

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELÉCTRICO EN LA
MINA QUIRUVILCA – ZONA DE PROFUNDIZACIÓN PARA EL
INCREMENTO DE PRODUCCIÓN**

INFORME DE INGENIERÍA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

HERINSON ANTONIO MONZÓN FERNÁNDEZ

**PROMOCIÓN
1988– II**

**LIMA – PERÚ
2005**

**DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELECTRICO EN LA MINA
QUIRUVILCA – ZONA PROFUNDIZACION PARA EL
INCREMENTO DE PRODUCCION**

*A mis queridos padres, Jorge y Gabriela,
quienes con su constante apoyo,
cariño y aliento forjaron mi realización.*

*A mi esposa Edith e hijos
Nathaly, Jorge y Paola, motivos de mi
constante lucha y superación.*

SUMARIO

La empresa minera Pan American Silver SAC, adquirió en el año 1995 la Mina Quiruvilca, con la visión de hacer de esta, una mina rentable y con el compromiso de cumplir, con las exigencias actuales en la conservación del Medio Ambiente.

Uno de los objetivos de esta empresa era el incremento de la producción en 10,000 TM (de 40,000 a 50,000 TM), para ello se tuvo que explorar y desarrollar una nueva zona mineralizada, llamada Profundización, que esta ubicada en el nivel 280 y 340 (subterránea), con una longitud de 2 km de galería que comprenden las vetas Luz Angélica, Zoila Gata, entre otras.

Para ello se tuvo que diseñar un sistema eléctrico que satisfaga las necesidades de las operaciones mineras, tales como: aire comprimido, faja transportadora, locomotoras, winches eléctricos, ventiladores, etc., la capacidad de los equipos fueron diseñados en coordinación con el Dpto. de Ingeniería y Planeamiento Mina.

Para realizar el diseño eléctrico, este estudio plantea su ejecución en dos etapas, la primera que abarca la rampa y el nivel 280, y en la segunda etapa la rampa y el nivel 340, para esto es necesario la construcción de una Subestación principal en superficie con dos transformadores de potencia instalados en paralelo de 1 MVA – 33 / 4.16 KV cada uno, y otro de 1 MVA – 33 / 0.46 kV, y en interior mina una red principal de 4.16 kV a lo largo de 2 Km. por nivel, con 11 sub estaciones de 4.16 / .046 kV y dos centros de distribución en 4.16 kV, debiendo su diseño cumplir con las normas técnicas necesarias para una operación confiable, segura y económica.

INDICE

CAPITULO I

MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1	Introducción	2
1.2	Descripción del Sistema Eléctrico de la Mina	2
1.3	Propuesta Técnica para Aumentar la Producción de la Mina	3
1.4	Objetivo y Alcances del Estudio	3
1.5	Ubicación y Area del Estudio	4
1.6	Criterios de Diseño - Normas Técnicas	4
1.7	Análisis de la Demanda de Energía Eléctrica, para la Ampliación del Sistema Eléctrico	4

CAPITULO II

MEMORIA DE CÁLCULO 10

2.1	Calculo de la Caída de Tensión en la Red Primaria 4.16 kV	5
2.2	Calculo de Flujo de Potencia – Red Primaria 4.16 Kv	15
2.3	Cálculo de la Corriente de Corto Circuito Trifásico	18
2.4	Coordinación de la Protección de la Red Primaria 4.16 kV	19
2.5	Coordinación del Aislamiento	23
2.5.1	Determinación de los Niveles Básicos de Aislamiento	24
2.5.2	Tensión y Corriente Nominal de los Pararrayos	24
2.5.3	Características de los Pararrayos	24
2.5.4	Valores para la Coordinación del Aislamiento	25
2.5.5	Niveles de Aislamiento	28
2.5.6	Margen de Protección	28
2.6	Diseño del Sistema de Aterramiento	28
2.6.1	Consideraciones Básicas Generales	29
2.6.2	Resistividad del Terreno	29
2.6.3	Malla de Aterramiento	36

