3.3.3 Disposición de Explosores de Brecha de Aire

En subestaciones de potencia, se recomienda instalar los explosores de brecha de aire ó cuernos de descarga, en las cadenas de aisladores que reciben a las líneas de transmisión y en los terminales de los transformadores de potencia, de manera de presentar una segunda línea de defensa contra las sobretensiones impulsionales, después de los descargadores.

No es recomendable instalar explosores de brecha de aire, en los sistemas de barras, pues, ante un arco de descarga no extinguido rápidamente ocurre un cero de tensión y pueden actuar los dispositivos de protección, dejando todas las salidas fuera de servicio.

CAPÍTULO IV

MODELAMIENTO DE SOBRETENSIONES Y EQUIPOS

4.1 Introducción

Las sobretensiones impulsionales, por su crecimiento brusco y su corto tiempo de duración (us), al introducirse en una instalación eléctrica, pueden originar excesivas solicitaciones en los equipos, debido a la presencia de magnitudes transitorias de tensión y de corriente, ocasionando el contorneo a través del aire o perforación del aislamiento sólido que propicia la línea de fuga, y en caso de las sobrecorrientes originadas, daños debido a las excesivas fuerzas electrodinámicas de origen electromagnético y en algunos casos por el calor generado.

Debido a la característica transitoria de las sobretensiones impulsionales, el modelamiento matemático de la protección de los equipos se desarrolla también en régimen transitorio, empleando para ello, los componentes básicos: Resistencia, Inductancia y Capacitancia, definidos por las siguientes ecuaciones:

- **Resistencia (R):** La tensión a lo largo de un Resistor lineal invariable en el tiempo, es determinada por el producto de la corriente que fluye a través del resistor y su valor en ohms (Ω).

$$v(t) = R i(t) \tag{4.1}$$

- **Inductancia (L):** La tensión a lo largo de un Inductor lineal invariable en el tiempo, es determinada por el producto de la tasa de variación de la corriente respecto del tiempo que fluye a través del inductor y su valor en Henries (H).

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt} \tag{4.2}$$

- **Capacitancia (C):** La corriente a través de un Capacitor lineal invariable en el tiempo, es determinada por el producto de la tasa de variación de la tensión respecto del tiempo en los terminales del capacitor y su valor en Faradays (F).

$$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt} \quad (4.3)$$

Para mayor facilidad del cálculo analítico de las simulaciones en régimen transitorio, se empleara el programa modelador ATP-EMTP (Alternative Transient Program – Electro Magnetic Transient Program), que esta orientado al análisis de transitorios, y posee una amplia gama de librerías, así como elementos básicos para el modelamiento de las sobretensiones impulsionales, equipos y dispositivos de protección.

4.2 Modelamiento Matemático de Sobretensiones Impulsionales

Para el modelamiento matemático de las sobretensiones impulsionales (4, 5), se tienen varias funciones según el tipo de análisis a efectuar, siendo los principales modelos: los de Dos Exponenciales, el de Heidler, el de Standler y el de la CIGRE, los mismos que se detallan a continuación.

4.2.1 Modelo Matemático de los Dos Exponenciales

Está conformado por la diferencia de dos funciones exponenciales y es definido por la siguiente expresión básica:

$$E(t) = k \cdot (e^{at} - e^{bt}) \quad (4.4)$$

Donde:

- E(t) : Tensión en Volts, en función del tiempo t.
- k : Constante, no representa el valor pico de la onda.
- a : Coeficiente negativo, caracteriza la pendiente de bajada de la onda.
- b : Coeficiente negativo, caracteriza la pendiente de subida de la onda.

Su aplicación se recomienda en el modelamiento de ondas de duración relativamente larga, debido a que la derivada para el inicio de la función es mayor que cero.

4.2.2 Modelo Matemático de Heidler

Está definido por la siguiente expresión:

$$h(t) = k \frac{(t/\tau)^n}{1 + (t/\tau)^n} \cdot e^{-t/d} \quad (4.5)$$

Donde:

- h(t): Tensión en Volts, en función del tiempo t.
- k : Constante, no representa el valor pico de la onda.

- τ : Duración del frente de onda en segundos.
- n : Coeficiente, caracteriza la rapidez de crecimiento de la onda.
- d : Duración de la onda en segundos, considerado desde 0 hasta que la cola alcanza el 37% del valor pico de la onda.

Su aplicación se recomienda en el modelamiento de ondas de corta duración, debido a que la derivada para el inicio de la función es igual a cero.

4.2.3 Modelo Matemático de Standler

Está definido por la siguiente expresión:

$$s(t) = k \left(\frac{t}{\tau} \right)^n e^{-t/\tau} \quad (4.6)$$

Donde:

- $s(t)$: Tensión en Volts, en función del tiempo t .
- k : Constante, no representa el valor pico de la onda.
- τ : Duración de la cola de la onda en segundos.
- n : Coeficiente, caracteriza la rapidez de crecimiento de la onda.

Su aplicación es recomendable en el modelamiento de ondas de corta duración, debido a que la derivada para el inicio de la función es igual a cero, pero su aplicación mayormente es en el campo de la electrónica.

4.2.4 Modelo Matemático de CIGRE

Está definido por la siguiente expresión:

$$C1(t) = at + bt^n \quad t \leq t_{90} \quad (4.7)$$

$$C2(t) = ce^{-(t-t_{90})/\tau_1} - de^{-(t-t_{90})/\tau_2} \quad t > t_{90} \quad (4.8)$$

Donde:

- $C(t)$: Tensión en Volts, en función del tiempo t .
- a, b : Constantes.
- n : Coeficiente, caracteriza la rapidez de crecimiento de la onda.
- t_{90} : Tiempo del frente hasta el 90% del valor pico de la onda en segundos.
- c, d : Constantes.
- τ_1, τ_2 : Constantes de tiempo en segundos.

Su aplicación es recomendable en el modelamiento de ondas impulsionales de larga y corta duración, debido a su alta precisión respecto a los anteriores, pues provee amplitudes correctas de la onda y toma en cuenta la máxima pendiente que se presenta cerca del valor pico (t_{90}).

4.3 Modelamiento Matemático de Líneas de Transmisión y Cables de Energía

4.3.1 Deducción del Modelamiento Matemático

El modelamiento matemático de una línea de transmisión en general (6), sometida a una onda de sobretensión impulsional, es de característica transitoria; Para la deducción de su modelamiento, la línea se representa como una sucesión continua de pequeños incrementos uniformes de inductancias en serie y capacitancias a tierra, como se muestra en la figura siguiente:

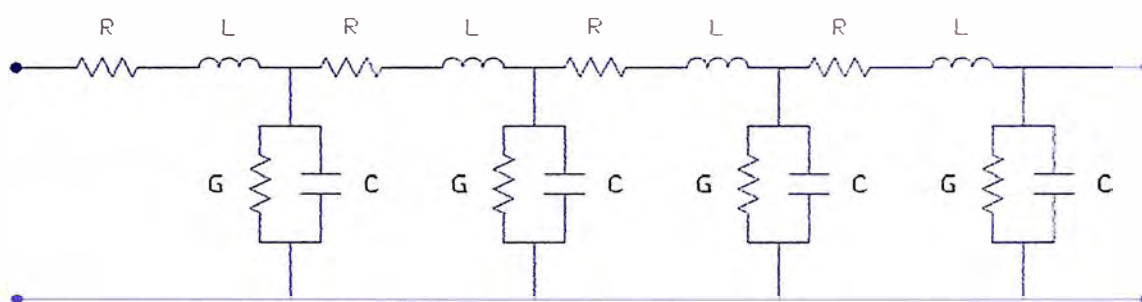


Fig. 4.1. Modelamiento de una línea de transmisión

Seleccionando un pequeño diferencial de la línea, se plantean las ecuaciones de caída de tensión y variación de corriente entre los puntos de entrada y de salida del diferencial de línea, respectivamente:

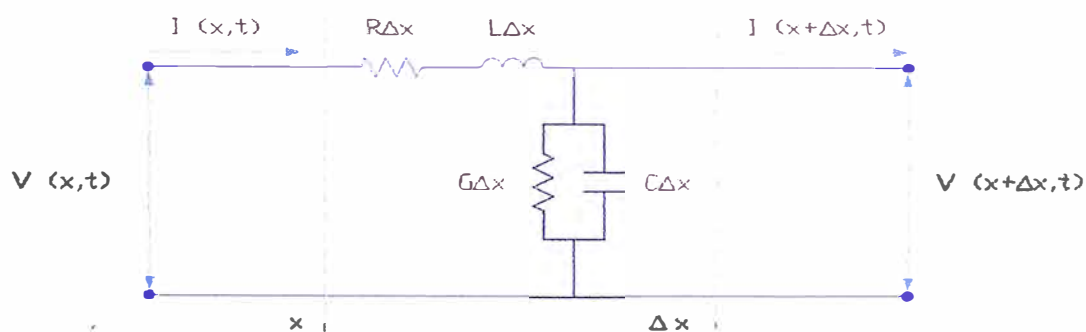


Fig. 4.2. Diferencial de línea de transmisión

$$V(x,t) - V(x + \Delta x, t) = \Delta x RI(x,t) + \Delta x L \frac{dI(x,t)}{dt} \quad (4.9)$$

$$I(x,t) - I(x + \Delta x, t) = \Delta x GV(x + \Delta x, t) + \Delta x C \frac{dV(x + \Delta x, t)}{dt} \quad (4.10)$$

Al dividir las ecuaciones (4.9) y (4.10) entre Δx , y aplicar el límite cuando $\Delta x \rightarrow 0$, se tienen las derivadas parciales siguientes:

$$-\frac{\partial V(x,t)}{\partial x} = RI(x,t) + L \frac{dI(x,t)}{dt} \quad (4.11)$$

$$-\frac{\partial I(x,t)}{\partial x} = GV(x,t) + C \frac{dV(x,t)}{dt} \quad (4.12)$$

Aplicando la transformada de Laplace a las ecuaciones (4.11) y (4.12), y considerando todas las condiciones iniciales igual a cero, se tiene:

$$-\frac{\partial V(x,S)}{\partial x} = (R + SL)I(x,S) \quad (4.13)$$

$$-\frac{\partial I(x,S)}{\partial x} = (G + SC)V(x,S) \quad (4.14)$$

Aplicando una segunda derivada parcial respecto de x , se tiene:

$$\frac{\partial^2 V(x,S)}{\partial x^2} = -(R + SL) \frac{\partial I(x,S)}{\partial x} = (R + SL)(G + SC)V(x,S) \quad (4.15)$$

$$\frac{\partial^2 I(x,S)}{\partial x^2} = -(G + SC) \frac{\partial V(x,S)}{\partial x} = (G + SC)(R + SL)I(x,S) \quad (4.16)$$

Reemplazando: $\gamma = \sqrt{(R + SL)(G + SC)}$ (4.17)

Las ecuaciones (4.15) y (4.16) se expresan de la siguiente manera:

$$\frac{\partial^2 V(x,S)}{\partial x^2} = \gamma^2 V(x,S) \quad (4.18)$$

$$\frac{\partial^2 I(x,S)}{\partial x^2} = \gamma^2 I(x,S) \quad (4.19)$$

Entonces, la solución de las ecuaciones diferenciales de segundo grado, tendrán la siguiente forma:

$$V(x,S) = Ae^{\gamma x} + Be^{-\gamma x} \quad (4.20)$$

$$I(x,S) = Ce^{\gamma x} + De^{-\gamma x} \quad (4.21)$$

Remplazando las ecuaciones (4.20) y (4.21) en las ecuaciones anteriores, y efectuando igualdades entre ellas, se tiene que las ecuaciones de caída de tensión y variación de corriente equivalen a:

$$V(x,S) = Ae^{\gamma x} + Be^{-\gamma x} \quad (4.22)$$

$$I(x,S) = -Y_0Ae^{\gamma x} + Y_0Be^{-\gamma x} \quad (4.23)$$

Donde el valor de Y_0 , es igual a:

$$Y_0 = \sqrt{\frac{G+SC}{R+SL}} \quad (4.24)$$

Para determinar los valores A y B de las ecuaciones (4.22) y (4.23), se determinan los valores de las tensiones y corrientes en los extremos de la línea:

Para $x=0$,

$$V(0,S) = A + B \quad (4.25)$$

Para $x=d$,

$$V(d,S) = Ae^{\gamma d} + (V(0,S) - A)e^{-\gamma d} \quad (4.26)$$

$$I(d,S) = -Y_0Ae^{\gamma d} + Y_0(V(0,S) - A)e^{-\gamma d} \quad (4.27)$$

Definiendo, la impedancia de la línea hasta el valor d , como el cociente entre la tensión y la corriente, se tiene:

$$Z_0(d,S) = \frac{V(d,S)}{I(d,S)} \quad (4.28)$$

Entonces el valor de A, en función de la impedancia de la línea $Z_0(d,S)$ es definida por:

$$A = \frac{V(d,S)e^{-\gamma d}}{\left(\frac{Z_0(d,S)Y_0+1}{Z_0(d,S)Y_0-1}\right)e^{\gamma d} - e^{-\gamma d}} \quad (4.29)$$

Tomando en consideración que la línea de transmisión es de **longitud semi-infinita** ($d \rightarrow \infty$), entonces $A=0$, por lo tanto, las ecuaciones de tensión y variación de corriente serán:

$$V(x,S) = V(0,S)e^{-\gamma x} \quad (4.30)$$

$$I(x,S) = Y_0 V(0,S)e^{-\gamma x} \quad (4.31)$$

Luego, considerando que la línea de transmisión **no presenta distorsión**, se cumple que:

$$\frac{L}{R} = \frac{C}{G} \quad (4.32)$$

Entonces reemplazando la relación (4.32), en los valores de γ y Y_0 , se tiene:

$$\gamma = \sqrt{LC} \left(S + \frac{R}{L} \right) \quad (4.33)$$

$$Y_0 = \sqrt{\frac{C}{L}} \quad (4.34)$$

Reemplazando estos últimos valores (4.33) y (4.34), en las ecuaciones (4.30) y (4.31) y luego, aplicando la transformada inversa de Laplace, se tiene:

$$V(x,t) = e^{-\sqrt{LC} \frac{R}{L} x} (V(0,t) - x\sqrt{LC}) \quad (4.35)$$

$$I(x,t) = \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-\sqrt{LC} \frac{R}{L} x} (V(0,t) - x\sqrt{LC}) \quad (4.36)$$

Entonces, las ecuaciones (4.35) y (4.36), en función del dominio del tiempo, finalmente tendrán la forma siguiente:

- Onda de tensión (Volts):

$$V(x,t) = \alpha \left(V(0,t) - \frac{x}{u} \right) \quad (4.37)$$

- Onda de corriente (Amps):

$$I(x,t) = \alpha \left(V(0,t) - \frac{x}{u} \right) \frac{1}{Z_0} \quad (4.38)$$

Identificando como:

- **Velocidad de propagación de la onda (m/s):**

$$u = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (4.39)$$

- **Impedancia característica de la línea (Ohms):**

$$Z_0 = \frac{1}{Y_0} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (4.40)$$

- **Coefficiente de atenuación:**

$$\alpha = e^{-\frac{R}{Z_0}x} \quad (4.41)$$

Donde:

- R = Resistencia por unidad de longitud en Ohms/m.
- L = Inductancia por unidad de longitud en Henries/m.
- C = Capacitancia por unidad de longitud en Faradays/m.

4.3.2 Parámetros Eléctricos de Líneas de Transmisión y Cables de Energía

De acuerdo a las ecuaciones deducidas en el ítem anterior, la línea en estado transitorio se modela por su impedancia característica Z_0 , que es determinada por los parámetros eléctricos de la línea L y C (inductancia y capacitancia), que se definen a continuación:

- **Inductancia (L)**

Parámetro eléctrico que indica el enlace de flujo magnético por intensidad de corriente que se presenta en un conductor, y se expresa por unidad de longitud en Henries por metro (H/m), siendo determinada la inductancia en una de las fases por la siguiente expresión:

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln\left(\frac{DMG}{r_{mg}}\right) \quad (4.42)$$

Donde:

- L = Inductancia por unidad de longitud en Henries /m.
- DMG = Diámetro Medio Geométrico en m.
- R_{mg} = Radio medio geométrico en m.

- Capacitancia (C)

Parámetro eléctrico que indica la carga eléctrica por nivel de tensión que se presenta en un conductor, y se expresa por unidad de longitud en faradays por metro (F/m), siendo determinada la capacitancia entre una de las fases y neutro por la siguiente expresión:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot 10^{-9}}{18 \cdot \ln\left(\frac{DMG}{rmg}\right)} \quad (4.43)$$

Donde:

- C = Capacitancia por unidad de longitud en Faradays /m.
- ε = Permitividad relativa del medio aislante,
 - o Para el aire seco, en caso de las líneas de transmisión aéreas:
 $\varepsilon = 1$.
 - o Para material aislante, en el caso de cables de energía aislados:
 $\varepsilon = 3,5$ a 4 .
- DMG = Diámetro Medio Geométrico en m.
- Rmg = Radio medio geométrico en m.

4.3.3 Modelamiento Matemático de Líneas de Transmisión Aéreas

En resumen, el modelo matemático de una línea de transmisión aérea, sometida a ondas de característica transitoria, será representado en base a la impedancia característica (Z_0) y a la velocidad de la propagación de la onda (u), que se muestran a continuación:

- Impedancia característica (Z_0)

Reemplazando las ecuaciones (4.42) y (4.43) en la ecuación (4.40), se tiene:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = 60 \ln\left(\frac{DMG}{rmg}\right) \text{ Ohms} \quad (4.44)$$

- Velocidad de propagación de onda (u)

Reemplazando las ecuaciones (4.42) y (4.43) en la ecuación (4.39), se tiene:

$$u = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (4.45)$$

4.3.4 Modelamiento Matemático de Cables de Energía Aislados

Así también, el modelo matemático de un cable de energía aislado, sometido a ondas de característica transitoria, será representado en base a la impedancia característica (Z_0) y a la velocidad de la propagación de la onda (u), que se muestran a continuación:

- Impedancia característica (Z_0)

Reemplazando las ecuaciones (4.42) y (4.43) en la ecuación (4.40), se tiene:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = 60 \ln\left(\frac{DMG}{rmg}\right) \frac{1}{\sqrt{\epsilon}} \text{ Ohms} \quad (4.46)$$

- Velocidad de propagación de la onda (u)

Reemplazando las ecuaciones (4.42) y (4.43) en la ecuación (4.39), se tiene:

$$u = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{\epsilon}} \text{ m/s} \quad (4.47)$$

De las ecuaciones anteriores, se puede notar que el valor de la permitividad relativa del medio aislante (ϵ), influye de manera inversa sobre los valores de la impedancia característica y la velocidad de propagación de la onda electromagnética a través del medio aislante.

4.4 Modelamiento Matemático de Transformadores de Potencia

En régimen transitorio, el modelamiento matemático de los transformadores de potencia es representado por su capacitancia a tierra, cuyo valor varía de 1 a 6 nF, considerando un valor promedio de 2 nF (7).

En la figura 4.3, para mayor precisión, se muestran valores típicos correspondientes a la capacitancia de salida respecto a tierra de los devanados de los transformadores, en función a la capacidad de potencia aparente por fase, y a la tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo atmosférico ó también denominado BIL - Basic lightning impulse level (8).

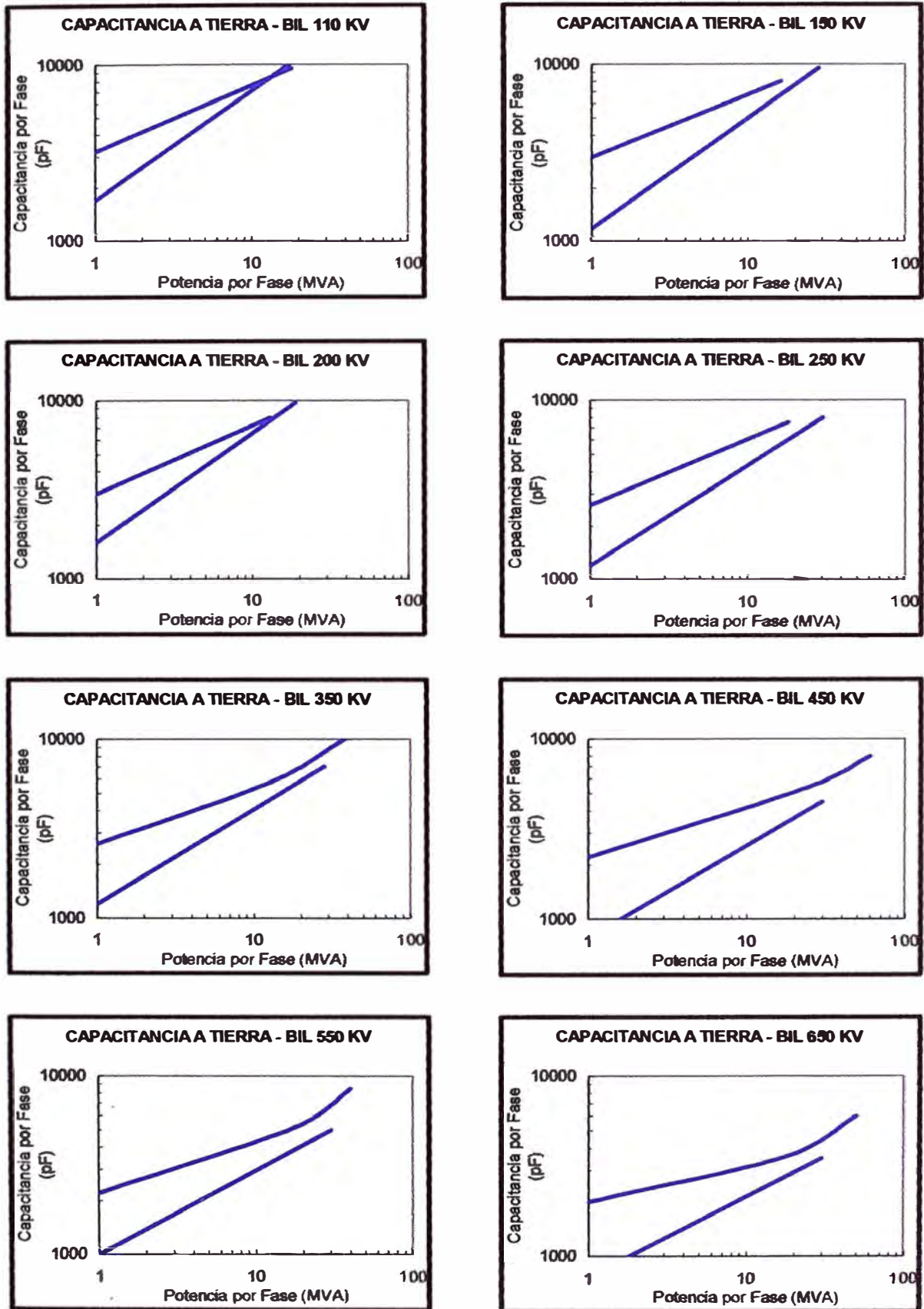


Fig. 4.3. Valores típicos de capacitancia a tierra de devanados de transformadores
(Tabla extraída del IEEE Std 399-1997 - Brown book)

4.5 Modelamiento Matemático de Transformadores de Tensión y de Corriente

En régimen transitorio, el modelamiento matemático de los transformadores de tensión y de corriente, es representado por su capacitancia a tierra, en la tabla N° 4.1, se presentan valores típicos de capacitancias de salida de los transformadores de tensión y corriente, en función a la tensión máxima del equipo (8).

TABLA N° 4.1

**Capacitancia de transformadores de tensión y corriente
Devanado primario a tierra y secundario con terminales
en cortocircuito y a tierra**

(Tabla extraída del IEEE Std 399-1997 - Brown book)

Tensión máxima del equipo (kV)	Rango de capacitancia (pF)		
	Transformadores de tensión		Transformadores de corriente
	Línea - Línea	Línea - Neutro	
15	260	-	-
25	250 - 440	270 - 800	180 - 260
34,5	310 - 440	270 - 900	160 - 250
46	350 - 430	300 - 970	170 - 220
69	360 - 440	340 - 1300	170 - 260
115	470 - 520	480 - 610	210 - 320
138	490 - 550	530 - 660	-
161	510 - 580	510 - 700	310 - 380
196	-	580 - 820	330 - 390
230	600 - 680	600 - 810	350 - 420
345	-	920	-

4.6 Modelamiento Matemático de Interruptores y Seccionadores

En régimen transitorio, el modelamiento matemático de los interruptores y seccionadores, es representado por su capacitancia a tierra, despreciándose al igual que los equipos anteriores su componente resistiva, en la tabla N° 4.2, se presentan valores típicos de capacitancias de los interruptores y seccionadores, según su estado abierto o cerrado, y en función a la tensión máxima del sistema (9).

TABLA N° 4.2
Capacitancia efectiva de interruptores y seccionadores
 (Tabla extraída del IEEE Std C37.011-1994).

Descripción del equipo	Tensión máxima del sistema (kV)	Capacitancia (pF)*	
		Abierto	Cerrado
Interruptor de instalación exterior, tipo tanque vivo, con medio de extinción de arco en: aire comprimido, aceite, gas SF6 o vacío	15 - 72,5	20 - 50	40 - 100
Seccionador de instalación exterior		20 - 60	30 - 100
Interruptor de instalación exterior, tipo tanque vivo, con medio de extinción de arco en: aire comprimido, aceite, gas SF6 o vacío	72,5 - 800	25 - 150	50 - 250
Seccionador de instalación exterior		30 - 130	60 - 200

*Los valores mas altos de capacitancia, están asociados a los valores mas altos de tensión.

4.7 Modelamiento Matemático de Sistema de Barras

En régimen transitorio, el modelamiento matemático del sistema de barras será similar al modelamiento de las líneas de transmisión aéreas, mostrado en el ítem 4.3.

4.8 Modelamiento Matemático de Descargadores de Oxido de Zinc (ZnO)

Los Descargadores de Oxido de Zinc (ZnO), son dispositivos de protección contra sobretensiones, que se caracterizan por presentar una resistencia extremadamente elevada durante condiciones normales de operación, y una resistencia muy baja durante la presencia de sobretensiones, para el modelamiento matemático de su comportamiento de característica no lineal V-I, se tienen varias funciones, según la exactitud y el tipo de análisis a efectuar, siendo los principales modelos: el de Resistencia no lineal, de la IEEE, el de Pinceti y el de Fernández.

4.8.1 Modelo Matemático de Resistencia no Lineal

Es representado por una resistencia de característica no lineal (10), definida por la siguiente expresión exponencial:

$$i = P \left(\frac{v}{V_{ref}} \right)^q \quad (4.48)$$

Donde:

- i : Intensidad de corriente en Ampers.
- v : Tensión en Volts.
- V_{ref} : Tensión de referencia en Volts.
- p, q : Constantes que definen la característica no lineal V-I; A manera de ejemplo en la figura 4.4, se muestran las características de protección V-I en p.u., tomando como base el valor pico de la tensión residual medido en el descargador, durante la descarga de una onda de corriente de 8/20 μ s de 10 kA.

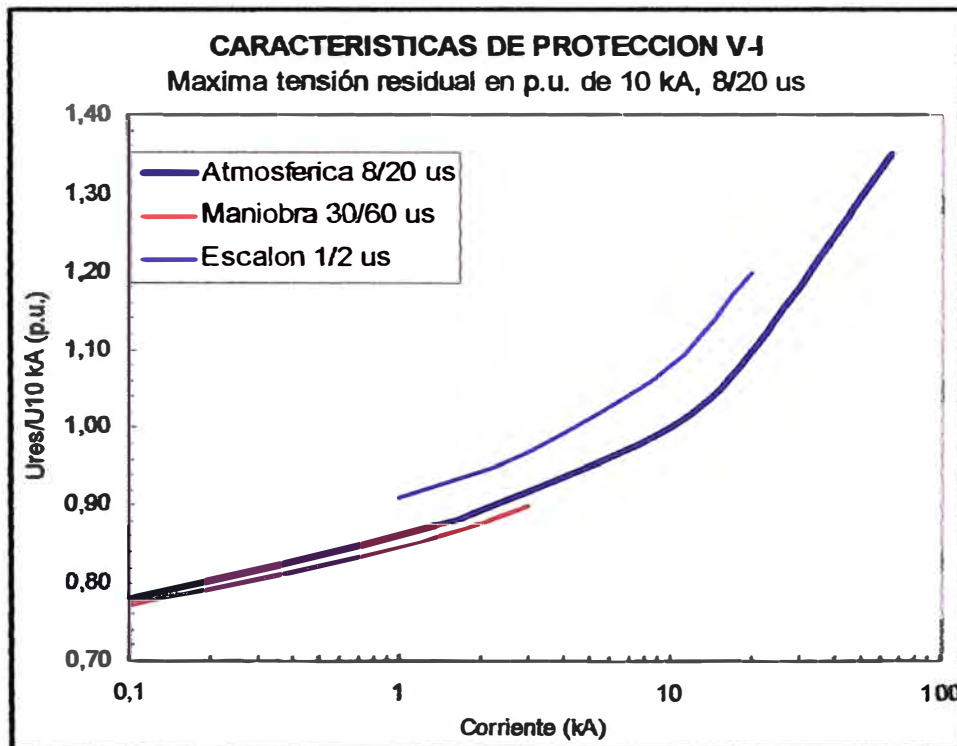


Fig. 4.4. Característica de protección V-I

Su aplicación se recomienda solamente en el modelamiento de sobretensiones de frente relativamente lento, debido a su característica puramente resistiva que no logra reproducir los efectos dinámicos de histéresis del descargador.

4.8.2 Modelo Matemático del IEEE

Modelo definido por el Grupo de Trabajo 3.4.11 del IEEE (11), que consiste en un circuito compuesto de dos resistencias de característica no lineal, denominadas A0 y A1, precedidos por dos filtros R-L, como se muestra en la figura siguiente:

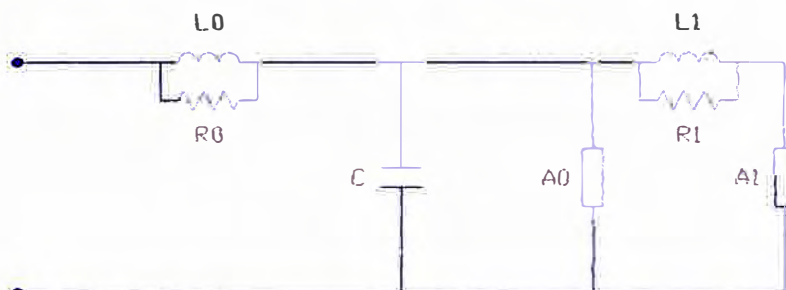


Fig. 4.5. Modelo IEEE del descargador

Donde, los parámetros se determinan en función a la altura estimada del descargador (d) en metros, y el número de columnas de bloques de Oxido metálico en paralelo en el descargador (n), de la manera siguiente:

- L0: Inductancia asociada al campo magnético exterior al descargador – $0,2d/n$ en microHenries.
- R0: Resistencia empleada para evitar la inestabilidad numérica en las simulaciones con programas computarizados – $100d/n$ en Ohms.
- C: Capacitancia entre terminales del descargador – $100n/d$ en picoFaradays.
- L1: $15d/n$ en microHenries.
- R1: $65d/n$ en Ohms.
- A0, A1: Resistencias no lineales con característica V-I, definidas en la figura 4.6 en p.u., tomando como base el cociente del valor pico de la tensión residual medido en el descargador, durante la descarga de una onda de corriente de $8/20$ us de 10 kA y el factor 1,6.

El modelo IEEE para simulaciones de sobretensiones se comporta de dos maneras, para sobretensiones de frente relativamente lento, el valor de la impedancia de los filtros R-L es muy bajo, que se puede considerar a A0 y A1 en paralelo. Para sobretensiones de frente rápido, el valor de la impedancia de los filtros R-L se hace más significativo, forzándose a la corriente a circular en mayor proporción por la resistencia A0, obteniéndose mayores tensiones entre sus terminales.

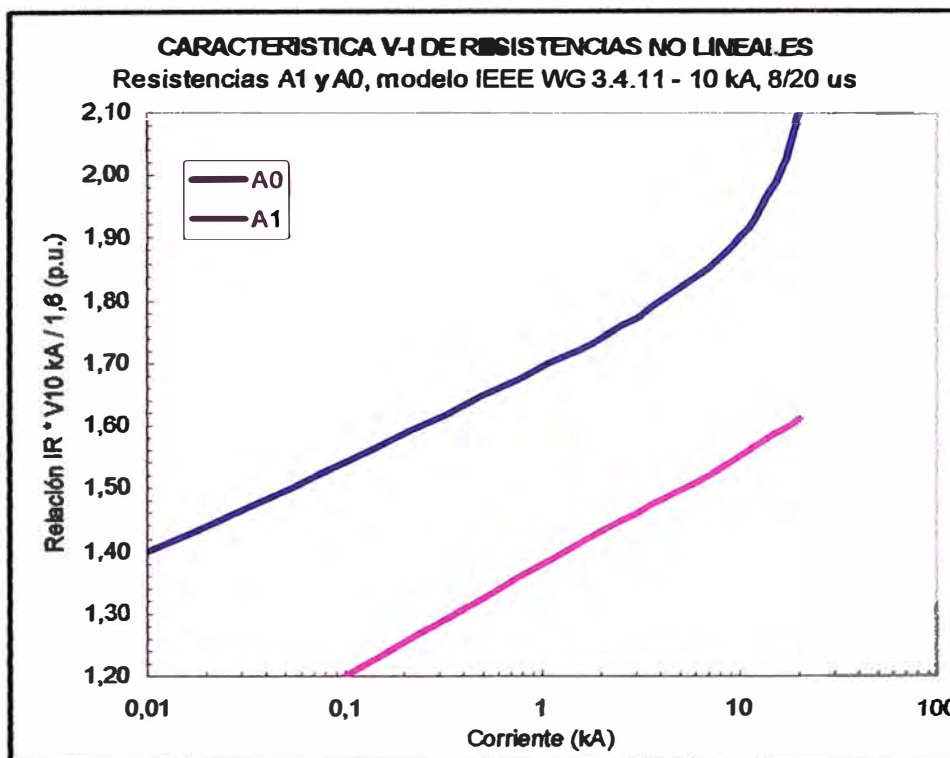


Fig. 4.6. Característica V-I de resistencias no lineales

Su aplicación se recomienda para el modelamiento de sobretensiones atmosféricas y de maniobras, con tiempos de frente de onda de 0,5 a 45 us, con una precisión dentro del 5%, además logra reproducir los efectos dinámicos de histéresis del descargador.

4.8.3 Modelo Matemático de Pinceti

Modelo definido por el Ph. D. Paolo Pinceti (12), es una simplificación del modelo IEEE, donde se elimina la capacitancia C debido a su poca influencia, y se reemplazan las dos resistencias de los filtros R-L, por una sola entre los terminales de entrada, para evitar la inestabilidad numérica en las simulaciones con programas computarizados, el modelo se presenta en la figura siguiente:

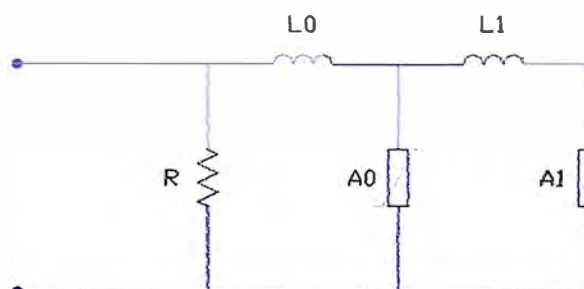


Fig. 4.7. Modelo de Pinceti del descargador

Donde, a diferencia del modelo IEEE, los parámetros son deducidos en función a sus características eléctricas, de la siguiente manera:

$$- L0 = \frac{1}{12} \cdot \frac{V_{r1/T2} - V_{r8/20}}{V_{r8/20}} \cdot Vn \text{ (uH)} \quad (4.49)$$

$$- L1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{V_{r1/T2} - V_{r8/20}}{V_{r8/20}} \cdot Vn \text{ (uH)} \quad (4.50)$$

- R0: Resistencia empleada para evitar la inestabilidad numérica en las simulaciones con programas computarizados, igual a 1 Mohm.
- Vn: Tensión nominal del descargador.
- $V_{r8/20}$: Tensión residual para un onda de corriente 8/20 us de 10 kA.
- $V_{r1/T2}$: Tensión residual para una onda de corriente rápida de 1/T2 us de 10 kA.
- A0, A1: Resistencias no lineales de características V-I, definidas en la figura 4.8 en p.u., tomando como base el valor pico de la tensión residual medido en el descargador, durante la descarga de una onda de corriente de 8/20 us de 10 kA.

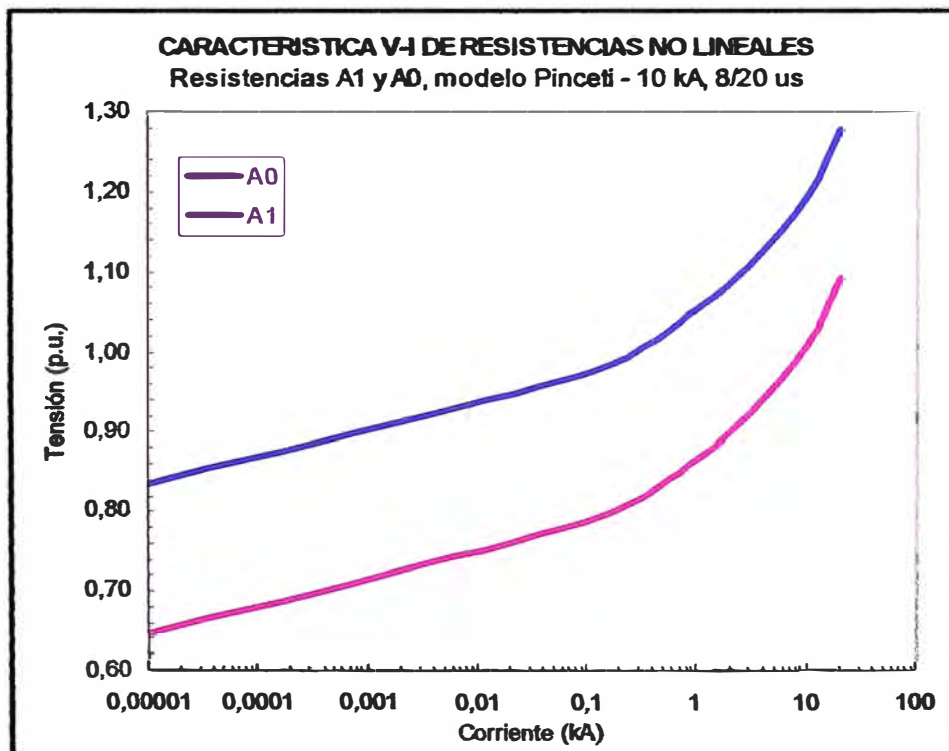


Fig. 4.8. Característica V-I de resistencias no lineales

Su aplicación se recomienda para el modelamiento de sobretensiones atmosféricas y de maniobras, con tiempos de frente de onda de 1 a 30 μs , con una precisión dentro del 4,5%, obteniéndose mayor precisión para tiempos de frente menores a 8 μs , además logra reproducir los efectos dinámicos de histéresis del descargador.

4.8.4 Modelo Matemático de Fernández

Modelo definido por el Ph. D. F. Fernández (13), es una simplificación del modelo IEEE, donde se elimina la inductancia L_0 debido a su poca influencia, y se reemplazan las dos resistencias de los filtros R-L, por una sola entre los terminales de entrada, para evitar la inestabilidad numérica en las simulaciones con programas computarizados, el modelo se presenta en la figura siguiente:

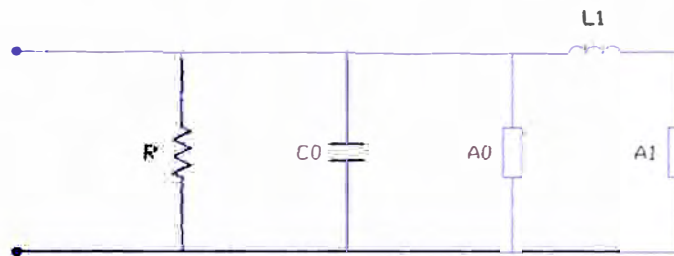


Fig. 4.9 Modelo de Fernandez del descargador

Donde:

- A_0, A_1 : Resistencias no lineales con característica V-I, definidos la tensión por las tensiones residuales durante la descarga de una onda de corriente de 8/20 μs , y las corrientes por las relaciones:

$$I_{8/20} = I_0 + I_1 \text{ e } I_0 / I_1 = 0,02. \quad (4.51)$$

- R : Resistencia empleada para evitar la inestabilidad numérica en las simulaciones con programas computarizados, igual a 1 y 10 Mohms, para descargadores de media y alta tensión, respectivamente.
- C_0 : Capacitancia entre terminales del descargador – $100/d$ en picroFaradays, donde d es la altura total del descargador en metros.
- L_1 : $n L_1'$ (microHenries).

- n : Factor de escala,
$$n = \frac{U_{In,8/20} \text{ Descargador}}{U_{In,8/20} \text{ Bloque } 1kV} \quad (4.52)$$

- L_1' : Inductancia de un bloque de oxido metálico, definido por las figuras 4.10 y 4.11, en función al tiempo de frente de onda y su incremento de tensión residual correspondiente (ΔU_{res}), donde:

$$\Delta U_{res} = \frac{U_{In,71} - U_{In,8/20}}{U_{In,8/20}} \cdot 100 \% \quad (4.53)$$

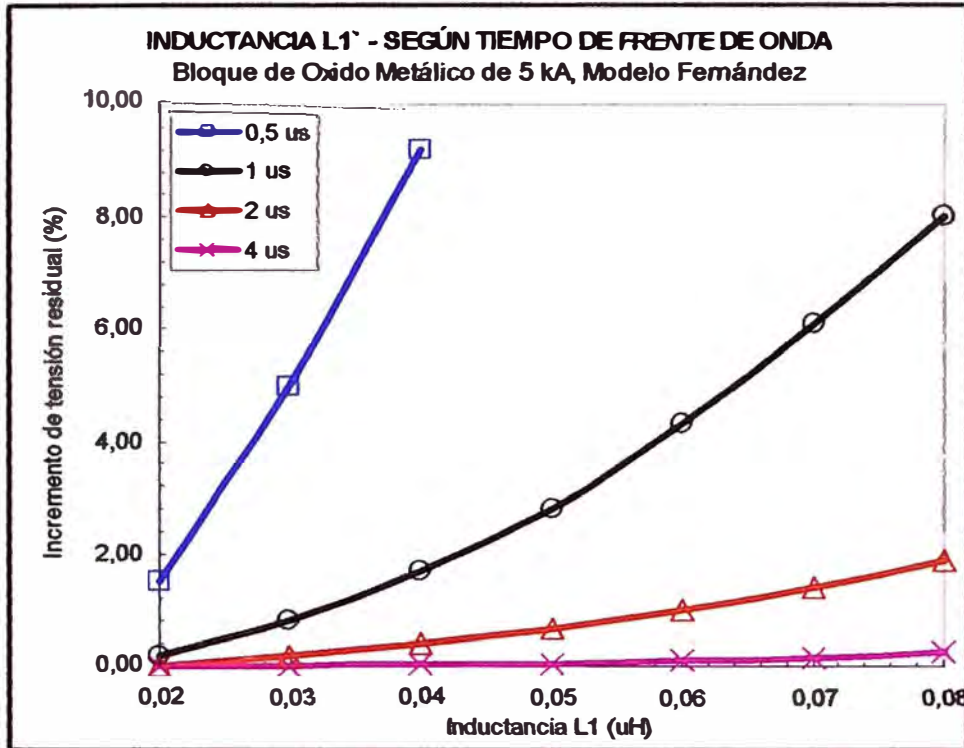


Fig. 4.10. Inductancia L1' para bloque de 5 kA

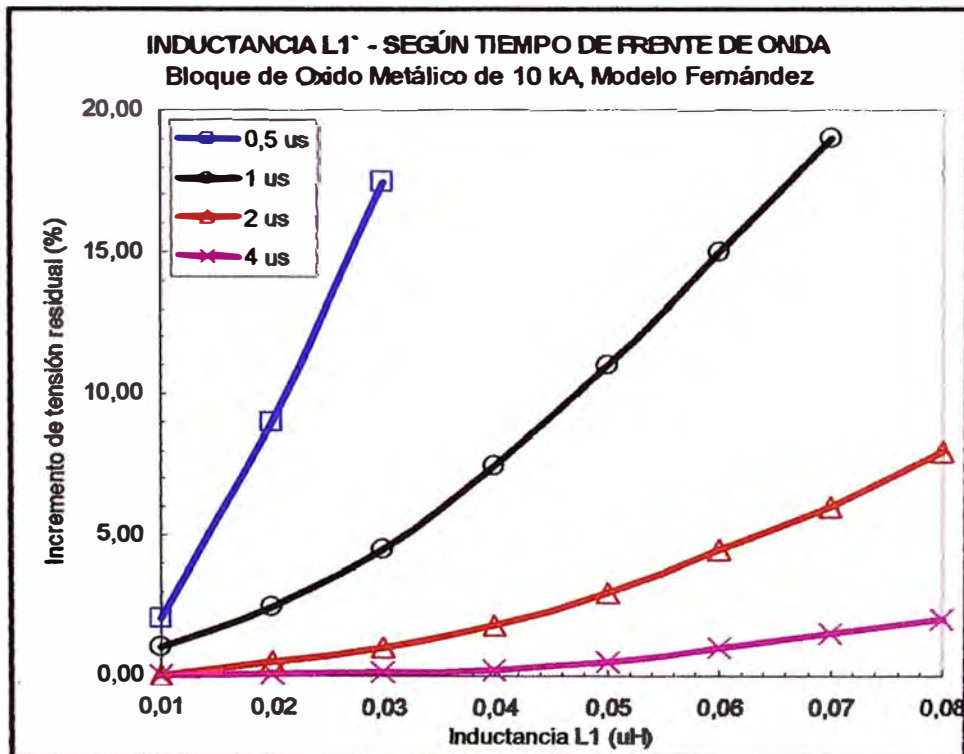


Fig. 4.11. Inductancia L1' para bloque de 10 kA

Su aplicación se recomienda para el modelamiento de sobretensiones atmosféricas y de maniobras, con tiempos de frente de onda de 1 a 8 μ s, con una precisión dentro del 1,7%, además logra reproducir los efectos dinámicos de histéresis del descargador.

4.9 Modelamiento Matemático de Explosores de Brecha de Aire

Los Explosores de brecha de aire, son dispositivos de protección contra sobretensiones, que consisten en dos electrodos separados por una determinada brecha de aire, su operación se caracteriza por iniciar un arco de descarga entre sus electrodos, ante la presencia de una sobretensión determinada; Para el modelamiento matemático de su operación se emplea un contacto normalmente abierto, con orden de cierre definido por el nivel de tensión entre sus terminales (10).



Fig. 4.12. Modelo de explosor de brecha de aire

Donde:

- e : Tensión instantánea de fase respecto de tierra, en Volts.
- e_0 : Tensión de inicio de arco de descarga, en Volts, cuando el valor absoluto de e es mayor que e_0 , se ordena el cierre del interruptor.

CAPÍTULO V

EJEMPLOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES IMPULSIONALES EN SUBESTACIONES DE POTENCIA

5.1 Criterios de Protección Contra Sobretensiones Impulsionales

Para la aplicación de los equipos de protección contra sobretensiones impulsionales, es importante tener en cuenta los criterios siguientes:

En subestaciones de potencia donde se requiera alta confiabilidad del suministro eléctrico y/o se tengan equipos de elevado costo, se instalarán preferentemente descargadores.

En subestaciones de potencia donde se dispongan interruptores con la función de recierre, y que se encuentran en zonas de baja intensidad de descargas atmosféricas (Nivel ceraunico: $T_d < 15$ días de tormentas al año) y/o de bajos niveles de sobretensión de maniobra (menores a 1,5 p.u.), se pueden emplear explosores de brecha de aire, como la alternativa más económica en comparación con los descargadores.

En una subestación de potencia, se debe priorizar la protección contra las sobretensiones de los equipos más costosos, entre ellos: los transformadores de potencia, las inductancias, los bancos de capacitores, los compensadores estáticos, los interruptores de potencia y los transformadores de instrumentación, instalando a proximidad de ellos los equipos de protección.

En subestaciones de potencia, donde la probabilidad de descargas atmosféricas en las líneas de transmisión asociadas es muy alta, se recomienda instalar descargadores en las entradas de las líneas de transmisión.

En subestaciones de potencia, donde se cuenten con líneas de transmisión normalmente desenergizadas en condiciones de reserva (stand-by), se recomienda instalar descargadores antes del seccionamiento de línea.

Para la protección de los transformadores de potencia, contra sobretensiones atmosféricas, se recomienda instalar descargadores, lo más cerca posible a los bornes de todos los bobinados, para evitar así la disminución del nivel de protección, por la longitud de conexión, idénticamente se hará en otros equipos a proteger.