2.6.4	Calculo de la Sección Mínima del Conductor de Aterramiento	36
2.6.5	Cálculo de los Máximos Potenciales Admisibles	38
2.6.6	Definición de la Malla	38
2.6.7	Cálculo de los Potenciales Durante una Falla.	39
2.6.8	Chequeo del potencial de paso en las cercanías.	40
2.6.9	Chequeo del Potencial de Toque en la Cerca	41
CAPÍTULO III		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO		42
3.1	Especificaciones Técnicas Generales	42
3.1.1	Alcances	42
3.1.2	Normalización de Equipos	42
3.1.3	Ruido	43
3.1.4	Condiciones de Operación de los Equipos	43
3.1.6	Idiomas, Unidades y Dimensiones	44
3.2	Especificaciones Técnicas Particulares	44
3.2.1	Objeto	44
3.2.2	Valores Garantizados	44
3.2.3	Calidad del Material	44
3.3	Especificaciones Técnicas de los Cables Eléctricos	45
3.3.1	Objetivo	45
3.3.2	Características Técnicas	45
3.4	Especificaciones Técnicas de los Transformadores	46
3.4.1	Objeto	46
3.4.2	Características Generales del Transformador	46
3.4.3	Características Eléctricas del Transformador Principal	47
3.4.4	Requerimientos de Diseño	48
3.4.5	Requerimientos de Construcción	50
3.4.6	Accesorios	52
3.4.7	Pruebas	53
3.4.8	Tolerancias	54
3.5	Especificaciones de los Equipos De Maniobra	55
3.5.1	Seccionadores de 33 kV	55
3.5.2	Celda Metálica Autoportada 4,16kV	57

3.5.3	Seccionador de Potencia 12 kV Nalf	58
3.5.4	Seccionador Fusible Tipo Cut Out 36 kV	58
3.6	Especificaciones de los Equipos de Control, Protección Y Medición	59
3.6.1	Objeto	59
3.6.2	Características Técnicas de los Equipos en BT	59
3.6.3	Pararrayos 33 kV	62
3.6.4	Red a Tierra	64
CAPITULO IV		
ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO		67
4.1	Estimación de los Ingresos	67
4.2	Inversiones	67
4.3	Costos de Operación y Mantenimiento	68
4.4	Gastos por Depreciación de Equipos	68
4.5	Recuperación de la Inversión	69
4.5.1	Cuadro resumen	69
4.5.2	Diagrama de Flujo	69
4.5.3	Calculo del VAN	70
4.5.4	Cálculo de la TIR	71
4.5.5	Resultados del Análisis Financiero	72
CAPITULO V		
METRADO Y PRESUPUESTO		73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		76
ANEXOS		78
PLANOS		87
BIBLIOGRAFÍA		100

PROLOGO

En este estudio se detalla, a nivel de ingeniería básica, las especificaciones técnicas del equipamiento eléctrico que deberán formar parte del nuevo sistema eléctrico de la mina Quiruvilca, de tal forma que satisfaga las operaciones y explotación minera.

La ejecución de este proyecto se realizara en dos etapas bien definidas, teniendo en cuenta, que el diseño eléctrico de la primera etapa, permitirá la ampliación de la segunda etapa.

En el capítulo I, se detallara la situación actual del sistema eléctrico de la mina Quiruvilca, así como su ubicación, también se realizara un análisis de la demanda de energía para la ampliación del sistema. En el capítulo II se desarrollan los cálculos para la selección de los principales equipos eléctricos del nuevo sistema eléctrico, cálculos de la caída de tensión, cálculos de cortocircuitos y flujo de potencia desarrollado por software. En el capítulo III se dan las especificaciones técnicas que se deben cumplir para el suministro de los equipos y materiales que conformarán el nuevo sistema, de tal modo que se tenga una operación confiable y segura. En el capítulo IV se realizara el análisis económico y financiero así como la recuperación de la inversión. En el capítulo V, se tiene el metrado y presupuesto de la S.E., y toda la red primaria en 4.16 kV, siendo su valor de la primera etapa US\$ 601,750 y de US\$ 201,550 la segunda etapa; además se indican las principales conclusiones y recomendaciones, y finalmente se muestran los principales planos de las S.E., redes y anexos.

CAPITULO I MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Introducción

El Proyecto del nuevo sistema eléctrico en la zona Profundización consiste en la construcción de una subestación principal en la zona de Almirvilca que se encuentra en superficie, dicha sub estación deberá contar con tres transformadores de potencia, dos de 1000 kVA, de 33/4.16 kV, conectados en paralelo y uno de 1000 kVA de 33/0.46 kV. Los dos transformadores en paralelo alimentaran al interior de la mina mediante 11 subestaciones de 4.16/0.46 kV y dos centros de distribución en 4.16 kV, a lo largo de dos redes principales en los niveles 280 y 340 de 2 Km. aproximadamente. El otro transformador alimentara a 3 compresoras de 350 HP, cada una, de 1,500 cfm de capacidad.

La ubicación de los centros de distribución y las subestaciones, se ha hecho en forma estratégica, de tal manera de abastecer de energía confiable en la red secundaria (440 voltios).

La necesidad de Potencia en la primera etapa es de 750 kW para equipos de interior de la mina y de 750 kW para aire comprimido. En la segunda etapa esta provisto un incremento de 700 kW, los cuales 250 kW es para aire comprimido y 450 kW para equipos mina.

1.2 Descripción del Sistema Eléctrico de la Mina

La empresa distribuidora Hidrandina S.A. abastece de energía a la mina, desde la S.E. Motil, mediante un transformador 12 MVA, 138/33 kV, a través de una línea en 33 kV, de 20 km de longitud cuyo conductor es aleación de aluminio de 300 MCM, de capacidad de 8 MVA. (Ver Figura No. 1.1)

Dicha línea llega al patio de llaves de Shorey, el cual distribuye a las siguientes S.E. :

- S.E. Shorey : 2 transformadores de 2 MVA, de 33/2.3 kV
S.E. Quiruvilca : 2 transformadores de 2 MVA, de 33/2.3 kV
S.E Almirvilca : 2 transformadores de 1 MVA de 33/4.16 kV y 33/0,46 kV

La potencia contratada es de 5,500 kW, con una banda de 1000 kW libre de penalidades, siendo de 5,300 kW en hora punta y 5,700 kW en fuera punta. El consumo promedio mensual de energía es de 3,000,000 Kwh. , cuyo costo es de 150,000 \$ US.

1.3 Propuesta Técnica para Aumentar la Producción de la Mina

De acuerdo a nuestra experiencia en instalaciones mineras y lo que indican las normas técnicas se propone la implementación del siguiente sistema eléctrico cuyas características son:

Una S.E principal exterior de 2x1 MVA de 33/4.16 kV y 1 MVA de 33/0.46 kV, que será implementado en dos etapas.

Una Red primaria de 4 Km. en el interior de la mina, que será implementado en dos etapas con cable de energía tipo N2YSEY de 70 mm² y 35 mm², adecuado para el sistema minero.

Un total de 11 subestaciones de distribución de 250 kVA y 160 kVA, 4.16/0.46 kV, distribuidas en el interior de la mina de acuerdo a la necesidad de la explotación minera.

Dos centros de distribución de 4.16 kV, equipados con seccionadores de potencia.

1.4 Objetivo y Alcances del Estudio

El objetivo del presente estudio es la formulación del equipo eléctrico básico que debe ser empleado en la construcción de la Subestación de Almirvilca y toda la red de 4.16 kV a lo largo de 2 km en interior de la mina.