Para la protección contra sobretensiones de maniobra, se puede despreciar el efecto de la longitud de conexión, debido a que dichas sobretensiones tienen la característica de frente lento (tiempo de frente, entre 20 a 5000 us), siendo su distribución, casi igual en cualquier punto dentro de la subestación.

En Subestaciones donde la probabilidad de sobretensiones atmosféricas es elevada, se recomienda instalar dos líneas de defensa, siendo la primera, conformada por los descargadores, y la segunda conformada por los explosores de brecha de aire ó cuernos de descarga.

5.2 Ejemplo 1: Proyecto Ampliación de Subestación Carhuaquero 220 kV

5.2.1 Descripción General del Proyecto

La Subestación Carhuaquero, es una subestación de maniobra conformada por equipos del tipo convencional y de instalación a la intemperie; Se ubica en la provincia de Chota, del Departamento de Cajamarca, a una altitud de 400 m.s.n.m. Ver el Plano N° EE-01-001 – “Ampliación Subestación Carhuaquero – Ubicación Geográfica” del Anexo A.

La Subestación Carhuaquero, forma parte del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) de 220 kV, se conecta a las subestaciones Chiclayo Oeste, Carhuaquero (de propiedad de Adinelsa) y la central hidroeléctrica Carhuaquero, siendo de gran importancia, pues a través de ella se despacha energía de la central al Sistema eléctrico. Ver el Plano N° EE-01-002 – “Ampliación Subestación Carhuaquero – Diagrama Unifilar General” del Anexo A.

El proyecto de “Ampliación de la Subestación Carhuaquero”, consiste en la construcción de un nuevo modulo de transformación de 18/27 MVA (ONAN/ONAF) - 220/10 kV, que se conectara al sistema de barras principal de la subestación Carhuaquero 220 kV, para el despacho de la energía generada por las nuevas Centrales Hidroeléctricas San Carlos de 5,5 MW y Carhuaquero 4 de 12 MW, hacia el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

5.2.2 Características Eléctricas

La Subestación Carhuaquero 220 kV, tiene las siguientes características eléctricas:

Tensión nominal del sistema (U_n):	220 kV
Tensión máxima del sistema (U_s):	231 kV (5% $\times U_n$)
Tensión máxima de los equipos (U_m):	245 kV

Nivel de aislamiento nominal:

- Tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo atmosférico:
1050 kVp
- Tensión de soportabilidad normalizada de corta duración a frecuencia industrial:
460 kV

Conexión del neutro: Directamente a tierra

Parámetros del sistema:

- Resistencia de secuencia cero (R0): 0,00289 p.u.
- Reactancia de secuencia cero (X0): 0,05086 p.u.
- Resistencia de secuencia positiva (R1): 0,00679 p.u.
- Reactancia de secuencia positiva (X1): 0,13358 p.u.

En los planos N° EE-01-003 – “Ampliación Subestación Carhuaquero – Diagrama Unifilar 220 kV” y N° EE-01-004 – “Ampliación Subestación Carhuaquero – Diagrama Unifilar 10 kV” del Anexo A, se muestran las características eléctricas de los equipos existentes y proyectados.

5.2.3 Instalaciones Existentes

La subestación Carhuaquero 220 kV, es de configuración simple barra y cuenta con cinco módulos de salida de línea:

Salida a Subestación Chiclayo Oeste 220 kV (L-240)

Salida a Subestación Carhuaquero de Adinelsa 220 kV

Salida a Central Hidroeléctrica Carhuaquero 220 kV (Unidad N° 1)

Salida a Central Hidroeléctrica Carhuaquero 220 kV (Unidad N° 2)

Salida a Central Hidroeléctrica Carhuaquero 220 kV (Unidad N° 3)

El módulo de salida a la Subestación Chiclayo Oeste 220 kV (L-240), esta conformado ordenadamente por los siguientes equipos:

Tres (03) Descargadores de ZnO, 180 kV, 10 kA, Clase 3.

Tres (03) Transformadores de tensión unipolar capacitivos, $220:\sqrt{3} / 0,10:\sqrt{3} / 0,10:\sqrt{3}$, 100 VA - 3P, 100 VA – clase 0,5, 1050 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de línea tripolar, 245 kV, 1600 A, 1050 kVp (BIL).

Tres (03) Transformadores de corriente unipolar, 300-600/1/1/1/1 A, 3 x 50 VA – 5P20, 50 VA – clase 0,5, 1050 kVp (BIL).

Un (01) Interruptor de potencia uni-tripolar, 245 kV, 2000 A, 31,5 kA, 1050 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de barra tripolar, 245 kV, 1600 A, 1050 kVp (BIL).

El módulo de Salida a Subestación Carhuaquero de Adinelsa 220 kV, esta conformado ordenadamente por los siguientes equipos:

Tres (03) Transformadores de tensión unipolar capacitivos, $220:\sqrt{3} / 0,10:\sqrt{3} / 0,10$, 50 VA - 3P, 50 VA – clase 0,2, 1050 kVp (BIL).

Tres (03) Transformadores de corriente unipolar, 100-200/1/1/1 A, 2 x 30 VA – 5P20, 30 VA – clase 0,2, 1050 kVp (BIL).

Un (01) Interruptor de potencia uni-tripolar, 245 kV, 4000 A, 31,5 kA, 1050 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de barra tripolar, 245 kV, 1600 A, 1050 kVp (BIL).

Los tres módulos de salida a la Central Hidroeléctrica Carhuaquero 220 kV, están conformados ordenadamente por los siguientes equipos:

Tres (03) Transformadores de tensión unipolar capacitivos, $220:\sqrt{3} / 0,10:\sqrt{3} / 0,10:\sqrt{3}$, 100 VA - 3P, 100 VA – clase 0,5, 1050 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de línea tripolar, 245 kV, 1600 A, 1050 kVp (BIL).

Tres (03) Transformadores de corriente unipolar, 100-200/1/1 A, 2 x 60 VA – 5P20, 1050 kVp (BIL).

Un (01) Interruptor de potencia tripolar, 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de barra tripolar, 245 kV, 1600 A, 1050 kVp (BIL).

Adicionalmente, en el sistema de barras, se encuentra instalado un (01) Transformador de tensión unipolar capacitivo, $220:\sqrt{3} / 0,10:\sqrt{3} / 0,10:\sqrt{3}$, 100 VA - 3P, 100 VA – clase 0,5, 1050 kVp (BIL).

5.2.4 Instalaciones Proyectadas

El módulo de transformación de 220/10 kV proyectado, estará conformado ordenadamente por los siguientes equipos:

Un (01) Transformador de potencia trifásico, 18/27 MVA (ONAN/ONAF), $220 \pm 2x2,5\% / 10$ kV, YNd11, 1050/460 kVp (BIL), 10,3% Vcc, con transformadores de corriente integrados en los aisladores pasatapas de 220 kV, 100/1/1 A, 2 x 10 VA – 10P30.

Un (01) Interruptor de potencia uni-tripolar, 245 kV, 2500 A, 40 kA, 1050 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de barra tripolar, 245 kV, 1600 A, 1050 kVp (BIL).

En los planos N° EE-01-005 - "Ampliación Subestación Carhuaquero – Disposición de Equipos – Planta" y N° EE-01-006 – "Ampliación Subestación Carhuaquero – Disposición de Equipos – Secciones" del Anexo A, se muestra la disposición de los equipos existentes y proyectados.

5.2.5 Protección Contra Sobretensiones Impulsionales

a) Fundamento

La Subestación Carhuaquero, se encuentra ubicada en una zona donde el nivel ceraunico es nulo, asimismo, eléctricamente se encuentra bastante alejada de las instalaciones expuestas a descargas atmosféricas, entre ellas la S.E. Cajamarca Norte, aproximadamente a 400 km, resultando remota la posibilidad de sobretensiones atmosféricas.

No obstante, debido a que la tensión de operación de la subestación Carhuaquero, es elevada, es probable que ante una maniobra de energización de la línea de transmisión Chidayo Oeste – Carhuaquero 220 kV en vacío, se puedan presentar sobretensiones de maniobra, para lo cual, actualmente se disponen de descargadores a la llegada de la línea.

Otro caso más severo, se da cuando se energiza además de la línea de transmisión, al transformador de potencia en vacío, originando altas sobretensiones en los terminales del transformador, para lo cual es recomendable prever equipos de protección contra sobretensiones en el módulo de transformación, además del instalado en el módulo de salida, de manera de garantizar un respaldo y eliminar la dependencia de protección contra sobretensiones entre ambos módulos.

Debido a la importancia de la instalación proyectada, se recomienda la instalación de descargadores de Oxido de Zinc (ZnO), debido a su gran precisión en la tensión de encendido y su mínimo tiempo de retardo en la reducción de las sobretensiones.

b) Selección del descargador

De acuerdo a la metodología desarrollada en el Capítulo III, se procede a determinar los parámetros de selección del descargador.

b.1) Tensión Máxima de Operación Continua (Uc ó MCOV)

De las características eléctricas indicadas en el capítulo 5.2.2, se tiene que la tensión máxima del sistema (Us) es igual a 231 kV, entonces:

$$- \quad U_c \geq 231/\sqrt{3} = 133,37 \text{ kV}$$

b.2) Sobretensión Temporal (UtoV ó TOV)

Las fallas monofásicas a tierra, son la causa más común de las sobretensiones temporales y para su determinación se consideran los parámetros eléctricos indicados en el capítulo 5.2.2, obteniéndose los valores siguientes:

$$- \quad R_0/X_1 = 0,00289/0,13358 = 0,0216$$

$$- \quad X_0/X_1 = 0,05086/0,13358 = 0,3807$$

Emplazando estos valores, en el gráfico N° 3.1, dado que el valor de R1 es cercano a cero, se tiene que el factor de falla a tierra (ke) será aproximadamente 1,2 p.u.

Entonces, reemplazando los valores de (Us) y (ke) en la relación (3.1), se tiene que el valor de las sobretensiones temporales (UtoV), debidas a fallas monofásicas a tierra, estará en el orden de:

$$- \quad U_{toV} = 231 \times 1,2/\sqrt{3} = 160,04 \text{ kV}$$

Asimismo, dado que el neutro del sistema es de conexión directamente a tierra, y la subestación dispone de equipos de protección de sobrecorriente a tierra, se puede estimar que el tiempo de aclaramiento de las fallas monofásicas a tierra estará muy por debajo de 1 s.

b.3) Tensión Asignada del Descargador (Ur)**- Determinación de la Tensión Asignada Preliminar (Uro)**

Reemplazando el valor de la tensión máxima de operación continua (Uc) en la relación (3.2), se tiene:

$$- \quad U_{ro} = 133,37/0,8 = 166,71 \text{ kV}$$

- Determinación de la Tensión Asignada Debido a Fallas Monofásicas a Tierra (Ure)

Considerando 1 s, como tiempo máximo de aclaramiento de las fallas monofásicas a tierra; de las curvas del factor Tr para el descargador modelo EXLIM-Q de ABB (ver Anexo E), se tiene que el factor Tr considerando una absorción de energía previa de 4,5 kJ/kV, es igual a 1,16; Entonces, evaluando la relación (3.3), se tiene:

$$U_{re} = 160,04/1,16 = 137,97 \text{ kV}$$

Finalmente, aplicando un margen extra del 5% al máximo valor de las tensiones Uro y Ure, se tiene que la tensión asignada del descargador (Ur), es:

$$U_r = 1,05 \times 166,71 = 175,05 \text{ kV}$$

Del catálogo de descargadores modelo EXLIM-Q de ABB (ver Anexo E), se selecciona el descargador con tensión asignada (Ur) estándar igual a 180 kV.

b.4) Capacidad de Disipación de Energía (W)

Para determinar la capacidad de disipación de energía del descargador, se considera el evento que genera la mayor energía, siendo el caso más común, las sobretensiones de maniobra originadas por la energización de una línea de transmisión en vacío con los descargadores instalados al final de la línea; Teóricamente, este valor se puede determinar con la fórmula (3.4), considerando los valores siguientes:

- Sobretensión esperada sin descargadores (U_L), de tabla N° 3.1: 346,8 kV
- Tensión residual del descargador al impulso de maniobra (U_{res}),
 Seleccionado de catálogo para onda de corriente 30/60 us, 0,5 kA: 346 kVp
- Impedancia característica de la línea (Z_0), de tabla N° 3.1: 400 Ohm
- Tiempo de viaje de la onda de sobretensión, en us (l/v): 277 us
- Longitud de la línea (l): 83 km
- Velocidad de propagación de la sobretensión (v): 0,3 km/us
- Descargas consecutivas, sin enfriamiento del descargador: 1

Entonces, reemplazando los valores anteriores en la formula (3.4), se determina la capacidad de disipación de energía del descargador (W):

$$- \quad W = 181,3 \text{ kJ}$$

Dado que la tensión asignada del descargador (U_r) es 180 kV, al aplicar la relación (3.5) se obtiene que la energía de disipación específica (W') es:

$$- \quad W' = 181,3 / 180 = 1 \text{ kJ/kV}$$

Asimismo, dado que la tensión residual del descargador al impulso de maniobra (U_{res}) es 346 kVp, se tiene:

$$- \quad U_{res}/U_r = 346 / 180 = 1,92$$

Entonces, de la figura 3.6, se tiene que la clase de descarga de línea (Line discharge class) requerida es Clase 1, como mínimo.

b.5) Corriente de Descarga (kA)

Su determinación es complicada, pero se puede estimar de acuerdo a las tablas N° 3.1 y 3.2, obteniéndose los siguientes valores:

- Corriente de impulso tipo atmosférico (onda de corriente 8/20): 10 kAp
- Corriente de impulso tipo maniobra (onda de corriente 30/60): 1 kAp

Siendo, generalmente definido por las corrientes de impulso tipo atmosférico.

Finalmente, con los parámetros obtenidos se procede a seleccionar el descargador de los catálogos del fabricante. Para el presente informe, se ha empleado el catalogo del descargador modelo EXLIM-Q de ABB, que se muestra en el Anexo E, de donde se ha seleccionado el descargador con las siguientes características:

- Tensión máxima del equipo (U_m): 245 kV
- Tensión asignada del descargador (U_r): 180 kV
- Tensión máxima de operación continua (U_c): 144 kV
- Capacidad de sobretensión temporal, para 1 s (U_{tov}): 208 kV

Clase de descarga de línea:	3 (Según IEC).
Corriente de descarga:	10 kAp
Máxima tensión residual (Ures) con onda de corriente 30/60 us:	
○ 0,5 kA	346 kVp
○ 1 kA	357 kVp
○ 2 kA	371 kVp
Máxima tensión residual (Ures) con onda de corriente 8/20 us:	
○ 5 kA	402 kVp
○ 10 kA	423 kVp
○ 20 kA	466 kVp
○ 40 kA	521 kVp
Altura del descargador:	2,565 m
Tensión de soportabilidad al impulso atmosférico:	1266 kVp (1,2/50 us)
Tensión de soportabilidad a frecuencia industrial:	610 kV (60 s)

c) Disposición de los Descargadores

Los descargadores, tienen la función de proteger a todo el equipamiento del módulo proyectado, pero en especial al transformador de potencia. Para ello, se instalarán los descargadores junto a los bornes del transformador de potencia, teniendo en consideración una distancia adecuada para el montaje de los equipos.

En los planos N° EE-01-005 - "Ampliación Subestación Carhuaquero – Disposición de Equipos – Planta" y N° EE-01-006 – "Ampliación Subestación Carhuaquero – Disposición de Equipos – Secciones" del Anexo A, se puede ver el emplazamiento de los descargadores proyectados.

5.2.6 Modelamiento Matemático y Simulaciones

Para el modelamiento matemático y simulaciones se empleará el programa modelador ATP-EMTP (Alternative Transient Program – Electro Magnetic Transient Program), a continuación se describe el desarrollo del modelamiento matemático, así como los resultados de las simulaciones.

a) Modelamiento Matemático

a.1) Líneas de Transmisión

Para el modelamiento de la línea de transmisión Chiclayo Oeste – Carhuaquero 220 kV, se empleó la subrutina auxiliar LINE CONSTANTS del programa EMTP-ATP, considerando la información siguiente:

L.T. Chiclayo Oeste – Carhuaquero 220 kV – AAAC 400 MCM – 1 terna

Tensión nominal:	220 kV
Frecuencia:	60 Hz
Diámetro exterior del cable:	18,43 mm
Radio medio geométrico (RMG):	6,98 mm
Resistencia en C.A. a 50 °C:	0,183 ohms/km
Numero de circuitos:	1
Disposición de fases:	Horizontal
Separación entre fases:	
o Fases a-b:	5,8 m
o Fases a-c:	11,6 m
o Fases b-c:	5,8 m
Altura de conductores de fase:	18 m
Longitud:	83 km
Resistividad promedio:	100 Ohms-m

a.2) Equipos Principales

Para el modelamiento de los equipos principales de la subestación Carhuaquero, se consideró los valores indicados en la figura 4.3 y las Tablas N° 4.1 y 4.2, de donde se obtuvieron los equivalentes siguientes:

Transformador de potencia (valor promedio):	2 nF
Transformador de tensión:	700 pF
Transformador de corriente:	400 pF
Interruptor de potencia cerrado:	100 pF
Seccionador de potencia cerrado:	100 pF
Seccionador de potencia abierto:	50 pF

a.3) Sistema de Barras

Para el modelamiento del sistema de barras de la subestación Carhuaquero, se empleó la subrutina auxiliar LINE CONSTANTS del programa EMTP-ATP, considerando la información siguiente:

Sistema de barras de Subestación Carhuaquero 220 kV – AL 1000 MCM

- Tensión nominal:	220 kV
- Frecuencia:	60 Hz
- Diámetro exterior del cable:	29,25 mm
- Radio medio geométrico (RMG):	11,25 mm
- Resistencia en C.A. a 50 °C:	0,066 ohms/km
- Numero de circuitos:	1
- Disposición de fases:	Horizontal
- Separación entre fases:	
o Fases a-b:	4,0 m
o Fases a-c:	8,0 m
o Fases b-c:	4,0 m
- Altura de conductores de fase:	7,0 m
- Resistividad promedio:	100 Ohms-m

a.4) Descargadores

Para el modelamiento de los descargadores de la subestación Carhuaquero, se consideró el Modelo matemático de Fernández (desarrollado en el capítulo 4.8.4), debido a su buena precisión y reproducción de los efectos dinámicos del descargador. En función a los datos de los descargadores seleccionados, se obtienen los parámetros siguientes:

- Las resistencias no lineales A0 y A1, se determinaron mediante las relaciones (4.51), definiéndose la tabla N° 5.1.
- La resistencia R, para evitar inestabilidad numérica, es igual a 10 Mohms.
- La capacitancia C0 entre los terminales del descargador, es igual a:
 - $C0 = 100/2,565 = 39 \text{ pF}$
- El incremento de tensión residual ΔU_{res} , se determina mediante la relación (4.2), considerando la máxima tensión residual de la onda de corriente 1/2 us – 10 kA, igual a 456,84 kVp, de donde se tiene:

$$- \Delta U_{res} = \frac{456,84 - 423}{423} \cdot 100\% = 8\%$$

TABLA N° 5.1

Características V-I de las resistencias no lineales A0 y A1

Máxima tensión residual U_{res} (kV)	Corriente de descarga 8/20 μ s (A)		
	I	I0	I1
329,94	100	2	98
351,09	500	10	490
363,78	1000	20	980
376,47	2000	40	1960
389,16	3000	60	2940
402,00	5000	100	4900
416,66	8000	160	7840
423,00	10000	200	9800

- La Inductancia $L1'$ para un bloque de óxido de Zinc (ZnO), se determina de la figura 4.11, en función al incremento de tensión residual ΔU_{res} , siendo igual a 0,04 μ H.
- El factor de escala (n) se determina, considerando la máxima tensión residual de la onda de corriente 8/20 μ s – 10 kA para un bloque de óxido de Zinc (ZnO), igual a 14 kVp, entonces de la relación (4.1), se tiene:

$$- n = \frac{423}{14} = 30,2$$

- La Inductancia $L1$, se determina mediante el producto de la inductancia $L1'$ de un bloque de óxido de Zinc (ZnO) y el factor de escala (n), obteniéndose:
 - $L1 = 0,04 \times 30,2 = 1,2 \mu$ H

b) Escenarios de Simulaciones

En las simulaciones se representan los niveles de sobretensión de maniobra, que se originan durante la energización de la línea de transmisión Chiclayo Oeste – Carhuaquero 220 kV y el transformador de potencia 18/27 MVA en vacío, para el cual se han considerado los siguientes escenarios:

- Escenario N° 1: Energización de línea de transmisión Chiclayo Oeste – Carhuaquero 220 kV y transformador de potencia 18/27 MVA en vacío, sin descargadores y el resto de módulos de salida desconectados.

Escenario N° 2: Energización de línea de transmisión Chiclayo Oeste – Carhuaquero 220 kV y transformador de potencia 18/27 MVA en vacío, con descargadores existentes y el resto de módulos de salidas desconectados.

Escenario N° 3: Energización de línea de transmisión Chiclayo Oeste – Carhuaquero 220 kV y transformador de potencia 18/27 MVA en vacío, con descargadores existentes y proyectados, y el resto de módulos de salida desconectados.

En las figuras 5.1, 5.2 y 5.3, se muestran los circuitos implementados en el programa ATP-EMTP, para los escenarios N° 1, 2 y 3, respectivamente.

Es importante mencionar que para las simulaciones de las sobretensiones de maniobra, se pueden despreciar las impedancias del sistema de barras, sin alterar la precisión de los resultados. Para las presentes simulaciones, se obviara esta recomendación, solo con fines didácticos.

c) Resultados de Simulaciones

Para las simulaciones de los escenarios N° 1, 2 y 3, en el programa ATP-EMTP, se ajusto el tiempo de energización de manera de coincidir con la máxima amplitud de la fase C; En las figuras 5.4, 5.5 y 5.6, se muestran las tensiones de cada fase en los terminales de 220 kV del transformador de potencia de 18/27 MVA; Asimismo, en el Anexo B se muestran el reporte del escenario N° 3.

De las figuras 5.4, 5.5 y 5.6, se observa que las oscilaciones presentan además de la forma de onda sinusoidal de la tensión, una sobretensión de impulso de característica oscilatoria de elevación lenta y fuertemente amortiguada, con un tiempo de duración total de 50 ms aproximadamente, como es típico de las sobretensiones de maniobra, asimismo, se puede observar que la fase C presenta el mayor pico de sobretensión respecto a las demás fases, esto es debido a que se ha hecho coincidir la energización con el instante de máxima amplitud de la fase C.

Como se puede observar en las figuras 5.4, 5.5 y 5.6, los escenarios que consideran la operación de los descargadores (escenarios N° 1 y 2), las tensiones se reducen ligeramente, en la tabla N° 5.2, se muestran las máximas tensiones fase-tierra, para cada uno de los escenarios analizados, donde se puede notar que la tensión en la fase C, disminuye en 35,1 kV a consecuencia de la instalación de los descargadores.

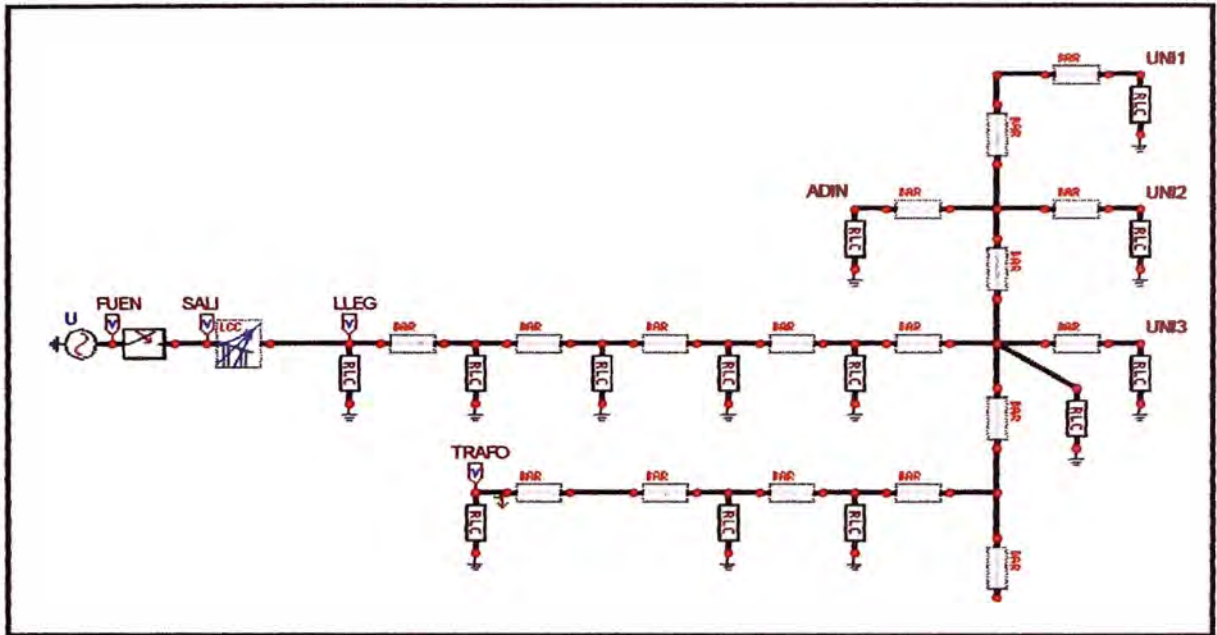


Fig. 5.1. Circuito implementado para el escenario N° 1

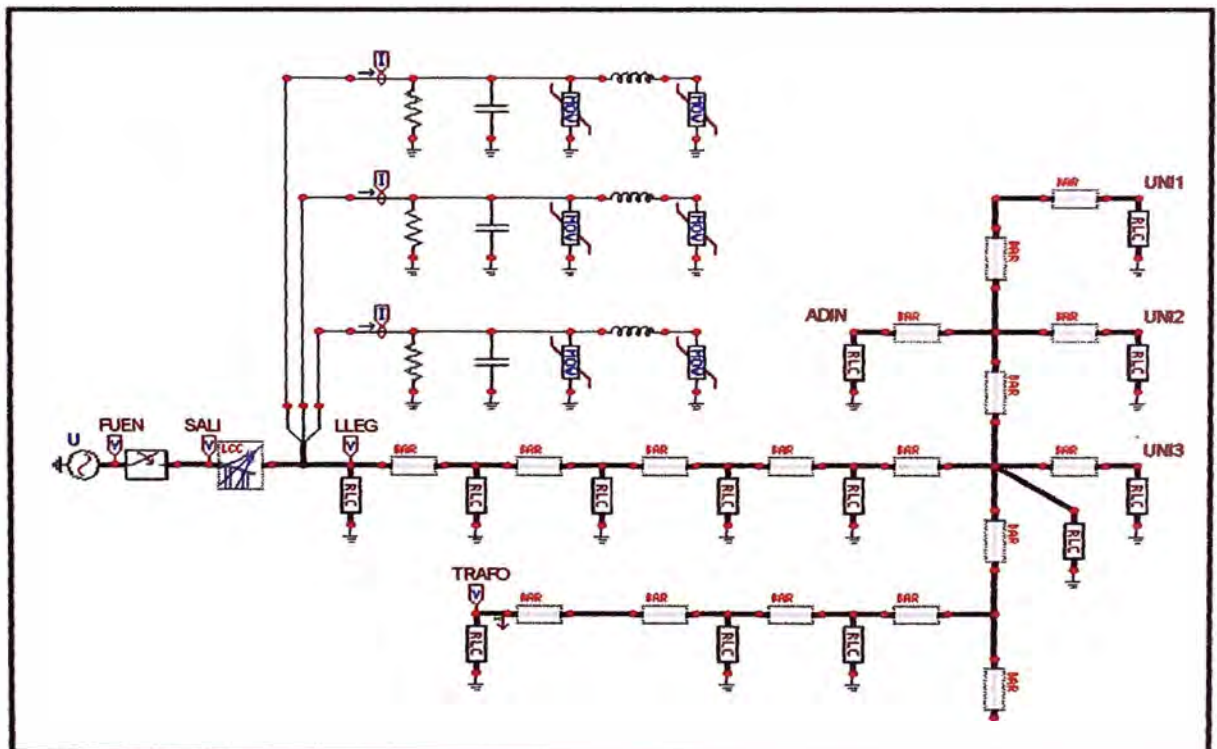


Fig. 5.2. Circuito implementado para el escenario N° 2

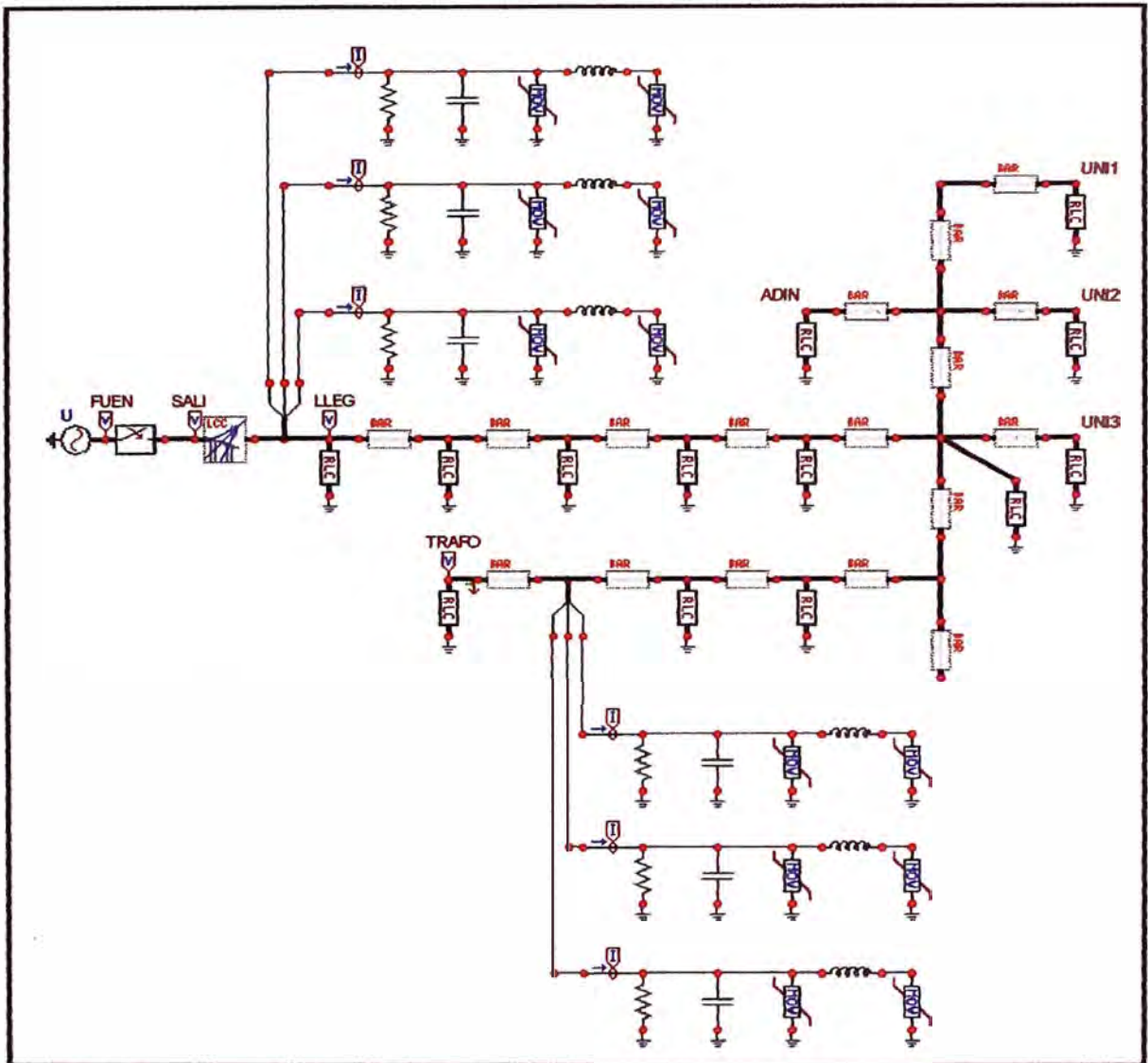


Fig. 5.3. Circuito implementado para el escenario N° 3

TABLA N° 5.2

Tensiones máximas fase - tierra en kVp de escenarios N° 1, 2 y 3

Tensión Máxima Fase - Tierra (kVp)			
Fase	Escenario N° 1	Escenario N° 2	Escenario N° 3
A	282,7	267,5	264,4
B	-254,9	-249,2	-247,7
C	362,9	334,6	327,8

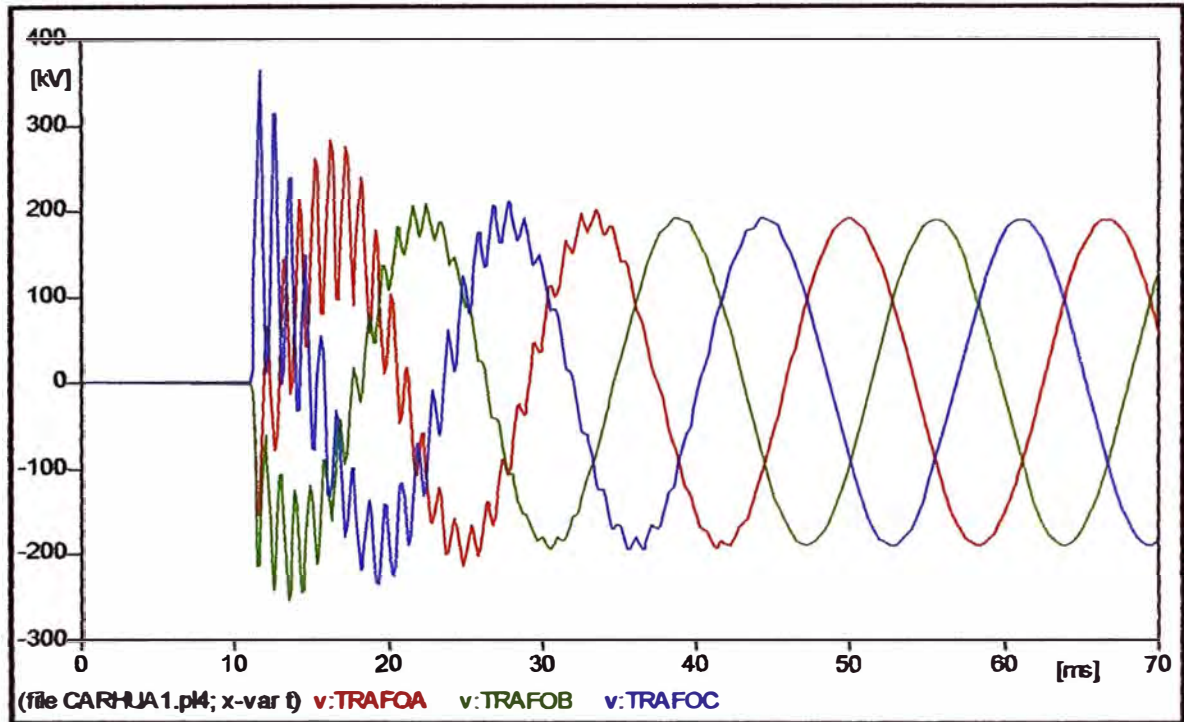


Fig. 5.4. Tensiones en los terminales de 220 kV del transformador de potencia 18/27 MVA - Escenario N° 1

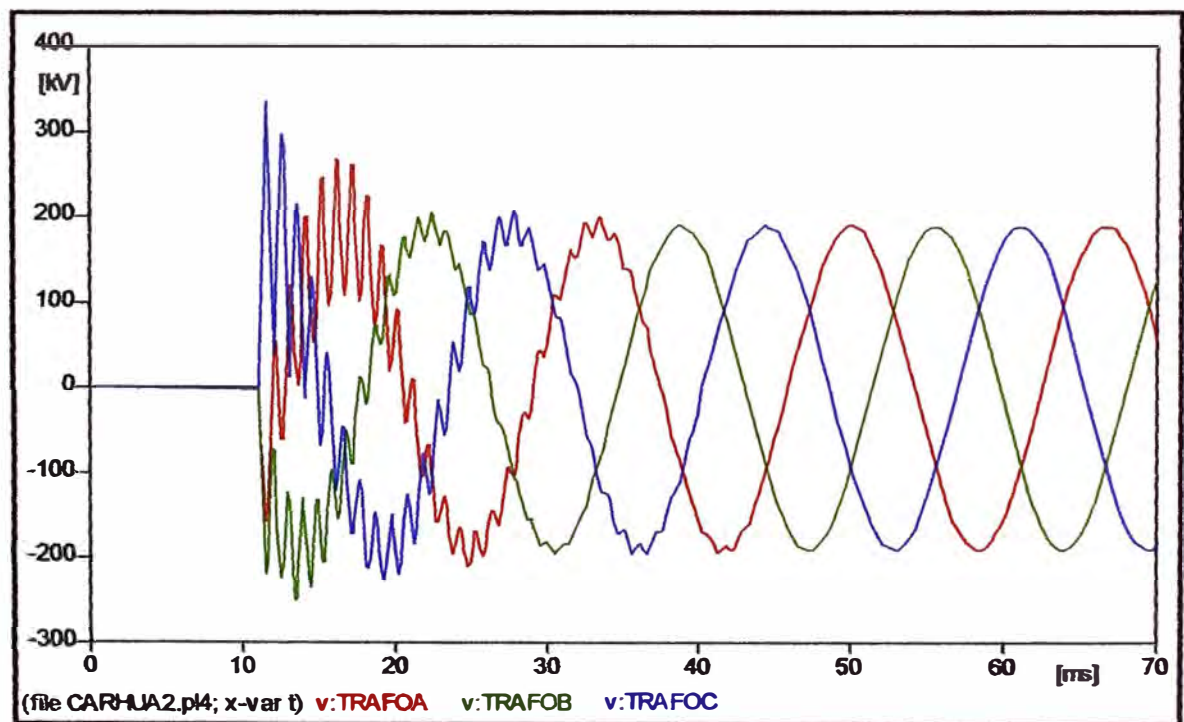


Fig. 5.5. Tensiones en los Terminales de 220 kV del Transformador de Potencia 18/27 MVA - Escenario N° 2

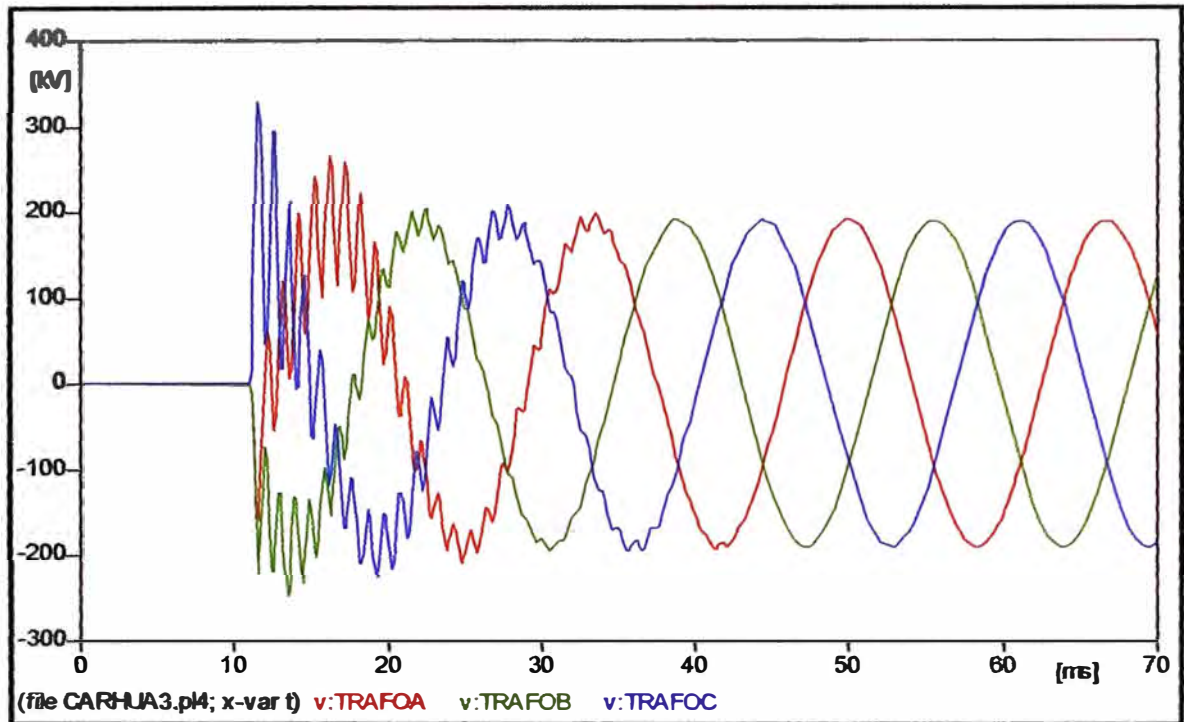


Fig. 5.6. Tensiones en los terminales de 220 kV del transformador de potencia 18/27 MVA - Escenario N° 3

Dado que los equipos tienen una tensión máxima (U_m) igual a 245 kV, el máximo valor pico para una tensión de operación continua es de 200 kVp, tomando como base dicho valor, en la Tabla N° 5.3, se muestran los máximos niveles de sobretensión en p.u., para cada uno de los escenarios.

TABLA N° 5.3

Tensiones máximas fase - tierra en p.u. de escenarios N° 1, 2 y 3

Fase	Tensión Máxima Fase - Tierra (p.u.)		
	Escenario N° 1	Escenario N° 2	Escenario N° 3
A	1,41	1,34	1,32
B	1,27	1,25	1,24
C	1,81	1,67	1,64

En conclusión, de las simulaciones anteriores se puede notar que la reducción de las sobretensiones de maniobras con la instalación de los descargadores seleccionados es moderada, logrando proteger al equipo; Dependiendo de los niveles de sobretensiones alcanzados, se obtendrá una mayor reducción cuando mayor sea la sobretensión.

Respecto al nivel de aislamiento de los equipos (1050 kVp-BIL), en ninguna de las simulaciones es superada.

Adicionalmente, en la figura 5.7, se muestra la energía disipada por un descargador para la maniobra de energización de línea de transmisión Chiclayo Oeste – Carhuaquero 220 kV y el transformador de potencia 18/27 MVA en vacío, esta en el orden de los 6 kJ, que esta muy por debajo del estimado teóricamente en el capítulo 5.2.5.

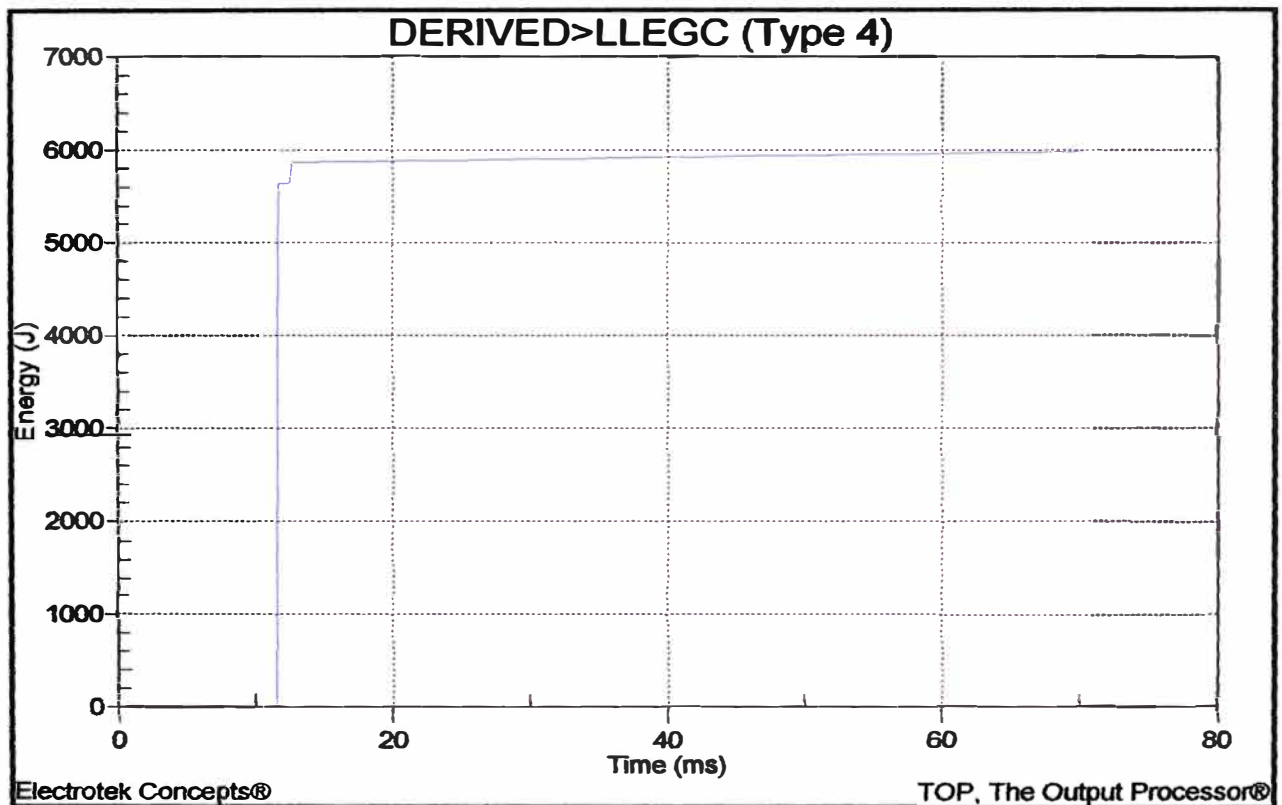


Fig. 5.7. Energía de disipación de los descargadores

5.3 Ejemplo 2: Proyecto de Ampliación de Subestación Mollepata y Nueva Subestación San Francisco 66 kV

5.3.1 Descripción General del Proyecto

La Subestación Mollepata, es una subestación de maniobra conformada por equipos del tipo convencional y de instalación a la intemperie; Se ubica en la provincia de Huanta, del Departamento de Ayacucho, a una altitud de 2900 m.s.n.m.

La Nueva Subestación San Francisco, será una subestación de transformación conformada por equipos del tipo convencional y de instalación a la intemperie; Será ubicada en la provincia de La Convención, del Departamento de Cuzco, a una altitud de 700 m.s.n.m. Ver el Plano N° EE-02-001 – “Ampliación Subestación Mollepata y Nueva Subestación San Francisco – Ubicación Geográfica” del Anexo C.

La Subestación Mollepata, forma parte del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) de 66 kV, se conecta a las subestaciones Cobriza, Machahuay, Huanta, Cangallo y Ayacucho, siendo de gran importancia, pues a través de ella se interconectan las subestaciones de Cangallo y Ayacucho al Sistema eléctrico. Ver el Plano N° EE-02-002 – “Ampliación Subestación Mollepata y Nueva Subestación San Francisco – Diagrama Unifilar General” del Anexo C.

El proyecto de “Ampliación de la Subestación Mollepata y Nueva Subestación San Francisco”, consiste en la construcción de la Nueva Subestación de Transformación San Francisco de 4/5 MVA (ONAN/ONAF) – 66/22,9 kV, que se conectará al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), en el nuevo modulo de salida a considerarse en la Ampliación de la Subestación Mollepata de 66 kV, a través de la nueva línea de transmisión de Mollepata – San Francisco 66 kV, con el objeto de suministrar energía en forma permanente y confiable a las localidades del Pequeño Sistema Eléctrico San Francisco de 22,9 kV.

5.3.2 Características Eléctricas

La Subestación Mollepata 66 kV, tiene las siguientes características eléctricas:

Tensión nominal del sistema (U_n):	66 kV
Tensión máxima de los equipos (U_m):	72,5 kV

Nivel de aislamiento nominal, Interno:

- Tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo atmosférico:
325 kVp
- Tensión de soportabilidad normalizada de corta duración a frecuencia industrial:
140 kV

Nivel de aislamiento nominal, Externo:

- Tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo atmosférico:
450 kVp
- Tensión de soportabilidad normalizada de corta duración a frecuencia industrial:
185 kV

Conexión del Neutro: Directamente a tierra

La Nueva Subestación San Francisco 66 kV, tendrá las siguientes características eléctricas:

Tensión nominal del sistema (U_n): 66 kV
Tensión máxima de los equipos (U_m): 72,5 kV

Nivel de aislamiento nominal:

- Tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo atmosférico:
325 kVp
- Tensión de soportabilidad normalizada de corta duración a frecuencia industrial:
140 kV

Conexión del Neutro: Directamente a tierra

En los planos N° EE-02-003 – “Ampliación Subestación Mollepata – Diagrama Unifilar 66 kV” y N° EE-02-006 – “Nueva Subestación San Francisco – Diagrama Unifilar 66/22,9 kV” del Anexo C, se muestran las características eléctricas de los equipos existentes y proyectados.