De este modo se debe conseguir el incremento de producción en 10,000 TM, en la zona de Profundización, el cual generara ingresos de 504,000 \$ US/anuales, durante la primera etapa (2 años) y 840,000 US\$/anuales durante la segunda etapa (los 3 últimos años).

El estudio desarrollado es a nivel de ingeniería básica y comprende los siguientes aspectos:

Elaboración de los diseños (planos y cálculos justificativos necesarios)
 Especificaciones técnicas del equipo eléctrico principal
 Metrado y presupuesto

1.5 Ubicación y Area del Estudio

La nueva S.E. de Almirvilca esta ubicada a un 0.5 km del poblado de Shorey, a 135 km. al Este de Trujillo, cuyas características geográficas son:

Ubicación

Distrito	Quiruvilca
Provincia	Santiago de Chuco
Departamento	La Libertad
Elevación sobre el nivel del mar	3,650 msnm

Características Climatológicas

Temperatura	De -5 a 13 °C
Lluvias promedio mensual	De 23 a 193 mm
Humedad relativa	De 55 a 65 %

1.6 Criterios de Diseño - Normas Técnicas

El presente estudio se ha realizado considerando lo establecido en las siguientes Normas Técnicas:

- Código Nacional de Electricidad C.N.E.
- American National Standard ANSI
- Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE

1.7 Análisis de la Demanda de Energía Eléctrica, para la Ampliación del Sistema Eléctrico

La demanda de energía esta dada por las distintas cargas típicas de la explotación minera, los cuales se detallan en el Resumen No.1. y los cuadros No. 1..1, No. 1..2, No. 1..3 y No. 1..4 ✓

La energía anual promedio que demandara la implementación de este proyecto se muestra en el cuadro No. 1..5 ✓