5.3.3 Instalaciones Existentes

La Subestación Mollepata 66 kV, es de configuración simple barra y cuenta con tres módulos de salida de línea:

- Salida a Subestación Huanta 66 kV (L-6063)
- Salida a Subestación Ayacucho 66 kV (L-6064)
- Salida a Subestación Cangallo 66 kV (L-6065)

Los módulos de salida de línea de la subestación Mollepata 66 kV, están conformados ordenadamente por los siguientes equipos:

Tres (03) Descargadores de ZnO, 60 kV, 10 kA, Clase 3.

Tres (03) Transformadores de tensión unipolar capacitivos, $60:\sqrt{3} / 0,10:\sqrt{3} / 0,10$, 50 VA - 3P, 50 VA – clase 0,5, 450 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de línea tripolar, 100 kV, 800 A, 450 kVp (BIL).

Tres (03) Transformadores de corriente unipolar, 600/5/5/5 A, 2 x 30 VA – 5P20, 30 VA - clase 0,5, 450 kVp (BIL).

Un (01) Interruptor de potencia tripolar, 100 kV, 800 A, 31,5 kA, 450 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de barra tripolar, 100 kV, 800 A, 450 kVp (BIL).

5.3.4 Instalaciones Proyectadas

El módulo de salida de línea proyectado en la Subestación Mollepata 66 kV, estará conformado ordenadamente por los siguientes equipos:

Tres (03) Transformadores de tensión unipolar capacitivos, $60:\sqrt{3} / 0,10:\sqrt{3} / 0,10$, 30 VA - 3P, 30 VA – clase 0,2, 450 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de línea tripolar, 123 kV, 800 A, 450 kVp (BIL).

Tres (03) Transformadores de corriente unipolar, 100-200/1/1/1/1 A, 3 x 15 VA – 5P20, 15 VA - clase 0,2S, 450 kVp (BIL).

Un (01) Interruptor de potencia tripolar, 123 kV, 800 A, 25 kA, 450 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de barra tripolar, 123 kV, 800 A, 450 kVp (BIL).

En los planos N° EE-02-004 - “Ampliación Subestación Mollepata – Disposición de Equipos – Planta” y N° EE-02-005 – “Ampliación Subestación Mollepata – Disposición de Equipos – Secciones” del Anexo C, se muestra la disposición de los equipos existentes y proyectados.

El módulo de transformación de la Nueva Subestación San Francisco 66/22,9 kV, estará conformado ordenadamente por los siguientes equipos:

Tres (03) Transformadores de tensión unipolar capacitivos, $60:\sqrt{3} / 0,10:\sqrt{3} / 0,10$, 30 VA - 3P, 30 VA – clase 0,2, 325 kVp (BIL).

Un (01) Seccionador de línea tripolar, 72,5 kV, 800 A, 325 kVp (BIL).

Un (01) Interruptor de potencia tripolar, 72,5 kV, 800 A, 25 kA, 325 kVp (BIL).

Tres (03) Transformadores de corriente unipolar, 100-200/1/1/1 A, 2 x 15 VA – 5P20, 15 VA - clase 0,2S, 325 kVp (BIL).

Un (01) Transformador de potencia trifásico, 4/5 MVA (ONAN/ONAF), $62 \pm 8 \times 1,25\%$ / 24 kV, YNynd5, 325/125 kVp (BIL), con regulación bajo carga.

En los planos N° EE-02-007 - “Nueva Subestación San Francisco – Disposición de Equipos – Planta” y N° EE-02-008 – “Nueva Subestación San Francisco – Disposición de Equipos – Secciones” del Anexo C, se muestra la disposición de los equipos proyectados.

5.3.5 Protección Contra Sobretensiones Impulsionales

a) Fundamento

a.1) Ampliación de Subestación Mollepata

La Subestación Mollepata, se encuentra ubicada en una zona donde el nivel ceraunico es elevado ($T_d = 40$ días de tormentas al año), existiendo la gran posibilidad de sobretensiones debido a las descargas atmosféricas, por lo cual es recomendable prever equipos de protección contra sobretensiones en el nuevo modulo.

Debido a la importancia de la instalación proyectada y similar a los módulos de salida de línea existentes en la subestación, se recomienda la instalación de descargadores de Oxido de Zinc (ZnO), debido a su gran precisión en la tensión de encendido y su mínimo tiempo de retardo en la reducción de las sobretensiones.

a.2) Nueva Subestación San Francisco

La Nueva Subestación San Francisco, será ubicada en una zona donde el nivel ceraunico es elevado ($T_d = 60$ días de tormentas al año), existiendo la gran posibilidad de sobretensiones debido a las descargas atmosféricas, por lo cual es recomendable prever equipos de protección contra sobretensiones.

Asimismo, otro caso de sobretensiones es el debido a la energización de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV en vacío, pero cabe recalcar que esta será mínima, debido a su baja tensión de operación (66 kV).

Debido a la importancia de la instalación proyectada, se recomienda la instalación de descargadores de Oxido de Zinc (ZnO), debido a su gran precisión en la tensión de encendido y su mínimo tiempo de retardo en la reducción de las sobretensiones.

Adicionalmente, como segunda línea de defensa para la protección del transformador de potencia, se recomienda el empleo de explosores de brecha de aire ó cuernos de descarga.

b) Selección del descargador

De acuerdo a la metodología desarrollada en el Capítulo III, se procede a determinar los parámetros de selección del descargador.

b.1) Tensión Máxima de Operación Continua (Uc ó MCOV)

De las características eléctricas indicadas en el capítulo 5.3.2, solamente se indica el valor de la tensión máxima de los equipos (Um) igual a 72,5 kV, por lo que se asumirá que la tensión máxima del sistema (Us) será igual a la tensión máxima de los equipos (Um), entonces:

$$- \quad U_c \geq 72,5/\sqrt{3} = 41,86 \text{ kV}$$

b.2) Sobretensión Temporal (U_{tov} ó TOV)

Las fallas monofásicas a tierra, son la causa más común de las sobretensiones temporales, y para su determinación de acuerdo a las recomendaciones indicadas en el capítulo 5.2.2, se asumirá un factor de falla a tierra (ke) igual a 1,4 p.u., que corresponde a un sistema con neutro directamente a tierra.

Entonces, reemplazando los valores de (Us) y (ke) en la relación (3.1), se tiene que el valor de las sobretensiones temporales (U_{tov}), debidas a fallas monofásicas a tierra, estará en el orden de:

$$- \quad U_{tov} = 72,5 \times 1,4/\sqrt{3} = 58,60 \text{ kV}$$

Asimismo, dado que el neutro del sistema es de conexión directamente a tierra, y la subestación dispone de equipos de protección de sobrecorriente a tierra, se puede estimar que el tiempo de aclaramiento de las fallas monofásicas a tierra estará muy por debajo de 1 s.

b.3) Tensión Asignada del Descargador (Ur)**- Determinación de la Tensión Asignada Preliminar (Uro)**

Reemplazando el valor de la tensión máxima de operación continua (Uc) en la relación (3.2), se tiene:

$$- \quad U_{ro} = 41,86/0,8 = 52,32 \text{ kV}$$

- Determinación de la Tensión Asignada Debido a Fallas Monofásicas a Tierra (Ure)

Considerando 1 s, como tiempo máximo de aclaramiento de las fallas monofásicas a tierra; de las curvas del factor Tr para el descargador modelo EXLIM-Q de ABB (ver Anexo E), se tiene que el factor Tr considerando una absorción de energía previa de 4,5 kJ/kV, es igual a 1,16; Entonces, evaluando la relación (3.3), se tiene:

$$- \quad U_{re} = 58,60/1,16 = 50,52 \text{ kV}$$

Finalmente, aplicando un margen extra del 5% al máximo valor de las tensiones Uro y Ure, se tiene que la tensión asignada del descargador (Ur), es:

$$- \quad U_r = 52,32 \times 1,05 = 54,94 \text{ kV}$$

Del catálogo de descargadores modelo EXLIM-Q de ABB (ver Anexo E), se selecciona el descargador con tensión asignada (Ur) estándar igual a 54 kV.

b.4) Capacidad de Disipación de Energía (W)

Para determinar la capacidad de disipación de energía del descargador, se considera el evento que genera la mayor energía, siendo el caso mas común, las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas en la línea, para determinar este valor se emplean los resultados del capítulo 5.3.6, donde de la figura 5.23, se tiene que la máxima energía disipada por el descargador es de 17 kJ; Entonces, dada la tensión asignada del descargador (Ur) igual a 54 kV, se aplica la relación (3.5), obteniendo que la energía de disipación específica (W') es igual a:

$$- \quad W' = 17 / 54 = 0,315 \text{ kJ/kV}$$

Asimismo, dado que la tensión residual del descargador al impulso atmosférico (Ures) es 127 kVp (seleccionado de catalogo para onda de corriente de 8/20 us, 10 kA), se tiene:

$$- \quad U_{res}/U_r = 127 / 54 = 2,35$$

Entonces, de la figura 3.6, se tiene que la clase de descarga de línea (Line discharge class) requerida es Clase 1, como mínimo.

b.5) Corriente de Descarga (kA)

Su determinación es complicada, pero se puede estimar de acuerdo a las tablas N° 3.1 y 3.2, obteniéndose los siguientes valores:

- Corriente de impulso tipo atmosférico (onda de corriente 8/20): 10 kAp
- Corriente de impulso tipo maniobra (onda de corriente 30/60): 0,5 kAp

Siendo, generalmente definido por las corrientes de impulso tipo atmosférico.

Finalmente, con los parámetros obtenidos se procede a seleccionar el descargador de los catálogos del fabricante. Para el presente informe, se ha empleado el catalogo del descargador modelo EXLIM-Q de ABB, que se muestra en el Anexo E, de donde se ha seleccionado el descargador con las siguientes características:

- Tensión máxima del equipo (Um): 72,5 kV
- Tensión asignada del descargador (Ur): 54 kV
- Tensión máxima de operación continua (Uc): 43 kV
- Capacidad de sobretensión temporal, para 1 s (U_{tov}): 62,6 kV
- Clase de descarga de línea: 3 (Según IEC).
- Corriente de descarga: 10 kAp
- Máxima tensión residual (Ures) con onda de corriente 30/60 us:
 - o 0,5 kA 104 kVp
 - o 1 kA 107 kVp
 - o 2 kA 112 kVp
- Máxima tensión residual (Ures) con onda de corriente 8/20 us:
 - o 5 kA 121 kVp
 - o 10 kA 127 kVp

○ 20 kA	140 kVp
○ 40 kA	157 kVp
Altura del descargador:	0,980 m
Tensión de soportabilidad al impulso atmosférico:	455 kVp (1,2/50 us)
Tensión de soportabilidad a frecuencia industrial:	242 kV (60 s)

c) Disposición de los Descargadores

En la Subestación Mollepata, los descargadores tienen la función de proteger a todo el equipamiento del modulo proyectado, para ello, se instalaran los descargadores al ingreso de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, de manera de reducir las sobretensiones de origen atmosférico, provenientes por la línea. En los planos N° EE-02-004 - “Ampliación Subestación Mollepata – Disposición de Equipos – Planta” y N° EE-02-005 – “Ampliación Subestación Mollepata – Disposición de Equipos – Secciones” del Anexo C, se puede ver el emplazamiento de los descargadores proyectados.

En la Subestación San Francisco, los descargadores tienen la función de proteger a todo el equipamiento del modulo proyectado, pero en especial al transformador de potencia. Para ello, se instalaran los descargadores junto a los bornes del transformador de potencia, teniendo en consideración una distancia adecuada para el montaje de los equipos.

De acuerdo a lo indicado en el capítulo 3.2.3, para sobretensiones de origen atmosférico, a mayor longitud de conexión entre los descargadores y los terminales del equipo a proteger, se disminuye el margen de protección de los equipos; Entonces, aplicando la relación (3.6) se determina la distancia máxima de protección de los descargadores, considerando los valores siguientes:

Tensión de soportabilidad al impulso tipo atmosférico (U_{bil}):	325 kVp
Tensión residual del descargador al impulso tipo atmosférico (U_{res}):	127 kVp
Velocidad de propagación de la sobrtensión (v):	300 m/us
Pendiente del frente de onda, valor típico promedio (S):	1000 kV/us

Reemplazando en la relación (3.6), se tiene que la máxima distancia de protección de los descargadores (L), es:

$$L = \frac{(325 - 127)}{2 \cdot 1000} \cdot 300 = 29,7 \text{ m}$$

De acuerdo a la disposición de los equipos, los transformadores de tensión, se encuentran fuera del alcance de la máxima distancia de protección de los descargadores (L), siendo necesaria la instalación de descargadores adicionales adjuntos a los transformadores de tensión. En los planos N° EE-02-007 - "Nueva Subestación San Francisco – Disposición de Equipos – Planta" y N° EE-02-008 – "Nueva Subestación San Francisco – Disposición de Equipos – Secciones" del Anexo C, se puede ver el emplazamiento de los equipos de protección proyectados.

d) Selección, Disposición y Ajustes de los Explosores de Brecha de Aire

De acuerdo a la metodología desarrollada en el Capítulo III, se procede a determinar los parámetros de selección, disposición y ajuste de los explosores de brecha de aire.

d.1) Selección y Disposición de los Explosores de Brecha de Aire

Los explosores de brecha de aire ó cuernos de descarga, tendrán la función de protección de respaldo para el transformador de potencia de la subestación San Francisco, su instalación será directamente en los aisladores pasatapas, siendo la configuración mas adecuada la de tipo A, como se muestra en la figura 3.10.

d.2) Ajuste de los Explosores de Brecha de Aire

Para el ajuste de los explosores de brecha de aire de configuración tipo A, se tiene en cuenta que estos operan como respaldo de los descargadores, entonces el inicio de arco de protección, respecto del nivel de protección del descargador deberá ser mínimo 105%.

Los descargadores seleccionados, tienen una tensión residual de 127 kVp (para una onda de corriente de 8/20 us, 10 kA), entonces:

$$\text{Inicio de arco de los explosores: } 105\% (127) = 133 \text{ kVp}$$

Luego, de las figuras 3.8 y 3.9, mostrados en el capítulo 3.3.2, se tiene que los explosores de brecha de aire, tendrán los ajustes siguientes:

- Longitud de brecha de aire (d) = 12 cm
- Distancia de separación a la superficie del aislador (e) = 8 cm

5.3.6 Modelamiento Matemático y Simulaciones

Para el modelamiento matemático y simulaciones se empleara el programa modelador ATP-EMTP (Alternative Transient Program – Electro Magnetic Transient Program), a continuación se describe el desarrollo del modelamiento matemático, así como los resultados de las simulaciones.

a) Modelamiento Matemático

a.1) Sobretensiones Impulsionales

Para el modelamiento de las sobretensiones impulsionales, se empleo el modelo matemático de CIGRE debido a su alta precisión; el programa EMTP-ATP, dispone de un componente para su modelamiento, considerando la información siguiente:

- Intensidad pico: 10 y 20 kA
- Tiempo de frente: 8 us
- Tiempo de cola: 20 us

a.2) Líneas de Transmisión

Para el modelamiento de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, se empleo la subrutina auxiliar LINE CONSTANTS del programa EMTP-ATP, considerando la información siguiente:

L.T. Mollepata – San Francisco 66 kV – AAAC 95 mm² – 1 tema

- Tensión nominal: 66 kV
- Frecuencia: 60 Hz
- Diámetro exterior del cable: 13,25 mm
- Radio medio geométrico (RMG): 4,81 mm
- Resistencia en C.A. a 50 °C: 0,345 ohms/km
- Numero de circuitos: 1
- Disposición de fases: Triangular
- Separación entre fases:
 - o Fases a-b: 5,3 m
 - o Fases a-c: 5,3 m
 - o Fases b-c: 3,5 m

-	Altura de conductores de fase:	
o	Fases a:	13, 75m
o	Fases b:	15, 5 m
o	Fases c	12,0 m
-	Longitud:	84, 7km
-	Resistividad promedio:	100 Ohms-m
-	Cable de guarda:	EHS 38 mm ²
-	Diámetro exterior del cable de guarda:	7,94 mm
-	Radio medio geométrico (RMG):	2,88 mm
-	Resistencia en C.A. a 50 °C:	4,256 ohms/km
-	Numero de cables de guarda:	1
-	Altura de cable de guarda:	20 m

a.3) Equipos Principales

Para el modelamiento de los equipos principales de las subestaciones Mollepata y San Francisco, se consideró los valores indicados en la figura 4. 3y las Tablas N° 4.1 y 4.2, de donde se obtuvieron los equivalentes siguientes:

Subestación Mollepata 66 kV

-	Transformador de tensión:	550 pF
-	Transformador de corriente:	250 pF
-	Interruptor de potencia cerrado:	60 pF
-	Seccionador de potencia cerrado:	70 pF
-	Seccionador de potencia abierto:	40 pF

Subestación San Francisco 66 kV

-	Transformador de potencia:	2 nF
-	Transformador de tensión:	600 pF
-	Transformador de corriente:	200 pF
-	Interruptor de potencia cerrado:	40 pF
-	Seccionador de potencia cerrado:	80 pF

a.4) Sistema de Barras

Para el modelamiento del sistema de barras de las subestaciones Mollepata y San Francisco, se empleo la subrutina auxiliar LINE CONSTANTS del programa computacional EMTP-ATP, considerando la información siguiente:

Sistema de barras de Subestación Mollepata 66 kV – AAAC 120 mm²

Tensión nominal:	66 kV
Frecuencia:	60 Hz
Diámetro exterior del cable:	14,57 mm
Radio medio geométrico (RMG):	5,52 mm
Resistencia en C.A. a 50 °C:	0,292 ohms/km
Numero de circuitos:	1
Disposición de fases:	Horizontal
Separación entre fases:	
o Fases a-b:	2,0 m
o Fases a-c:	4,0 m
o Fases b-c	2,0 m
Altura de conductores de fase:	3,5 m
Resistividad promedio:	100 Ohms-m

Sistema de barras de Subestación San Francisco 66 kV – AAAC 95 mm²

Tensión nominal:	66 kV
Frecuencia:	60 Hz
Diámetro exterior del cable:	13,25 mm
Radio medio geométrico (RMG):	4,81 mm
Resistencia en C.A. a 50 °C:	0,345 ohms/km
Numero de circuitos:	1
Disposición de fases:	Horizontal
Separación entre fases:	
o Fases a-b:	1,5 m
o Fases a-c:	3,0 m
o Fases b-c	1,5 m
Altura de conductores de fase:	3,5 m
Resistividad promedio:	100 Ohms-m

a.5) Descargadores

Para el modelamiento de los descargadores de las subestaciones Mollepata y San Francisco, se consideró el Modelo matemático de Fernández (desarrollado en el capítulo 4.8.4), debido a su buena precisión y reproducción de los efectos dinámicos del descargador. En función a los datos de los descargadores seleccionados, se obtienen los parámetros siguientes:

- Las resistencias no lineales A0 y A1, se determinaron mediante las relaciones (4.51), definiéndose la tabla N° 5.4.
- La resistencia R, para evitar inestabilidad numérica, es igual a 10 Mohms.
- La capacitancia C0 entre los terminales del descargador, es igual a:
 - $C0 = 100/0,98 = 0.01 \text{ pF}$
- El incremento de tensión residual ΔU_{res} , se determina mediante la relación (4.2), considerando la máxima tensión residual de la onda de corriente 1/2 us – 10 kA, igual a 137,16 kVp, de donde se tiene:

$$- \Delta U_{res} = \frac{137,16 - 127}{127} \cdot 100\% = 8\%$$

TABLA N° 5.4

Características V-I de las resistencias no lineales A0 y A1

Máxima tensión residual Ures (kV)	Corriente de descarga 8/20 us (A)		
	I	I0	I1
99,06	100	2	98
105,41	500	10	490
109,22	1000	20	980
113,03	2000	40	1960
116,84	3000	60	2940
121,00	5000	100	4900
125,10	8000	160	7840
127,00	10000	200	9800
140,00	20000	400	19600

La Inductancia L1' para un bloque de óxido de Zinc (ZnO), se determina de la figura 4.11, en función al incremento de tensión residual ΔU_{res} , siendo igual a 0,04 uH.

El factor de escala (n) se determina, considerando la máxima tensión residual de la onda de corriente 8/20 us – 10 kA para un bloque de óxido de Zinc (ZnO), igual a 14 kVp, entonces de la relación (4.1), se tiene:

$$- n = \frac{127}{14} = 9,1$$

La Inductancia L1, se determina mediante el producto de la inductancia L1' de un bloque de oxido de Zinc (ZnO) y el factor de escala (n), obteniéndose:

$$- L1 = 0,04 \times 9,1 = 0,4 \text{ uH}$$

a.6) Explosores

Para el modelamiento de los explosores, se emplea un contacto normalmente abierto, con orden de cierre definido por el nivel de tensión entre sus terminales, el programa EMTP-ATP, dispone de un componente para su modelamiento, considerando la información siguiente:

$$\text{Tensión de inicio de arco de descarga} = 133 \text{ kVp}$$

b) Escenarios de Simulaciones

En las simulaciones se representan los niveles de sobretensión que se presentan durante la caída de una descarga atmosférica (onda normalizada 8/20 us) de 10 y 20 kA en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, para el cual se han considerado los siguientes escenarios:

b.1) Subestación Mollepata 66 kV

Escenario N° 1A: Caída de descarga atmosférica de 10 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, sin descargadores y el resto de módulos de salida desconectados.

Escenario N° 1B: Caída de descarga atmosférica de 20 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, sin descargadores y el resto de módulos de salida desconectados.

Escenario N° 2A: Caída de descarga atmosférica de 10 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, con descargadores proyectados y el resto de módulos de salida desconectados.

Escenario N° 2B: Caída de descarga atmosférica de 20 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, con descargadores proyectados y el resto de módulos de salida desconectados.

En las figuras 5.8 y 5.9, se muestran los circuitos implementados en el programa computacional ATP-EMTP, para los escenarios N° 1A y 1B y N° 2A y 2B, respectivamente.

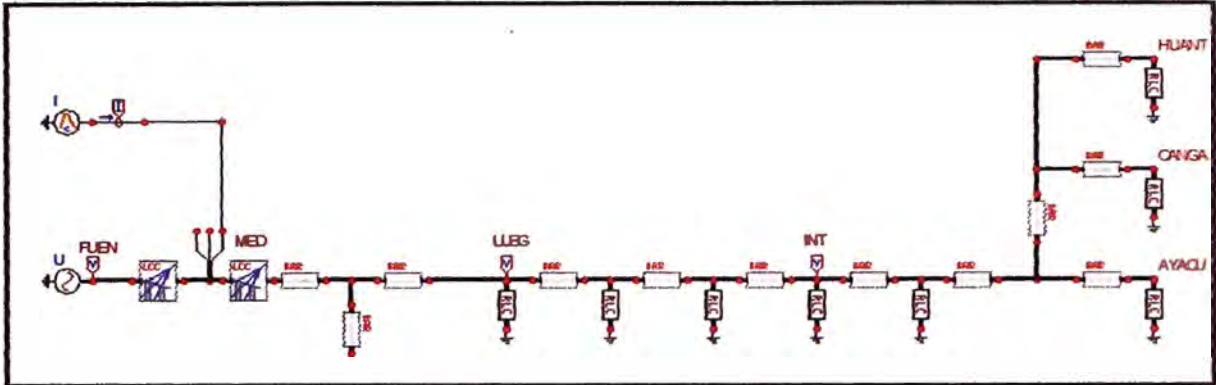


Fig. 5.8. Circuito implementado para los escenarios N° 1A y N° 1B

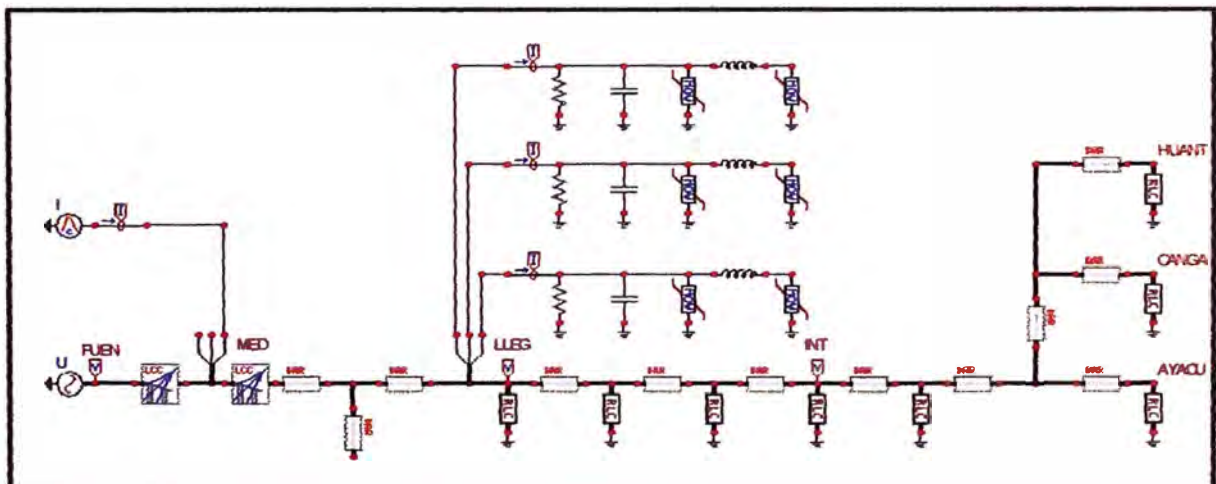


Fig. 5.9. Circuito implementado para los escenarios N° 2A y N° 2B

b.2) Subestación San Francisco 66 kV

- Escenario N° 3A: Caída de descarga atmosférica de 10 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, sin descargadores.
- Escenario N° 3B: Caída de descarga atmosférica de 20 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, sin descargadores.
- Escenario N° 4A: Caída de descarga atmosférica de 10 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, con descargadores y explosores proyectados.

- Escenario N° 4B: Caída de descarga atmosférica de 20 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepada – San Francisco 66 kV, con descargadores y explosores proyectados.
- Escenario N° 5A: Caída de descarga atmosférica de 10 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepada – San Francisco 66 kV, con explosores proyectados.
- Escenario N° 5B: Caída de descarga atmosférica de 20 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepada – San Francisco 66 kV, con explosores proyectados.

En las figuras 5.10, 5.11 y 5.12, se muestran los circuitos implementados en el programa computacional ATP-EMTP, para los escenarios N° 3A y 3B, N° 4A y 4B y N° 5A y 5B, respectivamente.

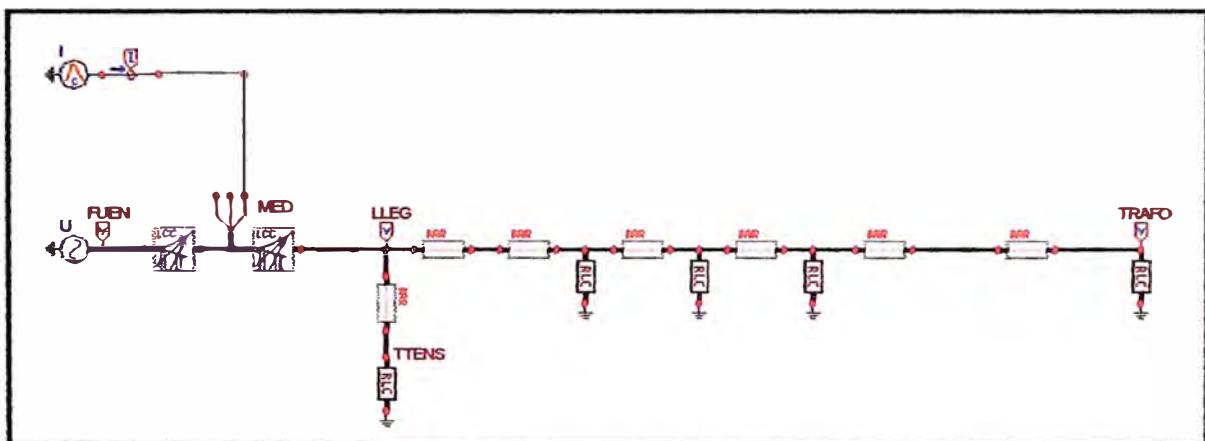


Fig. 5.10. Circuito implementado para los escenarios N° 3A y N° 3B

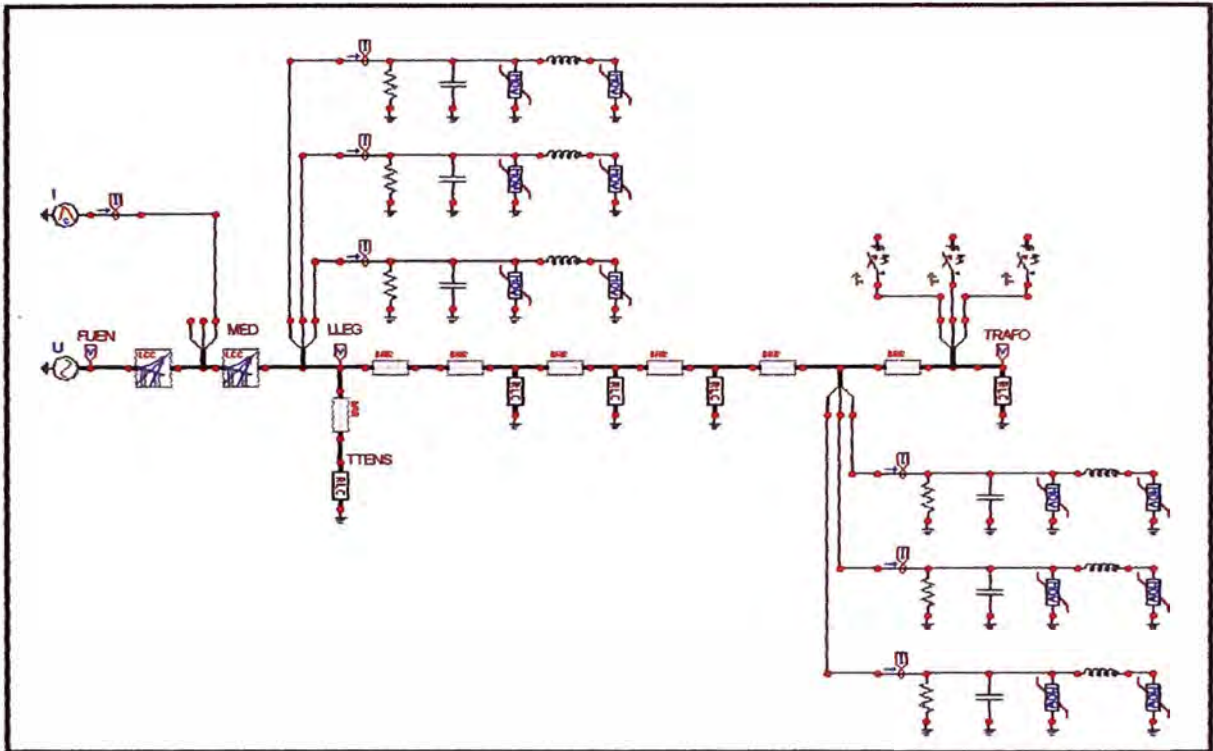


Fig. 5.11. Circuito implementado para los escenarios N° 4A y N° 4B

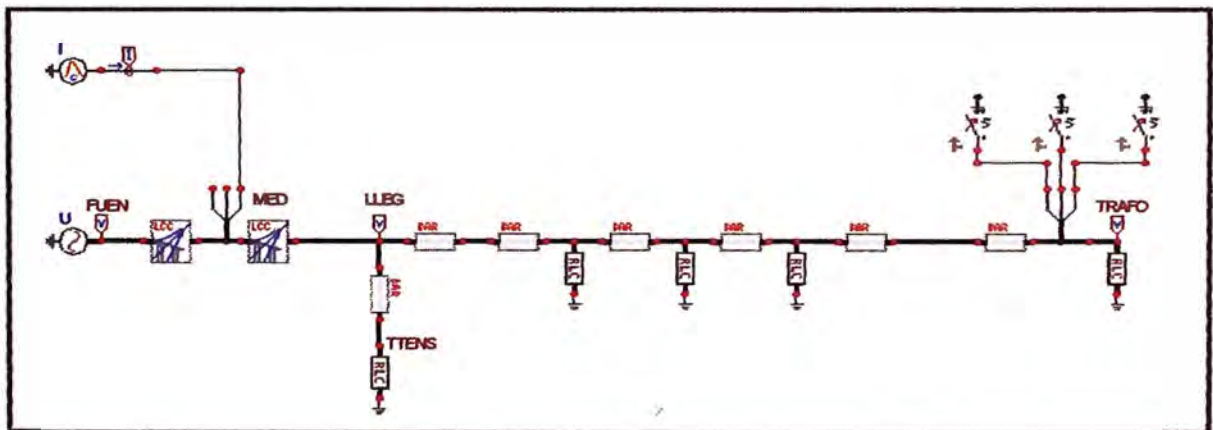
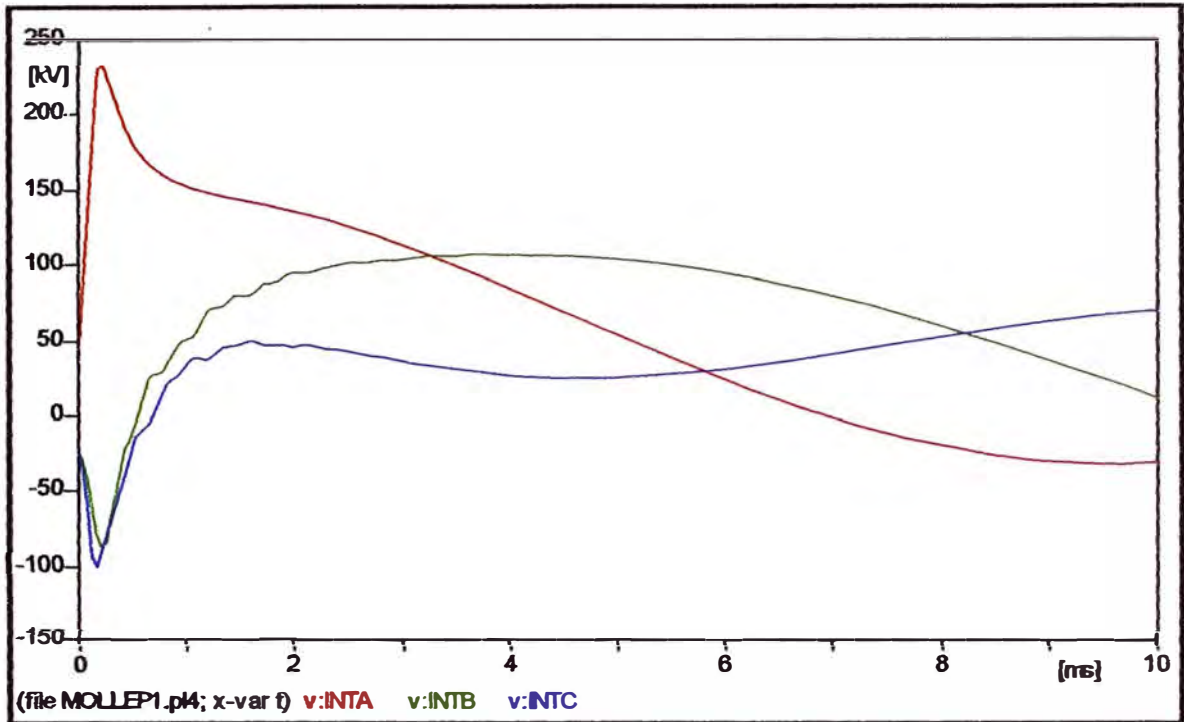


Fig. 5.12. Circuito implementado para los escenarios N° 5A y N° 5B

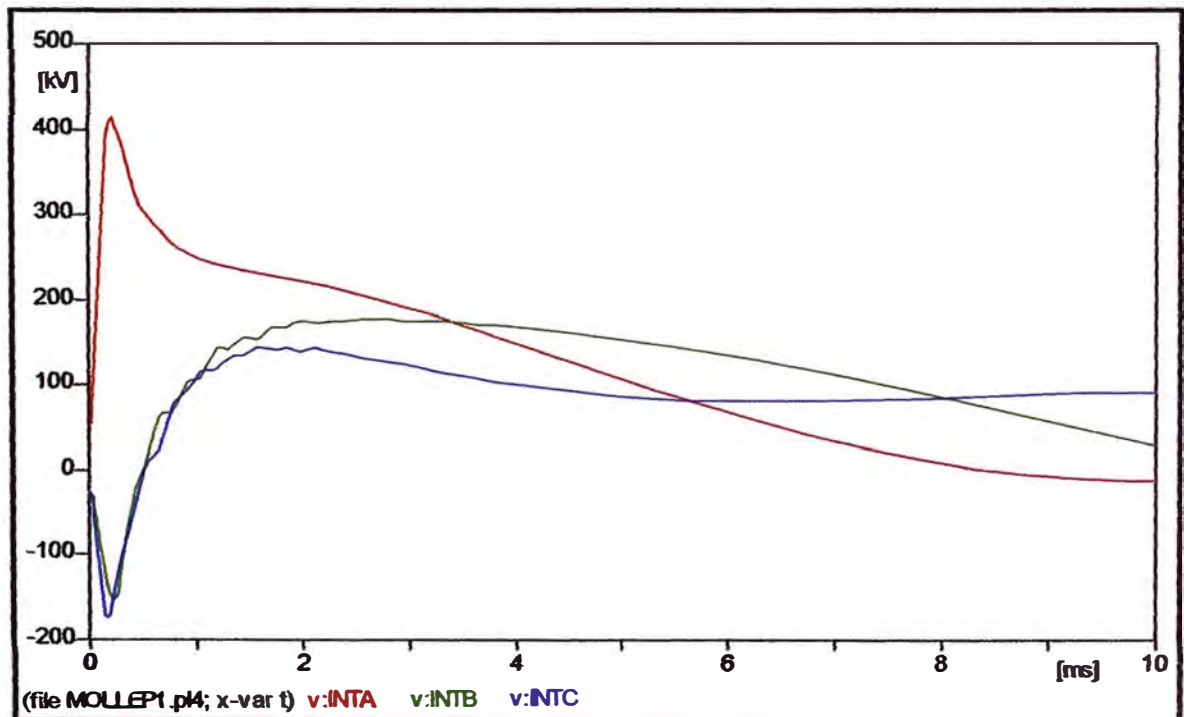
c) Resultados de Simulaciones

c.1) Subestación Mollepata 66 kV

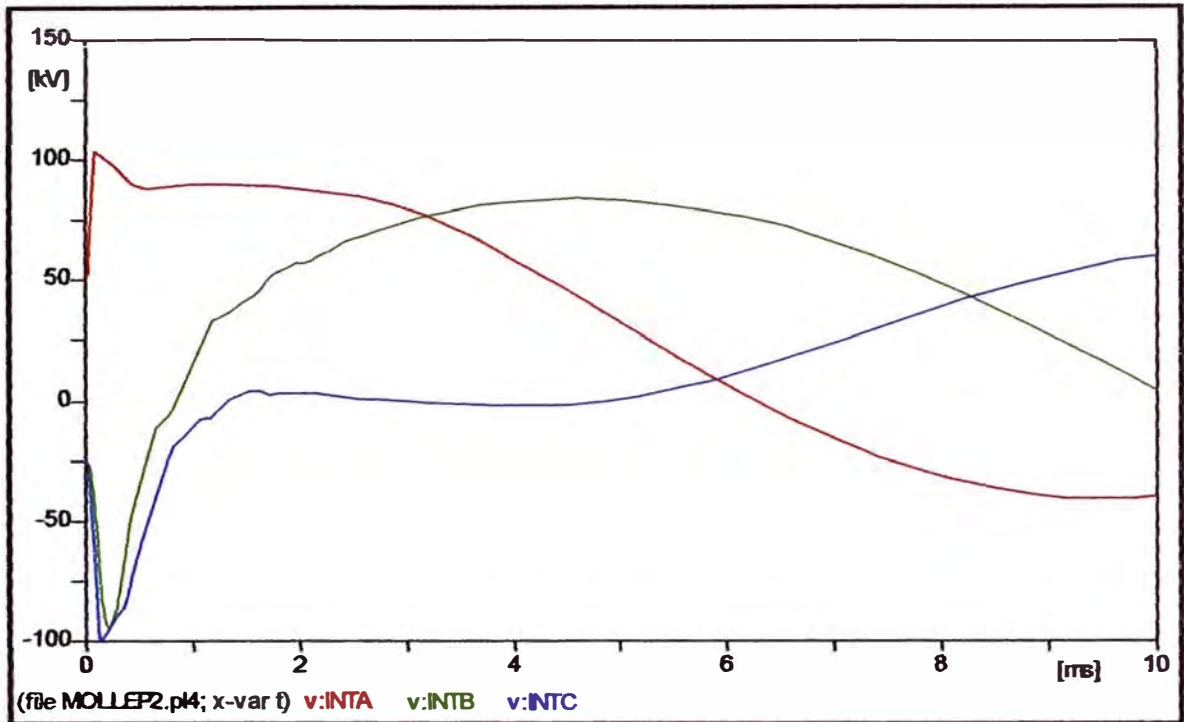
En las figuras 5.13, 5.14, 5.15 y 5.16, se muestran las tensiones de cada fase en los terminales del interruptor de potencia de 123 kV.



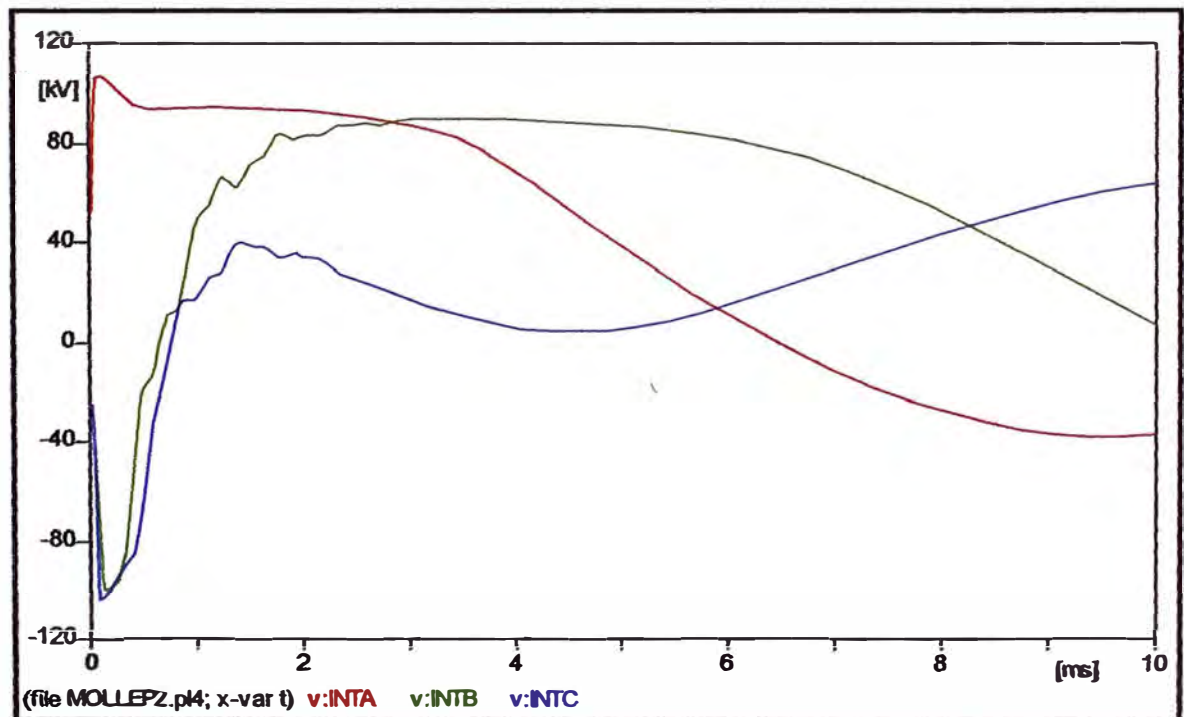
**Fig. 5.13. Tensiones en los terminales del interruptor de potencia de 123 kV
Escenario N° 1A**



**Fig. 5.14. Tensiones en los terminales del interruptor de potencia de 123 kV
Escenario N° 1B**



**Fig. 5.15. Tensiones en los terminales del interruptor de potencia de 123 kV
Escenario N° 2A**



**Fig. 5.16. Tensiones en los terminales del interruptor de potencia de 123 kV
Escenario N° 2B**

De las figuras 5.13, 5.14, 5.15 y 5.16, se observa que las oscilaciones presentan además de la forma de onda sinusoidal de la tensión, una sobretensión de impulso de característica unidireccional de elevación rápida y fuertemente amortiguada, como es típico de las sobretensiones de maniobra, asimismo, se puede observar que la fase A presenta el mayor pico de sobretensión respecto a las demás fases, esto es debido a que la descarga cae en la fase A.

Como se puede observar en las figuras 5.13, 5.14, 5.15 y 5.16, los escenarios que consideran la operación de los descargadores (escenarios N° 2A y 2B), las tensiones se reducen considerablemente, en la tabla N° 5.5, se muestran las máximas tensiones fase-tierra, para cada uno de los escenarios analizados, donde se puede notar que la tensión en la fase A, disminuye en 129,6 kV para una descarga atmosférica de 10 kA, y 306,3 kV para una descarga atmosférica de 20 kA, a consecuencia de la instalación de los descargadores.

TABLA N° 5.5

Tensiones máximas fase - tierra en kVp de escenarios N° 1A, 1B, 2A y 2B

Tensión Máxima Fase - Tierra (kVp)				
Fase	Escenario N° 1A	Escenario N° 1B	Escenario N° 2A	Escenario N° 2B
A	232,9	413,1	103,3	106,8
B	-87,0	-152,0	-94,1	-99,8
C	-100,0	-172,6	-99,2	-104,1

Dado que los equipos tienen una tensión máxima (U_m) igual a 123 kV, el máximo valor pico para una tensión de operación continua es de 100 kVp, tomando como base dicho valor, en la Tabla N° 5.6, se muestran los máximos niveles de sobretensión en p.u., para cada uno de los escenarios.

TABLA N° 5.6

Tensiones máximas fase - tierra en p.u. de escenarios N° 1A, 1B, 2A y 2B

Tensión Máxima Fase - Tierra (p.u.)				
Fase	Escenario N° 1A	Escenario N° 1B	Escenario N° 2A	Escenario N° 2B
A	2,33	4,13	1,03	1,07
B	0,87	1,52	0,94	1,00
C	1,00	1,73	0,99	1,04

En conclusión, de las simulaciones anteriores se puede notar que la reducción de las sobretensiones tipo atmosféricas con la instalación de los descargadores seleccionados es considerable, logrando proteger al equipo; Obteniéndose una mayor reducción cuando mayor sea la sobretensión.

Respecto al nivel de aislamiento de los equipos (450 kVp-BIL), en ninguna de las simulaciones es superada.

c.2) Subestación San Francisco 66 kV

En las figuras 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21 y 5.22, se muestran las tensiones de cada fase en los terminales de 66 kV del transformador de potencia de 4/5 MVA.

De las figuras 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21 y 5.22, se observa que las oscilaciones presentan además de la forma de onda sinusoidal de la tensión, una sobretensión de impulso de característica unidireccional de elevación rápida y fuertemente amortiguada, como es típico de las sobretensiones de maniobra, asimismo, se puede observar que la fase A presenta el mayor pico de sobretensión respecto a las demás fases, esto es debido a que la descarga cae en la fase A.

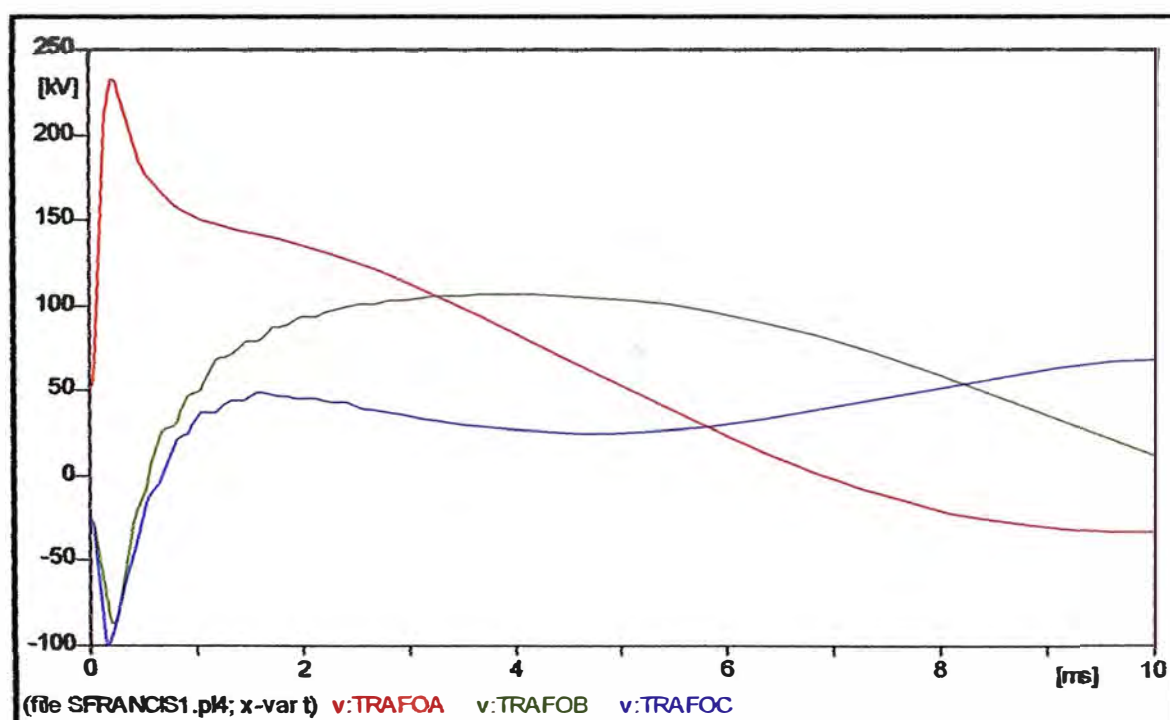


Fig. 5.17. Tensiones en los terminales de 66 kV del transformador de potencia de 4/5 MVA - Escenario N° 3A

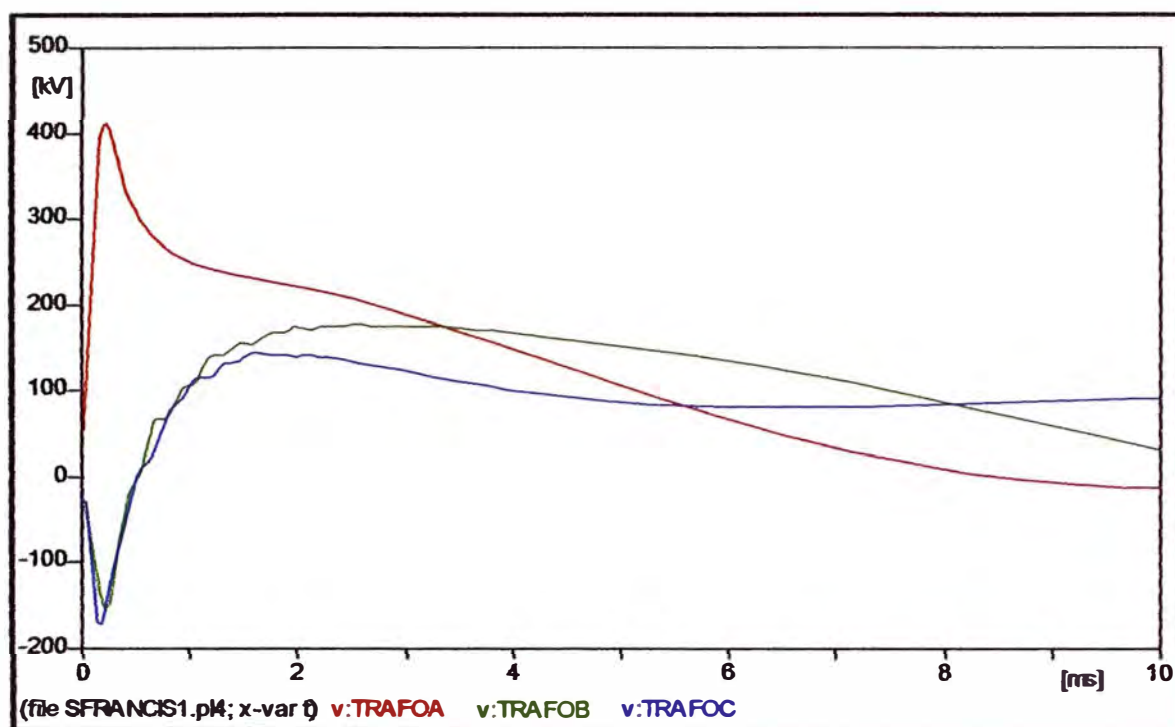


Fig. 5.18. Tensiones en los terminales de 66 kV del transformador de potencia de 4/5 MVA - Escenario N° 3B

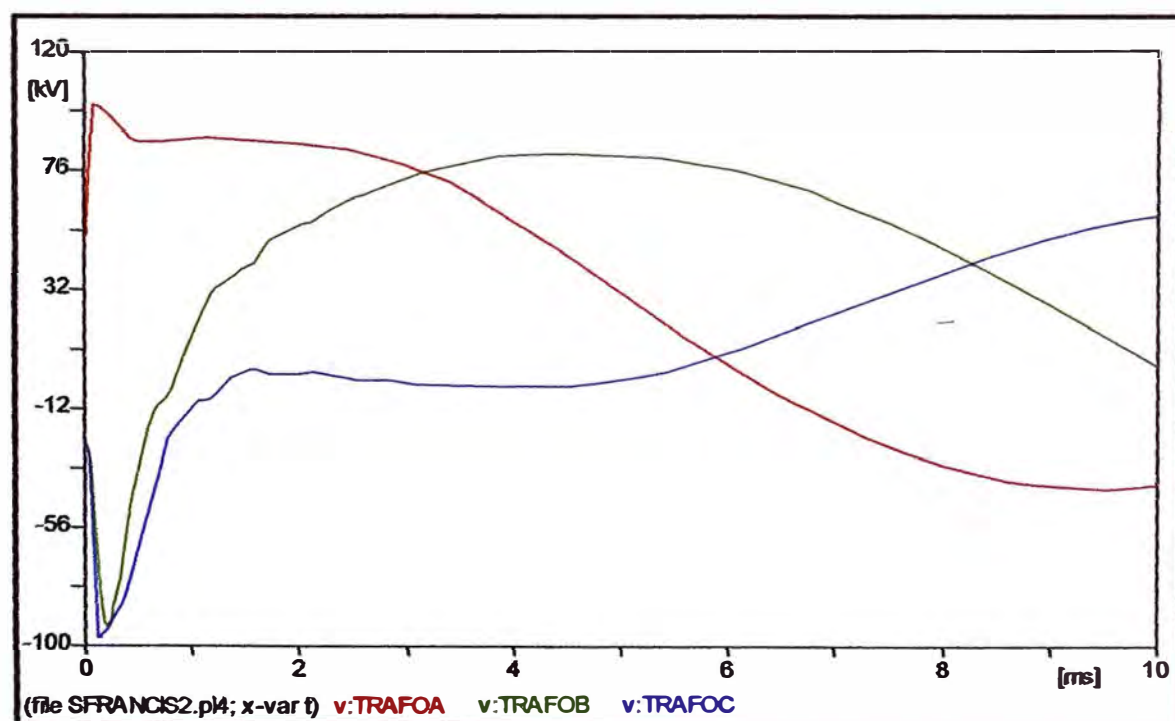


Fig. 5.19. Tensiones en los terminales de 66 kV del transformador de potencia de 4/5 MVA - Escenario N° 4A

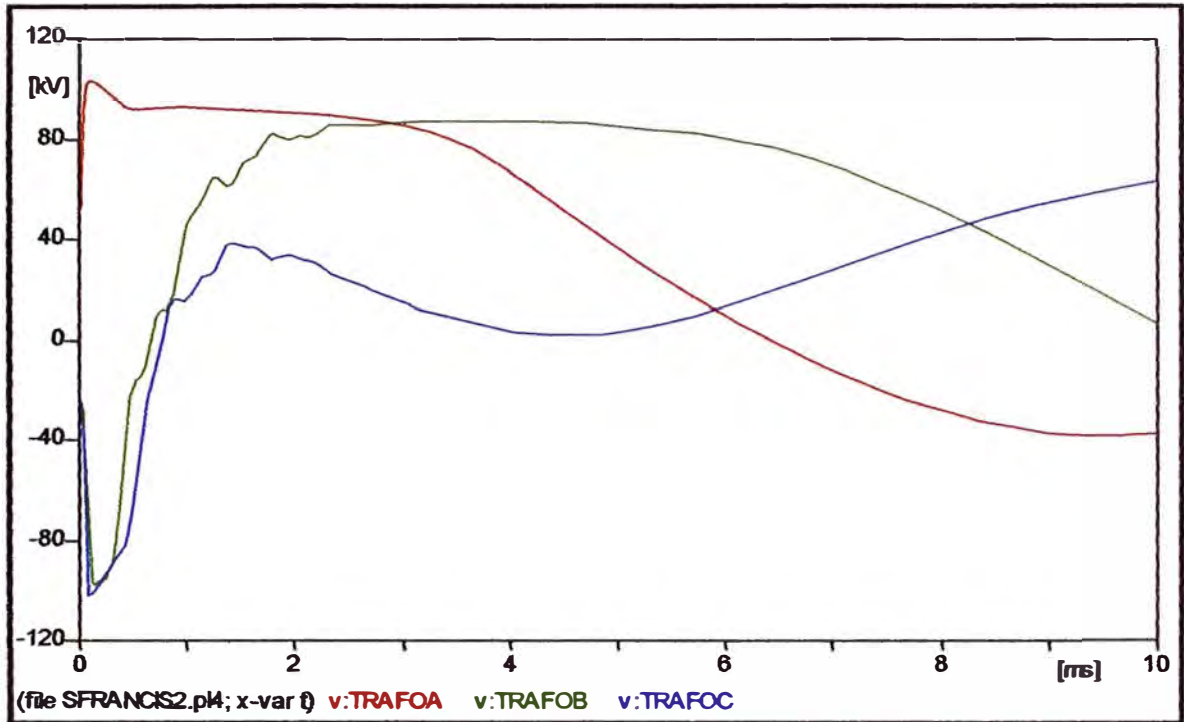


Fig. 5.20. Tensiones en los terminales de 66 kV del transformador de potencia de 4/5 MVA - Escenario N° 4B

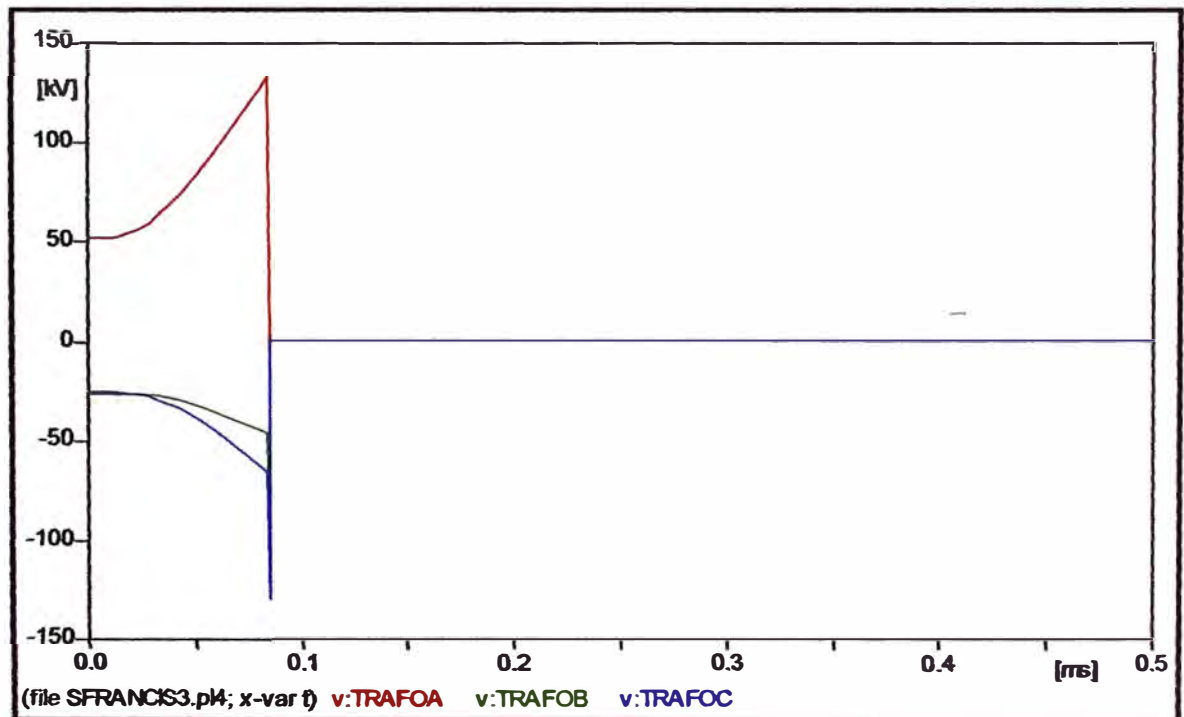


Fig. 5.21. Tensiones en los terminales de 66 kV del transformador de potencia de 4/5 MVA - Escenario N° 5A

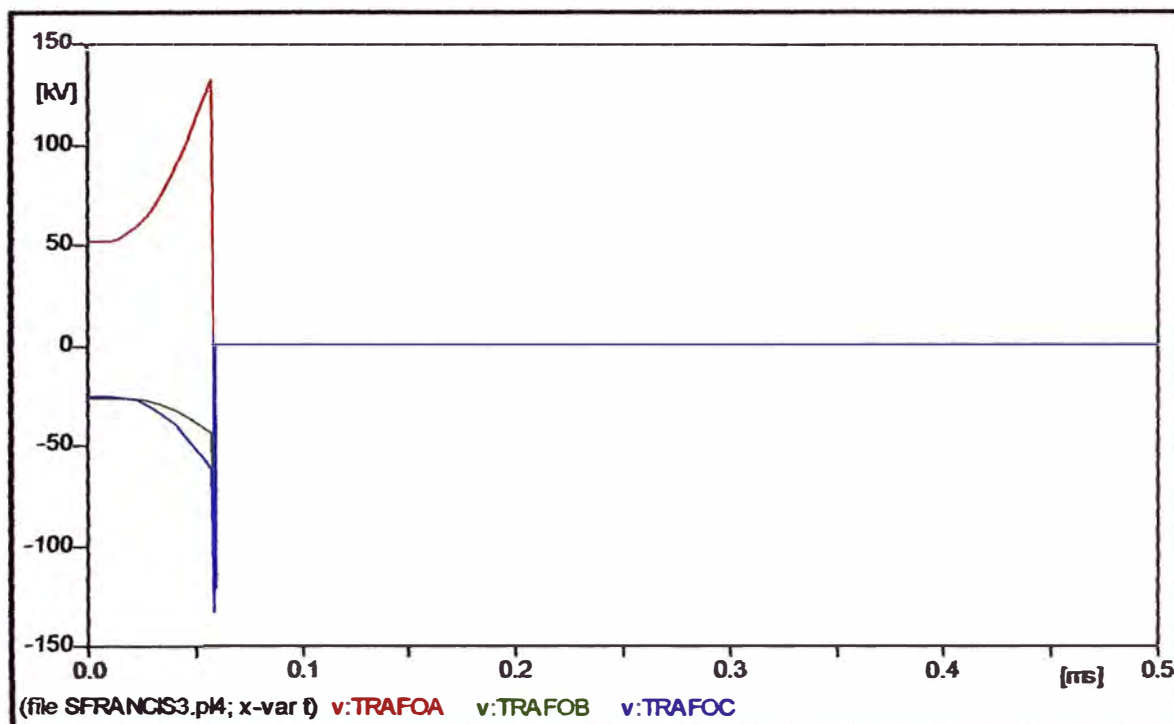


Fig. 5.22. Tensiones en los terminales de 66 kV del transformador de potencia de 4/5 MVA - Escenario N° 5B

Como se puede observar en las figuras 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21 y 5.22, los escenarios que consideran la operación de los descargadores (escenarios N° 4A y 4B), las tensiones se reducen considerablemente, en la tabla N° 5.5, se muestran las máximas tensiones fase-tierra, para cada uno de los escenarios analizados, donde se puede notar que la tensión en la fase A, disminuye en 132,1 kV para una descarga atmosférica de 10 kA, y 308,3 kV para una descarga atmosférica de 20 kA, a consecuencia de la instalación de los descargadores. Asimismo, los escenarios que consideran la operación de los explosores de brecha de aire (escenarios N° 5A y 5B), las tensiones se reducen a cero, en la tabla N° 5.5, se muestran las máximas tensiones fase-tierra, limitadas por el descargador, donde se puede notar que la tensión en la fase A, disminuye en 99,2 kV para una descarga atmosférica de 10 kA y 278,5 kV para una descarga atmosférica de 20 kA.

TABLA N° 5.7

Tensiones máximas fase - tierra en kVp de escenarios N° 3A, 3B, 4A, 4B, 5A y 5B

Tensión Máxima Fase - Tierra (kVp) - Escenarios						
Fase	N° 3A	N° 3B	N° 4A	N° 4B	N° 5A	N° 5B
A	232,2	411,5	100,1	103,2	133,0	133,0
B	-87,7	-151,5	-82,1	-97,4	-124,4	-122,6
C	-99,7	-171,9	-97	-101,7	-129,1	-132,5

Dado que los equipos tienen una tensión máxima (U_m) igual a 72,5 kV, el máximo valor pico para una tensión de operación continua es de 59,2 kVp, tomando como base dicho valor, en la Tabla N° 5.8, se muestran los máximos niveles de sobretensión en p.u., para cada uno de los escenarios.

TABLA N° 5.8

Tensiones máximas fase - tierra en p.u. de escenarios N° 3A, 3B, 4A, 4B, 5A y 5B

Tensión Máxima Fase - Tierra (p.u.) - Escenarios						
Fase	N° 3A	N° 3B	N° 4A	N° 4B	N° 5A	N° 5B
A	3,92	6,95	1,69	1,74	2,25	2,25
B	1,48	2,56	1,39	1,65	2,10	2,07
C	1,68	2,90	1,64	1,72	2,18	2,24

En conclusión, de las simulaciones anteriores se puede notar que la reducción de las sobretensiones tipo atmosféricas con la instalación de los descargadores seleccionados es considerable, logrando proteger al equipo; Obteniéndose una mayor reducción cuando mayor sea la sobretensión.

Respecto al nivel de aislamiento de los equipos (325 kVp-BIL), esta es superada en el escenario N° 3B, con la ausencia de equipos de protección.

Adicionalmente, en la figura 5.23, se muestra la energía disipada por un descargador para la caída de una descarga atmosférica de 20 kA – 8/20 us, en la fase A, a la mitad de la línea de transmisión Mollepata – San Francisco 66 kV, esta en el orden de los 17 kJ.

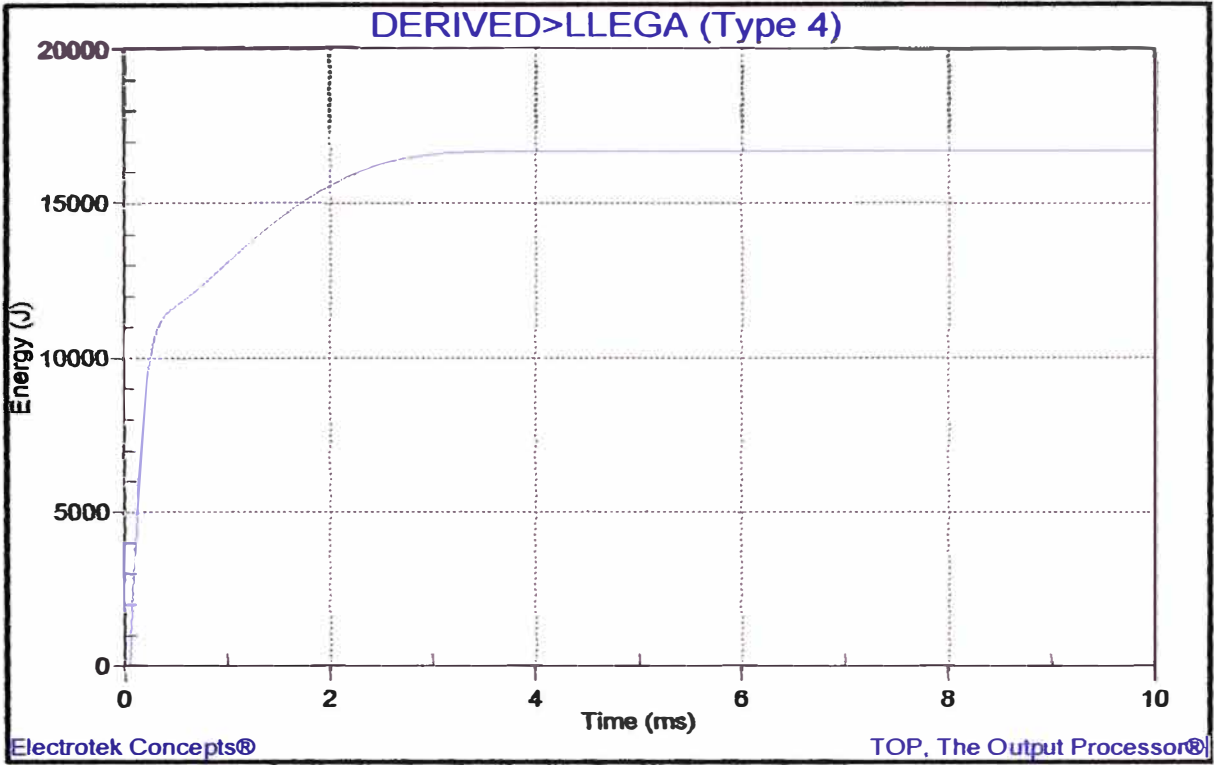


Fig. 5.23. Energía de disipación de los descargadores

CONCLUSIONES

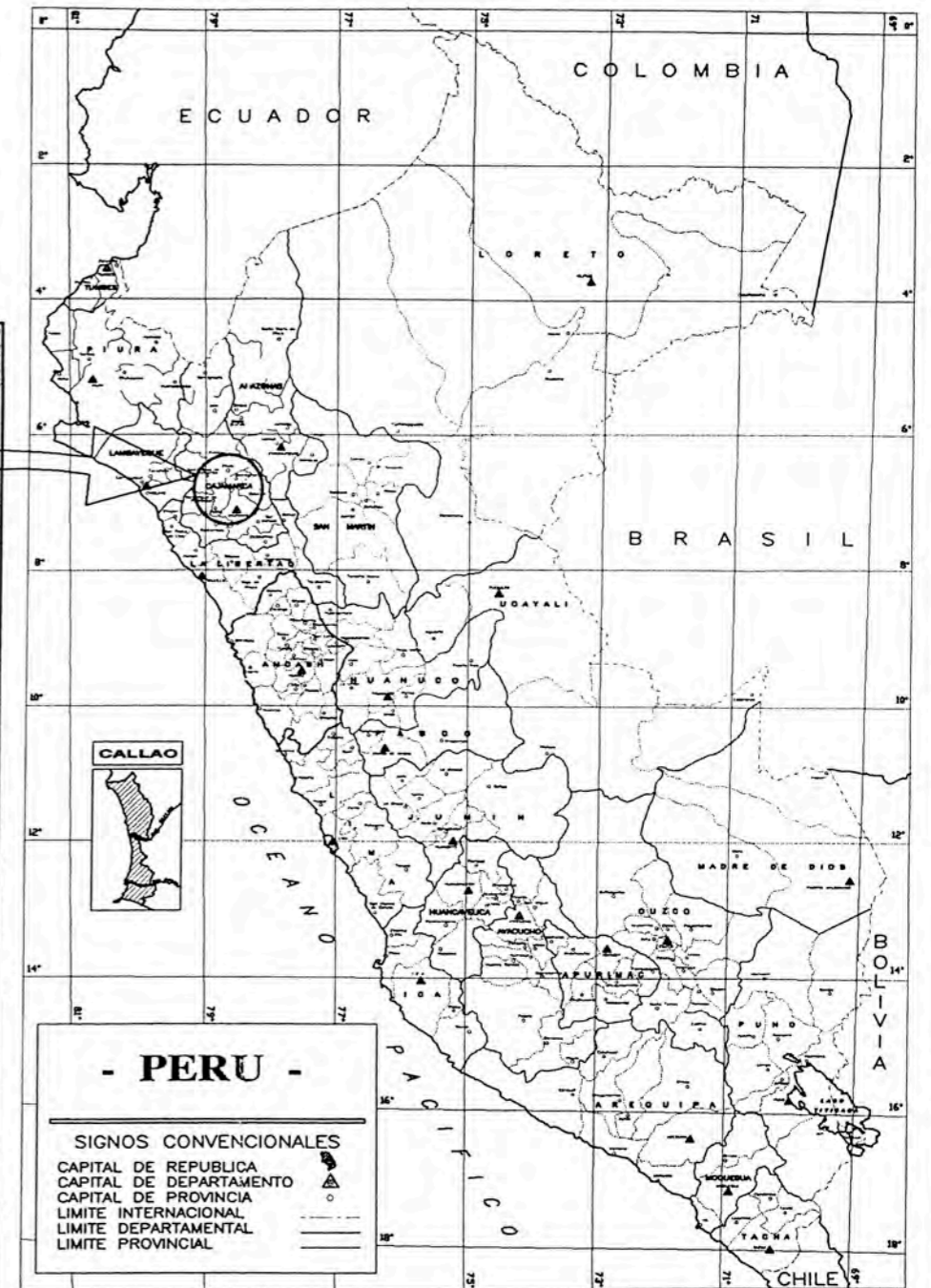
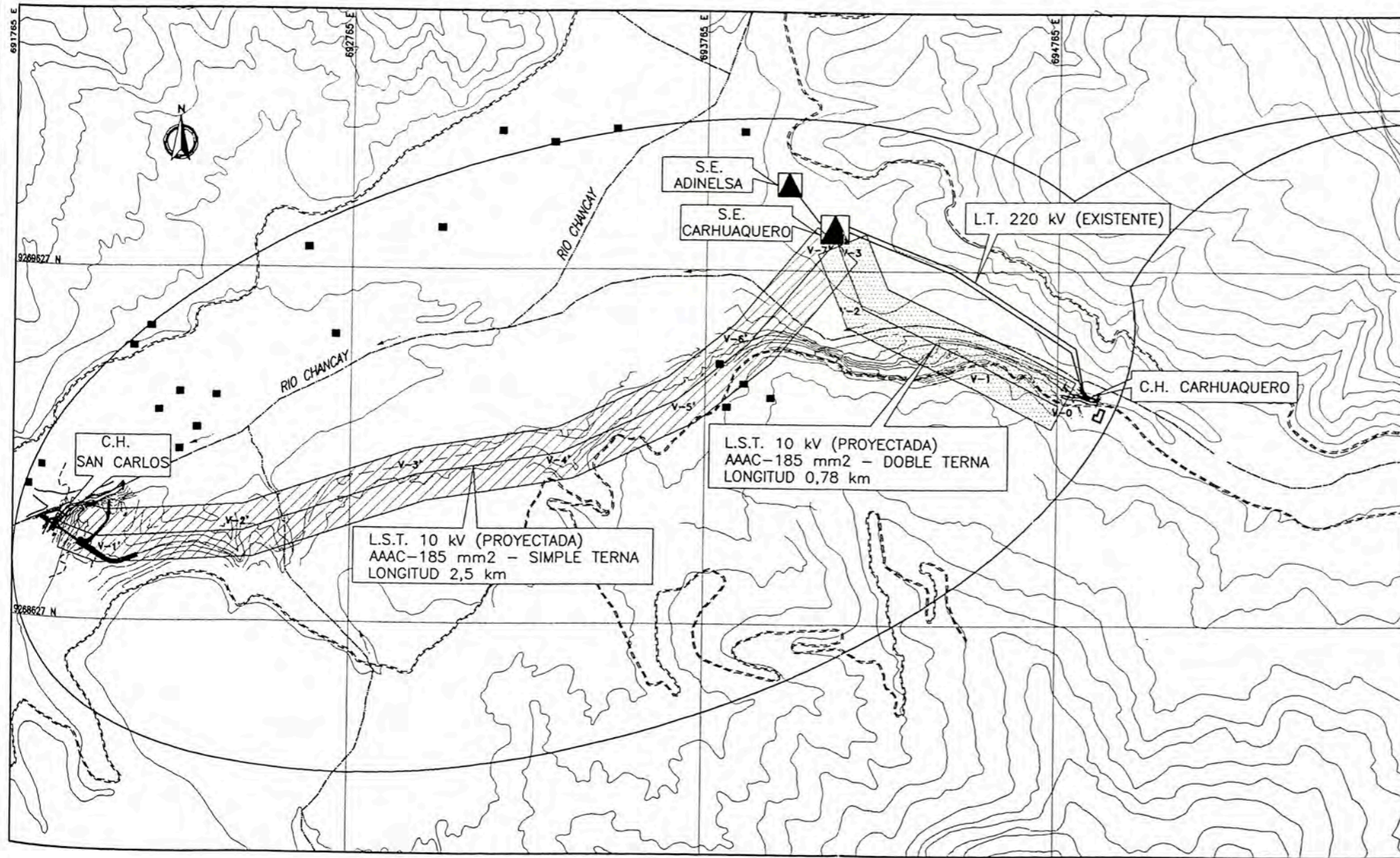
Del informe desarrollado se tienen las conclusiones siguientes:

- 1. Los equipos de protección contra sobretensiones impulsionales, tienen la función de reducir y limitar el tiempo de sometimiento de los equipos a las sobretensiones impulsionales, derivando las sobrecorrientes generadas hacia tierra, evitando así, la posibilidad de daños y salidas de operación.**
- 2. Para una adecuada determinación y selección de los equipos de protección contra sobretensiones impulsionales, es importante conocer como mínimo la tensión máxima del sistema, conexión del neutro y las características de los equipos y del ambiente de la subestación.**
- 3. En la actualidad, los descargadores de Oxido de Zinc (ZnO), son los equipos mas empleados para la protección contra sobretensiones impulsionales, debido a su a su mejor precisión en la tensión de encendido y su mínimo tiempo de retardo en la reducción de las sobretensiones.**
- 4. Alternativamente, los explosores de brecha de aire, también son empleados, debido a su bajo costo, pero se emplean generalmente como respaldo de los descargadores, en zonas de baja probabilidad de sobretensiones, y en instalaciones de menor relevancia, debido a su baja precisión.**
- 5. En subestaciones de potencia, se debe priorizar la protección contra sobretensiones impulsionales, principalmente en los equipos más costosos e importantes, entre ellos: los transformadores de potencia, las inductancias, los bancos de capacitores, los compensadores estáticos, los interruptores de potencia y los transformadores de instrumentación, instalando próximos a ellos los equipos de protección.**
- 6. Para la mejor operación de los equipos de protección contra sobretensiones impulsionales, es importante disponer de una correcta instalación y de una conexión a tierra de baja impedancia, para la libre disipación de las corrientes de descarga.**

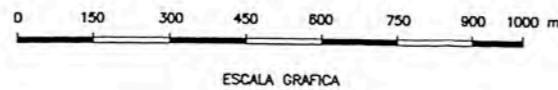
7. Los equipos de protección contra sobretensiones, generalmente, no están orientados a brindar protección contra sobretensiones temporales, pero deben diseñarse para soportar estas durante un determinado tiempo.
8. En el dimensionamiento de los equipos de protección, se debe verificar que la tensión residual entre los bornes del descargador sean menores al nivel de aislamiento nominal.
9. Los descargadores generalmente no se aplican para limitar las corrientes de sobretensiones de maniobra de las líneas, pero son empleados como una segunda línea de defensa en caso fallen otros mecanismos.
10. Dentro de una subestación de potencia, el efecto de la distancia de protección de los descargadores, es aplicable únicamente para las sobretensiones atmosféricas, siendo despreciado para las sobretensiones de maniobra.

ANEXOS

ANEXO A
PLANOS DEL PROYECTO:
AMPLIACIÓN DE SUBESTACIÓN CARHUAQUERO

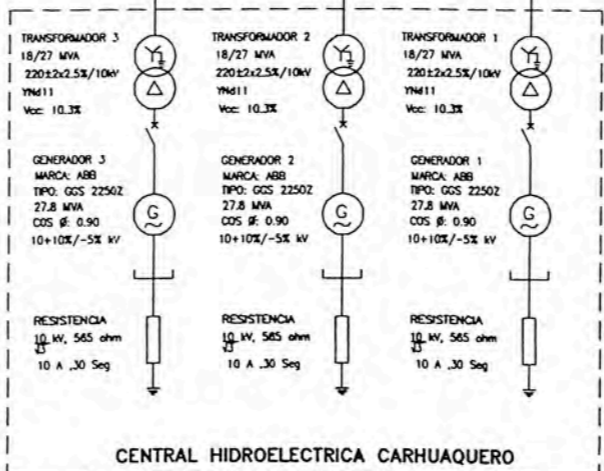
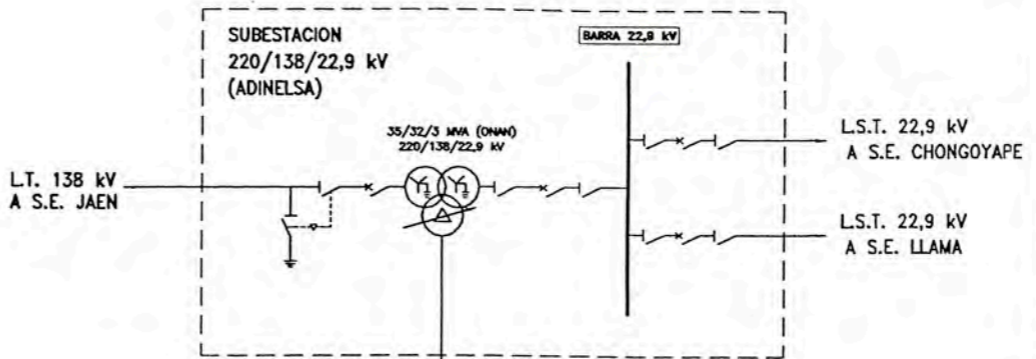
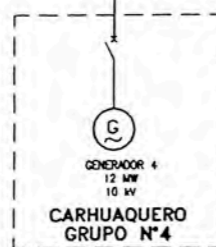
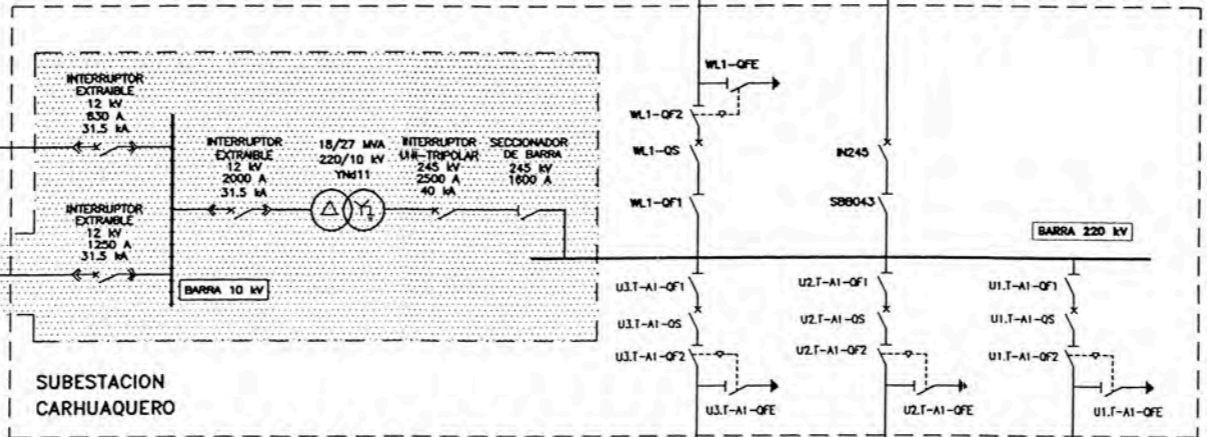
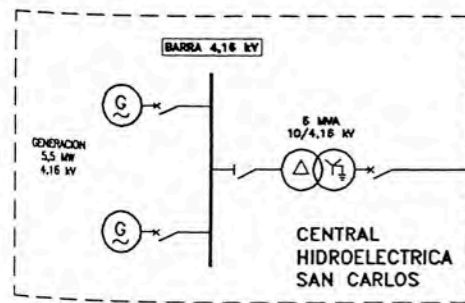
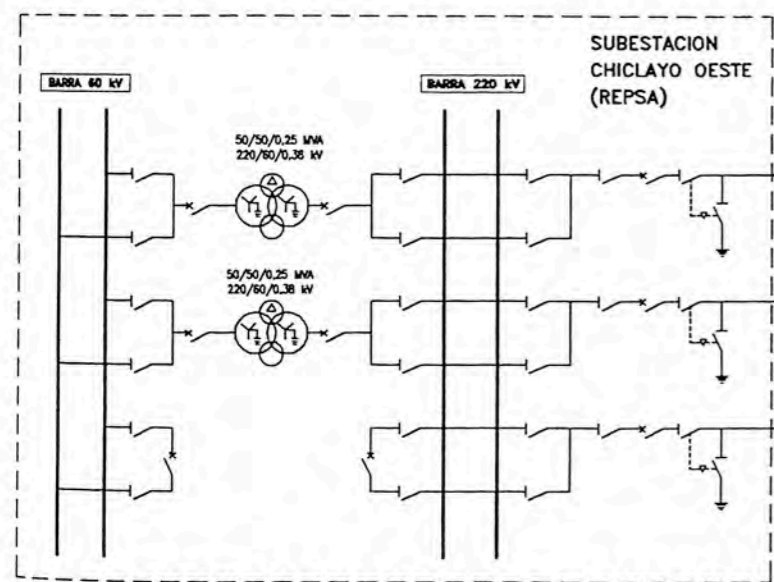


PLANTA



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
---	CAVINO DE ACCESO EXISTENTE
---	OBRAS DE CONDUCCION PROYECTADA
---	LINEA DE TRANSMISION PROYECTADA 10 KV
▲	SUBSTACION ELECTRICA EXISTENTE
▨	PROYECTO DE L.S.T. 10 KV C.H. SAN CARLOS - S.E. CARHUAQUERO
▩	PROYECTO DE L.S.T. 10 KV C.H. CARHUAQUERO - S.E. CARHUAQUERO

					UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		PLANO N°: EE-01-001	
					AMPLIACION SUBSTACION CARHUAQUERO UBICACION GEOGRAFICA		DIS. M. FLORES DIB. M. FLORES REV. J. YANQUE V.B. J. KOC	
0	EMISION ORIGINAL	DEC. 2005						
REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA	UNI - FIEE				



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	SECCIONADOR DE BARRA
	INTERRUPTOR
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO, DE DOS DEVANADOS
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO, DE TRES DEVANADOS
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO, DE TRES DEVANADOS Y DEVANADO DE COMPENSACION
	SECCIONADOR DE LINEA, CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
	GENERADOR
	INTERRUPTOR EXTRAIBLE
	SISTEMA DE BARRAS
	RESISTENCIA
	PUNTO NEUTRO

LEYENDA:

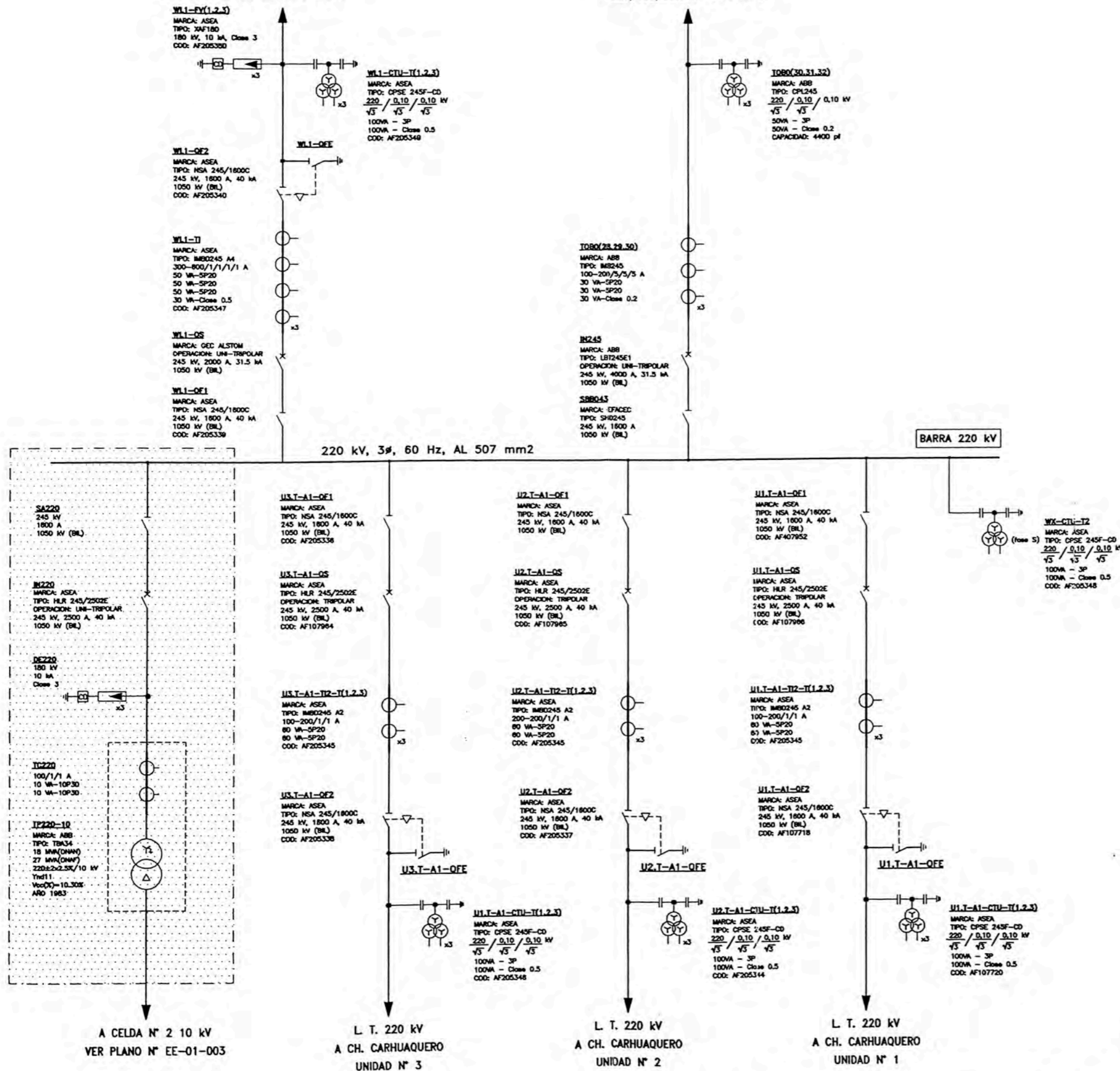
	INSTALACIONES EXISTENTES
	INSTALACIONES PROYECTADAS
	ALCANCE DEL PROYECTO

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
UBICACION GEOGRAFICA	EE-01-001
DIAGRAMA UNIFILAR 220 kV	EE-01-003
DIAGRAMA UNIFILAR 10 kV	EE-01-004
DISPOSICION DE EQUIPOS - PLANTA	EE-01-005

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA				PLANO N°: EE-01-002	
				DES.	M. FLORES
				DIB.	M. FLORES
				REV.	J. YANQUE
				V.B.	J. KOC
0	EMISION ORIGINAL	DEC. 2005			
REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA	UNI - FIEE	FECHA: DIC. '05 ESCALA: S/E

L.T. 220 kV (L-240)
A S.E. CHICLAYO OESTE

A PATIO DE LLAVES
220/138/22.9 kV (ADINELSA)



LEYENDA DE EQUIPOS	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	SECCIONADOR DE BARRA, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLAS PRINCIPALES DE APERTURA CENTRAL
	INTERRUPTOR DE POTENCIA, MANDO MOTORIZADO
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE, TIPO COLUMNA PARA MONTAJE AL EXTERIOR, CON CUATRO DEVANADOS SECUNDARIOS
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE, TIPO COLUMNA PARA MONTAJE AL EXTERIOR, CON TRES DEVANADOS SECUNDARIOS
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE, TIPO COLUMNA PARA MONTAJE AL EXTERIOR, CON DOS DEVANADOS SECUNDARIOS
	SECCIONADOR DE LINEA, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLA PRINCIPAL DE APERTURA CENTRAL Y CUCHILLA DE PUESTA TIERRA
	TRANSFORMADOR DE TENSION MONOFASICO, TIPO CAPACITIVO, DOS DEVANADOS SECUNDARIOS
	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO, CON CONTADOR DE DESCARGA
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA, CON REGULACION DE TAP SIN CARGA 18/27 MVA

LEYENDA:
 INSTALACIONES EXISTENTES
 INSTALACIONES CONSIDERADAS EN EL PROYECTO

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	EE-01-002
DIAGRAMA UNIFILAR 10 kV	EE-02-004
DISPOSICION DE EQUIPOS - PLANTA	EE-01-005

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA			PLANO N°: EE-01-003
AMPLIACION SUBESTACION CARHUAQUERO DIAGRAMA UNIFILAR 220 kV			DIS. M. FLORES DIB. M. FLORES REV. J. YANQUE V.B. J. KOC
FECHA: DIC. 05 ESCALA: S/E			

REV.	EMISION ORIGINAL	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA
0	EMISION ORIGINAL		DIC. 2005	

A TRANSFORMADOR 220/10 kV
VER PLANO N° EE-01-002

CABLE DE ENERGIA 12/20kV
XLPE 3(3-1x400mm²)

CELDA N° 2

DE10-2
12 kV
10 kA
Clase 2

IC10-2
1000-2000/1/1/1 A
15 VA-5P20
15 VA-5P20
15 VA-Clase 0.25

IN10-2
12 kV
2000 A
31.5 kA
75 kV (BIL)

TI10-2
10 / 0.10 / 0.10 kV
√3 / √3
30VA - 3P
30VA - Clase 0.2

CELDA N° 1

IN10-1
12 kV
1250 A
31.5 kA
75 kV (BIL)

IC10-1A
750-1500/1/1/1 A
15 VA-5P20
15 VA-5P20
15 VA-Clase 0.25

ST10-1
12 kV
75 kV (BIL)

IC10-1B
0.72 kV
20/1 A
5 VA-10P10

CABLE DE ENERGIA 12/20kV
XLPE 2(3-1x400mm²)

LST 10 kV
A C.H. CARHUAQUERO
UNIDAD N° 4

CELDA N° 3

12 kV, 3Ø, 60 Hz, 2500 A, 31,5 kA

IN10-3
12 kV
630 A
31.5 kA
75 kV (BIL)

IC10-3A
400-800/1/1/1 A
15 VA-5P20
15 VA-5P20
15 VA-Clase 0.25

ST10-3
12 kV
75 kV (BIL)

IC10-3B
0.72 kV
20/1 A
5 VA-10P10

CABLE DE ENERGIA 12/20kV
XLPE 3-1x400mm²

LST 10 kV
A C.H. SAN CARLOS

CELDA N° 4 (FUTURO)

BARRA 10 kV

RESERVA

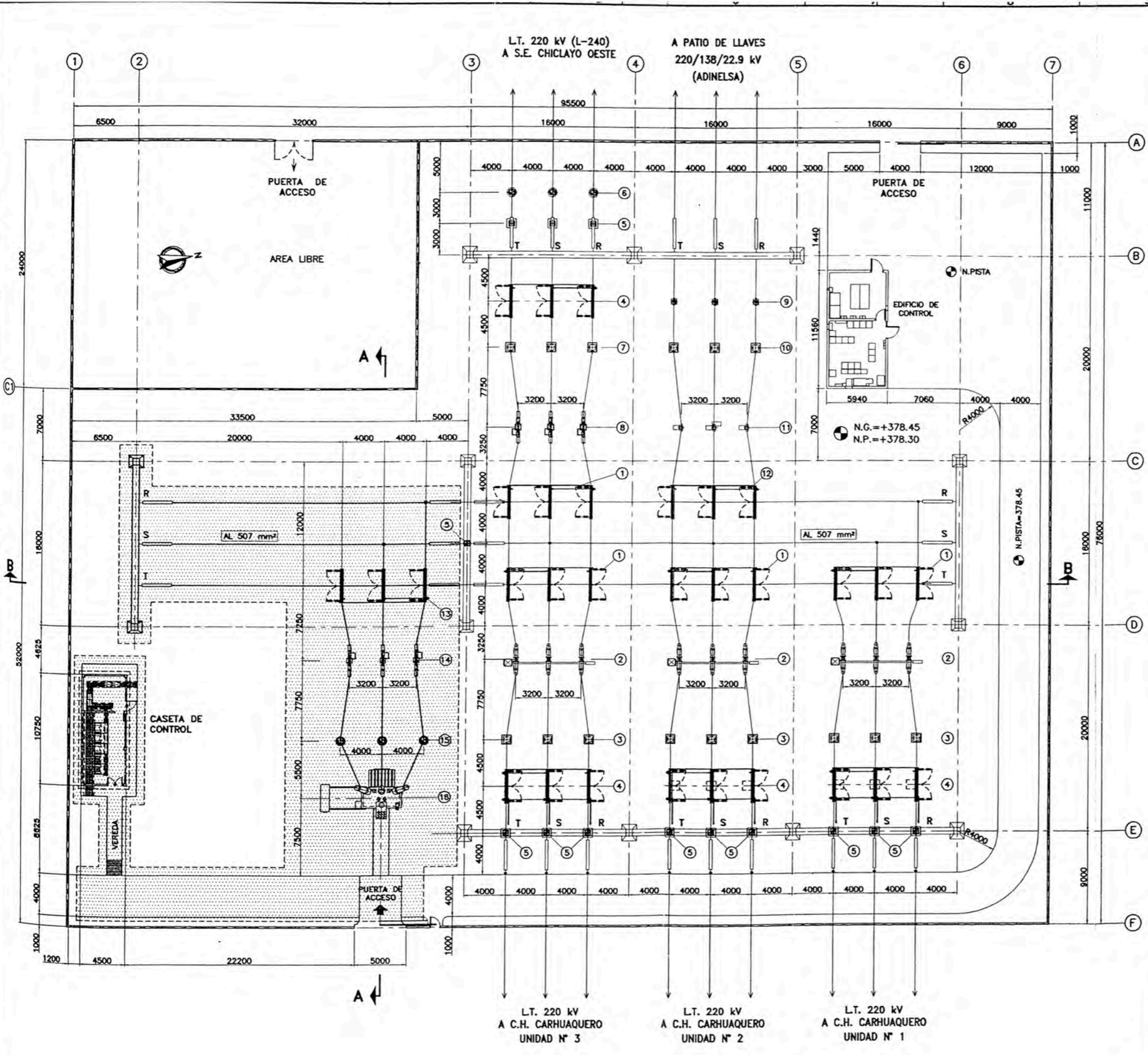
LEYENDA DE EQUIPOS

SIMBOLO	DESCRIPCION
	INTERRUPTOR EXTRAIBLE, MANDO MOTORIZADO
	SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE CON TRES DEVANADOS SECUNDARIOS.
	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO INDUCTIVO, CON DOS DEVANADOS SECUNDARIOS Y PROTECCION CON FUSIBLE
	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO
	CABLE DE ENERGIA
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO TOROIDAL