DIAGRAMA UNIFILAR BASICO SISTEMA ELECTRICO PASSAC - HIDRANDINA

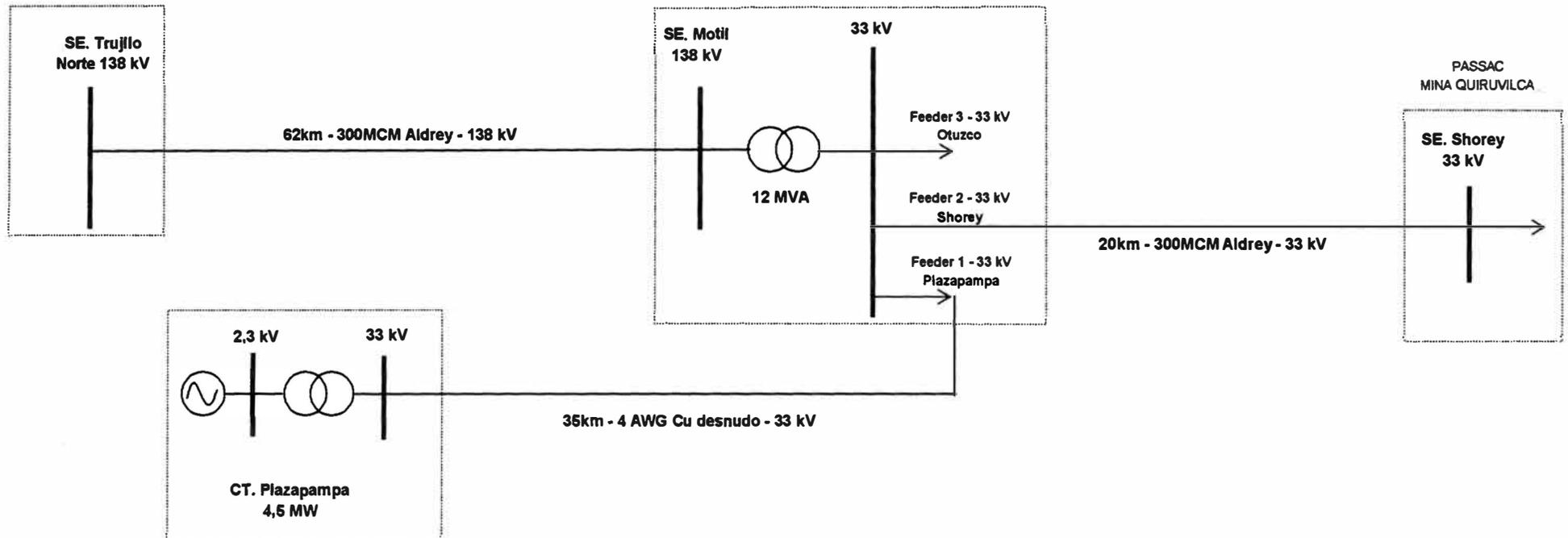


FIGURA No. 1.1

RESUMEN No. 1

CARGAS PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

PRIMERA ETAPA

ITEM	S.E. No.	Cant. S.E	kVA - Nominal	MD - kW	MD - kW Total	OBSERVACIONES
1	6, 7, 8, 9, 10	5	160	90.266	451.33	Ver cuadro No. 1.1
2	3	1	250	149.76	149.76	Ver cuadro No. 1.2
3	5	1	250	143.7	143.7	Ver cuadro No. 1.3

744.79

SEGUNDA ETAPA

ITEM	S.E. No.	Cant. S.E	kVA - Nominal	MD - kW	MD - kW Total	OBSERVACIONES
1	12, 13, 14	3	160	90.266	270.80	Ver cuadro No. 1.1
2	11	1	250	149.76	149.76	Ver cuadro No. 1.4
3	1 (*)	1	320	221.935	221.94	(*) 1 Compresora

642.49

TOTAL kW :

1,387.28

RESERVA : 15 %

1,595.38

TOTAL kVA

1,994.22

Por lo tanto se usaran 2 Transformadores de 1000 kVA, para el calculo de nuestra RED

CUADRO N° 1.1

CARGAS DE UNA SUB ESTACION TIPICA - 160 KVA, 4.16 / 0.46 KV (No. 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13 y 14)

Item	Equipos	HP	Cant.	HP - Total	kW - Total	f.s	f.d	kW - Real
1	Winches de arrastre	15	4	60	44.76	0.3	1	13.428
2	Winches de arrastre	25	2	50	37.3	0.3	1	11.19
3	Locomotota - 4 TN	14	1	14	10.444	0.5	1	5.222
4	Ventilador auxiliar	15	2	30	22.38	1	0.9	20.142
5	Ventilador - principal	60	1	60	44.76	1	0.9	40.284

90.266 kW

CUADRO N° 1.2

SUB ESTACION No. 3, 250 KVA, 4.16 / 0.46 KV - CARGAS

Item	Equipos	HP	Cant.	HP - Total	kW - Total	f.s	f.d	kW - Real
1	Faja transportadora	150	1	150	111.9	0.7	0.85	66.5805
2	Faja viajera	25	1	25	18.65	0.3	1	5.595
3	Taller Perforadoras	50	1	50	37.3	0.5	1	18.65
4	Bomba de lodos	60	1	60	44.76	1	0.9	40.284
5	Alumbrado - otros	25	1	25	18.65	1	1	18.65

149.76 kW

CUADRO N° 1.3 : SUB ESTACION No. 5, 250 KVA, 4.16 / 0.46 KV - CARGAS

Item	Equipos	HP	Cant.	HP - Total	kW - Total	f.s	f.d	kW - Real
1	Bombas de lodos	75	2	150	111.9	1	0.85	95.12
2	Alimentador de placas	30	1	30	22.38	0.5	0.85	9.51
3	Faja de desmonte	25	1	25	18.65	0.5	0.85	7.93
4	Bomba sumergible	15	1	15	11.19	0.5	0.9	5.04
5	Alumbrado - otros	15	1	15	11.19	1	1	11.19
6	Taller de carros mineros	40	1	40	29.84	0.5	1	14.92