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	EE-01-002
DIAGRAMA UNIFILAR 220 kV	EE-02-003
DISPOSICION DE EQUIPOS - PLANTA	EE-01-005

					UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	PLANO N°:	EE-01-004
						DIS. M. FLORES	
				AMPLIACION SUBSTACION CARHUAQUERO DIAGRAMA UNIFILAR 10 kV		DIB. M. FLORES	
						REV. J. YANQUE	
				UNI - FIEE		V.B. J. KOC	
						FECHA: DIC.05	ESCALA: 5/E
0	EMISION ORIGINAL	DIC. 2005					
REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA				



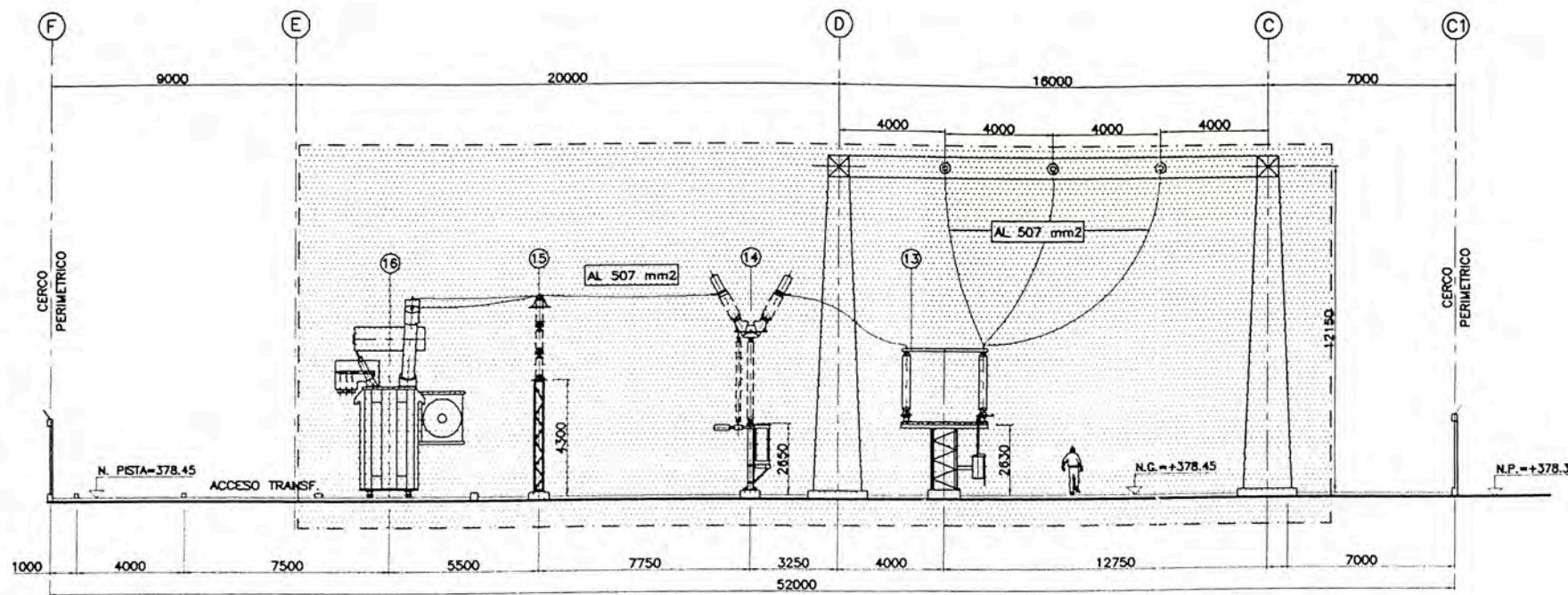
LEYENDA DE EQUIPOS EXISTENTES			
ITEM	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	CANT.
1	SECCIONADOR DE BARRA DE OPERACION TRIPOLAR, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLAS PRINCIPALES DE APERTURA CENTRAL 245 kV, 1600 A, 1050 kVp (BIL), 40 kA	MARCA: ASEA TIPO: NSA 245/1800C	4 u
2	INTERRUPTOR DE POTENCIA DE OPERACION TRIPOLAR EN VOLUMEN MINIMO DE ACEITE, MANDO MOTORIZADO, 245 kV, 2500 A 1050 kVp (BIL), 40 kA	MARCA: ASEA TIPO: HLR 245/2502E	3 u
3	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE MONOFASICO, TIPO COLUMNA PARA MONTAJE EXTERIOR, 245 kV, 100-200/1/1A, 2x60 VA, 5P20, 1050 kVp (BIL)	MARCA: ASEA TIPO: IMB245 A2	9 u
4	SECCIONADOR DE LINEA DE OPERACION TRIPOLAR, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLAS PRINCIPALES DE APERTURA CENTRAL Y CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA, 245 kV, 1600A, 1050 kVp (BIL), 40 kA	MARCA: ASEA TIPO: NSA 245/1800C	4 u
5	TRANSFORMADOR DE TENSION MONOFASICO, TIPO CAPACITIVO, 245 kV, 220-√3/0.10-√3/0.10-√3 kV, 100 VA - cl.0.5, 1050 kVp (BIL)	MARCA: ASEA TIPO: CPSE 245F-CD	13 u
6	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO, CON CONTADOR DE DESCARGA, 180 kV, 10 kA, cl. 3	MARCA: ASEA TIPO: XAF180	3 u
7	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE MONOFASICO, TIPO COLUMNA PARA MONTAJE EXTERIOR, 245 kV, 300-600/1/1/1 A, 3x50 VA - 5P20, 30 VA - cl. 0.5, 1050 kVp (BIL)	MARCA: ASEA TIPO: IMB245 A4	3 u
8	INTERRUPTOR DE POTENCIA DE OPERACION UNI-TRIPOLAR EN SF6, MANDO MOTORIZADO, 245 kV, 2000 A, 1050 kVp (BIL), 31.5 kA	MARCA: GEC ALSTOM	1 u
9	TRANSFORMADOR DE TENSION MONOFASICO, TIPO CAPACITIVO, 245 kV, 220-√3 / 0.10-√3 / 0.10 kV, 50 VA - 3P, 50 VA - cl. 0.2, 1050 kVp (BIL)	MARCA: ABB TIPO: CPL245	3 u
10	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE MONOFASICO, TIPO COLUMNA PARA MONTAJE EXTERIOR, 245 kV, 100-200/5/5/5 A, 2x30 VA - 5P20, 30 VA - cl. 0.2, 1050 kVp (BIL)	MARCA: ABB TIPO: IMB245	3 u
11	INTERRUPTOR DE POTENCIA DE OPERACION UNI-TRIPOLAR EN SF6, MANDO MOTORIZADO, 245 kV, 4000 A, 1050 kVp (BIL), 31.5 kA	MARCA: ABB TIPO: LBT245E1	1 u
12	SECCIONADOR DE BARRA DE OPERACION TRIPOLAR, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLAS PRINCIPALES DE APERTURA CENTRAL, 245 kV, 1600 A, 1050 kVp (BIL)	MARCA: EFACEC TIPO: SHD245	1 u

LEYENDA DE EQUIPOS PROYECTADOS			
ITEM	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	CANT.
13	SECCIONADOR DE BARRA DE OPERACION TRIPOLAR, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLAS PRINCIPALES DE APERTURA CENTRAL, 245 kV, 1600 A, 1050 kVp (BIL)		1 u
14	INTERRUPTOR DE POTENCIA DE OPERACION UNI-TRIPOLAR EN VOLUMEN MINIMO DE ACEITE, MANDO MOTORIZADO, 245 kV, 2500 A 1050 kVp (BIL), 40 kA		1 u
15	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO, CON CONTADOR DE DESCARGA, 180 kV, 10 kA, cl. 3		3 u
16	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO, 18/27 MVA (ONAN/ONAF), 220+2x2.5% / 10 kV, YN11, 10.30% Vcc, CON TRANSFORMADOR DE CORRIENTE INTEGRADOS EN EL LADO DE 220 kV, 100/1/1A, 2x10 VA - 10P30		1 u

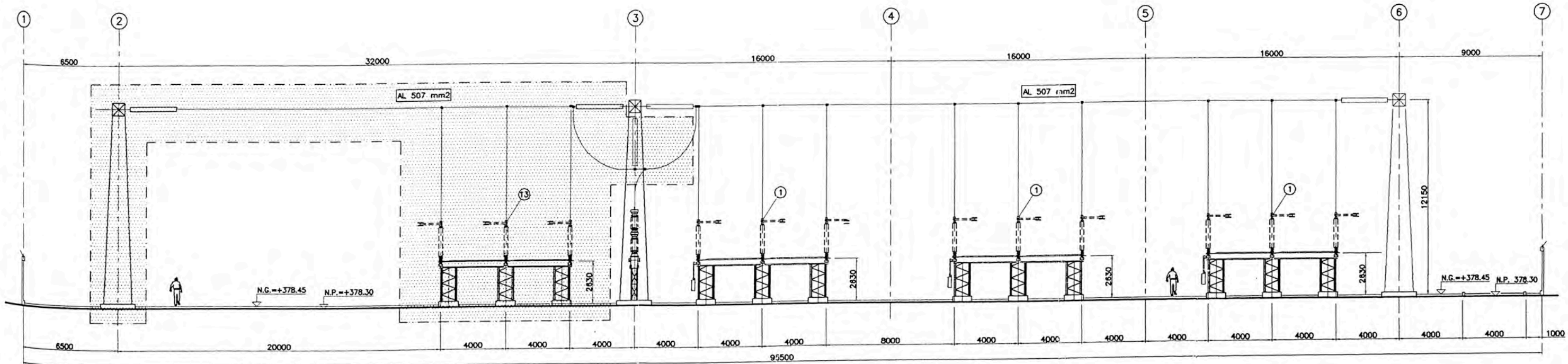
NOTAS:
 1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, EXCEPTO LAS COTAS DE NIVEL
 --- INSTALACIONES EXISTENTES
 [Pattern] INSTALACIONES PROYECTADAS
 N.G.= NIVEL DE GRAVA
 N.P.= NIVEL DE PLATAFORMA
 N.PISTA.= NIVEL DE PISTA DE ACCESO

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
UBICACION GEOGRAFICA	EE-01-001
DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	EE-01-002
DIAGRAMA UNIFILAR 220 kV	EE-01-003
DIAGRAMA UNIFILAR 10 kV	EE-01-004
DISPOSICION DE EQUIPOS - SECCIONES	EE-01-006

				UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		PLANO N°:	
				FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		EE-01-005	
AMPLIACION SUBESTACION CARHUAQUERO DISPOSICION DE EQUIPOS PLANTA				DIS. M. FLORES		H	
				DIB. M. FLORES			
				REV. J. YANQUE			
				V.B. J. KOC			
0 EMISION ORIGINAL REV. DESCRIPCION				DIC. 2005 FECHA		FIRMA UNI - FIEE	



SECCION A-A



SECCION B-B

LEYENDA DE EQUIPOS EXISTENTES

ITEM	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
1	SECCIONADOR DE BARRA DE OPERACION TRIPOLAR, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLAS PRINCIPALES DE APERTURA CENTRAL 245 KV, 1600 A, 1050 kvp (BIL), 40 kA	MARCA: ASEA TIPO: NSA 245/1600C

LEYENDA DE EQUIPOS PROYECTADOS

ITEM	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
13	SECCIONADOR DE BARRA DE OPERACION TRIPOLAR, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLAS PRINCIPALES DE APERTURA CENTRAL 245 KV, 1600 A, 1050 kvp (BIL)	
14	INTERRUPTOR DE POTENCIA DE OPERACION UNI-TRIPOLAR EN VOLUMEN MINIMO DE ACEITE, MANDO MOTORIZADO, 245 KV, 2500 A 1050 kvp (BIL), 40 kA	
15	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO, CON CONTADOR DE DESCARGA, 180 kv, 10 kA, cl. 3	
16	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO, 18/27 MVA (ONAN/ONAF), 220+2x2.5% / 10 kv, Ynd11, 10.30% Vcc, CON TRANSFORMADOR DE CORRIENTE INTEGRADOS EN EL LADO DE 220 KV, 100/1/1A, 2x10 VA - 10P30	

NOTAS:

1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, EXCEPTO LAS COTAS DE NIVEL

- INSTALACIONES EXISTENTES
- ▨ INSTALACIONES PROYECTADAS

- N.G. = NIVEL DE GRAVA
- N.P. = NIVEL DE PLATAFORMA
- N. PISTA = NIVEL DE PISTA DE ACCESO

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	EE-01-002
DIAGRAMA UNIFILAR 220 KV	EE-01-003
DIAGRAMA UNIFILAR 10 KV	EE-01-004
DISPOSICION DE EQUIPOS - PLANTA	EE-01-005

REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA
0	EMISION ORIGINAL	DIC. 2005	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
AMPLIACION SUBESTACION CARHUAQUERO
DISPOSICION DE EQUIPOS
SECCIONES

PLANO N°:
EE-01-006
DIS. M. FLORES
DIB. M. FLORES
REV. J. YANQUE
V.B. J. KOC
FECHA: DIC. 05 ESCALA: 1/125

ANEXO B
REPORTE DE SIMULACIONES EN EL PROGRAMA ATP-EMTP DEL PROYECTO:
AMPLIACIÓN DE SUBESTACIÓN CARHUAQUERO

REPORTE DE ESCENARIO N° 3: ENERGIZACIÓN DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN CHICLAYO OESTE - CARHUAQUERO 220 KV Y TRANSFORMADOR DE POTENCIA 18/27 MVA EN VACÍO, CON DESCARGADORES EXISTENTES Y PROYECTADOS, Y EL RESTO DE MÓDULOS DE SALIDA DESCONECTADOS

```

--- 206 cards of disk file read into card cache cells 1 onward.
--- Pass 1. Card = 146. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\CARH40~1.LIB
--- Pass 1. Card = 159. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~2.LIB
--- Pass 1. Card = 172. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~1.LIB
--- Pass 1. Card = 185. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~1.LIB
--- Pass 1. Card = 198. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~1.LIB
--- Pass 1. Card = 211. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~3.LIB
--- Pass 1. Card = 224. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.lib
--- Pass 1. Card = 237. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.lib
--- Pass 1. Card = 250. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.lib
--- Pass 1. Card = 263. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~3.LIB
--- Pass 1. Card = 276. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.lib
--- Pass 1. Card = 289. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~3.LIB
--- Pass 1. Card = 302. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.lib
--- Pass 1. Card = 315. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~3.LIB
--- Pass 1. Card = 328. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.lib
--- Pass 1. Card = 341. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~1.LIB
--- Pass 1. Card = 354. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~1.LIB
--- Pass 1. Card = 367. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~2.LIB

```

<===> Done with "/"-card sorting by data class. Remember that the source file appears different from interpreted input data.

Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.

Date (dd-mth-yy) and time of day (hh.mm.ss) = 29-Dec-05 00:35:57 Name of disk plot file is c:\atp\atpdraw\atp\carhua3.pl4

Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTF User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 05 March 2002.

Total size of LABCOM tables = 4929880 INTEGER words. VARDIM List Sizes follow: 6002 10K 10K 340 20K 5K

13140 120K 1450 1900 360 900 36400 255 64800 384 45 254 400K 100K 3K 12K 40K 120 30K 10K 600 126K 5059K 60

-----+
Descriptive interpretation of input data cards.

| Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character
0 1 2 3 4 5 6 7 8
012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

-----+
Comment card. KOMPAR > 0.

|C data:C:\ATP\ATPDRAW\ATP\CARHUA3.ATP

Marker card preceding new EMTF data case.

|BEGIN NEW DATA CASE

Comment card. KOMPAR > 0.

|C -----

Comment card. KOMPAR > 0.

|C Generated by ATPDRAW diciembre, jueves 29, 2005

Comment card. KOMPAR > 0.

|C A Bonneville Power Administration program

Comment card. KOMPAR > 0.

|C Programmed by H. K. Høidalen at SEFAS - NORWAY 1994-2002

Comment card. KOMPAR > 0.

|C -----

Comment card. KOMPAR > 0.

|C \$DUMMY, XYZ000

Comment card. KOMPAR > 0.

|C dT >< Tmax >< Xopt >< Copt >

Misc. data. 1.000E-06 7.000E-02 0.000E+00

| 1.E-6 .07

Misc. data. 500 1 1 1 1 0 0 1 0 0

| 500 1 1 1 1 0 0 1 0

Comment card. KOMPAR > 0.

|C 1 2 3 4 5 6 7 8

Comment card. KOMPAR > 0.

|C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

Comment card. KOMPAR > 0.

|C < n 1>< n 2><ref1><ref2>< R >< L >< C >

Comment card.	KOMPAR > 0.			C < n 1>< n 2><ref1><ref2>< R >< A >< B ><Leng><><>0			
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-10	LLEGA	.0007		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-10	LLEGB	.0007		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-10	LLEGC	.0007		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0156A	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0156B	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0156C	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	4.000E-10	X0160A	.0004		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	4.000E-10	X0160B	.0004		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	4.000E-10	X0160C	.0004		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	ADINA	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	ADINB	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	ADINC	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0168A	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0168B	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0168C	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0162A	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0162B	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0162C	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	UNI3A	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	UNI3B	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	UNI3C	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	UNI2A	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	UNI2B	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	UNI2C	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	UNI1A	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	UNI1B	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	5.000E-11	UNI1C	5.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0202A	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0202B	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0202C	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0204A	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0204B	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10	X0204C	.0001		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-10	X0166A	.0007		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-10	X0166B	.0007		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-10	X0166C	.0007		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.000E-09	TRAF0A	.002		1
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.000E-09	TRAF0B	.002		1
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.000E-09	TRAF0C	.002		1
Series R-L-C.	1.000E+07	0.000E+00	0.000E+00	XX0078		1.E7	0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	4.900E-11	XX0078	4.9E-5		0
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03	92XX0078	5555.		0
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.	0.0
Breakpoint.	1.2479E+03	2.5904E+01	5.8165E-01		1247.8723693	25.903617823	0.58164702054
Breakpoint.	4.0309E+02	1.9860E+01	8.3000E-01		403.08882284	19.86014195	0.83
Breakpoint.	1.9894E+02	1.3925E+01	8.9000E-01		198.94080652	13.924911209	0.89
Special termination-of-points card.					9999		

Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03	92XX0222		5555.			0
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.		0.0	1
Breakpoint.	6.1146E+04	2.5904E+01	5.0051E-01		61145.746096	25.903617823	0.50050691976		
Breakpoint.	1.9751E+04	1.9860E+01	8.3000E-01		19751.352319	19.86014195	0.83		
Breakpoint.	9.7481E+03	1.3925E+01	8.9000E-01		9748.0995196	13.924911209	0.89		
Special termination-of-points card.					9999				
Series R-L-C.	0.000E+00	1.200E-06	0.000E+00	XX0078XX0222		.0012			0
Series R-L-C.	1.000E+07	0.000E+00	0.000E+00	XX0088	1.E7				0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	4.900E-11	XX0088		4.9E-5			0
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03	92XX0088		5555.			0
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.		0.0	1
Breakpoint.	1.2479E+03	2.5904E+01	5.8165E-01		1247.8723693	25.903617823	0.58164702054		
Breakpoint.	4.0309E+02	1.9860E+01	8.3000E-01		403.08882284	19.86014195	0.83		
Breakpoint.	1.9894E+02	1.3925E+01	8.9000E-01		198.94080652	13.924911209	0.89		
Special termination-of-points card.					9999				
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03	92XX0230		5555.			0
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.		0.0	1
Breakpoint.	6.1146E+04	2.5904E+01	5.0051E-01		61145.746096	25.903617823	0.50050691976		
Breakpoint.	1.9751E+04	1.9860E+01	8.3000E-01		19751.352319	19.86014195	0.83		
Breakpoint.	9.7481E+03	1.3925E+01	8.9000E-01		9748.0995196	13.924911209	0.89		
Special termination-of-points card.					9999				
Series R-L-C.	0.000E+00	1.200E-06	0.000E+00	XX0088XX0230		.0012			0
Series R-L-C.	1.000E+07	0.000E+00	0.000E+00	XX0100	1.E7				0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	4.900E-11	XX0100		4.9E-5			0
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03	92XX0100		5555.			0
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.		0.0	1
Breakpoint.	1.2479E+03	2.5904E+01	5.8165E-01		1247.8723693	25.903617823	0.58164702054		
Breakpoint.	4.0309E+02	1.9860E+01	8.3000E-01		403.08882284	19.86014195	0.83		
Breakpoint.	1.9894E+02	1.3925E+01	8.9000E-01		198.94080652	13.924911209	0.89		
Special termination-of-points card.					9999				
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03	92XX0238		5555.			0
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.		0.0	1
Breakpoint.	6.1146E+04	2.5904E+01	5.0051E-01		61145.746096	25.903617823	0.50050691976		
Breakpoint.	1.9751E+04	1.9860E+01	8.3000E-01		19751.352319	19.86014195	0.83		
Breakpoint.	9.7481E+03	1.3925E+01	8.9000E-01		9748.0995196	13.924911209	0.89		
Special termination-of-points card.					9999				
Series R-L-C.	0.000E+00	1.200E-06	0.000E+00	XX0100XX0238		.0012			0
Series R-L-C.	1.000E+07	0.000E+00	0.000E+00	XX0114	1.E7				0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	4.900E-11	XX0114		4.9E-5			0
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03	92XX0114		5555.			0
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.		0.0	1
Breakpoint.	1.2479E+03	2.5904E+01	5.8165E-01		1247.8723693	25.903617823	0.58164702054		
Breakpoint.	4.0309E+02	1.9860E+01	8.3000E-01		403.08882284	19.86014195	0.83		
Breakpoint.	1.9894E+02	1.3925E+01	8.9000E-01		198.94080652	13.924911209	0.89		
Special termination-of-points card.					9999				
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03	92XX0256		5555.			0
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.		0.0	1
Breakpoint.	6.1146E+04	2.5904E+01	5.0051E-01		61145.746096	25.903617823	0.50050691976		

Breakpoint.	1.9751E+04	1.9860E+01	8.3000E-01		19751.352319	19.86014195	0.83	
Breakpoint.	9.7481E+03	1.3925E+01	8.9000E-01		9748.0995196	13.924911209	0.89	
Special termination-of-points card.					9999			
Series R-L-C.	0.000E+00	1.200E-06	0.000E+00		XX0114XX0256	.0012	0	
Series R-L-C.	1.000E+07	0.000E+00	0.000E+00		XX0126	1.E7	0	
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	4.900E-11		XX0126	4.9E-5	0	
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03		92XX0126	5555.	0	
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.	0.0	
Breakpoint.	1.2479E+03	2.5904E+01	5.8165E-01		1247.8723693	25.903617823	0.58164702054	
Breakpoint.	4.0309E+02	1.9860E+01	8.3000E-01		403.08882284	19.86014195	0.83	
Breakpoint.	1.9894E+02	1.3925E+01	8.9000E-01		198.94080652	13.924911209	0.89	
Special termination-of-points card.					9999			
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03		92XX0264	5555.	0	
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.	0.0	
Breakpoint.	6.1146E+04	2.5904E+01	5.0051E-01		61145.746096	25.903617823	0.50050691976	
Breakpoint.	1.9751E+04	1.9860E+01	8.3000E-01		19751.352319	19.86014195	0.83	
Breakpoint.	9.7481E+03	1.3925E+01	8.9000E-01		9748.0995196	13.924911209	0.89	
Special termination-of-points card.					9999			
Series R-L-C.	0.000E+00	1.200E-06	0.000E+00		XX0126XX0264	.0012	0	
Series R-L-C.	1.000E+07	0.000E+00	0.000E+00		XX0138	1.E7	0	
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	4.900E-11		XX0138	4.9E-5	0	
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03		92XX0138	5555.	0	
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.	0.0	
Breakpoint.	1.2479E+03	2.5904E+01	5.8165E-01		1247.8723693	25.903617823	0.58164702054	
Breakpoint.	4.0309E+02	1.9860E+01	8.3000E-01		403.08882284	19.86014195	0.83	
Breakpoint.	1.9894E+02	1.3925E+01	8.9000E-01		198.94080652	13.924911209	0.89	
Special termination-of-points card.					9999			
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03		92XX0272	5555.	0	
Zinc oxide.	4.2300E+05	1.0000E+19	0.0000E+00		4.23E5	-1.	0.0	
Breakpoint.	6.1146E+04	2.5904E+01	5.0051E-01		61145.746096	25.903617823	0.50050691976	
Breakpoint.	1.9751E+04	1.9860E+01	8.3000E-01		19751.352319	19.86014195	0.83	
Breakpoint.	9.7481E+03	1.3925E+01	8.9000E-01		9748.0995196	13.924911209	0.89	
Special termination-of-points card.					9999			
Series R-L-C.	0.000E+00	1.200E-06	0.000E+00		XX0138XX0272	.0012	0	
Comment card.	KOMPAR > 0.				C \$INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\CARH40~1.LIB, SALIA#, SALIB#, SALIC#, LLEGA# \$\$			
Comment card.	KOMPAR > 0.				C , LLEGB#, LLEGC#			
New XOPT, COPT =	1.00000000E+03 1.00000000E+03				\$UNITS, 1.E3, 1.E3			
New MOLDAT = 1	(data vintage).				\$VINTAGE, 1			
1st of PI-ckt.	9.240E+01	1.174E-01	7.259E-07		1SALIA LLEGA	9.24023433E+01	7.37676196E+02	4.56068398E+03
Phase 2.	7.7138E+01	6.0271E-02	-8.9458E-08		2SALIB LLEGB	7.71384034E+01	3.78696387E+02	-5.62083682E+02
Cont.	9.2402E+01	1.1740E-01	7.3570E-07			9.24023433E+01	7.37676196E+02	4.62254119E+03
Phase 3.	7.6920E+01	4.8777E-02	-2.9272E-08		3SALIC LLEGC	7.69202180E+01	3.06474532E+02	-1.83920761E+02
Cont.	7.7138E+01	6.0271E-02	-8.9458E-08			7.71384034E+01	3.78696387E+02	-5.62083682E+02
Cont.	9.2402E+01	1.1740E-01	7.2586E-07			9.24023433E+01	7.37676196E+02	4.56068398E+03
New MOLDAT = 0	(data vintage).				\$VINTAGE, -1,			
New XOPT, COPT =	0.00000000E+00 0.00000000E+00				\$UNITS, -1., -1.			
Comment card.	KOMPAR > 0.				C \$INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~2.LIB, X0156A, X0156B, X0156C, X0160A \$\$			
Comment card.	KOMPAR > 0.				C , X0160B, X0160C			

```

New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 4.563E-03 6.657E-06 4.563E-11 | 1X0156AX0160A 4.56267999E-03 4.18246113E-02 2.86715355E-01
Phase 2. 4.2639E-03 3.5875E-06 -6.2689E-12 | 2X0156BX0160B 4.26394949E-03 2.25408132E-02 -3.93883493E-02
Cont. 4.5627E-03 6.6566E-06 4.6413E-11 | 4.56267999E-03 4.18246113E-02 2.91619184E-01
Phase 3. 4.2573E-03 2.9640E-06 -1.9194E-12 | 3X0156CX0160C 4.25731946E-03 1.86231223E-02 -1.20598098E-02
Cont. 4.2639E-03 3.5875E-06 -6.2689E-12 | 4.26394949E-03 2.25408132E-02 -3.93883493E-02
Cont. 4.5627E-03 6.6566E-06 4.5632E-11 | 4.56267999E-03 4.18246113E-02 2.86715355E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~1.LIB, LLEGA#, LLEGB#, LLEGC#, X0156A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0156B, X0156C
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.604E-03 1.109E-05 7.605E-11 | 1LLEGA X0156A 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.77858925E-01
Phase 2. 7.1066E-03 5.9791E-06 -1.0448E-11 | 2LLEGB X0156B 7.10658248E-03 3.75680220E-02 -6.56472488E-02
Cont. 7.6045E-03 1.1094E-05 7.7354E-11 | 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.86031973E-01
Phase 3. 7.0955E-03 4.9399E-06 -3.1990E-12 | 3LLEGC X0156C 7.09553243E-03 3.10385371E-02 -2.00996830E-02
Cont. 7.1066E-03 5.9791E-06 -1.0448E-11 | 7.10658248E-03 3.75680220E-02 -6.56472488E-02
Cont. 7.6045E-03 1.1094E-05 7.6054E-11 | 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.77858925E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~1.LIB, X0160A, X0160B, X0160C, X0168A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0168B, X0168C
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.604E-03 1.109E-05 7.605E-11 | 1X0160AX0168A 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.77858925E-01
Phase 2. 7.1066E-03 5.9791E-06 -1.0448E-11 | 2X0160BX0168B 7.10658248E-03 3.75680220E-02 -6.56472488E-02
Cont. 7.6045E-03 1.1094E-05 7.7354E-11 | 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.86031973E-01
Phase 3. 7.0955E-03 4.9399E-06 -3.1990E-12 | 3X0160CX0168C 7.09553243E-03 3.10385371E-02 -2.00996830E-02
Cont. 7.1066E-03 5.9791E-06 -1.0448E-11 | 7.10658248E-03 3.75680220E-02 -6.56472488E-02
Cont. 7.6045E-03 1.1094E-05 7.6054E-11 | 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.77858925E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~1.LIB, X0168A, X0168B, X0168C, X0162A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0162B, X0162C
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.604E-03 1.109E-05 7.605E-11 | 1X0168AX0162A 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.77858925E-01
Phase 2. 7.1066E-03 5.9791E-06 -1.0448E-11 | 2X0168BX0162B 7.10658248E-03 3.75680220E-02 -6.56472488E-02
Cont. 7.6045E-03 1.1094E-05 7.7354E-11 | 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.86031973E-01
Phase 3. 7.0955E-03 4.9399E-06 -3.1990E-12 | 3X0168CX0162C 7.09553243E-03 3.10385371E-02 -2.00996830E-02
Cont. 7.1066E-03 5.9791E-06 -1.0448E-11 | 7.10658248E-03 3.75680220E-02 -6.56472488E-02
Cont. 7.6045E-03 1.1094E-05 7.6054E-11 | 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.77858925E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~3.LIB, X0166A, X0166B, X0166C, X0198A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0198B, X0198C

```

```

New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 1.622E-02 2.367E-05 1.622E-10 | 1X0166AX0198A 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.01943237E+00
Phase 2. 1.5161E-02 1.2755E-05 -2.2289E-11 | 2X0166BX0198B 1.51607093E-02 8.01451137E-02 -1.40047464E-01
Cont. 1.6223E-02 2.3668E-05 1.6502E-10 | 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.03686821E+00
Phase 3. 1.5137E-02 1.0539E-05 -6.8245E-12 | 3X0166CX0198C 1.51371358E-02 6.62155458E-02 -4.28793237E-02
Cont. 1.5161E-02 1.2755E-05 -2.2289E-11 | 1.51607093E-02 8.01451137E-02 -1.40047464E-01
Cont. 1.6223E-02 2.3668E-05 1.6225E-10 | 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.01943237E+00
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.lib, X0162A, X0162B, X0162C, X0166A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0166B, X0166C
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.098E-03 1.035E-05 7.098E-11 | 1X0162AX0166A 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
Phase 2. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 2X0162BX0166B 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.2197E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.53629842E-01
Phase 3. 6.6225E-03 4.6106E-06 -2.9857E-12 | 3X0162CX0166C 6.62249693E-03 2.89693013E-02 -1.87597041E-02
Cont. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.0983E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.lib, ADINA#, ADINB#, ADINC#, X0182A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0182B, X0182C
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.098E-03 1.035E-05 7.098E-11 | 1ADINA X0182A 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
Phase 2. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 2ADINB X0182B 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.2197E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.53629842E-01
Phase 3. 6.6225E-03 4.6106E-06 -2.9857E-12 | 3ADINC X0182C 6.62249693E-03 2.89693013E-02 -1.87597041E-02
Cont. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.0983E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.lib, X0166A, X0166B, X0166C, UNI3A# $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , UNI3B#, UNI3C#
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.098E-03 1.035E-05 7.098E-11 | 1X0166AUNI3A 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
Phase 2. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 2X0166BUNI3B 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.2197E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.53629842E-01
Phase 3. 6.6225E-03 4.6106E-06 -2.9857E-12 | 3X0166CUNI3C 6.62249693E-03 2.89693013E-02 -1.87597041E-02
Cont. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.0983E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~3.LIB, X0182A, X0182B, X0182C, X0166A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0166B, X0166C

```

```

New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 1.622E-02 2.367E-05 1.622E-10 | 1X0182AX0166A 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.01943237E+00
Phase 2. 1.5161E-02 1.2755E-05 -2.2289E-11 | 2X0182BX0166B 1.51607093E-02 8.01451137E-02 -1.40047464E-01
Cont. 1.6223E-02 2.3668E-05 1.6502E-10 | 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.03686821E+00
Phase 3. 1.5137E-02 1.0539E-05 -6.8245E-12 | 3X0182CX0166C 1.51371358E-02 6.62155458E-02 -4.28793237E-02
Cont. 1.5161E-02 1.2755E-05 -2.2289E-11 | 1.51607093E-02 8.01451137E-02 -1.40047464E-01
Cont. 1.6223E-02 2.3668E-05 1.6225E-10 | 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.01943237E+00
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.1ib, X0182A, X0182B, X0182C, UNI2A# $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , UNI2B#, UNI2C#
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.098E-03 1.035E-05 7.098E-11 | 1X0182AUNI2A 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
Phase 2. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 2X0182BUNI2B 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.2197E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.53629842E-01
Phase 3. 6.6225E-03 4.6106E-06 -2.9857E-12 | 3X0182CUNI2C 6.62249693E-03 2.89693013E-02 -1.87597041E-02
Cont. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.0983E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~3.LIB, X0192A, X0192B, X0192C, X0182A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0182B, X0182C
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 1.622E-02 2.367E-05 1.622E-10 | 1X0192AX0182A 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.01943237E+00
Phase 2. 1.5161E-02 1.2755E-05 -2.2289E-11 | 2X0192BX0182B 1.51607093E-02 8.01451137E-02 -1.40047464E-01
Cont. 1.6223E-02 2.3668E-05 1.6502E-10 | 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.03686821E+00
Phase 3. 1.5137E-02 1.0539E-05 -6.8245E-12 | 3X0192CX0182C 1.51371358E-02 6.62155458E-02 -4.28793237E-02
Cont. 1.5161E-02 1.2755E-05 -2.2289E-11 | 1.51607093E-02 8.01451137E-02 -1.40047464E-01
Cont. 1.6223E-02 2.3668E-05 1.6225E-10 | 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.01943237E+00
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.1ib, X0192A, X0192B, X0192C, UNI1A# $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , UNI1B#, UNI1C#
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.098E-03 1.035E-05 7.098E-11 | 1X0192AUNI1A 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
Phase 2. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 2X0192BUNI1B 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.2197E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.53629842E-01
Phase 3. 6.6225E-03 4.6106E-06 -2.9857E-12 | 3X0192CUNI1C 6.62249693E-03 2.89693013E-02 -1.87597041E-02
Cont. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.0983E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~3.LIB, X0198A, X0198B, X0198C, X0060A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0060B, X0060C

```



```

New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 1.622E-02 2.367E-05 1.622E-10 | 1X0198AX0060A 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.01943237E+00
Phase 2. 1.5161E-02 1.2755E-05 -2.2289E-11 | 2X0198BX0060B 1.51607093E-02 8.01451137E-02 -1.40047464E-01
Cont. 1.6223E-02 2.3668E-05 1.6502E-10 | 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.03686821E+00
Phase 3. 1.5137E-02 1.0539E-05 -6.8245E-12 | 3X0198CX0060C 1.51371358E-02 6.62155458E-02 -4.28793237E-02
Cont. 1.5161E-02 1.2755E-05 -2.2289E-11 | 1.51607093E-02 8.01451137E-02 -1.40047464E-01
Cont. 1.6223E-02 2.3668E-05 1.6225E-10 | 1.62228622E-02 1.48709729E-01 1.01943237E+00
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MCM7.lib, X0202A, X0202B, X0202C, X0198A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0198B, X0198C
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.098E-03 1.035E-05 7.098E-11 | 1X0202AX0198A 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
Phase 2. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 2X0202BX0198B 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.2197E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.53629842E-01
Phase 3. 6.6225E-03 4.6106E-06 -2.9857E-12 | 3X0202CX0198C 6.62249693E-03 2.89693013E-02 -1.87597041E-02
Cont. 6.6328E-03 5.5805E-06 -9.7515E-12 | 6.63281032E-03 3.50634872E-02 -6.12707656E-02
Cont. 7.0975E-03 1.0355E-05 7.0983E-11 | 7.09750221E-03 6.50605065E-02 4.46001664E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~1.LIB, X0204A, X0204B, X0204C, X0202A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0202B, X0202C
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.604E-03 1.109E-05 7.605E-11 | 1X0204AX0202A 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.77858925E-01
Phase 2. 7.1066E-03 5.9791E-06 -1.0448E-11 | 2X0204BX0202B 7.10658248E-03 3.75680220E-02 -6.56472488E-02
Cont. 7.6045E-03 1.1094E-05 7.7354E-11 | 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.86031973E-01
Phase 3. 7.0955E-03 4.9399E-06 -3.1990E-12 | 3X0204CX0202C 7.09553243E-03 3.10385371E-02 -2.00996830E-02
Cont. 7.1066E-03 5.9791E-06 -1.0448E-11 | 7.10658248E-03 3.75680220E-02 -6.56472488E-02
Cont. 7.6045E-03 1.1094E-05 7.6054E-11 | 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.77858925E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~1.LIB, X0001A, X0001B, X0001C, X0204A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0204B, X0204C
New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 7.604E-03 1.109E-05 7.605E-11 | 1X0001AX0204A 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.77858925E-01
Phase 2. 7.1066E-03 5.9791E-06 -1.0448E-11 | 2X0001BX0204B 7.10658248E-03 3.75680220E-02 -6.56472488E-02
Cont. 7.6045E-03 1.1094E-05 7.7354E-11 | 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.86031973E-01
Phase 3. 7.0955E-03 4.9399E-06 -3.1990E-12 | 3X0001CX0204C 7.09553243E-03 3.10385371E-02 -2.00996830E-02
Cont. 7.1066E-03 5.9791E-06 -1.0448E-11 | 7.10658248E-03 3.75680220E-02 -6.56472488E-02
Cont. 7.6045E-03 1.1094E-05 7.6054E-11 | 7.60446666E-03 6.97076855E-02 4.77858925E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\1000MC~2.LIB, TRAF0A, TRAF0B, TRAF0C, X0001A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0001B, X0001C

```

```

New XOPT, COPT = 1.00000000E+03 1.00000000E+03 |$UNITS, 1.E3, 1.E3
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 4.563E-03 6.657E-06 4.563E-11 | 1TRAFOAX0001A 4.56267999E-03 4.18246113E-02 2.86715355E-01
Phase 2. 4.2639E-03 3.5875E-06 -6.2689E-12 | 2TRAFOBXX0001B 4.26394949E-03 2.25408132E-02 -3.93883493E-02
Cont. 4.5627E-03 6.6566E-06 4.6413E-11 | 4.56267999E-03 4.18246113E-02 2.91619184E-01
Phase 3. 4.2573E-03 2.9640E-06 -1.9194E-12 | 3TRAFOCX0001C 4.25731946E-03 1.86231223E-02 -1.20598098E-02
Cont. 4.2639E-03 3.5875E-06 -6.2689E-12 | 4.26394949E-03 2.25408132E-02 -3.93883493E-02
Cont. 4.5627E-03 6.6566E-06 4.5632E-11 | 4.56267999E-03 4.18246113E-02 2.86715355E-01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Blank card ending branches. IBR, NTOT = 111 70 |BLANK BRANCH
Comment card. KOMPAR > 0. |C < n 1>< n 2>< Tclose ><Top/Tde >< Ie ><Vf/CLOP >< type >
Switch. 1.11E-02 1.00E+00 0.00E+00 0.00E+00 | FUENA SALIA .01111 1. 0
Switch. 1.11E-02 1.00E+00 0.00E+00 0.00E+00 | FUENB SALIB .01111 1. 0
Switch. 1.11E-02 1.00E+00 0.00E+00 0.00E+00 | FUENC SALIC .01111 1. 0
Permanently-closed switch used for metering. | X0001BXX0088 MEASURING 1
Permanently-closed switch used for metering. | X0001AXX0078 MEASURING 1
Permanently-closed switch used for metering. | X0001CXX0100 MEASURING 1
Permanently-closed switch used for metering. | LLEGA XX0114 MEASURING 1
Permanently-closed switch used for metering. | LLEGB XX0126 MEASURING 1
Permanently-closed switch used for metering. | LLEGC XX0138 MEASURING 1
Blank card ending switches. KSWTCH = 9. |BLANK SWITCH
Comment card. KOMPAR > 0. |C < n 1><>< Ampl. >< Freq. ><Phase/TO>< A1 >< T1 >< TSTART >< TSTOP >
Source. 1.89E+05 6.00E+01 0.00E+00 -1.00E+00 |14FUENA 0 188611. 60. -1. 1.
Source. 1.89E+05 6.00E+01 -1.20E+02 -1.00E+00 |14FUENB 0 188611. 60. -120. -1. 1.
Source. 1.89E+05 6.00E+01 1.20E+02 -1.00E+00 |14FUENC 0 188611. 60. 120. -1. 1.
Blank card ends electric sources. KCONST = 3 |BLANK SOURCE

```

List of input elements that are connected to each node. Only the physical connections of multi-phase lines are shown (capacitive and inductive coupling are ignored). Repeated entries indicate parallel connections. Switches are included, although sources (including rotating machinery) are omitted -- except that U.M. usage produces extra, internally-defined nodes "UMXXXX".

```

-----+-----
From bus name | Names of all adjacent busses.
-----+-----
LLEGA |TERRA *X0156A*XX0114*SALIA *
LLEGB |TERRA *X0156B*XX0126*SALIB *
LLEGC |TERRA *X0156C*XX0138*SALIC *
X0156A |TERRA *LLEGA *X0160A*
X0156B |TERRA *LLEGB *X0160B*
X0156C |TERRA *LLEGC *X0160C*
X0160A |TERRA *X0156A*X0168A*
X0160B |TERRA *X0156B*X0168B*
X0160C |TERRA *X0156C*X0168C*
ADINA |TERRA *X0182A*
ADINB |TERRA *X0182B*
ADINC |TERRA *X0182C*
X0168A |TERRA *X0160A*X0162A*
X0168B |TERRA *X0160B*X0162B*

```

X0168C |TERRA *X0160C*X0162C*
X0162A |TERRA *X0168A*X0166A*
X0162B |TERRA *X0168B*X0166B*
X0162C |TERRA *X0168C*X0166C*
UNI3A |TERRA *X0166A*
UNI3B |TERRA *X0166B*
UNI3C |TERRA *X0166C*
UNI2A |TERRA *X0182A*
UNI2B |TERRA *X0182B*
UNI2C |TERRA *X0182C*
UNI1A |TERRA *X0192A*
UNI1B |TERRA *X0192B*
UNI1C |TERRA *X0192C*
X0202A |TERRA *X0204A*X0198A*
X0202B |TERRA *X0204B*X0198B*
X0202C |TERRA *X0204C*X0198C*
X0204A |TERRA *X0202A*X0001A*
X0204B |TERRA *X0202B*X0001B*
X0204C |TERRA *X0202C*X0001C*
X0166A |TERRA *X0162A*UNI3A *X0198A*X0182A*
X0166B |TERRA *X0162B*UNI3B *X0198B*X0182B*
X0166C |TERRA *X0162C*UNI3C *X0198C*X0182C*
TRAFOA |TERRA *X0001A*
TRAFOB |TERRA *X0001B*
TRAFOC |TERRA *X0001C*
XX0078 |TERRA *TERRA *TERRA *XX0222*X0001A*
XX0222 |TERRA *XX0078*
XX0088 |TERRA *TERRA *TERRA *XX0230*X0001B*
XX0230 |TERRA *XX0088*
XX0100 |TERRA *TERRA *TERRA *XX0238*X0001C*
XX0238 |TERRA *XX0100*
XX0114 |TERRA *TERRA *TERRA *LLEGA *XX0256*
XX0256 |TERRA *XX0114*
XX0126 |TERRA *TERRA *TERRA *LLEGB *XX0264*
XX0264 |TERRA *XX0126*
XX0138 |TERRA *TERRA *TERRA *LLEGC *XX0272*
XX0272 |TERRA *XX0138*
SALIA |LLEGA *FUENA *
SALIB |LLEGB *FUENB *
SALIC |LLEGC *FUENC *
X0198A |X0202A*X0166A*X0060A*
X0198B |X0202B*X0166B*X0060B*
X0198C |X0202C*X0166C*X0060C*
X0182A |ADINA *UNI2A *X0166A*X0192A*
X0182B |ADINB *UNI2B *X0166B*X0192B*
X0182C |ADINC *UNI2C *X0166C*X0192C*
X0192A |UNI1A *X0182A*
X0192B |UNI1B *X0182B*

```

X0192C |UNI1C *X0182C*
X0060A |X0198A*
X0060B |X0198B*
X0060C |X0198C*
X0001A |X0204A*TRAFQA*XX0078*
X0001B |X0204B*TRAFQB*XX0088*
X0001C |X0204C*TRAFQC*XX0100*
FUENA |SALIA *
FUENB |SALIB *
FUENC |SALIC *
TERRA |LLEGA *LLEGB *LLEGC *X0156A*X0156B*X0156C*X0160A*X0160B*X0160C*ADINA *ADINB *ADINC *X0168A*X0168B*X0168C*
      |X0162A*X0162B*X0162C*UNI3A *UNI3B *UNI3C *UNI2A *UNI2B *UNI2C *UNI1A *UNI1B *UNI1C *X0202A*X0202B*X0202C*
      |X0204A*X0204B*X0204C*X0166A*X0166B*X0166C*TRAFQA*TRAFQB*TRAFQC*XX0078*XX0078*XX0078*XX0222*XX0088*XX0088*
      |XX0088*XX0230*XX0100*XX0100*XX0100*XX0238*XX0114*XX0114*XX0114*XX0256*XX0126*XX0126*XX0126*XX0264*XX0138*
      |XX0138*XX0138*XX0272*

```

```

-----+-----
Extrema of output variables follow. Order and column positioning are the same as for the preceding time-step loop output.
Variable maxima : 188611. 188611. 188611. 188611. 188611. 188611. 264392.316 203534.111 327825.742 264392.921
                  203534.259 327818.972 .026720557 .349002204 84.6474132 .348982178 .026718731 84.6929751 1.15474239 .991778825
                  2.29177563
Times of maxima : 0.0 .038889 .061111 .05 .038889 .061111 .016248 .022492 .011544 .016248
                  .022492 .011545 .021367 .016246 .011545 .016246 .021369 .011544 .011908 .011848
                  .011355
Variable minima : -188611. -188611. -188611. -188611. -188611. -188611. -208143.81 -247665.34 -225039.74 -208143.98
                  -247665.88 -225040.06 -.08457367 -.03382483 -.03230718 -.03372347 -.08456889 -.03230647 -.98072032 -1.3426336
                  -1.6776223
Times of minima : .025 .013889 .036111 .025 .013889 .036111 .024895 .013495 .019314 .024895
                  .013495 .019314 .013487 .01141 .019109 .011412 .013488 .019109 .011359 .011361
                  .011865

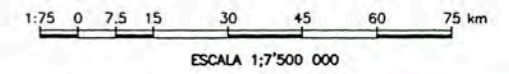
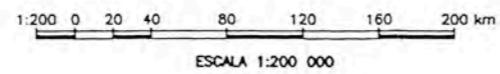
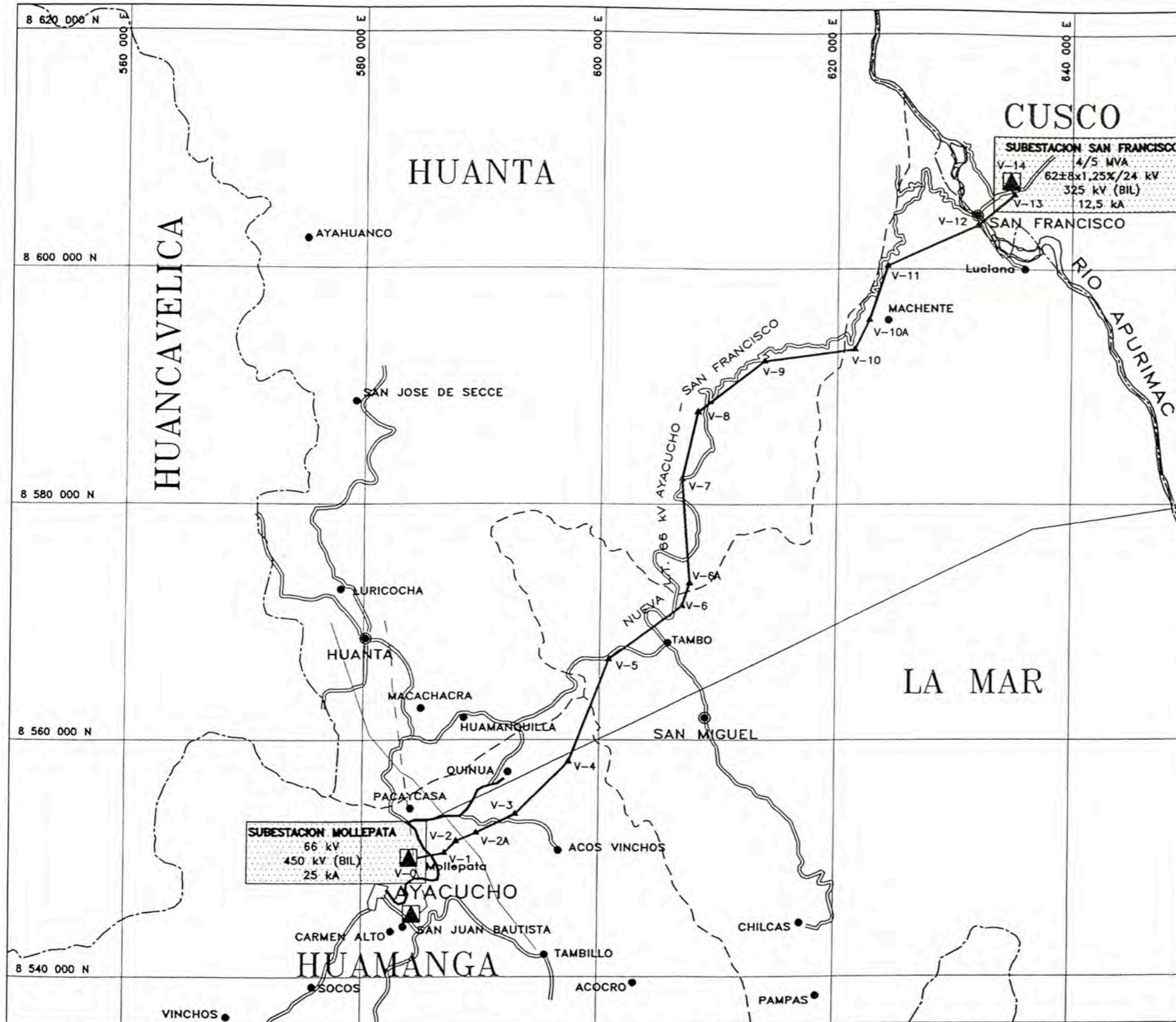
```

```

Blank card terminating all plot cards. |BLANK PLOT
Actual List Sizes for the preceding solution follow. 29-Dec-05 00:36:05
Size 1-10: 73 111 165 3 1032 9 129 0 12 48
Size 11-20: 0 21 -9999 -9999 -9999 0 0 0 23 0
Size 21-30: 0 0 288 12 -9999 144 -9999 -9999 -9999 0
Seconds for overlays 1-5 : 0.031 0.000 0.031 -- (CP: Wait; Real)
Seconds for overlays 6-11 : 0.000 0.000 0.000
Seconds for overlays 12-15 : 0.000 0.000 0.000
Seconds for time-step loop : 7.938 0.000 7.938
Seconds after DELTAT-loop : 0.000 0.000 0.000
-----+-----
Totals : 7.969 0.000 7.969

```

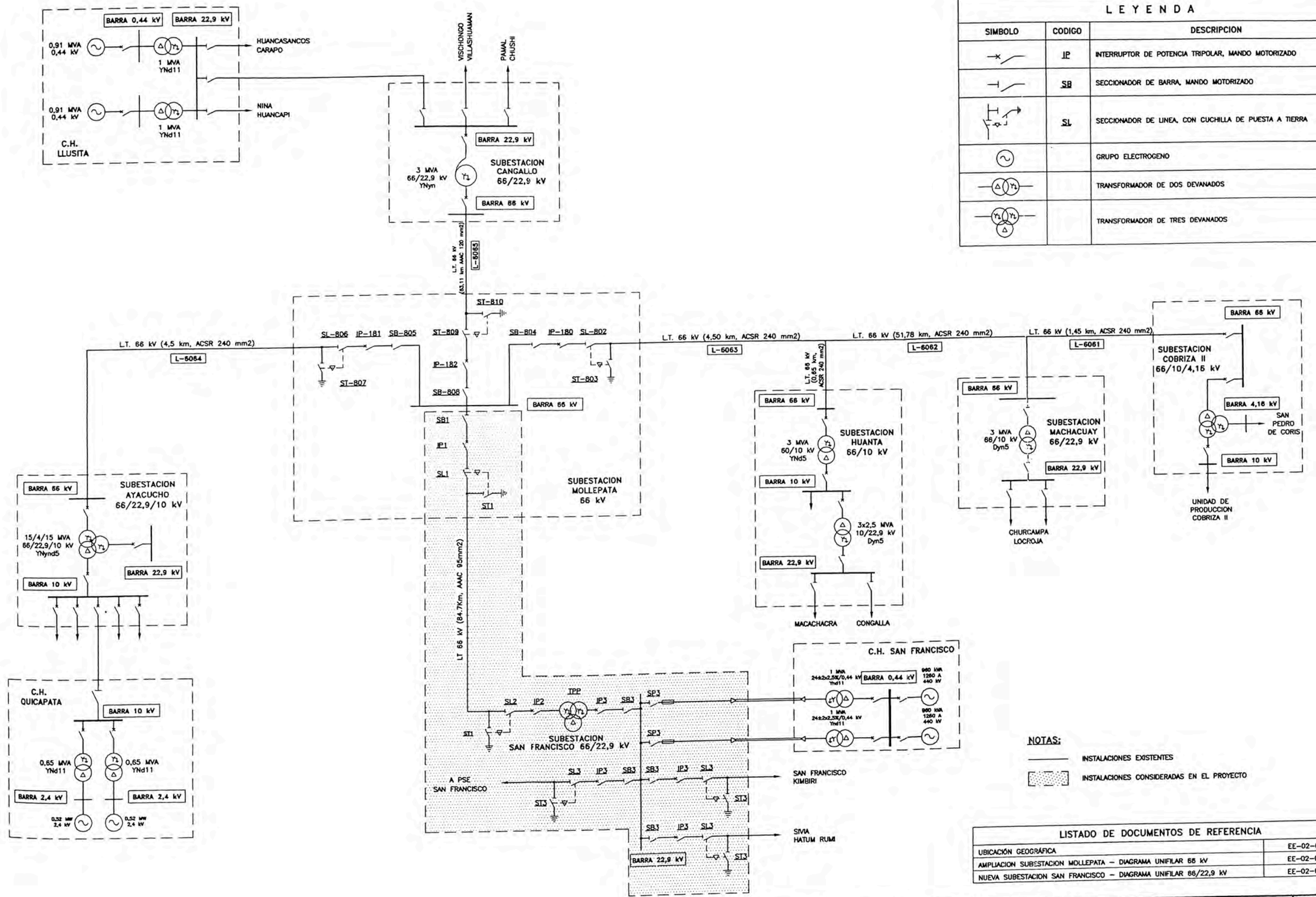
ANEXO C
PLANOS DEL PROYECTO:
AMPLIACIÓN DE SUBESTACIÓN MOLLEPATA Y
NUEVA SUBESTACIÓN SAN FRANCISCO



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	LIMITE DEPARTAMENTAL
	LIMITE PROVINCIAL
	CARRETERA ASFALTADA
	CARRETERA AFIRMADA
	CAPITAL DE PROVINCIA
	CAPITAL DE DISTRITO
	LINEA DE TRANSMISION PROYECTADA
	SUBESTACION ELECTRICA
	VERTICE

					UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	PLANO N°:
						EE-02-001
				UNI - FIEE	AMPLIACION SUBESTACION MOLLEPATA Y NUEVA SUBESTACION SAN FRANCISCO UBICACION GEOGRAFICA	DIB. M. FLORES
						REV. J. YANQUE
						V.B. J. KOC
						FECHA: DIC. '05 ESCALA: INDICADA
0	EMISION ORIGINAL	DIC. 2005				
REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA			

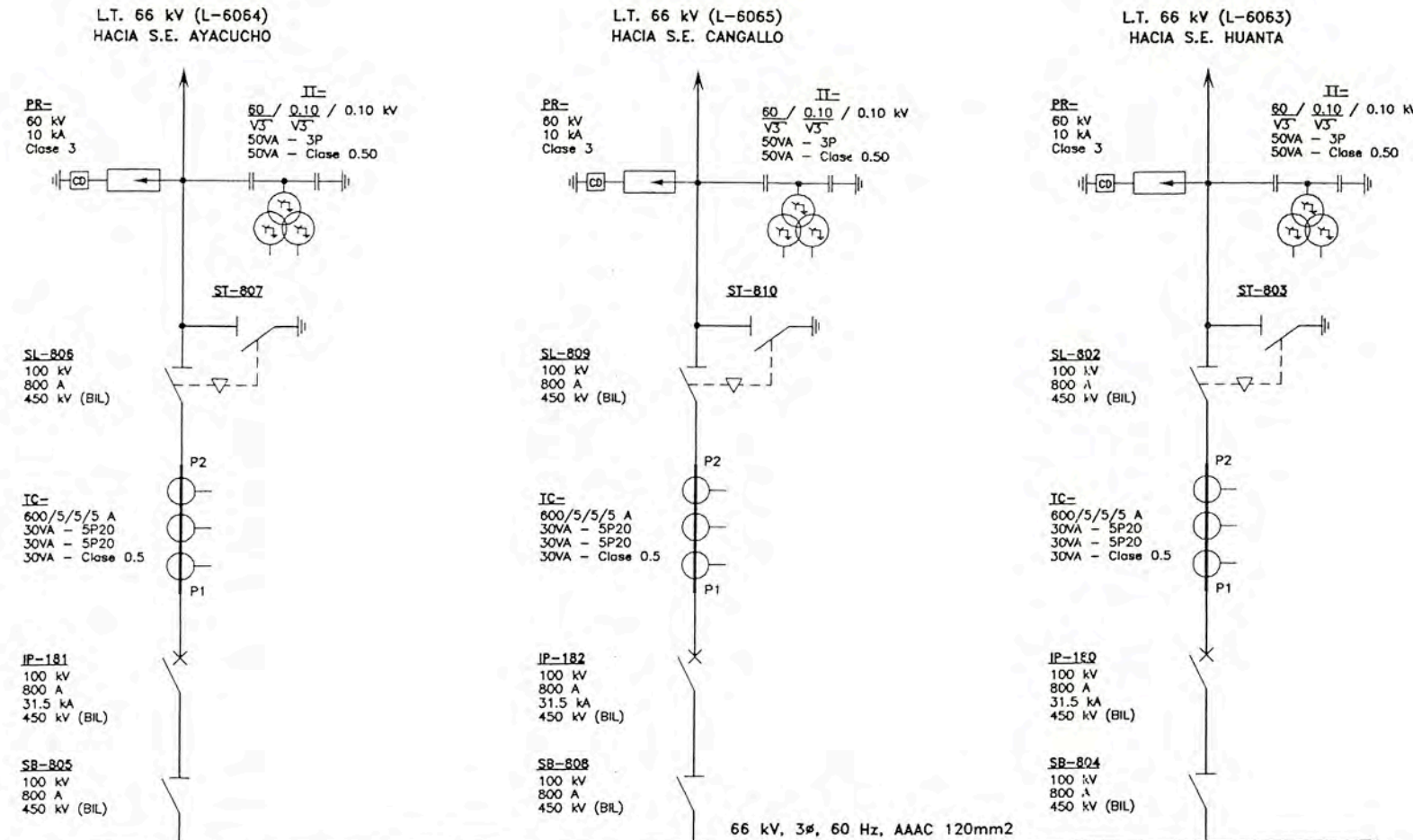
LEYENDA		
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION
	IP	INTERRUPTOR DE POTENCIA TRIPOLAR, MANDO MOTORIZADO
	SB	SECCIONADOR DE BARRA, MANDO MOTORIZADO
	SL	SECCIONADOR DE LINEA, CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
		GRUPO ELECTROGENO
		TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS
		TRANSFORMADOR DE TRES DEVANADOS



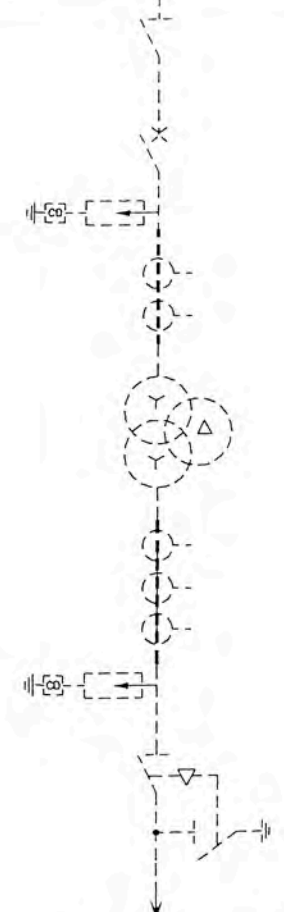
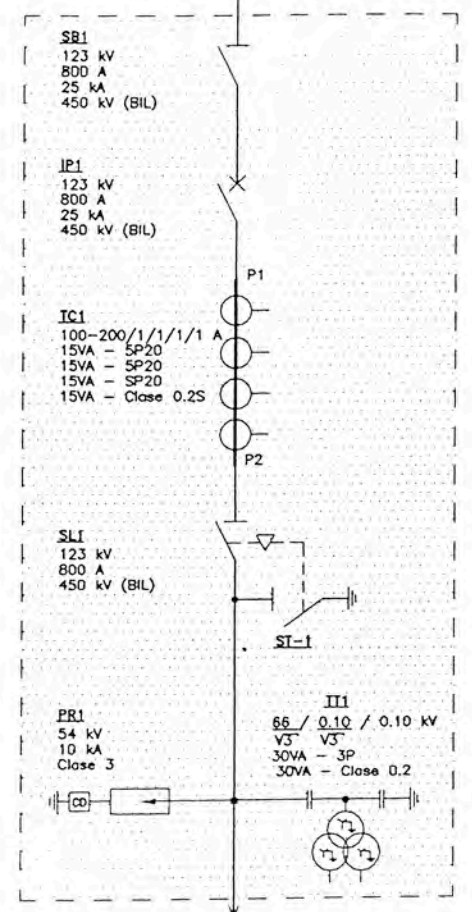
NOTAS:
 INSTALACIONES EXISTENTES
 INSTALACIONES CONSIDERADAS EN EL PROYECTO

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA		
UBICACION GEOGRAFICA		EE-02-001
AMPLIACION SUBESTACION MOLLEPATA - DIAGRAMA UNIFILAR 66 kV		EE-02-003
NUEVA SUBESTACION SAN FRANCISCO - DIAGRAMA UNIFILAR 66/22,9 kV		EE-02-006

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		PLANO N°: EE-02-002	
AMPLIACION SUBESTACION MOLLEPATA Y NUEVA SUBESTACION SAN FRANCISCO DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL		DIS. M. FLORES	
		DIB. M. FLORES	
		REV. J. YANQUE	
		V.B. J. KOC	
		FECHA: DIC. '05 ESCALA: 3/E	
0	EMISION ORIGINAL	DIC. 2005	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA
			UNI - FIEE



LEYENDA		
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION
	II=	TRANSFORMADOR DE TENSION MONOFÁSICO, PARA INSTALACION EXTERIOR
	IC=	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE MONOFÁSICO TIPO COLUMNA PARA INSTALACION EXTERIOR CUATRO DEVANADOS LADO SECUNDARIO
	IP=	INTERRUPTOR DE POTENCIA TRIPOLAR, EN SF6 MANDO MOTORIZADO
	SB=	SECCIONADOR DE BARRA, MANDO MOTORIZADO
	SL=	SECCIONADOR DE LINEA, CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
	PR=	DESCARGADOR DE OXIDO METÁLICO, CON CONTADOR DE DESCARGAS



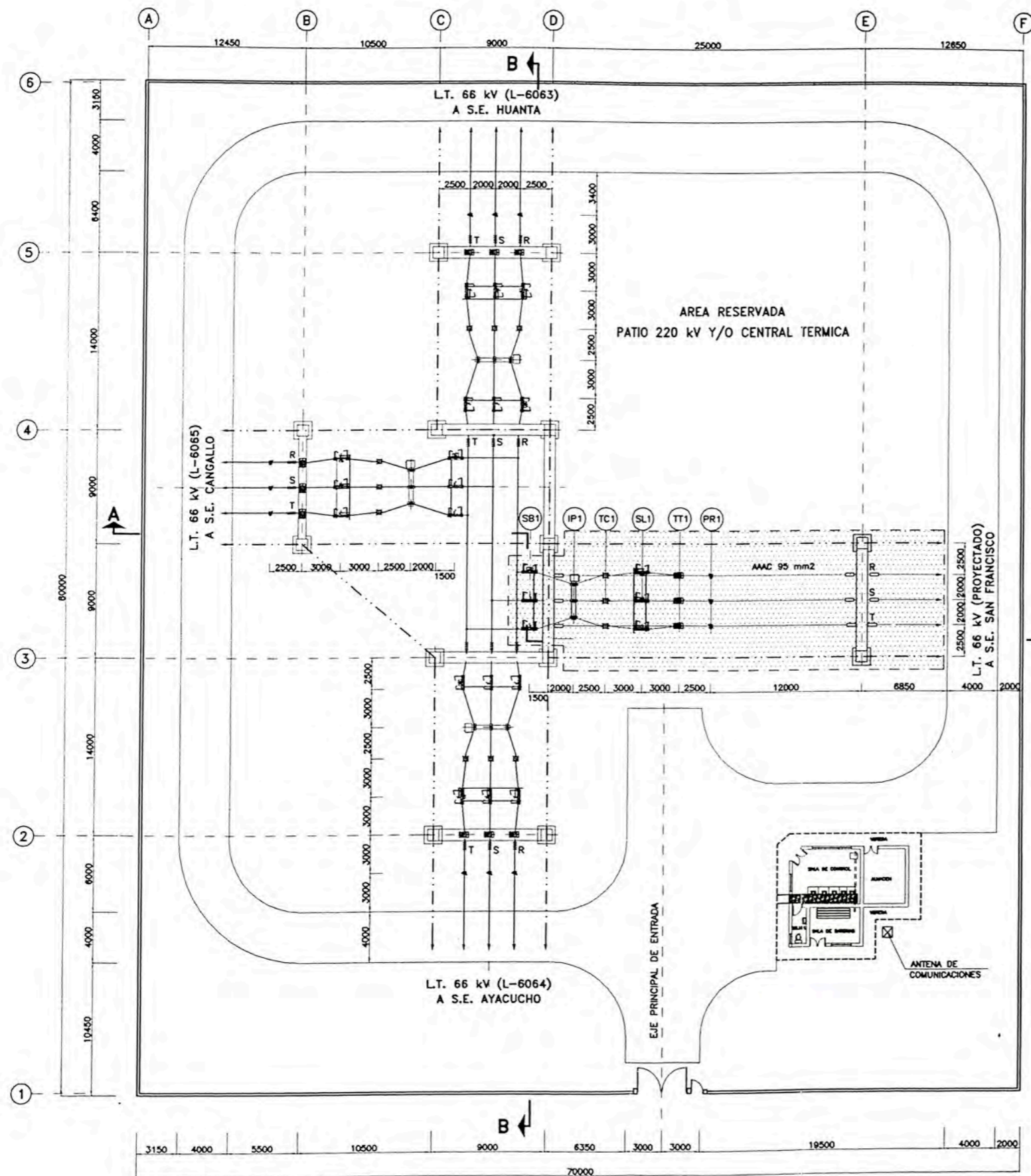
66 kV, 3#, 60 Hz, AAAC 120mm²

- NOTAS:**
- INSTALACIONES EXISTENTES
 - INSTALACIONES CONSIDERADAS EN EL PROYECTO
 - INSTALACIONES FUTURAS

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	EE-02-002
AMPLIACION SUBESTACION MOLLEPATA - PLANTA	EE-02-004

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA				PLANO N°: EE-02-003
AMPLIACION SUBESTACION MOLLEPATA DIAGRAMA UNIFILAR 66 kV				DIB. M. FLORES
				REV. J. YANQUE
				V.B. J. KOC
				FECHA: DIC. 05 ESCALA: S/E
0	EMISION ORIGINAL	DIC. 2005		
REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA	

LEYENDA	
CODIGO	DESCRIPCION
(SB1)	SECCIONADOR DE BARRA, MANDO MOTORIZADO CON CUCHILLA PRINCIPAL PARA APERTURA CENTRAL, 123 kV, 800 A, 450 kV (BIL)
(IP1)	INTERRUPTOR DE POTENCIA, OPERACION TRIPOLAR EN SFB, MANDO MOTORIZADO, 123 kV, 800 A, 25 kA, 450 kV (BIL)
(TC1)	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO COLUMNA PARA MONTAJE EXTERIOR, 100-200/1/1/1/1A, 3x15VA-5P20, 1x15VA-Clase 0.2S, 123 kV, 450 kV (BIL)
(TT1)	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO CAPACITIVO 123 kV, 450 kV (BIL) 66-√3/0.10-√3/0.10 kV, 30VA-3P, 30VA - Clase 0.2
(SL1)	SECCIONADOR DE LINEA, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLA PRINCIPAL PARA APERTURA CENTRAL, 123 kV, 800 A, 450 kV (BIL) Y CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA.
(PR1)	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO, CON CONTADOR DE DESCARGA. 54 kV, 10 kA, cl. 3



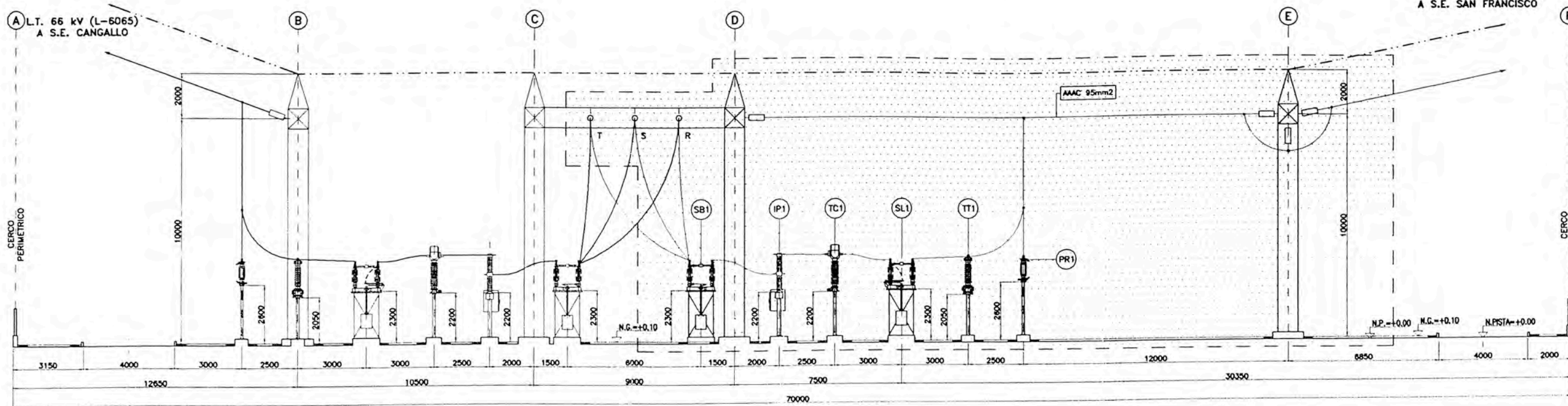
NOTAS:
1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, EXCEPTO LAS INDICADAS.

- INSTALACIONES EXISTENTES
- - - INSTALACIONES CONSIDERADAS EN EL PROYECTO
- CABLE DE GUARDA

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
UBICACION GEOGRAFICA	EE-02-001
DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	EE-02-002
AMPLIACION SUBSTACION MOLLEPATA - DIAGRAMA UNIFILAR 66 kV	EE-02-003
AMPLIACION SUBSTACION MOLLEPATA - DISPOSICION DE EQUIPOS - SECCIONES	EE-02-005

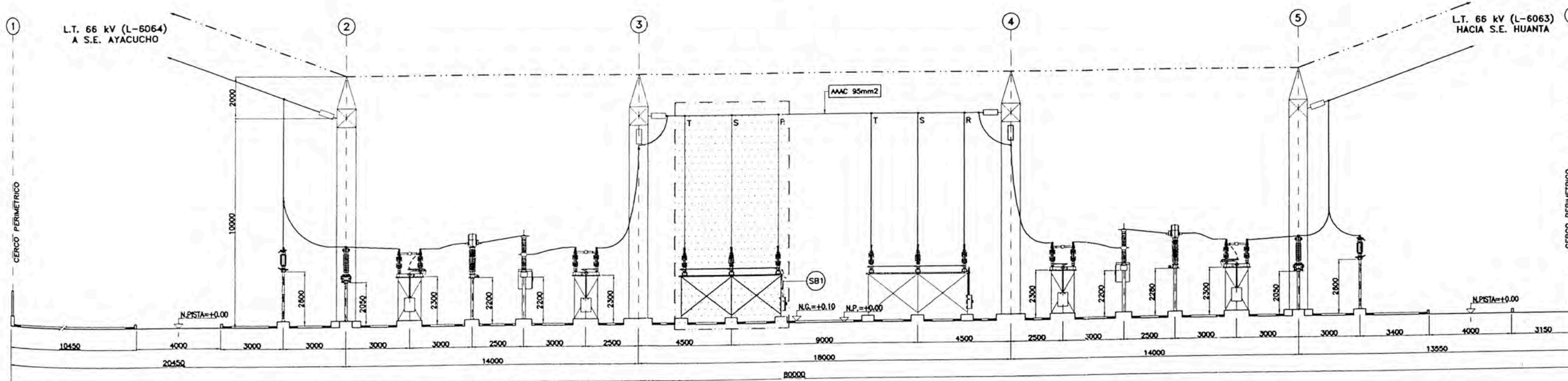
					UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	PLANO N°:
					FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	EE-02-004
					AMPLIACION SUBSTACION MOLLEPATA	DIS. M. FLORES
					DISPOSICION DE EQUIPOS	DIB. M. FLORES
					PLANTA	REV. J. YANQUE
						V.B. J. KOC
						FECHA: DIC. 05 ESCALA: 1/200
0	EMISION ORIGINAL	DIC. 2005		UNI - FIEE		
REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA			

L.T. 66 kV (PROYECTADO)
A S.E. SAN FRANCISCO



SECCION A-A

ESC. 1:100



SECCION B-B

ESC. 1:100

LEYENDA

CODIGO	DESCRIPCION
(SB1)	SECCIONADOR DE BARRA, MANDO MOTORIZADO CON CUCHILLA PRINCIPAL PARA APERTURA CENTRAL, 123 kV, 800 A, 450 kV (BIL)
(IP1)	INTERRUPTOR DE POTENCIA, OPERACION TRIPOLAR EN SF6, MANDO MOTORIZADO, 123 kV, 800 A, 25 kA, 450 kV (BIL).
(TC1)	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO COLUMNA PARA MONTAJE EXTERIOR, 100-200/1/1/1A, 3x15VA-5P20, 1x15VA-Clase 0.2S, PARA 123 kV, 450 kV (BIL).
(TT1)	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO CAPACITIVO 123 kV, 450 kV (BIL) 66√3/0.10-√3/0.10 kV, 30VA-3P, 30VA - Clase 0.2
(SL1)	SECCIONADOR DE LINEA, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLA PRINCIPAL PARA APERTURA CENTRAL, 123 kV, 800 A, 450 kV (BIL) Y CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA.
(PR1)	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO, CON CONTADOR DE DESCARGA 54 kV, 10 kA, cl. 3

NOTAS:

1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, EXCEPTO LAS INDICADAS.

- INSTALACIONES EXISTENTES
- - - - - INSTALACIONES CONSIDERADAS EN EL PROYECTO
- CABLE DE GUARDA

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	EE-02-002
AMPLIACION SUBESTACION MOLLEPATA - DIAGRAMA UNIFILAR 66 kV	EE-02-003
AMPLIACION SUBESTACION MOLLEPATA - DISPOSICION DE EQUIPOS - PLANTA	EE-02-004



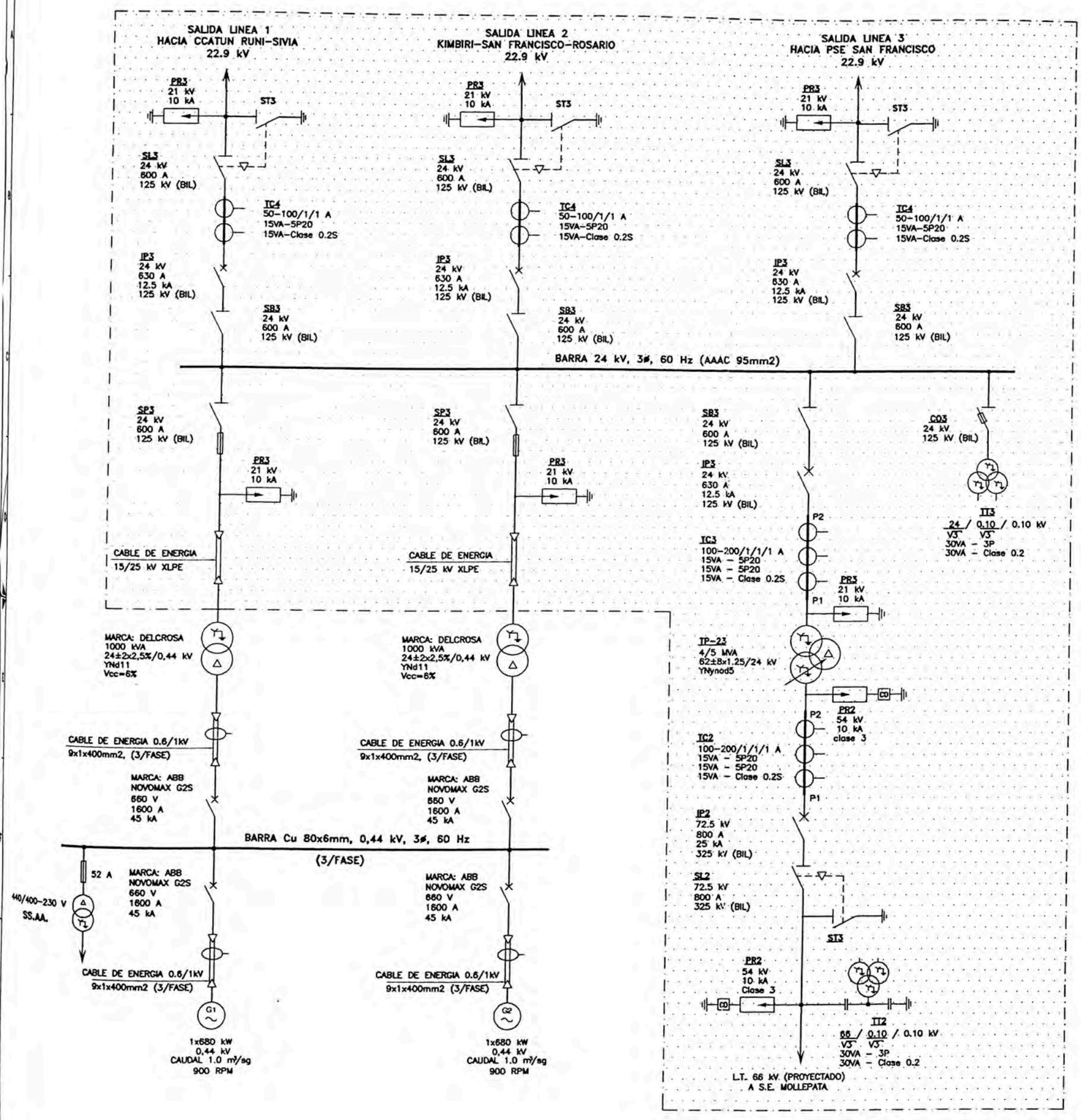
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

AMPLIACION SUBESTACION MOLLEPATA
DISPOSICION DE EQUIPOS
SECCIONES

PLANO N°:
EE-02-005
DIB. M. FLORES
REV. J. YANQUE
V.B. J. KOC
FECHA: DIC. '05 ESCALA: 1/100

REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA
0	EMISION ORIGINAL	DIC. 2'05	

UNI - FIEE



LEYENDA

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION
	IP=	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO, CON REGULACION AUTOMATICA BAJO CARGA
	II=	TRANSFORMADOR DE TENSION MONOFASICO, PARA INSTALACION EXTERIOR
	IC=	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE MONOFASICO, TIPO COLUMNA PARA INSTALACION EXTERIOR, TRES DEVANADOS SECUNDARIOS
	IC=	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE MONOFASICO, TIPO COLUMNA PARA INSTALACION EXTERIOR, DOS DEVANADOS SECUNDARIOS
	IP=	INTERRUPTOR DE POTENCIA TRIPOLAR, EN SF6 MANDO MOTORIZADO
	SB=	SECCIONADOR DE BARRA, MANDO MOTORIZADO
	SL=	SECCIONADOR DE LINEA, CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
	PR=	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO CON CONTADOR DE DESCARGA
	CO3	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO CUT OUT, 24 kV
	II=	TRANSFORMADOR DE TENSION MONOFASICO TIPO INDUCTIVO PARA INSTALACION EXTERIOR.
		CABLE DE ENERGIA 1 kV, CON TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO TOROIDAL.
	SP=	SECCIONADOR DE POTENCIA
		CABLE DE ENERGIA XLPE 15/25kV.

NOTAS:
 INSTALACIONES EXISTENTES
 INSTALACIONES CONSIDERADAS EN EL PROYECTO

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	EE-02-002
NUEVA SUBSTACION SAN FRANCISCO - DISPOSICION DE EQUIPOS - PLANTA	EE-02-007

				UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		PLANO N°: EE-02-006	
NUEVA SUBSTACION SAN FRANCISCO DIAGRAMA UNIFILAR 66/22,9 kV				DIS. M. FLORES DIB. M. FLORES REV. J. YANQUE V.B. J. KOC		FECHA: DIC. '05 ESCALA: 3/E	
REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA	UNI - FIEE			
0	EMISION ORIGINAL	DIC. 2005					

LEYENDA

CODIGO	DESCRIPCION
IP2	INTERRUPTOR DE POTENCIA, OPERACION TRIPOLAR EN SFS, MANDO MOTORIZADO, 72.5 kV, 800 A, 25 KA, 325 kV (BIL)
TC2	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO COLUMNA PARA MONTAJE EXTERIOR, 100-200/1/1/1 A, 2x15VA-5P20, 1x15VA-Clase 0.2S, PARA 72.5 kV, 325 kV (BIL)
TT2	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO CAPACITIVO 72.5 kV, 325 kV (BIL) 66-√3/0.10-√3/0.10 kV, 30VA-3P, 30VA - Clase 0.2
SL2	SECCIONADOR DE LINEA, PARA MONTAJE VERTICAL, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLA PRINCIPAL PARA APERTURA CENTRAL, 72.5 kV, 800 A, 325 kV (BIL) Y CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
PR2	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO, PARA 54 kV, 10 KA, CLASE 3
PA	POSTE DE ACERO 10 m DE ALTURA CON BRIDA DE FIJACION A BASE DE CONCRETO
TPP	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 62±8x1.25%/24 kV, 4/5 MVA (ONAN/ONAF), CON REGULACION AUTOMATICA BAJO CARGA
PR3	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO, PARA 24 kV, 10 KA, CLASE 2
TC3	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO COLUMNA, PARA MONTAJE EXTERIOR 100-200/1/1/1 A, 2x15VA-5P20, 1x15VA-Clase 0.2S PARA 24 kV, 125 kV (BIL)
TC4	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO COLUMNA, PARA MONTAJE EXTERIOR 100-200/1/1 A, 1x15VA-5P20, 1x15VA-Clase 0.2S PARA 24 kV, 125 kV (BIL)
IP3	INTERRUPTOR DE POTENCIA, OPERACION TRIPOLAR EN VACIO, MANDO MOTORIZADO, 24 kV, 830 A, 12.5 KA, 125 kV (BIL)
SB3	SECCIONADOR DE BARRA, MANDO MOTORIZADO CON CUCHILLA PRINCIPAL PARA APERTURA VERTICAL, 24 kV, 600 A, 125 kV (BIL)
SL3	SECCIONADOR DE LINEA, MANDO MOTORIZADO CON CUCHILLA PRINCIPAL PARA APERTURA VERTICAL, 24 kV, 600 A, 125 kV (BIL) Y CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
AS3	AISLADOR SOPORTE PARA 24 kV, 125 kV (BIL)
SP3	SECCIONADOR DE POTENCIA 24 kV, 400 A, 125 kV (BIL), CON FUSIBLE DE PROTECCION
TPD	TRANSFORMADOR DE 1 MVA, 24/0.44 kV (EXISTENTE)
CO	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO CUT-OUT 24 kV
BZ1	BUZON TIPO 1
BZ2	BUZON TIPO 2

- NOTAS:**
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, EXCEPTO LAS INDICADAS.
 - INSTALACIONES EXISTENTES
 - INSTALACIONES PROYECTADAS
 - - - CABLE DE GUARDA

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA

UBICACION GEOGRAFICA	EE-02-001
DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	EE-02-002
AMPLIACION NUEVA SUBESTACION SAN FRANCISCO - DIAGRAMA UNIFILAR 66/22.9 kV	EE-02-006
NUEVA SUBESTACION SAN FRANCISCO - DISPOSICION DE EQUIPOS - SECCIONES	EE-02-008

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

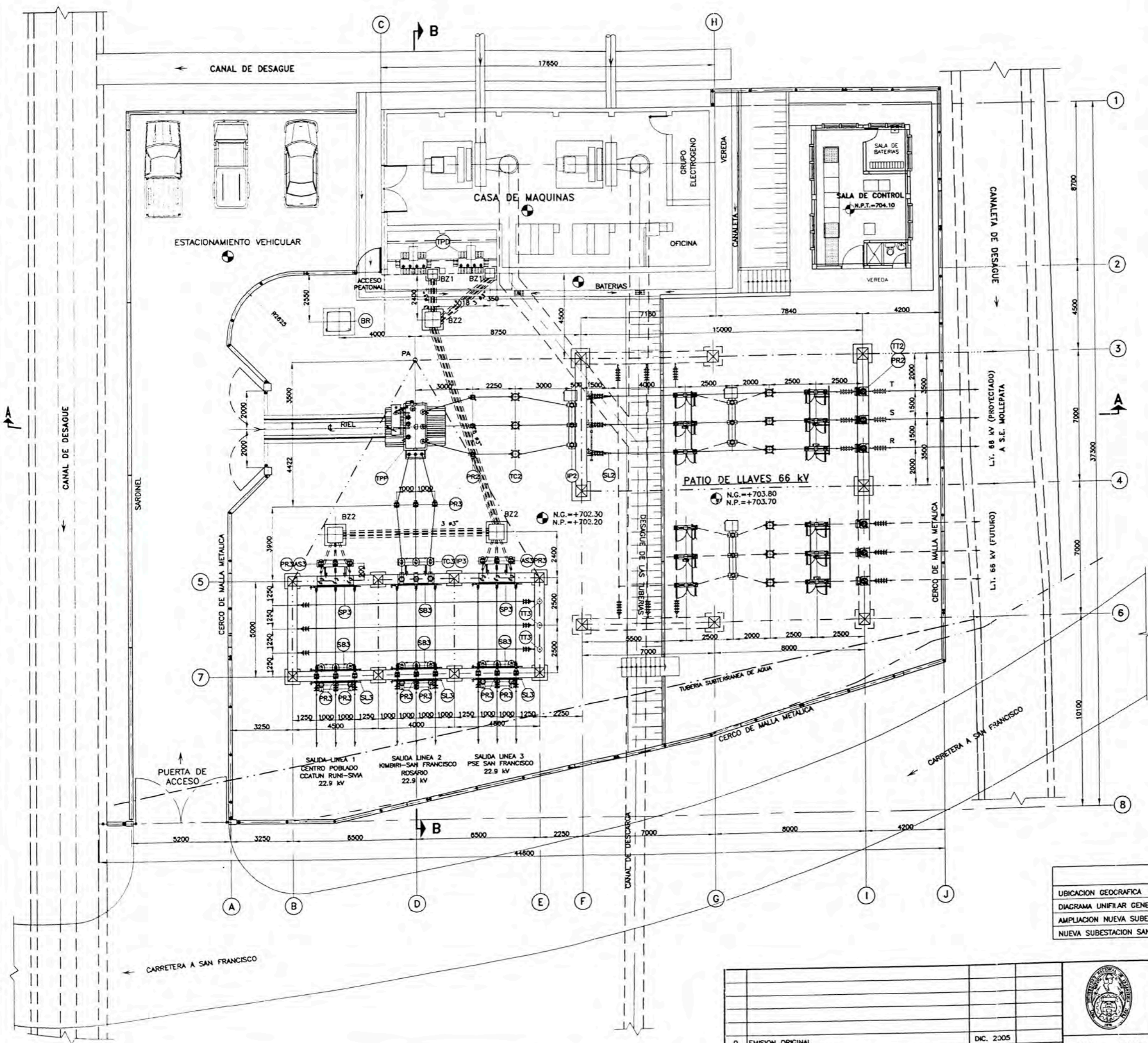
NUEVA SUBESTACION SAN FRANCISCO
DISPOSICION DE EQUIPOS
PLANTA

PLANO N°:
EE-02-007
DIS. M. FLORES
DIB. M. FLORES
REV. J. YANQUE
V.B. J. KOC
FECH: DIC. '05 ESCALA: 1/100

REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA	UNI - FIEE
0	EMISION ORIGINAL	DIC. 2005		

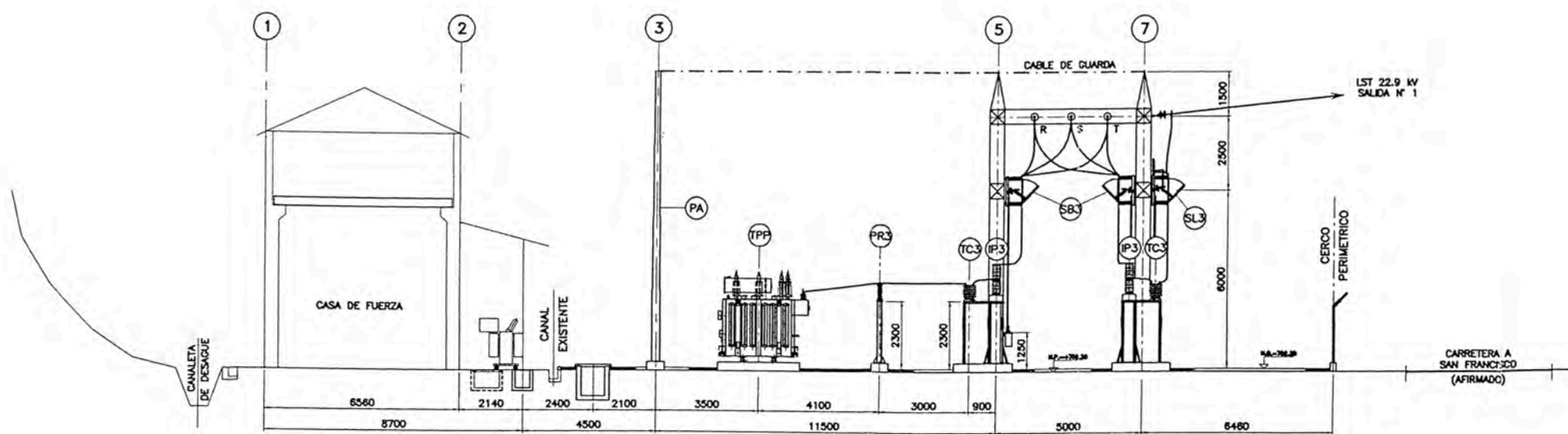
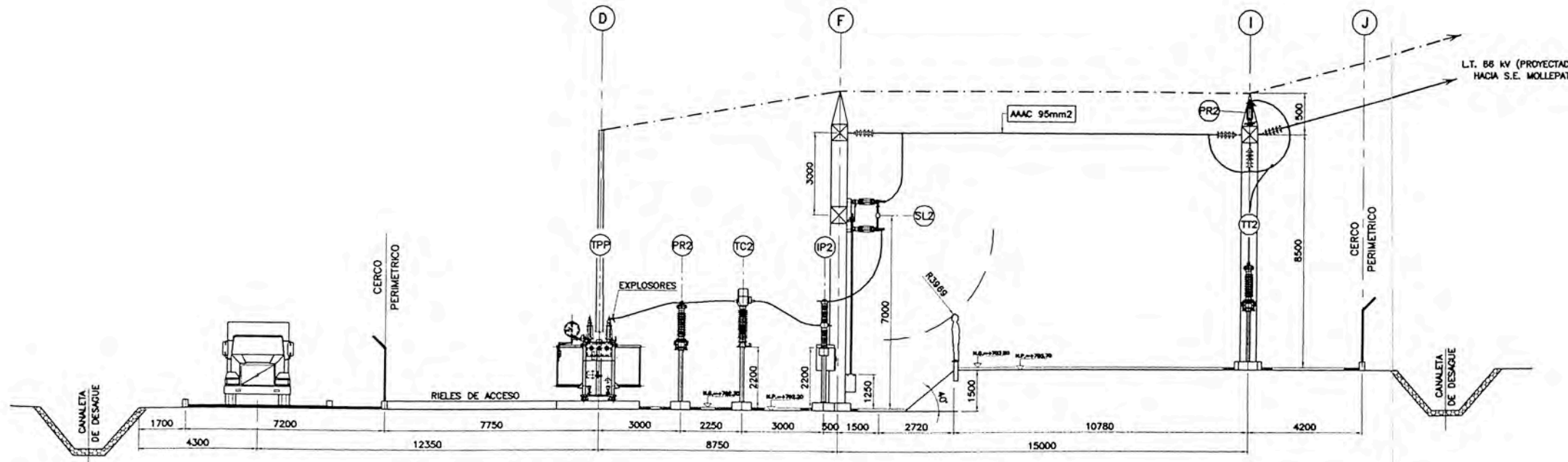


UNI - FIEE



LEYENDA

CODIGO	DESCRIPCION
(IP2)	INTERRUPTOR DE POTENCIA, OPERACION TRIPOLAR EN SF6, MANDO MOTORIZADO, 72.5 kV, 800 A, 25 KA, 325 kV (BIL)
(TC2)	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO COLUMNA PARA MONTAJE EXTERIOR, 100-200/1/1/1 A, 2x15VA-5P20, 1x15VA-Clase 0.2S, PARA 72.5 kV, 325 kV (BIL)
(TT2)	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO CAPACITIVO 72.5 kV, 325 kV (BIL) 66-√3/0.10-√3/0.10 kV, 30VA-3P, 30VA - Clase 0.2
(SL2)	SECCIONADOR DE LINEA, PARA MONTAJE VERTICAL, MANDO MOTORIZADO, CON CUCHILLA PRINCIPAL PARA APERTURA CENTRAL, 72.5 kV, 800 A, 325 kV (BIL) Y CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
(PR2)	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO, PARA 54 kV, 10 KA, CLASE 3
(TPP)	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 62±8x1.25%/24 kV, 4/5 MVA (ONAN/ONAF), CON REGULACION AUTOMATICA BAJO CARGA
(PA)	POSTE DE ACERO 10 m DE ALTURA CON BRIDA DE FIJACION A BASE DE CONCRETO
(PR3)	DESCARGADOR DE OXIDO METALICO, PARA 24 kV, 10 KA, CLASE 2
(TC3)	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO COLUMNA, PARA MONTAJE EXTERIOR 100-200/1/1/1 A, 2x15VA-5P20, 1x15VA-Clase 0.2S PARA 24 kV, 125 kV (BIL)
(IP3)	INTERRUPTOR DE POTENCIA, OPERACION TRIPOLAR EN VACIO, MANDO MOTORIZADO, 24 kV, 630 A, 12.5 KA, 125 kV (BIL)
(SB3)	SECCIONADOR DE BARRA, MANDO MOTORIZADO CON CUCHILLA PRINCIPAL PARA APERTURA VERTICAL, 24 kV, 600 A, 125 kV (BIL)
(SL3)	SECCIONADOR DE LINEA, MANDO MOTORIZADO CON CUCHILLA PRINCIPAL PARA APERTURA VERTICAL, 24 kV, 600 A, 125 kV (BIL) Y CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA



NOTAS:
 TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS, EXCEPTO LAS INDICADAS.
 ———— INSTALACIONES EXISTENTES
 ———— INSTALACIONES PROYECTADAS
 ———— CABLE DE GUARDA

LISTADO DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	EE-02-002
AMPLIACION NUEVA SUBSTACION SAN FRANCISCO - DIAGRAMA UNIFILAR 66/22,9 kV	EE-02-006
NUEVA SUBSTACION SAN FRANCISCO - DISPOSICION DE EQUIPOS - PLANTA	EE-02-007

					UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA NUEVA SUBSTACION SAN FRANCISCO DISPOSICION DE EQUIPOS SECCIONES	PLANO N°:
						EE-02-008
0	EMISION ORIGINAL	DIC. 2005		UNI - F:EE		DIB. M. FLORES
REV.	DESCRIPCION	FECHA	FIRMA			REV. J. YANQUE
						V.B. J. KOC
						FECHA: DIC. 05 ESCALA: 1/100

ANEXO D
REPORTE DE SIMULACIONES EN EL PROGRAMA ATP-EMTP DEL PROYECTO:
AMPLIACIÓN DE SUBESTACIÓN MOLLEPATA Y
NUEVA SUBESTACIÓN SAN FRANCISCO

REPORT DE ESCENARIO N° 2B: CAÍDA DE DESCARGA ATMOSFÉRICA DE 20 KA - 8/20 US, EN LA FASE A, A LA MITAD DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN MOLLEPATA - SAN FRANCISCO 66 KV, CON DESCARGADORES PROYECTADOS Y EL RESTO DE MÓDULOS DE SALIDA DESCONECTADOS

```

--- 140 cards of disk file read into card cache cells 1 onward.
--- Pass 1. Card = 92. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\SFRANC~1.LIB
--- Pass 1. Card = 105. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib
--- Pass 1. Card = 118. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib
--- Pass 1. Card = 131. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib
--- Pass 1. Card = 144. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib
--- Pass 1. Card = 157. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib
--- Pass 1. Card = 170. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\SFRANC~1.LIB
--- Pass 1. Card = 183. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm213.lib
--- Pass 1. Card = 196. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm213.lib
--- Pass 1. Card = 209. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib
--- Pass 1. Card = 222. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm29.lib
--- Pass 1. Card = 235. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib
--- Pass 1. Card = 248. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib
--- Pass 1. Card = 261. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib

```

<====> Done with "/"-card sorting by data class. Remember that the source file appears different from interpreted input data.
Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.
Date {dd-mth-yy} and time of day {hh.mm.ss} = 05-Jan-06 10:43:04 Name of disk plot file is c:\atp\atpdraw\atp\mollep2.pl4
Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTF User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 05 March 2002.
Total size of LABCOM tables = 4929880 INTEGER words. VARDIM List Sizes follow: 6002 10K 10K 340 20K 5K
13140 120K 1450 1900 360 900 36400 255 64800 384 45 254 400K 100K 3K 12K 40K 120 30K 10K 600 126K 5059K 60

-----+-----
Descriptive interpretation of input data cards. | Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character
0 1 2 3 4 5 6 7 8
01234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

-----+-----
Comment card. KOMPAN > 0. |C data:C:\ATP\ATPDRAW\ATP\MOLLEP2.ATP
Marker card preceding new EMTF data case. |BEGIN NEW DATA CASE
Comment card. KOMPAN > 0. |C -----
Comment card. KOMPAN > 0. |C Generated by ATPDRAW enero, jueves 5, 2006
Comment card. KOMPAN > 0. |C A Bonneville Power Administration program
Comment card. KOMPAN > 0. |C Programmed by H. K. Høidalen at SEFAS - NORWAY 1994-2002
Comment card. KOMPAN > 0. |C -----
Comment card. KOMPAN > 0. |C \$DUMMY, XYZ000
Comment card. KOMPAN > 0. |C dT >< Tmax >< Xopt >< Copt >
Misc. data. 1.000E-07 1.000E-02 0.000E+00 | 1.E-7 .01
Misc. data. 500 1 1 1 1 0 0 1 0 0 | 500 1 1 1 1 0 0 1 0
Comment card. KOMPAN > 0. |C 1 2 3 4 5 6 7 8
Comment card. KOMPAN > 0. |C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
Comment card. KOMPAN > 0. |C < n 1>< n 2><ref1><ref2>< R >< L >< C >
Comment card. KOMPAN > 0. |C < n 1>< n 2><ref1><ref2>< R >< A >< B ><Leng><><>0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 5.500E-10 | LLEGA .00055 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 5.500E-10 | LLEGB .00055 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 5.500E-10 | LLEGC .00055 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 7.000E-11 | X0104A 7.E-5 0

Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-11		XC104B		7.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-11		XC104C		7.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.500E-10		XC106A		.00025		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.500E-10		XC106B		.00025		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.500E-10		XC106C		.00025		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	6.000E-11		INTA		6.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	6.000E-11		INTB		6.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	6.000E-11		INTC		6.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-11		XC110A		7.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-11		XC110B		7.E-5		0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	7.000E-11		XC110C		7.E-5		0
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03		92XX0051		5555.		0
Zinc oxide.	1.2700E+05	1.0000E+19	0.0000E+00			1.27E5	-1.	0.0	1
Breakpoint.	1.2479E+03	2.5904E+01	5.8165E-01			1247.8723693	25.903617823	0.58164702054	
Breakpoint.	4.0309E+02	1.9860E+01	8.3000E-01			403.08882284	19.86014195	0.83	
Breakpoint.	1.9741E+02	1.3913E+01	8.9000E-01			197.4062121	13.912803543	0.89	
Breakpoint.	2.0000E+02	7.1125E+00	1.0000E+00			200.	7.1124600041	1.	
Special termination-of-points card.						9999			
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03		92XX0128		5555.		0
Zinc oxide.	1.2700E+05	1.0000E+19	0.0000E+00			1.27E5	-1.	0.0	1
Breakpoint.	6.1146E+04	2.5904E+01	5.0051E-01			61145.746096	25.903617823	0.50050691976	
Breakpoint.	1.9751E+04	1.9860E+01	8.3000E-01			19751.352319	19.86014195	0.83	
Breakpoint.	9.6729E+03	1.3913E+01	8.9000E-01			9672.9043931	13.912803543	0.89	
Breakpoint.	9.8000E+03	7.1125E+00	1.0000E+00			9800.	7.1124600041	1.	
Special termination-of-points card.						9999			
Series R-L-C.	0.000E+00	4.000E-07	0.000E+00		XX0051XX0128		.0004		0
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03		92XX0057		5555.		0
Zinc oxide.	1.2700E+05	1.0000E+19	0.0000E+00			1.27E5	-1.	0.0	1
Breakpoint.	1.2479E+03	2.5904E+01	5.8165E-01			1247.8723693	25.903617823	0.58164702054	
Breakpoint.	4.0309E+02	1.9860E+01	8.3000E-01			403.08882284	19.86014195	0.83	
Breakpoint.	1.9741E+02	1.3913E+01	8.9000E-01			197.4062121	13.912803543	0.89	
Breakpoint.	2.0000E+02	7.1125E+00	1.0000E+00			200.	7.1124600041	1.	
Special termination-of-points card.						9999			
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03		92XX0132		5555.		0
Zinc oxide.	1.2700E+05	1.0000E+19	0.0000E+00			1.27E5	-1.	0.0	1
Breakpoint.	6.1146E+04	2.5904E+01	5.0051E-01			61145.746096	25.903617823	0.50050691976	
Breakpoint.	1.9751E+04	1.9860E+01	8.3000E-01			19751.352319	19.86014195	0.83	
Breakpoint.	9.6729E+03	1.3913E+01	8.9000E-01			9672.9043931	13.912803543	0.89	
Breakpoint.	9.8000E+03	7.1125E+00	1.0000E+00			9800.	7.1124600041	1.	
Special termination-of-points card.						9999			
Series R-L-C.	0.000E+00	4.000E-07	0.000E+00		XX0057XX0132		.0004		0
Series R-L-C.	1.000E+07	0.000E+00	0.000E+00		XX0051	1.E7			0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10		XX0051		.0001		0
Series R-L-C.	1.000E+07	0.000E+00	0.000E+00		XX0057	1.E7			0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10		XX0057		.0001		0
Series R-L-C.	1.000E+07	0.000E+00	0.000E+00		XX0063	1.E7			0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-10		XX0063		.0001		0
Type-92 R(i)	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5550E+03		92XX0063		5555.		0


```

Zinc oxide. 1.2700E+05 1.0000E+19 0.0000E+00 | 1.27E5 -1. 0.0 1
Breakpoint. 1.2479E+03 2.5904E+01 5.8165E-01 | 1247.8723693 25.903617823 0.58164702054
Breakpoint. 4.0309E+02 1.9860E+01 8.3000E-01 | 403.08882284 19.86014195 0.83
Breakpoint. 1.9741E+02 1.3913E+01 8.9000E-01 | 197.4062121 13.912803543 0.89
Breakpoint. 2.0000E+02 7.1125E+00 1.0000E+00 | 200. 7.1124600041 1.
Special termination-of-points card. | 9999
Type-92 R(i) 0.0000E+00 0.0000E+00 5.5550E+03 | 92XX0148 5555. 0
Zinc oxide. 1.2700E+05 1.0000E+19 0.0000E+00 | 1.27E5 -1. 0.0 1
Breakpoint. 6.1146E+04 2.5904E+01 5.0051E-01 | 61145.746096 25.903617823 0.50050691976
Breakpoint. 1.9751E+04 1.9860E+01 8.3000E-01 | 19751.352319 19.86014195 0.83
Breakpoint. 9.6729E+03 1.3913E+01 8.9000E-01 | 9672.9043931 13.912803543 0.89
Breakpoint. 9.8000E+03 7.1125E+00 1.0000E+00 | 9800. 7.1124600041 1.
Special termination-of-points card. | 9999
Series R-L-C. 0.000E+00 4.000E-07 0.000E+00 | XX0063XX0148 .0004 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | AYACUA 4.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | AYACUB 4.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | AYACUC 4.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | CANGAA 4.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | CANGAB 4.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | CANGAC 4.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | HUANTA 4.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | HUANTB 4.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | HUANTC 4.E-5 0
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\SFRANC~1.LIB, MEDA##, MEDB##, MEDC##, X0015A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0015B, X0015C
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05 4.00000000E+05 |$UNITS, 4.E5, 4.E5
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 3.485E+03 2.832E-02 3.777E-07 | 1MEDA X0015A 3.48530662E+03 7.11756232E+04 9.49389023E+05
Phase 2. 2.6777E+03 4.4366E-03 -2.5197E-08 | 2MEDB X0015B 2.67768352E+03 1.11502930E+04 -6.33276003E+04
Cont. 2.8861E+03 2.7753E-02 4.0671E-07 | 2.88607397E+03 6.97506994E+04 1.02218514E+06
Phase 3. 3.2438E+03 5.0037E-03 -2.2354E-08 | 3MEDC X0015C 3.24381594E+03 1.25755995E+04 -5.61823841E+04
Cont. 3.4524E+03 1.6967E-02 -1.1865E-07 | 3.45241805E+03 4.26426764E+04 -2.98189419E+05
Cont. 4.1934E+03 2.8837E-02 4.1581E-07 | 4.19341137E+03 7.24760705E+04 1.04503740E+06
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.11b, X0104A, X0104B, X0104C, X0106A $$
Comment card. KOMPAR > 0. |C , X0106B, X0106C
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05 4.00000000E+05 |$UNITS, 4.E5, 4.E5
New MOLDAT = 1 (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt. 9.665E-01 2.228E-06 3.313E-11 | 1X0104AX0106A 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
Phase 2. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12 | 2XC104BX0106B 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3343E-11 | 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.38010960E+01
Phase 3. 8.8255E-01 7.0340E-07 -7.2373E-13 | 3XC104CX0106C 8.82553286E-01 1.76783785E+00 -1.81892621E+00
Cont. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12 | 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3132E-11 | 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
New MOLDAT = 0 (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card. KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.11b, LLEGA#, LLEGB#, LLEGC#, X0104A $$

```

```

Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05 4.00000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 9.665E-01 2.228E-06 3.313E-11
Phase 2. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3343E-11
Phase 3. 8.8255E-01 7.0340E-07 -7.2373E-13
Cont. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3132E-11
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.
Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05 4.00000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 9.665E-01 2.228E-06 3.313E-11
Phase 2. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3343E-11
Phase 3. 8.8255E-01 7.0340E-07 -7.2373E-13
Cont. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3132E-11
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.
Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05 4.00000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 9.665E-01 2.228E-06 3.313E-11
Phase 2. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3343E-11
Phase 3. 8.8255E-01 7.0340E-07 -7.2373E-13
Cont. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3132E-11
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.
Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05 4.00000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 9.665E-01 2.228E-06 3.313E-11
Phase 2. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3343E-11
Phase 3. 8.8255E-01 7.0340E-07 -7.2373E-13
Cont. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3132E-11
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.

```

```

|C , X0104B, X0104C
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
|1LLEGA X0104A 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|2LLEGB X0104B 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.38010960E+01
|3LLEGC X0104C 8.82553286E-01 1.76783785E+00 -1.81892621E+00
| 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib, X0106A, X0106B, X0106C, INTA## $$
|C , INTB##, INTC##
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
|1XC106AINTA 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|2XC106BINTB 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.38010960E+01
|3XC106CINTC 8.82553286E-01 1.76783785E+00 -1.81892621E+00
| 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib, INTA##, INTB##, INTC##, X0110A $$
|C , X0110B, X0110C
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
|1INTA X0110A 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|2INTB X0110B 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.38010960E+01
|3INTC X0110C 8.82553286E-01 1.76783785E+00 -1.81892621E+00
| 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib, X0110A, X0110B, X0110C, X0118A $$
|C , X0118B, X0118C
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
|1X0110AX0118A 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|2X0110BX0118B 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.38010960E+01
|3X0110CX0118C 8.82553286E-01 1.76783785E+00 -1.81892621E+00
| 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\SFRANC~1.LIB, FUENA#, FUENB#, FUENC#, MEDA## $$

```

```

Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05 4.00000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 3.485E+03 2.832E-02 3.777E-07
Phase 2. 2.6777E+03 4.4366E-03 -2.5197E-08
Cont. 2.8861E+03 2.7753E-02 4.0671E-07
Phase 3. 3.2438E+03 5.0037E-03 -2.2354E-08
Cont. 3.4524E+03 1.6967E-02 -1.1865E-07
Cont. 4.1934E+03 2.8837E-02 4.1581E-07
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.
Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05 4.00000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 3.157E+00 1.037E-05 1.238E-10
Phase 2. 3.1133E+00 5.4872E-06 -2.3434E-11
Cont. 3.1567E+00 1.0366E-05 1.2760E-10
Phase 3. 3.0010E+00 3.7280E-06 -8.6567E-12
Cont. 3.1133E+00 5.4872E-06 -2.3434E-11
Cont. 3.1567E+00 1.0366E-05 1.2377E-10
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.
Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05 4.00000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 3.157E+00 1.037E-05 1.238E-10
Phase 2. 3.1133E+00 5.4872E-06 -2.3434E-11
Cont. 3.1567E+00 1.0366E-05 1.2760E-10
Phase 3. 3.0010E+00 3.7280E-06 -8.6567E-12
Cont. 3.1133E+00 5.4872E-06 -2.3434E-11
Cont. 3.1567E+00 1.0366E-05 1.2377E-10
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.
Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05 4.00000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 9.665E-01 2.228E-06 3.313E-11
Phase 2. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3343E-11
Phase 3. 8.8255E-01 7.0340E-07 -7.2373E-13
Cont. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3132E-11
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00 0.00000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.

```

```

|C , MEDB##, MEDC##
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
|1FUENA MEDA 3.48530662E+03 7.11756232E+04 9.49389023E+05
|2FUENB MEDB 2.67768352E+03 1.11502930E+04 -6.33276003E+04
| 2.88607397E+03 6.97506994E+04 1.02218514E+06
|3FUENC MEDC 3.24381594E+03 1.25755995E+04 -5.61823841E+04
| 3.45241805E+03 4.26426764E+04 -2.98189419E+05
| 4.19341137E+03 7.24760705E+04 1.04503740E+06
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm213.1ib, X0015A, X0015B, X0015C, X0164A $$
|C , X0164B, X0164C
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
|1X0015AX0164A 3.15668079E+00 2.60536006E+01 3.11066295E+02
|2X0015BX0164B 3.11328994E+00 1.37909476E+01 -5.88952581E+01
| 3.15668079E+00 2.60536006E+01 3.20695444E+02
|3X0015CX0164C 3.00100797E+00 9.36946197E+00 -2.17565497E+01
| 3.11328994E+00 1.37909476E+01 -5.88952581E+01
| 3.15668079E+00 2.60536006E+01 3.11066295E+02
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm213.1ib, X0164A, X0164B, X0164C, X0078A $$
|C , X0078B, X0078C
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
|1X0164AX0078A 3.15668079E+00 2.60536006E+01 3.11066295E+02
|2X0164BX0078B 3.11328994E+00 1.37909476E+01 -5.88952581E+01
| 3.15668079E+00 2.60536006E+01 3.20695444E+02
|3X0164CX0078C 3.00100797E+00 9.36946197E+00 -2.17565497E+01
| 3.11328994E+00 1.37909476E+01 -5.88952581E+01
| 3.15668079E+00 2.60536006E+01 3.11066295E+02
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.1ib, X0164A, X0164B, X0164C, LLEGA# $$
|C , LLEGB#, LLEGC#
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
|1X0164ALLEGA 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|2X0164BLLEGB 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.38010960E+01
|3X0164CLLEGC 8.82553286E-01 1.76783785E+00 -1.81892621E+00
| 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm29.1ib, X0176A, X0176B, X0176C, X0118A $$

```

```

Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.0000000E+05 4.0000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 3.157E+00 1.037E-05 1.238E-10
Phase 2. 3.1133E+00 5.4872E-06 -2.3434E-11
  Cont. 3.1567E+00 1.0366E-05 1.2760E-10
Phase 3. 3.0010E+00 3.7280E-06 -8.6567E-12
  Cont. 3.1133E+00 5.4872E-06 -2.3434E-11
  Cont. 3.1567E+00 1.0366E-05 1.2377E-10
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.
Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.0000000E+05 4.0000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 9.665E-01 2.228E-06 3.313E-11
Phase 2. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
  Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3343E-11
Phase 3. 8.8255E-01 7.0340E-07 -7.2373E-13
  Cont. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
  Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3132E-11
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.
Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.0000000E+05 4.0000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 9.665E-01 2.228E-06 3.313E-11
Phase 2. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
  Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3343E-11
Phase 3. 8.8255E-01 7.0340E-07 -7.2373E-13
  Cont. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
  Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3132E-11
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Comment card.  KOMPAR > 0.
Comment card.  KOMPAR > 0.
New XOPT, COPT = 4.0000000E+05 4.0000000E+05
New MOLDAT = 1 (data vintage).
1st of PI-ckt. 9.665E-01 2.228E-06 3.313E-11
Phase 2. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
  Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3343E-11
Phase 3. 8.8255E-01 7.0340E-07 -7.2373E-13
  Cont. 9.4230E-01 1.1038E-06 -2.7426E-12
  Cont. 9.6647E-01 2.2278E-06 3.3132E-11
New MOLDAT = 0 (data vintage).
New XOPT, COPT = 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Blank card ending branches.  IBR, NTOT = 75 52

```

```

|C , X0118B, X0118C
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
| 1X0176AX0118A 3.15668079E+00 2.60536006E+01 3.11066295E+02
| 2X0176BX0118B 3.11328994E+00 1.37909476E+01 -5.88952581E+01
| 3X0176CX0118C 3.15668079E+00 2.60536006E+01 3.20695444E+02
| 3.00100797E+00 9.36946197E+00 -2.17565497E+01
| 3.11328994E+00 1.37909476E+01 -5.88952581E+01
| 3.15668079E+00 2.60536006E+01 3.11066295E+02
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib, X0118A, X0118B, X0118C, AYACUA $$
|C , AYACUB, AYACUC
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
| 1X0118AAYACUA 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
| 2X0118BAYACUB 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 3X0118CAYACUC 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.38010960E+01
| 8.82553286E-01 1.76783785E+00 -1.81892621E+00
| 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib, X0176A, X0176B, X0176C, CANGAA $$
|C , CANGAB, CANGAC
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
| 1X0176ACANGAA 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
| 2X0176BCANGAB 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 3X0176CCANGAC 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.38010960E+01
| 8.82553286E-01 1.76783785E+00 -1.81892621E+00
| 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|C $INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\120mm23.lib, X0176A, X0176B, X0176C, HUANTA $$
|C , HUANTB, HUANTC
|$UNITS, 4.E5, 4.E5
|$VINTAGE, 1
| 1X0176AHUANTA 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
| 2X0176BHUANTB 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 3X0176CHUANTC 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.38010960E+01
| 8.82553286E-01 1.76783785E+00 -1.81892621E+00
| 9.42304527E-01 2.77413416E+00 -6.89285382E+00
| 9.66474050E-01 5.59903619E+00 8.32702589E+01
|$VINTAGE, -1,
|$UNITS, -1., -1.
|BLANK BRANCH

```

```

Comment card.  KOMPAR > 0.          |C < n 1>< n 2>< Tclose ><Top/Tde >< Ie  ><Vf/CLOP >< type >
Permanently-closed switch used for metering. | XX0023MEDA          MEASURING          1
Permanently-closed switch used for metering. | LLEGA XX0051       MEASURING          1
Permanently-closed switch used for metering. | LLEGB XX0057       MEASURING          1
Permanently-closed switch used for metering. | LLEGC XX0063       MEASURING          1
Blank card ending switches.  KSWTCH = 4.     |BLANK SWITCH
Comment card.  KOMPAR > 0.          |C < n 1><>< Ampl. >< Freq. ><Phase/T0>< A1  >< T1  >< TSTART >< TSTOP >
Source.  5.39E+04  6.00E+01  0.00E+00 -1.00E+00 |14FUENA 0  53889.    60.          -1.          1.
Source.  5.39E+04  6.00E+01 -1.20E+02 -1.00E+00 |14FUENB 0  53889.    60.         -120.        -1.          1.
Source.  5.39E+04  6.00E+01  1.20E+02 -1.00E+00 |14FUENC 0  53889.    60.          120.        -1.          1.
Source.  2.00E+04  8.00E-06  2.00E-05  0.00E+00 |15XX0023-1    2.E4    8.E-6    2.E-5    -8888.    2.5E8
Blank card ends electric sources.  KCONST = 4 |BLANK SOURCE

```

List of input elements that are connected to each node. Only the physical connections of multi-phase lines are shown (capacitive and inductive coupling are ignored). Repeated entries indicate parallel connections. Switches are included, although sources (including rotating machinery) are omitted -- except that U.M. usage produces extra, internally-defined nodes "UMXXXX".

-----+-----
From bus name | Names of all adjacent busses.
-----+-----

```

LLEGA |TERRA *X0104A*XX0051*X0164A*
LLEGB |TERRA *X0104B*XX0057*X0164B*
LLEGC |TERRA *X0104C*XX0063*X0164C*
X0104A |TERRA *LLEGA *X0106A*
X0104B |TERRA *LLEGB *X0106B*
X0104C |TERRA *LLEGC *X0106C*
X0106A |TERRA *X0104A*INTA *
X0106B |TERRA *X0104B*INTB *
X0106C |TERRA *X0104C*INTC *
INTA   |TERRA *X0106A*X0110A*
INTB   |TERRA *X0106B*X0110B*
INTC   |TERRA *X0106C*X0110C*
X0110A |TERRA *INTA *X0118A*
X0110B |TERRA *INTB *X0118B*
X0110C |TERRA *INTC *X0118C*
XX0051 |TERRA *TERRA *TERRA *LLEGA *XX0128*
XX0128 |TERRA *XX0051*
XX0057 |TERRA *TERRA *TERRA *LLEGB *XX0132*
XX0132 |TERRA *XX0057*
XX0063 |TERRA *TERRA *TERRA *LLEGC *XX0148*
XX0148 |TERRA *XX0063*
AYACUA |TERRA *X0118A*
AYACUB |TERRA *X0118B*
AYACUC |TERRA *X0118C*
CANGAA |TERRA *X0176A*
CANGAB |TERRA *X0176B*
CANGAC |TERRA *X0176C*
HUANTA |TERRA *X0176A*
HUANTB |TERRA *X0176B*

```

```

HUANTC |TERRA *X0176C*
MEDA |X0015A*FUENA *XX0023*
X0015A |MEDA *X0164A*
MEDB |X0015B*FUENB *
X0015B |MEDB *X0164B*
MEDC |X0015C*FUENC *
X0015C |MEDC *X0164C*
X0118A |X0110A*AYACUA*X0176A*
X0118B |X0110B*AYACUB*X0176B*
X0118C |X0110C*AYACUC*X0176C*
FUENA |MEDA *
FUENB |MEDB *
FUENC |MEDC *
X0164A |LLEGA *X0015A*X0078A*
X0164B |LLEGB *X0015B*X0078B*
X0164C |LLEGC *X0015C*X0078C*
X0078A |X0164A*
X0078B |X0164B*
X0078C |X0164C*
X0176A |CANGAA*HUANTA*X0118A*
X0176B |CANGAB*HUANTB*X0118B*
X0176C |CANGAC*HUANTC*X0118C*
XX0023 |MEDA *
TERRA |LLEGA *LLEGB *LLEGC *X0104A*X0104B*X0104C*X0106A*X0106B*X0106C*INTA *INTB *INTC *X0110A*X0110B*X0110C*
|XX0051*XX0051*XX0051*XX0128*XX0057*XX0057*XX0057*XX0132*XX0063*XX0063*XX0063*XX0148*AYACUA*AYACUB*AYACUC*
|CANGAA*CANGAB*CANGAC*HUANTA*HUANTB*HUANTC*

```

```

-----+-----
Extrema of output variables follow. Order and column positioning are the same as for the preceding time-step loop output.
Variable maxima : 53889. 53889. 49230.0512 106839.174 89615.9962 63536.0798 106841.275 89616.0704 63536.1087 19999.9458
650.748228 7.47107966 .029367488
Times of maxima : 0.0 .0055556 .01 .825E-4 .0036435 .01 .824E-4 .003643 .01 .91E-5
.826E-4 .0036432 .5311E-3
Variable minima : -53889. -26944.5 -53889. -37634.504 -99816.634 -104145.4 -37634.474 -99816.713 -104144.06 -.00520578
-.00518994 -121.79715 -365.75989
Times of minima : .0083333 0.0 .0027778 .0095725 .1392E-3 .909E-4 .0095729 .1392E-3 .91E-4 .2415E-3
.0087976 .1392E-3 .909E-4

```

```

Blank card terminating all plot cards. |BLANK PLOT
Actual List Sizes for the preceding solution follow. 05-Jan-06 10:43:10
Size 1-10: 53 75 117 4 760 4 82 0 6 30
Size 11-20: 0 13 -9999 -9999 -9999 0 0 0 23 0
Size 21-30: 0 0 223 6 -9999 36 -9999 -9999 -9999 0
Seconds for overlays 1-5 : 0.031 0.000 0.031 -- (CP: Wait; Real)
Seconds for overlays 6-11 : 0.031 0.000 0.031
Seconds for overlays 12-15 : 0.000 0.000 0.000
Seconds for time-step loop : 5.391 0.000 5.391
Seconds after DELTAT-loop : 0.000 0.000 0.000
-----+-----
Totals : 5.453 0.000 5.453

```

REPORTE DE ESCENARIO N° 5B: CAÍDA DE DESCARGA ATMOSFÉRICA DE 20 KA - 9/20 US, EN LA FASE A, A LA MITAD DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN MOLLEPATA - SAN FRANCISCO 66 KV, CON EXPLOSORES PROYECTADOS

```

--- 70 cards of disk file read into card cache cells 1 onward.
--- Pass 1. Card = 32. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\SFRANC~1.LIB
--- Pass 1. Card = 45. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib
--- Pass 1. Card = 58. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm215.lib
--- Pass 1. Card = 71. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib
--- Pass 1. Card = 84. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib
--- Pass 1. Card = 97. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib
--- Pass 1. Card = 110. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib
--- Pass 1. Card = 123. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\SFRANC~1.LIB
--- Pass 1. Card = 136. Ready to open $INCLUDE = C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib
<==> Done with "/"-card sorting by data class. Remember that the source file appears different from interpreted input data.
Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.
Date (dd-mth-yy) and time of day (hh.mm.ss) = 05-Jan-06 08:45:23 Name of disk plot file is c:\atp\atpdraw\atp\sfrancis3.pl4
Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTF User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 05 March 2002.
Total size of LABCOM tables = 4929880 INTEGER words. VARDIM List Sizes follow: 6002 10K 10K 340 20K 5K
13140 120K 1450 1900 360 900 36400 255 64800 384 45 254 400K 100K 3K 12K 40K 120 30K 10K 600 126K 5059K 60

```

```

-----+-----
Descriptive interpretation of input data cards. | Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character
0 1 2 3 4 5 6 7 8
01234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
-----+-----

```

```

Comment card. KOMPAN > 0. |C data:C:\ATP\ATPDRAW\ATP\SFRANCIS3.ATP
Marker card preceding new EMTF data case. |BEGIN NEW DATA CASE
Comment card. KOMPAN > 0. |C -----
Comment card. KOMPAN > 0. |C Generated by ATPDRAW enero, jueves 5, 2006
Comment card. KOMPAN > 0. |C A Bonneville Power Administration program
Comment card. KOMPAN > 0. |C Programmed by H. K. Høidalen at SEFAS - NORWAY 1994-2002
Comment card. KOMPAN > 0. |C -----
Comment card. KOMPAN > 0. |C $DUMMY, XYZ000
Comment card. KOMPAN > 0. |C dT >< Tmax >< Xopt >< Copt >
Misc. data. 1.000E-07 5.000E-04 0.000E+00 | 1.E-7 .0005
Misc. data. 500 1 1 1 1 0 0 1 0 0 | 500 1 1 1 1 0 0 1 0
Comment card. KOMPAN > 0. |C 1 2 3 4 5 6 7 8
Comment card. KOMPAN > 0. |C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
Comment card. KOMPAN > 0. |C < n 1>< n 2><ref1><ref2>< R >< L >< C >
Comment card. KOMPAN > 0. |C < n 1>< n 2><ref1><ref2>< R >< A >< B ><Leng><><>0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 6.000E-10 | TTENSA .0006 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 6.000E-10 | TTENSB .0006 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 6.000E-10 | TTENSC .0006 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 8.000E-11 | XCC58A 8.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 8.000E-11 | XCC58B 8.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 8.000E-11 | XCC58C 8.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | XCC60A 4.E-5 0
Series R-L-C. 0.000E+00 0.000E+00 4.000E-11 | XCC60B 4.E-5 0

```

Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	4.000E-11	X0060C	4.E-5	0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.000E-10	X0068A	.0002	0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.000E-10	X0068B	.0002	0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.000E-10	X0068C	.0002	0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.000E-09	TRAF0A	.002	0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.000E-09	TRAF0B	.002	0
Series R-L-C.	0.000E+00	0.000E+00	2.000E-09	TRAF0C	.002	0
Comment card.	KOMPAR > 0.			C \$INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\SFRANC~1.LIB, MEDA##, MEDB##, MEDC##, LLEGA# \$\$		
Comment card.	KOMPAR > 0.			C , LLEGB#, LLEGC#		
New XOPT, COPT =	4.00000000E+05	4.00000000E+05		\$UNITS, 4.E5, 4.E5		
New MOLDAT = 1	(data vintage).			\$VINTAGE, 1		
1st of PI-ckt.	3.485E+03	2.832E-02	3.777E-07	1MEDA LLEGA	3.48530662E+03	7.11756232E+04 9.49389023E+05
Phase 2.	2.6777E+03	4.4366E-03	-2.5197E-08	2MEDB LLEGB	2.67768352E+03	1.11502930E+04 -6.33276003E+04
Cont.	2.8861E+03	2.7753E-02	4.0671E-07		2.88607397E+03	6.97506994E+04 1.02218514E+06
Phase 3.	3.2438E+03	5.0037E-03	-2.2354E-08	3MEDC LLEGC	3.24381594E+03	1.25755995E+04 -5.61823841E+04
Cont.	3.4524E+03	1.6967E-02	-1.1865E-07		3.45241805E+03	4.26426764E+04 -2.98189419E+05
Cont.	4.1934E+03	2.8837E-02	4.1581E-07		4.19341137E+03	7.24760705E+04 1.04503740E+06
New MOLDAT = 0	(data vintage).			\$VINTAGE, -1,		
New XOPT, COPT =	0.00000000E+00	0.00000000E+00		\$UNITS, -1., -1.		
Comment card.	KOMPAR > 0.			C \$INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib, X0058A, X0058B, X0058C, X0060A \$\$		
Comment card.	KOMPAR > 0.			C , X0060B, X0060C		
New XOPT, COPT =	4.00000000E+05	4.00000000E+05		\$UNITS, 4.E5, 4.E5		
New MOLDAT = 1	(data vintage).			\$VINTAGE, 1		
1st of PI-ckt.	9.666E-01	2.228E-06	3.277E-11	1X0058AX0060A	9.66632450E-01	5.59882319E+00 8.23645536E+01
Phase 2.	9.5222E-01	1.2741E-06	-3.7713E-12	2X0058BX0060B	9.52216053E-01	3.20211854E+00 -9.47831926E+00
Cont.	9.6663E-01	2.2277E-06	3.3172E-11		9.66632450E-01	5.59882319E+00 8.33706275E+01
Phase 3.	9.1589E-01	8.6705E-07	-1.0507E-12	3X0058CX0060C	9.15888349E-01	2.17914683E+00 -2.64077782E+00
Cont.	9.5222E-01	1.2741E-06	-3.7713E-12		9.52216053E-01	3.20211854E+00 -9.47831926E+00
Cont.	9.6663E-01	2.2277E-06	3.2772E-11		9.66632450E-01	5.59882319E+00 8.23645536E+01
New MOLDAT = 0	(data vintage).			\$VINTAGE, -1,		
New XOPT, COPT =	0.00000000E+00	0.00000000E+00		\$UNITS, -1., -1.		
Comment card.	KOMPAR > 0.			C \$INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm215.lib, LLEGA#, LLEGB#, LLEGC#, X0056A \$\$		
Comment card.	KOMPAR > 0.			C , X0056B, X0056C		
New XOPT, COPT =	4.00000000E+05	4.00000000E+05		\$UNITS, 4.E5, 4.E5		
New MOLDAT = 1	(data vintage).			\$VINTAGE, 1		
1st of PI-ckt.	3.862E+00	1.179E-05	1.460E-10	1LLEGA X0056A	3.86186261E+00	2.96263526E+01 3.66913820E+02
Phase 2.	3.8257E+00	7.0153E-06	-3.0258E-11	2LLEGB X0056B	3.82567857E+00	1.76312698E+01 -7.60478622E+01
Cont.	3.8619E+00	1.1788E-05	1.5136E-10		3.86186261E+00	2.96263526E+01 3.80400985E+02
Phase 3.	3.7362E+00	4.9668E-06	-1.1495E-11	3LLEGC X0056C	3.73621006E+00	1.24828723E+01 -2.88903113E+01
Cont.	3.8257E+00	7.0153E-06	-3.0258E-11		3.82567857E+00	1.76312698E+01 -7.60478622E+01
Cont.	3.8619E+00	1.1788E-05	1.4599E-10		3.86186261E+00	2.96263526E+01 3.66913820E+02
New MOLDAT = 0	(data vintage).			\$VINTAGE, -1,		
New XOPT, COPT =	0.00000000E+00	0.00000000E+00		\$UNITS, -1., -1.		
Comment card.	KOMPAR > 0.			C \$INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib, X0060A, X0060B, X0060C, X0068A \$\$		
Comment card.	KOMPAR > 0.			C , X0068B, X0068C		
New XOPT, COPT =	4.00000000E+05	4.00000000E+05		\$UNITS, 4.E5, 4.E5		
New MOLDAT = 1	(data vintage).			\$VINTAGE, 1		
1st of PI-ckt.	9.666E-01	2.228E-06	3.277E-11	1X0060AX0068A	9.66632450E-01	5.59882319E+00 8.23645536E+01

Phase 2.	9.5222E-01	1.2741E-06	-3.7713E-12		2X0060BX0068B	9.52216053E-01	3.20211854E+00	-9.47831926E+00
Cont.	9.6663E-01	2.2277E-06	3.3172E-11			9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.33706275E+01
Phase 3.	9.1589E-01	8.6705E-07	-1.0507E-12		3X0060CX0068C	9.15888349E-01	2.17914683E+00	-2.64077782E+00
Cont.	9.5222E-01	1.2741E-06	-3.7713E-12			9.52216053E-01	3.20211854E+00	-9.47831926E+00
Cont.	9.6663E-01	2.2277E-06	3.2772E-11			9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.23645536E+01
New MOLDAT = 0	(data vintage).				\$VINTAGE, -1,			
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00	0.00000000E+00				\$UNITS, -1., -1.			
Comment card.	KOMPAR > 0.				IC \$INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib, X0082A, X0082B, X0082C, TRAF0A \$\$			
Comment card.	KOMPAR > 0.				IC , TRAF0B, TRAF0C			
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05	4.00000000E+05				\$UNITS, 4.E5, 4.E5			
New MOLDAT = 1	(data vintage).				\$VINTAGE, 1			
1st of PI-ckt.	9.666E-01	2.228E-06	3.277E-11		1X0082ATRAFOA	9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.23645536E+01
Phase 2.	9.5222E-01	1.2741E-06	-3.7713E-12		2X0082BTRAF0B	9.52216053E-01	3.20211854E+00	-9.47831926E+00
Cont.	9.6663E-01	2.2277E-06	3.3172E-11			9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.33706275E+01
Phase 3.	9.1589E-01	8.6705E-07	-1.0507E-12		3X0082CTRAFOC	9.15888349E-01	2.17914683E+00	-2.64077782E+00
Cont.	9.5222E-01	1.2741E-06	-3.7713E-12			9.52216053E-01	3.20211854E+00	-9.47831926E+00
Cont.	9.6663E-01	2.2277E-06	3.2772E-11			9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.23645536E+01
New MOLDAT = 0	(data vintage).				\$VINTAGE, -1,			
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00	0.00000000E+00				\$UNITS, -1., -1.			
Comment card.	KOMPAR > 0.				IC \$INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib, X0056A, X0056B, X0056C, X0058A \$\$			
Comment card.	KOMPAR > 0.				IC , X0058B, X0058C			
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05	4.00000000E+05				\$UNITS, 4.E5, 4.E5			
New MOLDAT = 1	(data vintage).				\$VINTAGE, 1			
1st of PI-ckt.	9.666E-01	2.228E-06	3.277E-11		1X0056AX0058A	9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.23645536E+01
Phase 2.	9.5222E-01	1.2741E-06	-3.7713E-12		2X0056BX0058B	9.52216053E-01	3.20211854E+00	-9.47831926E+00
Cont.	9.6663E-01	2.2277E-06	3.3172E-11			9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.33706275E+01
Phase 3.	9.1589E-01	8.6705E-07	-1.0507E-12		3X0056CX0058C	9.15888349E-01	2.17914683E+00	-2.64077782E+00
Cont.	9.5222E-01	1.2741E-06	-3.7713E-12			9.52216053E-01	3.20211854E+00	-9.47831926E+00
Cont.	9.6663E-01	2.2277E-06	3.2772E-11			9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.23645536E+01
New MOLDAT = 0	(data vintage).				\$VINTAGE, -1,			
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00	0.00000000E+00				\$UNITS, -1., -1.			
Comment card.	KOMPAR > 0.				IC \$INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\95mm23.lib, LLEGA#, LLEGB#, LLEGC#, TTENSA \$\$			
Comment card.	KOMPAR > 0.				IC , TTENSB, TTENSC			
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05	4.00000000E+05				\$UNITS, 4.E5, 4.E5			
New MOLDAT = 1	(data vintage).				\$VINTAGE, 1			
1st of PI-ckt.	9.666E-01	2.228E-06	3.277E-11		1LLEGA TTENSA	9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.23645536E+01
Phase 2.	9.5222E-01	1.2741E-06	-3.7713E-12		2LLEGB TTENSB	9.52216053E-01	3.20211854E+00	-9.47831926E+00
Cont.	9.6663E-01	2.2277E-06	3.3172E-11			9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.33706275E+01
Phase 3.	9.1589E-01	8.6705E-07	-1.0507E-12		3LLEGC TTENSC	9.15888349E-01	2.17914683E+00	-2.64077782E+00
Cont.	9.5222E-01	1.2741E-06	-3.7713E-12			9.52216053E-01	3.20211854E+00	-9.47831926E+00
Cont.	9.6663E-01	2.2277E-06	3.2772E-11			9.66632450E-01	5.59882319E+00	8.23645536E+01
New MOLDAT = 0	(data vintage).				\$VINTAGE, -1,			
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00	0.00000000E+00				\$UNITS, -1., -1.			
Comment card.	KOMPAR > 0.				IC \$INCLUDE, C:\ATP\ATPDraw\LCC\SFRANC~1.LIB, FUENA#, FUENB#, FUENC#, MEDA## \$\$			
Comment card.	KOMPAR > 0.				IC , MEDB##, MEDC##			
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05	4.00000000E+05				\$UNITS, 4.E5, 4.E5			
New MOLDAT = 1	(data vintage).				\$VINTAGE, 1			
1st of PI-ckt.	3.485E+03	2.832E-02	3.777E-07		1FUENA MEDA	3.48530662E+03	7.11756232E+04	9.49389023E+05

```

Phase 2.  2.6777E+03  4.4366E-03  -2.5197E-08 | 2FUENB MEDB          2.67768352E+03  1.11502930E+04 -6.33276003E+04
Cont.    2.8861E+03  2.7753E-02  4.0671E-07 |                2.88607397E+03  6.97506994E+04  1.02218514E+06
Phase 3.  3.2438E+03  5.0037E-03  -2.2354E-08 | 3FUENC MEDC          3.24381594E+03  1.25755995E+04 -5.61823841E+04
Cont.    3.4524E+03  1.6967E-02  -1.1865E-07 |                3.45241805E+03  4.26426764E+04 -2.98189419E+05
Cont.    4.1934E+03  2.8837E-02  4.1581E-07 |                4.19341137E+03  7.24760705E+04  1.04503740E+06
New MOLDAT = 0      (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00  0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Comment card.  KOMPAR > 0. |C $INCLUDE, C:\ATF\ATFD\Draw\LCC\95mm23.lib, X0068A, X0068B, X0068C, X0082A $$
Comment card.  KOMPAR > 0. |C , X0082B, X0082C
New XOPT, COPT = 4.00000000E+05  4.00000000E+05 |$UNITS, 4.E5, 4.E5
New MOLDAT = 1      (data vintage). |$VINTAGE, 1
1st of PI-ckt.  9.666E-01  2.228E-06  3.277E-11 | 1X0068AX0082A          9.66632450E-01  5.59882319E+00  8.23645536E+01
Phase 2.  9.5222E-01  1.2741E-06  -3.7713E-12 | 2X0068BX0082B          9.52216053E-01  3.20211854E+00 -9.47831926E+00
Cont.    9.6663E-01  2.2277E-06  3.3172E-11 |                9.66632450E-01  5.59882319E+00  8.33706275E+01
Phase 3.  9.1589E-01  8.6705E-07  -1.0507E-12 | 3X0068CX0082C          9.15888349E-01  2.17914683E+00 -2.64077782E+00
Cont.    9.5222E-01  1.2741E-06  -3.7713E-12 |                9.52216053E-01  3.20211854E+00 -9.47831926E+00
Cont.    9.6663E-01  2.2277E-06  3.2772E-11 |                9.66632450E-01  5.59882319E+00  8.23645536E+01
New MOLDAT = 0      (data vintage). |$VINTAGE, -1,
New XOPT, COPT = 0.00000000E+00  0.00000000E+00 |$UNITS, -1., -1.
Blank card ending branches.  IBR, NTOT = 42 31 |BLANK BRANCH
Comment card.  KOMPAR > 0. |C < n 1>< n 2>< Tclose ><Top/Tde >< Ie ><Vf/CLOP >< type >
Permanently-closed switch used for metering. | XX0024MEDA          MEASURING          1
Switch.  0.00E+00  1.00E+00  0.00E+00  1.33E+05 | TRAF0B          1.          1.33E5          1
Switch.  0.00E+00  1.00E+00  0.00E+00  1.33E+05 | TRAF0A          1.          1.33E5          1
Switch.  0.00E+00  1.00E+00  0.00E+00  1.33E+05 | TRAF0C          1.          1.33E5          1
Blank card ending switches.  KSWTCH = 4. |BLANK SWITCH
Comment card.  KOMPAR > 0. |C < n 1><>< Ampl. >< Freq. ><Phase/T0>< A1 >< T1 >< TSTART >< TSTOP >
Source.  5.39E+04  6.00E+01  0.00E+00 -1.00E+00 |14FUENA 0  53889.  60.          -1.          1.
Source.  5.39E+04  6.00E+01 -1.20E+02 -1.00E+00 |14FUENB 0  53889.  60. -120.          -1.          1.
Source.  5.39E+04  6.00E+01  1.20E+02 -1.00E+00 |14FUENC 0  53889.  60.  120.          -1.          1.
Source.  2.00E+04  8.00E-06  2.00E-05  0.00E+00 |15XX0024-1  2.E4  8.E-6  2.E-5  -8888.  2.5E8
Blank card ends electric sources.  KCONST = 4 |BLANK SOURCE

```

List of input elements that are connected to each node. Only the physical connections of multi-phase lines are shown (capacitive and inductive coupling are ignored). Repeated entries indicate parallel connections. Switches are included, although sources (including rotating machinery) are omitted -- except that U.M. usage produces extra, internally-defined nodes "UMXXX".

From bus name | Names of all adjacent busses.

```

-----+-----
TTENSA |TERRA *LLEGA *
TTENSB |TERRA *LLEGB *
TTENSC |TERRA *LLEGC *
XC058A |TERRA *X0060A*X0056A*
XC058B |TERRA *X0060B*X0056B*
XC058C |TERRA *X0060C*X0056C*
XC060A |TERRA *X0058A*X0068A*
XC060B |TERRA *X0058B*X0068B*
XC060C |TERRA *X0058C*X0068C*

```

```

X0068A |TERRA *X0060A*X0082A*
X0068B |TERRA *X0060B*X0082B*
X0068C |TERRA *X0060C*X0082C*
TRAFOA |TERRA *TERRA *X0082A*
TRAFOB |TERRA *TERRA *X0082B*
TRAFOC |TERRA *TERRA *X0082C*
MEDA  |LLEGA *FUENA *XX0024*
LLEGA |TTENSA*MEDA *X0056A*
MEDB  |LLEGB *FUENB *
LLEGB |TTENSB*MEDB *X0056B*
MEDC  |LLEGC *FUENC *
LLEGC |TTENSC*MEDC *X0056C*
X0056A |X0058A*LLEGA *
X0056B |X0058B*LLEGB *
X0056C |X0058C*LLEGC *
X0082A |X0068A*TRAFOA*
X0082B |X0068B*TRAFOB*
X0082C |X0068C*TRAFOC*
FUENA |MEDA *
FUENB |MEDB *
FUENC |MEDC *
XX0024 |MEDA *
TERRA |TTENSA*TTENSB*TTENSC*X0058A*X0058B*X0058C*X0060A*X0060B*X0060C*X0068A*X0068B*X0068C*TRAFOA*TRAFOA*TRAFOB*
      |TRAFOB*TRAFOC*TRAFOC*

```

```

-----+-----
Extrema of output variables follow. Order and column positioning are the same as for the preceding time-step loop output.
Variable maxima :      53889. -17722.295 -26944.5 132725.09      0.0 4221.75072 133117.617 92595.5499 68889.7921 19999.9458
                  24054.0968 21544.1302 16808.0609
Times of maxima :      0.0      .5E-3      0.0      .576E-4      .581E-4      .588E-4      .578E-4      .705E-4      .641E-4      .91E-5
                  .73E-4      .607E-4      .775E-4
Variable minima :  52934.4777 -26944.5 -35212.183      0.0 -122649.93 -132523.86 -87588.568 -90590.113 -68394.017 -.00474334
                  -24364.149 -18743.567 -18094.574
Times of minima :      .5E-3      0.0      .5E-3      .577E-4      .58E-4      .582E-4      .965E-4      .75E-4      .696E-4      .2399E-3
                  .775E-4      .898E-4      .724E-4

```

```

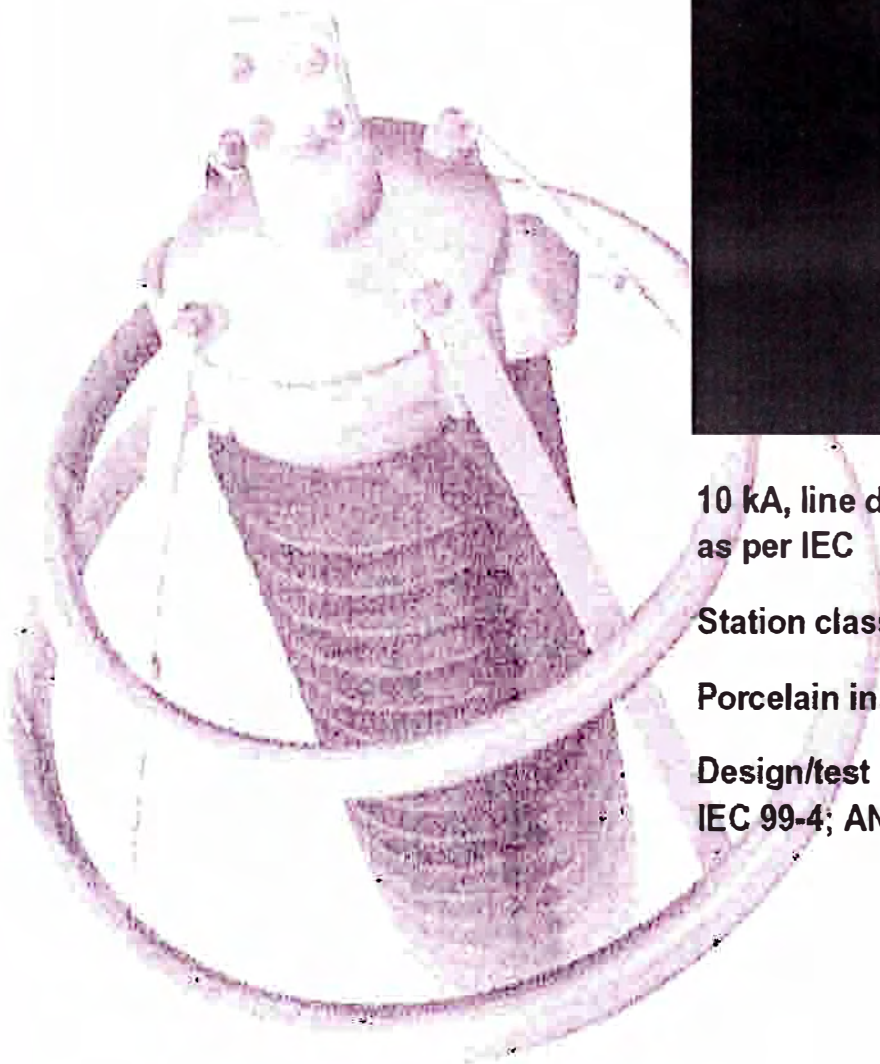
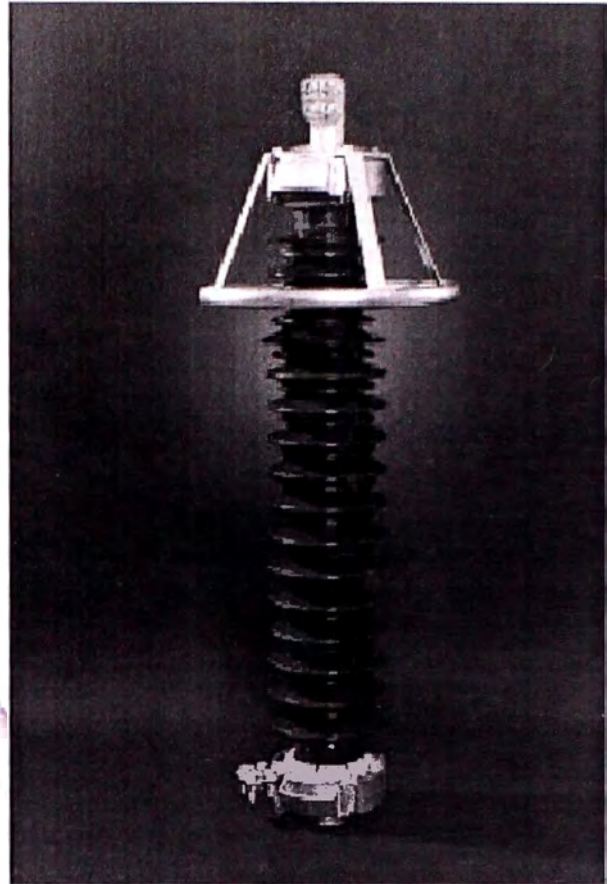
Blank card terminating all plot cards. |BLANK PLOT
Actual List Sizes for the preceding solution follow.      05-Jan-06 08:45:23
Size 1-10:      32      42      69      4      469      4      43      0      0      0
Size 11-20:      0      13 -9999 -9999 -9999      0      0      0      23      0
Size 21-30:      0      0      142      0 -9999      9 -9999 -9999 -9999      0
Seconds for overlays 1-5 :      0.031      0.000      0.031  -- (CP: Wait/ Real)
Seconds for overlays 6-11 :      0.016      0.000      0.016
Seconds for overlays 12-15 :      0.000      0.000      0.000
Seconds for time-step loop :      0.047      0.000      0.047
Seconds after DELTAT-loop :      0.000      0.000      0.000
-----+-----
Totals :      0.094      0.000      0.094

```

ANEXO E
CATALOGO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:
DESCARGADORES MODELO EXLIM-Q DE ABB



Zinc oxide surge arrester EXLIM Q



**10 kA, line discharge class 3
as per IEC**

Station class as per ANSI

Porcelain insulator

**Design/test standards as
IEC 99-4; ANSI/IEEE C62.11**

ABB Switchgear

ABB

Surge arrester Exlim Q

Protection of switchgear, transformers and other equipment in high voltage networks against atmospheric and switching overvoltages

- in areas with high lightning intensity
- where grounding or shielding conditions are poor or incomplete
- for important installations.

Brief performance data

System voltages (U_m)	52 – 362 kV
Rated voltages (U_r)	30 – 288 kV
Nominal Discharge current (IEC)	10 kA _{crest}
Lightning classifying current (ANSI/IEEE)	10 kA _{crest}
Discharge current withstand strength:	
High current (4/10 μ s)	100 kA _{crest}
Low current (2 400 μ s)	700 A _{crest}
Low current (2 000 μ s)	900 A _{crest}
Energy capability:	
Line discharge class (IEC)	Class 3
[(2 impulse, IEC cl. 7.5.5)]	7.8 kJ/kV(U_r)
Fulfils / exceeds requirements of ANSI/IEEE transmission line discharge test for 362 kV systems	
Short-circuit/Pressure-relief capability	65 kA
External Insulation withstand	Fulfils/exceeds Standards
Mechanical Strength (DIN 48113)	6 000 Nm

Service conditions

Ambient Temperature	-40°C to +45 °C
Altitude	max. 1 000 m
Frequency	15 Hz to 62 Hz
Erection	Vertical upright
Arresters for other service conditions	On request

NOTE! Arresters, type EXLIM Q, for higher system voltages up to 420 kV and higher mechanical strength are presently quoted on request.

Contents

- 3 Definitions
- 4 Design
- 5 Selection of arrester
- 6 Quality control and testing
- 7 Guaranteed protective data
- 8 Neutral-ground arresters
- 9 Technical data for housings
- 10 Accessories
- 11 Shipping data

Definitions

Maximum system voltage (U_m)

The max voltage between phases during normal service.

Nominal discharge current (IEC)

The peak value of the lightning current impulse, which is used to classify the arrester.

Lightning classifying current (ANSI/IEEE)

The designated lightning current used to perform the classification tests.

Rated voltage (U_r)

An arrester fulfilling the IEC standard must withstand its rated voltage for 10 s after being preheated to 60 °C and subjected to energy injection as defined in the standard. Thus, U_r shall equal at least the 10 s TOV capability of an arrester. Additionally, rated voltage is used as a reference parameter.

Note! TOV capability of EXLIM arresters exceeds the IEC requirements.

Continuous operating voltage

It is the max. permissible r.m.s. power frequency voltage that may be applied continuously between the arrester terminals. This voltage is defined in different ways (verified by different test procedures) in IEC and ANSI/IEEE.

IEC (U_c)

IEC gives the manufacturer the freedom to decide U_c . The value is verified in the operating duty test. Any uneven voltage distribution in the arrester shall be accounted for.

ANSI/IEEE (MCOV)

ANSI/IEEE lists the maximum continuous operating voltage (MCOV) for all arrester ratings used in a table. The value is used in all tests specified by ANSI/IEEE. MCOV is less stringent as regards uneven voltage distribution in an arrester.

Temporary overvoltages (TOV)

Temporary overvoltages, as differentiated from surge overvoltages, are oscillatory power frequency overvoltages of relatively long duration (from a few cycles up to hours).

The most common form of TOV occurs on the healthy phases of a system during an earth-fault involving one or more phases. Other sources of TOV are load-rejection, energisation of unloaded lines etc.

The TOV capability of EXLIM Q arresters is indicated with/without prior energy stress. Refer to Publ. SESWG/A 2221E.

Residual voltage Discharge voltage (U_{res})

This is the peak value of the voltage that appears between the terminals of an arrester during the passage of discharge current through it. U_{res} depends on both the magnitude and the waveform of the discharge current. Complete V/I curves are shown in Publ. SESWG/A 2221E.

Energy capability

Standards do not explicitly define energy capability of an arrester. The only measure specified is the Line Discharge Class in IEC. Often, this is not enough information to compare different manufacturers and, therefore, ABB presents energy capability also in kJ/kV (U_r). This is done in 3 different ways:

Two impulses as per IEC clause 7.5.5.

This is the energy that the arrester is subjected to in the switching surge operating duty test (cl. 7.5.5.) while remaining thermally stable thereafter against the specified TOV and U_c . For EXLIM Q arresters this value is 7.8 kJ/kV(U_r)

Routine test energy

This is the total energy which each individual block is subjected to in our production tests. For EXLIM Q blocks, this value is not less than 5.6 kJ/kV(U_r).

Single-impulse energy

This is the max. permissible energy which an arrester may be subjected to in one single impulse of 4 ms duration and remain thermally stable against specified TOV and U_c . For EXLIM Q arresters this value is 4.5 kJ/kV(U_r).

Note! Corresponding values based on U_c are obtained by multiplying the above figures by the ratio U_r/U_c

Short-circuit / Pressure relief capability

This is the ability of an arrester, in the event of an overload due to any reason, to conduct the resulting system short-circuit current without violent shattering which may damage nearby equipment or injure personnel. After such an operation, the arrester must be replaced. The system short-circuit current may be high or low depending on the system impedance and earthing conditions. Hence the short-circuit capability is verified at different current levels.

Design

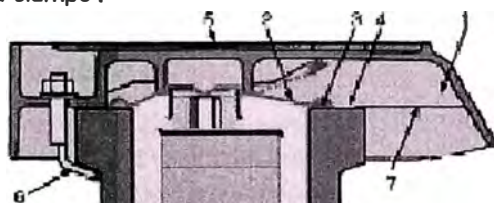
Each arrester consists of one or more hermetically-sealed arrester units, each containing a single-column of ZnO blocks which are extensively tested during manufacture. The porcelain housing is brown in colour (grey colour on request).

Sealing and pressure-relief

The sealing arrangement, at both ends of each unit consists of a pre-stressed stainless steel plate together with a rubber gasket. The sealing plate exerts a continuous pressure on the rubber gasket against the sealing surface of the insulator. This ensures effective sealing even if the gaskets sets due to ageing.

The sealing also acts as an over-pressure relief system. If, due to any reason, the arrester is over-stressed causing an internal over-pressure, the sealing plate flaps over and the ionised gas flows out through the venting ducts. The venting ducts are directed towards each other resulting in an external flash-over as soon as the two gas streams meet; thus relieving the internal pressure and preventing a violent shattering of the insulator.

The metal flanges are fixed to the insulators by padded clamps.



Overpressure relief arrangement of each arrester unit. Sectional view. (Top end shown, bottom end is reversed.)
 1. Venting duct 4. Bedding 7. Indicating plate
 2. Sealing plate 5. Flange
 3. Rubber gasket 6. Padded clamp

Pollution performance

Creepage distance

The creepage distance is the distance measured along the insulator's external profile and serves as a measure of the arrester performance in polluted environments with respect to risk of external flashover.

Classification as per IEC

Different levels of pollution are classified in IEC with minimum creepage distances being specified for each class as under:

Pollution Level	Creepage in mm/kV (U_m)
Light (L)	16
Medium (M)	20
Heavy (H)	25
Very Heavy (V)	31

The standard range of EXLIM surge arresters have creepage distances in accordance with pollution levels M, H and V. Arresters with creepage distances greater than 31 mm/kV are available on request.

External insulation

External insulation withstand strength of an apparatus is the max. value of the voltage (of a given wave shape) that can be applied without external flashover. Surge arresters, whose primary function is to limit overvoltages in other equipment, will obviously be the best protected of all.

The voltage across an arrester can never be higher than that given by its protective characteristics. Only the need for an additional safety factor, including correction factor for installation altitude, can justify technically a higher external insulation strength.

All EXLIM surge arresters fully comply with the requirements stated in IEC and ANSI/IEEE standards for altitudes up to 1 000 m above sea level. In the table "Technical data for housings" the insulation withstand for each empty arrester unit housing is stated and this value generally exceeds the requirements as per standards significantly.

Mechanical strength

The mechanical strength of porcelain insulators, i.e. the minimum fracture moment, is defined in accordance with standard DIN 48113. For EXLIM Q arresters, this value is 6 000 Nm. The catalogue terminals and insulating base (when applicable) withstand the corresponding loads. Arresters with higher mechanical strength are quoted on request.

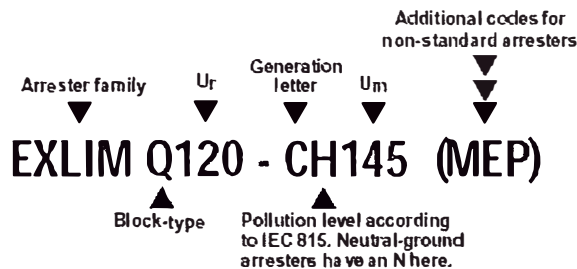
Horizontal load

The maximum permissible horizontal force can be derived by dividing the maximum permissible bending moment, as given above, with the distance between the arrester base and the centre of the force.

Selection of arrester

Type designation

The type designation gives detailed information of the arrester and its application. See example below.



The most important parameters for proper selection are:

- The max. system voltage at the arrester location
- Amplitude and duration of TOV; e.g. system grounding and short-circuit duration
- Energy requirements
- Desired margin of protection or LIPL and SIPL
- Creepage and/or pollution level

Selection is simplified by reference to ABB Selection Guide, SESWG/A 2300E and/or by intimating details as per enquiry form SESWG/A 2406E (available at your nearest ABB office) to us.

Ordering data

We recommend that the same form, SESWG/A 2406E, be filled-in and sent to us with your order, to ensure inclusion of all important parameters and commercial terms and conditions. The information must include at least:

- Quantity and type of arrester
- Rated voltage of arrester
- Type of line terminal
- Type of earth terminal
- Type of insulating base (if required)
- Quantity and type of surge counter (if required)
- Routine test report, if desired

Ordering example

- 3 EXLIM Q192-CH245
Rated voltage 192 kV
Line terminal, LB 910 316-A
Earth terminal, LB 910 408-A
- 3 Insulating base, LB 910 120-A
- 3 Surge counter, EXCOUNT-A

Mounting

EXLIM arresters are intended for vertical, upright erection. No bracing is required for installation. Suspension-mounted arresters and arresters for other angles are quoted on request.

Installation and Maintenance

Arresters are very easy to install and do not need any special tools or instruments. Installation instructions are packed in each case.

A properly chosen and installed arrester is practically maintenance-free for its lifetime. If, for any reason however, monitoring of the arrester condition in service is desired, the same is best carried out by a special portable instrument, ABB type LCM, which measures the internal resistive leakage current after filtering all other current components. ABB does not recommend the use of simple mA-meters (usually built-in in surge counters) as such instrument cannot differentiate between the internal and external leakage current as well as other components and harmonics.

Note also that operation of arresters without grading rings, where supplied, may lead to failure and invalidates our guarantees.

Quality control and testing

ABB Switchgear is certified by BVQI to fulfil the requirements of ISO 9001.

Type tests

Type (design) tests have been performed in accordance both with IEC 99-4 and ANSI/IEEE C62.11 as well as the latest draft standard IEC 37. Test reports are available on request.

Routine tests

Routine tests are performed on ZnO blocks as well as on assembled arrester units and accessories. The most important type tests data is verified on all batches of ZnO blocks, thus verifying catalogue data.

Tests on ZnO blocks

Energy withstand test on all blocks

The blocks pass three energy test cycles with cooling in-between. In each cycle the injected energy is far in excess of the single impulse energy capability. Blocks with insufficient energy capability are automatically rejected.

Classification of all blocks

The blocks are classified at 1 mA (d.c.) and 10 kA (8/20 μ s) and the residual voltages are printed on each block together with a batch identification. Finally all blocks are visually inspected.

Accelerated life tests on samples

Power losses after 1000 hours calculated from a test with shorter duration (approx. 300 hours) at an elevated temperature of 115 °C at 1.05 times U_c shall not exceed the losses at start of the test. Batches in which unapproved blocks appear are rejected.

Impulse current tests on samples

Blocks are subjected to high current impulses (4/10 μ s) and long duration current impulses (2 500 μ s) of amplitudes verifying catalogue data.

Other sample tests

In addition to the above, low current characteristics, protection characteristics and capacitance are checked on samples.

Tests on assembled units

Routine tests on units fulfil the demands of both IEC 99-4 and ANSI/IEEE C62.11. Each arrester unit has a serial number as per IEC 99-4.

Guaranteed residual voltage

The residual voltage at 10 kA, 8/20 μ s impulse current of each unit is calculated as the sum of the residual voltages for all blocks connected in series in the unit. The residual voltage of the complete arrester is the sum of the residual voltages for its units.

Tightness check

Is performed by placing each unit in a vacuum chamber connected to a He-spectrometer. Maximum permissible leakage is 0.000011 mbar/s at a pressure difference of 0.1 MPa.

Power frequency reference voltage

Is measured at reference current (of 2 mA crest resistive) on each unit. The reference voltage for EXLIM Q arresters is equal to or greater than its rated voltage.

Internal corona

Is checked on each unit at 0.9 times U_c . A steady internal corona level less than 5 pC is required in a pass/no-pass test.

Grading current

Is measured at U_c on each unit.

Power losses

Are measured at U_c on each unit verifying that the thermal performance is in compliance with performance type tests.

Test reports

Routine test reports are filed and are available on request. The reports include reference voltages, power losses and residual voltages.

Tests on accessories

Surge counters, EXCOUNT

All counters are routine-tested in a pass/no-pass test before leaving the factory.

Guaranteed protective data

Max. system voltage, U_m	Rated voltage, U_r	Max. continuous operating voltage ¹⁾		TOV capability ²⁾		Max. residual voltage (U_{res}) with current wave							
		as per IEC, U_c	as per ANSI/IEEE MCOV			30/60 μ s			8/20 μ s				
		kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	1 s	10 s	0,5 kA	1 kA	2 kA	5 kA	10 kA	20 kA
				kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{arest}	kV _{arest}	kV _{arest}	kV _{arest}	kV _{arest}	kV _{arest}	kV _{arest}	kV _{arest}
36	30 ³⁾	24.0	24.4	34.8	33.0	57.6	59.5	61.8	67.0	70.5	77.6	86.8	
	33 ³⁾	28.4	26.7	38.2	36.3	63.4	65.4	68.0	73.7	77.6	85.4	95.4	
	36 ³⁾	28.8	29.0	41.7	39.6	69.2	71.4	74.2	80.4	84.6	93.1	105	
	39 ³⁾	31.2	31.5	45.2	42.9	74.9	77.3	80.3	87.1	91.7	101	113	
52	42	34	34.0	48.7	48.2	80.7	83.3	86.5	93.8	98.7	109	122	
	48	39	39.0	55.6	52.8	92.2	95.1	98.9	108	113	125	139	
	51	41	41.3	59.1	56.1	98.0	102	105	114	120	132	148	
	54	43	43.0	62.6	59.4	104	107	112	121	127	140	157	
60	60	48	48.0	89.8	66.0	116	119	124	134	141	156	174	
	54	43	43.0	82.6	59.4	104	107	112	121	127	140	157	
	60	48	48.0	89.8	66.0	116	119	124	134	141	156	174	
	66	53	53.4	78.5	72.6	127	131	136	148	158	171	191	
72	72	58	58.0	83.5	79.2	139	143	149	161	170	187	209	
	75	60	60.7	87.0	82.5	144	149	155	168	177	194	217	
	78	62	63.1	90.4	85.8	150	155	161	175	184	202	226	
	81	65	65.6	93.9	89.1	156	161	167	181	191	210	235	
84	84	67	68.0	97.4	92.4	162	167	173	188	198	218	243	
	84	67	68.0	97.4	92.4	162	167	173	188	198	218	243	
	90	72	72.0	104	99.0	173	179	186	201	212	233	261	
	98	77	77.0	111	105	185	191	198	215	226	249	278	
100	84	67	68.0	97.4	92.4	162	167	173	188	198	218	243	
	90	72	72.0	104	99.0	173	179	186	201	212	233	261	
	98	77	77.0	111	105	185	191	198	215	226	249	278	
	123	90	72	72.0	104	99.0	173	179	186	201	212	233	261
123	98	77	77.0	111	105	185	191	198	215	226	249	278	
	108	78	84.0	125	118	208	214	223	242	254	280	313	
	120	78	98.0	139	132	231	238	248	268	282	311	347	
	132	78	108	153	145	254	262	272	295	311	342	382	
138	138	78	111	160	151	265	274	285	309	325	357	399	
	144	92	115	167	158	277	286	297	322	339	373	417	
	145	86	86.0	125	118	208	214	223	242	254	280	313	
	120	92	98.0	139	132	231	238	248	268	282	311	347	
145	132	92	106	153	145	254	262	272	295	311	342	382	
	138	92	111	160	151	265	274	285	309	325	357	399	
	144	92	115	167	158	277	286	297	322	339	373	417	
	170	132	106	108	153	145	254	262	272	295	311	342	382
170	144	108	115	167	158	277	286	297	322	339	373	417	
	162	108	131	187	178	312	321	334	362	381	419	469	
	188	108	131	194	184	323	333	346	376	395	435	486	
	245	180	144	144	208	198	346	357	371	402	423	466	521
245	192	154	154	222	211	369	381	396	429	452	497	555	
	198	156	160	229	217	381	393	408	443	466	512	573	
	210	156	170	243	231	404	417	433	469	494	543	608	
	216	156	175	250	237	415	428	445	483	508	559	625	
245	219	156	177	254	240	421	434	451	489	515	567	634	
	228	156	180	264	250	438	452	470	510	538	590	660	
	300	216	173	175	250	237	415	428	445	483	508	559	625
	228	182	182	264	250	438	452	470	510	536	590	660	
300	240	191	191	278	264	481	478	495	536	564	621	694	
	258	191	209	299	283	496	512	532	576	607	667	746	
	264	191	212	306	290	507	523	544	590	621	683	764	
	362	258	206	209	299	283	496	512	532	576	607	667	746
362	264	211	212	306	290	507	523	544	590	621	683	764	
	276	221	221	320	303	530	547	569	617	649	714	798	
	288	230	230	334	318	553	571	593	643	677	745	833	

More detailed information on the TOV capability and the protective characteristics can be found in SESWG/A-2221E.

¹⁾ The continuous operating voltages U_c (as per IEC) and MCOV (as per ANSI/IEEE) differ only due to deviations in type test procedures. U_c has to be considered only when the actual system voltage is higher than the tabulated.

Any arrester with U_r higher than or equal to the actual system voltage divided by $\sqrt{3}$ can be selected.

²⁾ With prior duty equal to the maximum single impulse energy stress.

³⁾ Applicable only for neutral-ground arresters.

Neutral-ground arresters

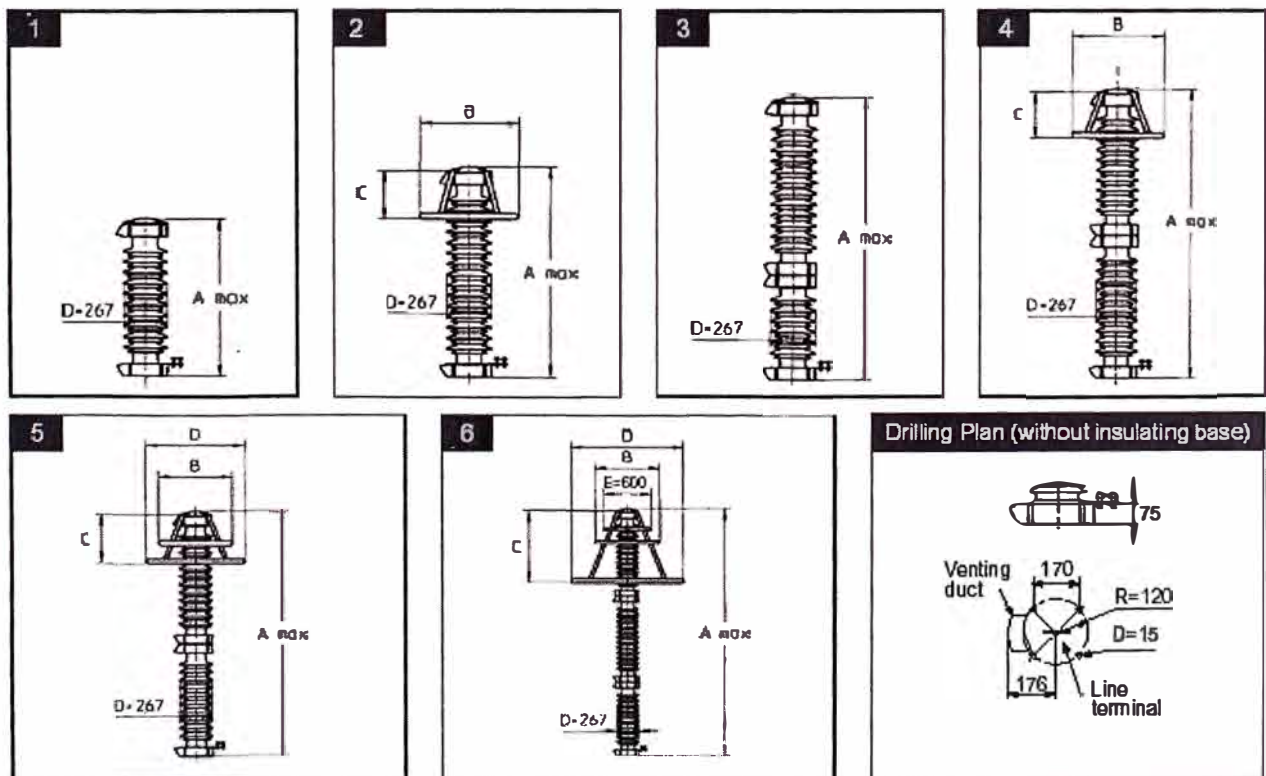
For neutral-ground arresters the recommended rated voltage is approximately the maximum system voltage divided by $\sqrt{3}$. The recommended neutral-ground arresters are calculated for unearthed systems with relatively long fault duration. The electrical characteristics are identical to standard catalogue arresters with the corresponding rated voltage. The neutral-ground arrester should preferably be of the same type as the phase-ground arresters. For resonant earthed systems with *long radial lines* special considerations must be taken. A higher rated voltage (20% to 40%) than listed may be necessary.

Max system voltage U_m kV _{rms}	Rated voltage U_r kV _{rms}	Housing	Dimensions identical to EXIM Q
52	30	CN052	030-CV036
72	42	CN072	042-CH052
100	60	CN100	060-CH052
123	72	CN123	072-CV072
145	84	CN145	084-CV072
170	108	CN170	108-CM123

Technical data for housings

System voltage U_m kV _{rms}	Rated voltage U_r kV _{rms}	Housing	Creepage distance mm	External insulation (tested values on empty housings)				Mass kg	Dimensions				Figure
				LIWL 1.2/50 kV _{crest}	50 Hz wet (50 s) kV _{rms}	60 Hz wet (10 s) kV _{rms}	SIWL wet kV _{crest}		A _{rms}	B	C	D	
36	30-39	CV036	1385	309	147	147	n. a.	45	685	-	-	-	1
52	42-60	CH052	1385	309	147	145	n. a.	50	685	-	-	-	1
	42-60	CV052	2290	455	242	170	n. a.	60	980	-	-	-	1
72	54-84	CV072	2290	455	242	242	n. a.	70	980	-	-	-	1
100	84-96	CM100	2290	455	242	242	n. a.	70	980	-	-	-	1
	84-96	CH100	2715	535	273	279	n. a.	75	1095	-	-	-	1
	84-96	CV100	3390	633	305	294	n. a.	80	1300	-	-	-	1
123	90-108	CM123	2715	535	273	279	n. a.	75	1095	-	-	-	1
	90-138	CH123	3390	633	305	294	n. a.	85	1300	-	-	-	1
	90-96	CV123	4100	844	420	426	n. a.	115	1745	600	300	-	4
	108-138	CV123	4100	844	420	426	n. a.	115	1745	-	-	-	3
145	108-144	CM145	3390	633	305	294	n. a.	85	1300	-	-	-	1
	108-144	CH145	3625	676	336	312	n. a.	95	1390	-	-	-	1
	108-132	CV145	4580	910	484	486	n. a.	125	1915	600	300	-	4
	138-144	CV145	4580	910	484	486	n. a.	125	1915	-	-	-	3
170	132-144	CM170	3625	676	336	312	n. a.	100	1390	600	300	-	2
	132-168	CH170	5005	990	515	522	n. a.	135	2035	600	400	800	5
	132-168	CV170	5430	1070	546	558	n. a.	140	2155	600	400	800	5
245	180-210	CM245	5005	900	515	522	753	140	2035	600	400	800	5
	180-228	CH245	6780	1266	610	588	884	165	2565	600	500	900	5
	180-228	CV245	7720	1525	788	801	1159	210	3095	800	800	1400	6
300	216-264	CM300	6780	1266	810	588	884	170	2565	600	500	900	5
	216-264	CH300	8145	1605	819	837	1218	220	3215	800	800	1400	6
	216-264	CV300 ¹⁾	9495	1800	883	867	1290	240	3620	800	1000	1600	6
362	258-288	CM362	8145	1365	726	729	1041	225	3215	800	800	1400	6
	258-288	CH362 ¹⁾	9495	1800	883	867	1290	240	3620	800	1000	1600	6

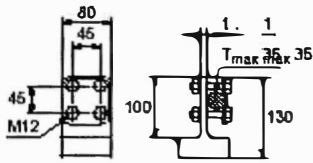
All catalogued arresters have external insulation exceeding the requirements as per ANSI/IEC for installation up to an altitude of 1000 m.



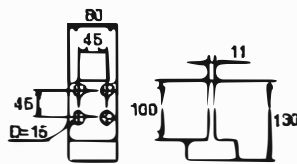
¹⁾ E only valid for housing CV300 and CH362.

Accessories

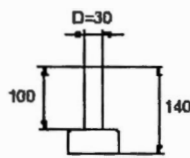
Line terminals



Type A
LB 910 316-A
Al with stainless steel hardware

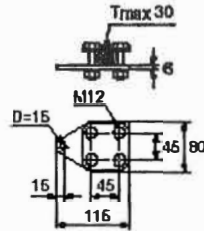


Type B
LB 910 306-A (NEMA)
Aluminium

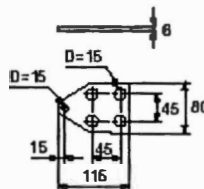


Type C
LB 910 304-A
Galvanized steel

Earth terminals

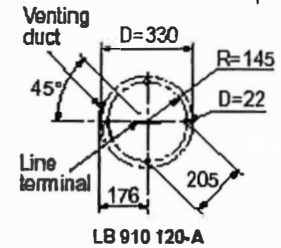


Type A
LB 910 408-A
Galvanized steel with
stainless steel hardware

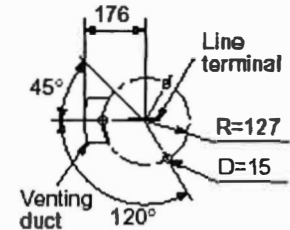
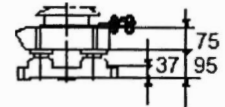


Type B
LB 910 404-A (NEMA)
Galvanized steel

Insulating bases



LB 910 120-A



LB 910 139-A

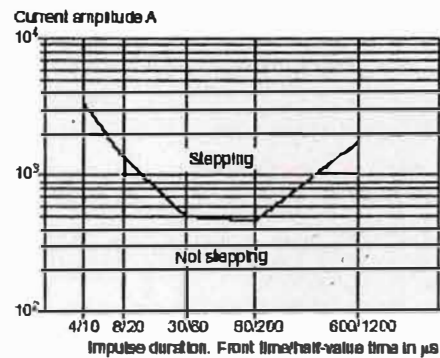
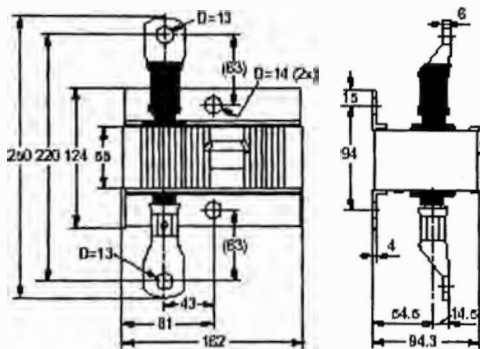
Surge counter EXCOUNT

EXCOUNT is designed for service in connection with gapless ZnO-arresters of any make. EXCOUNT is designed to withstand mechanical shocks and vibrations as well as operation in severe climate conditions. EXCOUNT records the total number of impulses significant for the arrester, i.e. impulses representing negligible energy are not counted, see figure below.

Brief performance data

Short-circuit proof	80 kA
Ambient temperature	-55 °C up to +70 °C

Detailed information is available in catalogue
SESWG/ A 2280E.



Typical criteria for stepping/not stepping for pulses of different duration.

Shipping data

EXLIM type	Number of arresters per case							
	One		Two		Three		Six	
	Volume m ³	Gross kg	Volume m ³	Gross kg	Volume m ³	Gross kg	Volume m ³	Gross kg
CV036	0.135	55	0.5	100	0.66	200	0.88	345
CH052	0.135	60	0.5	110	0.66	215	0.88	375
CV052	0.178	85	0.75	210	0.91	290	1.1	510
CV072	0.178	85	0.75	210	0.91	290	0.88	510
CM100	0.176	90	0.75	210	0.91	290	1.1	510
CH100	0.19	90	0.83	225	0.91	305	1.2	545
CV100	0.22	105	0.91	260	1.1	360	1.43	645
CM123	0.19	90	0.83	225	0.91	305	1.2	545
CH123	0.22	105	0.91	260	1.1	360	1.43	645
CV123	0.83	185	1.1	310	1.1	420	-	-
CM145	0.22	100	0.91	250	1.1	345	1.43	615
CH145	0.5	115	1.1	280	1.2	375	1.53	605
CV145	0.75	180	1.1	310	1.1	420	-	-
CM170	0.5	115	1.1	280	1.2	375	11.53	605
CH170	1.0	240	1.44	390	1.5	525	-	-
CV170	1.0	245	1.44	400	1.5	540	-	-
CM245	1.0	240	1.44	390	1.5	525	-	-
CH245	1.1	275	1.44	450	1.6	630	-	-
CV245	1.21	325	1.51	555	2.35	845	-	-
CM300	1.1	280	1.44	460	1.5	645	-	-
CH300	1.21	335	1.51	575	1.5	875	-	-
CV300	1.3	350	1.6	600	2.5	910	-	-
CM362	1.21	335	1.51	575	1.5	875	-	-
CH362	1.3	350	1.6	600	2.5	910	-	-

The arresters are packed in wooden cases. Each case contains a certain number of arrester units and accessories for assembly and erection. Externally on each case is attached a packing list. Each separate case is numbered and the numbers of all cases and their contents are listed in the shipping specification. Non-standard packing may involve additional charges.

References

A large number of technical and other literature is available on request. A full list is published in Publ. SESWG/A 2101E.

For any specific question or advise, please contact your nearest ABB representative or us at the address given here.



ABB Switchgear AB
Surge Arrester Division
Dept. SESWG/AF
S-771 80 LUDVIKA, Sweden
Tel +46 240 78 20 00
Fax +46 240 179 83

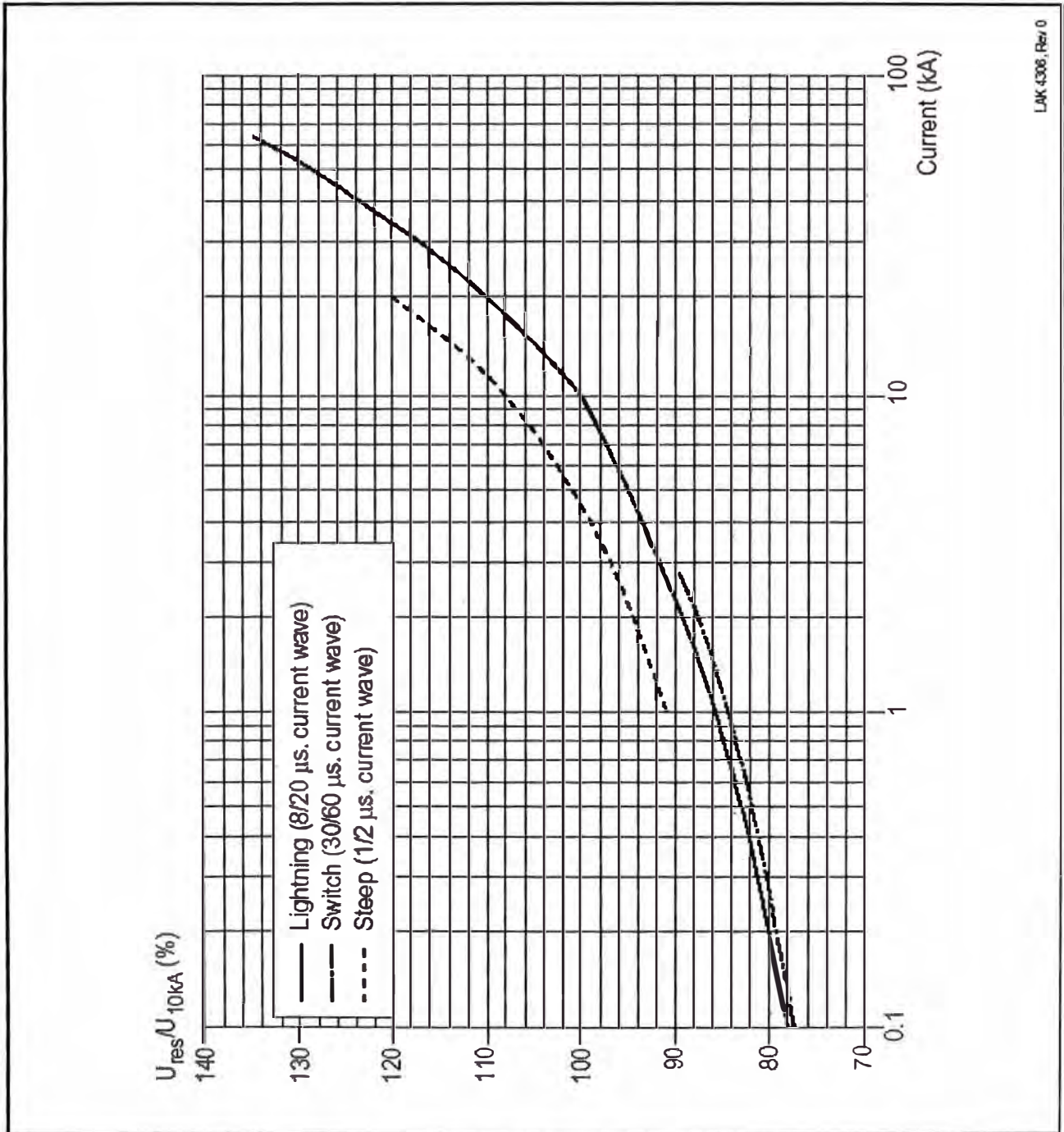
NOTE ABB Switchgear is working to continuously improve the products. Therefore we reserve the right to change design, dimensions and data without prior notice.

Catalogue Publ. SESWG/A 2220E
Edition 7, 1998-01



Protective characteristics for arresters type EXLIM Q

Max residual voltage in per cent of residual voltage at 10 kA 8/20 μ s

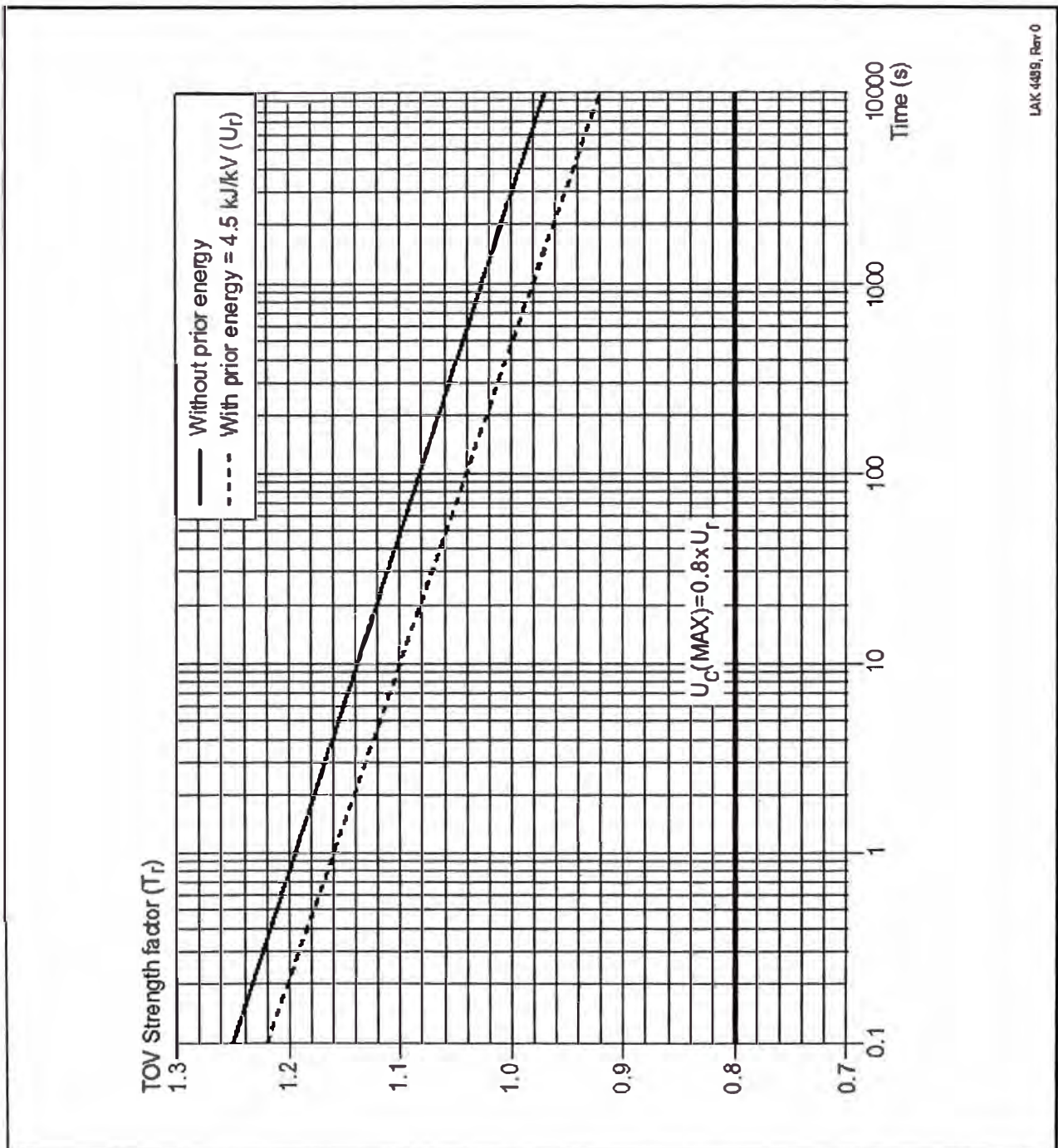


LAK 4308, Rev 0



TOV capability for arresters type EXLIM Q

Expressed in multiples of the rated voltage U_r (T_r)



ABB

ABB Switchgear AB
 Surge Arrester Division
 Dept. SESWG/AF
 S-771 80 LUDVIKA, Sweden
 Tel. +46 240 782000
 Telecopier +46 240 17983

SESWG/A 2221E
 Printed in Sweden. Västra Aros Tryckeri
 Production: ReklamCenter AB, Västerås
 1998-01. 3000

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABB Switchgear - "Selection guide for ABB HV surge arresters" –Edición 3, Publicación SESWG/A 2300E.**
2. **M. Sc. App. Ing. Justo Yanque Montufar – "Alta Tensión – Curso Corto" – Universidad Nacional de Ingeniería – Lima – Perú, Agosto 1997.**
3. **Carlos Felipe Ramirez - "Subestaciones de alta y extra alta tensión" – Segunda edición, Mejía Villegas S.A. – Colombia 2003.**
4. **Orlando P. Hevia – "Fuentes de impulso en el ATP" – Can/Am User Group - CAUE - Comité Argentino de Usuarios del EMTP – Argentina 2001.**
5. **Orlando P. Hevia – "Fuente CIGRE en el ATP" – Can/Am User Group - CAUE - Comité Argentino de Usuarios del EMTP – Argentina 2002.**
6. **Gilberto Enriquez Harper - "Técnicas de las altas tensiones" – Pre-edición, Ed. Limusa S.A. – México 1974.**
7. **IEEE Std 1313.2-1999 - "IEEE guide for the application of insulation coordination" – Primera edición, USA 1999.**
8. **IEEE Std 399-1997 - "Brown book - IEEE recommended practice for industrial and commercial power system analysis" – Primera edición, USA 1998.**
9. **IEEE Std C37.011-1994 - "IEEE Application guide for transient recovery voltage for AC high-voltage circuit breakers rated on a symmetrical current basis" – Segunda edición, USA 1994.**
10. **Dr. W. Scott Meyer, Dr. Tsu-huei Liu – "Electro–Magnetic Transients Program (EMTP) – Theory Book" – Bonneville Power Administration – USA 1987.**

11. IEEE – Working Group 3.4.11 – “Modeling of metal oxide surge arresters” – IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7, N° 1, pp.302-309 - January 1992.
12. P. Pinceti, M. Giannettoni - “A simplified model for zinc oxide surge arresters” – IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 14, N° 2, pp.393-398 - April 1999.
13. F. Fernandez, R. Diaz - “Metal-oxide surge arrester model for fast transient simulations” – The International Conference on Power Systems Transients –IPST 2001, Paper 144 – Brazil, June 2001.
14. Luis A. Siegert C. - “Alta tensión y sistemas de transmisión” – Segunda edición, Ed. Limusa S.A. – México 1996.
15. IEEE Std 141-1993 - “Red book – IEEE recommended practice for electric power distribution for industrial plants” – Segunda edición, USA 1996.
16. Jhon J. Grainger – William D. Stevenson Jr. – “Análisis de sistemas de potencia” – Primera edición en español, Ed. McGraw-Hill – México 1996.
17. A. Bayadi, N. Harid, K. Zehar, S. Belkhiat - “Simulation of metal oxide surge arresters dynamic behaviour under fast transients” – The International Conference on Power Systems Transients – IPST 2003, Paper 14b-1 – USA, September 2003.
18. László Prikler, Hans Kristian Høidalen – “ATPDRAW version 3.5 for Windows 9x/NT/2000/XP Users’ Manual” – Versión Preliminar No 1. SINTEF – Noruega 2002.