143.70 kW

CUADRO N° 1.4 : SUB ESTACION No. 11, 250 KVA, 4.16 / 0.46 KV - CARGAS

Item	Equipos	HP	Cant.	HP - Total	kW - Total	f.s	f.d	kW - Real
1	Bombas de lodos	75	2	150	111.9	1	0.85	95.12
2	Faja transportadora	36	1	36	26.856	0.5	1	13.43
3	Taller de carros mineros	40	1	40	29.84	0.5	1	14.92
4	Bomba sumergible	15	1	15	11.19	0.5	0.9	5.04
5	Alumbrado - otros	25	1	25	18.65	1	1	18.65

147.149 kW

CUADRO N° 1.5 : DEMANDA DE ENERGIA Y COSTO ANUAL

PROYECTO	KW	KWH / MES	KWH / AÑO	Costo \$ / año
PRIMERA ETAPA	744.79	116,187.24	1,394,246.88	69,712.34
SEGUNDA ETAPA	642.49	100,228.44	1,202,741.28	60,137.06
TOTAL	1,387.28	216,415.68	2,596,988.16	129,849.41

CAPITULO I I MEMORIA DE CÁLCULO

Durante el desarrollo de este capítulo, se detallarán principales cálculos eléctricos, que se han realizado para la selección del equipamiento principal de la S.E. Principal de 2 MVA, 33 / 4.16 kV y 1 MVA, 33 / 0.46 kV, en superficie y la Red Primaria en 4.16 kV en interior mina.

Se desarrollarán los siguientes cálculos principales:

1. Cálculo de la caída de tensión.
2. Cálculo del Flujo de Potencia.
3. Cálculo de las corrientes de corto circuito.
4. Coordinación de la Protección de la Red 4.16 kV
5. Coordinación del Aislamiento en S.E. principal 33 / 4.16 kV
6. Cálculo del Sistema de aterramiento

2.1 Cálculo de la Caída de Tensión en la Red Primaria 4.16 kV

Para el cálculo de la caída de tensión, se ha elaborado el Diagrama de distribución de cargas de la red primaria de 4.16 kV, en la que se indican las dos etapas que comprende el proyecto. (Ver Figura No. 2.1.1). Esta red ha sido diseñada de acuerdo a las necesidades de la explotación minera.

De acuerdo al Código Nacional de Electricidad, de la DGE, nos indica que la caída de tensión permisible en la red primaria no deberá exceder del 5 %, pero debido a la experiencia en redes de interior mina, el diseño de la sección de los conductores, se ha elaborado para obtener como máximo el 2.5 % de caída de tensión, lo que equivale a 104 voltios.

La fórmula utilizada para el cálculo de la caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times L \times \sqrt{R^2 + X^2} \quad (2.1)$$

Donde:

- I** = Corriente en amperios
L = Longitud del cable en Km.
R = Resistencia del conductor en ohm/km
X = Reactancia inductiva del conductor en ohm/km

Para conductor de: 70 mm² R = 0.268 ohm/km X = 0.1227
ohm/km

Donde: $\Delta V = 0.4902 \times I \times L$ (2.2)

Para conductor de: 35 mm² R = 0.524 ohm/km X = 0.1396
ohm/km

Donde: $\Delta V = 0.9413 \times I \times L$ (2.3)

El cable de energía a usar será del tipo N2YSEY – Tripolar, 6/10 kV

Los resultados mostrados en los cuadros N° 2.2 y N° 2.3 (primera y segunda etapa), se han obtenido usando las formulas (1) y (2), teniendo en los puntos más alejados las siguientes caídas de tensión:

Cuadro N° 2.1	Punto 10	63.93	voltios 1.54 %
Cuadro N° 2.1	Punto 10	91.52	voltios 2.20 %
	Punto 14	99.57	voltios 2.39 %

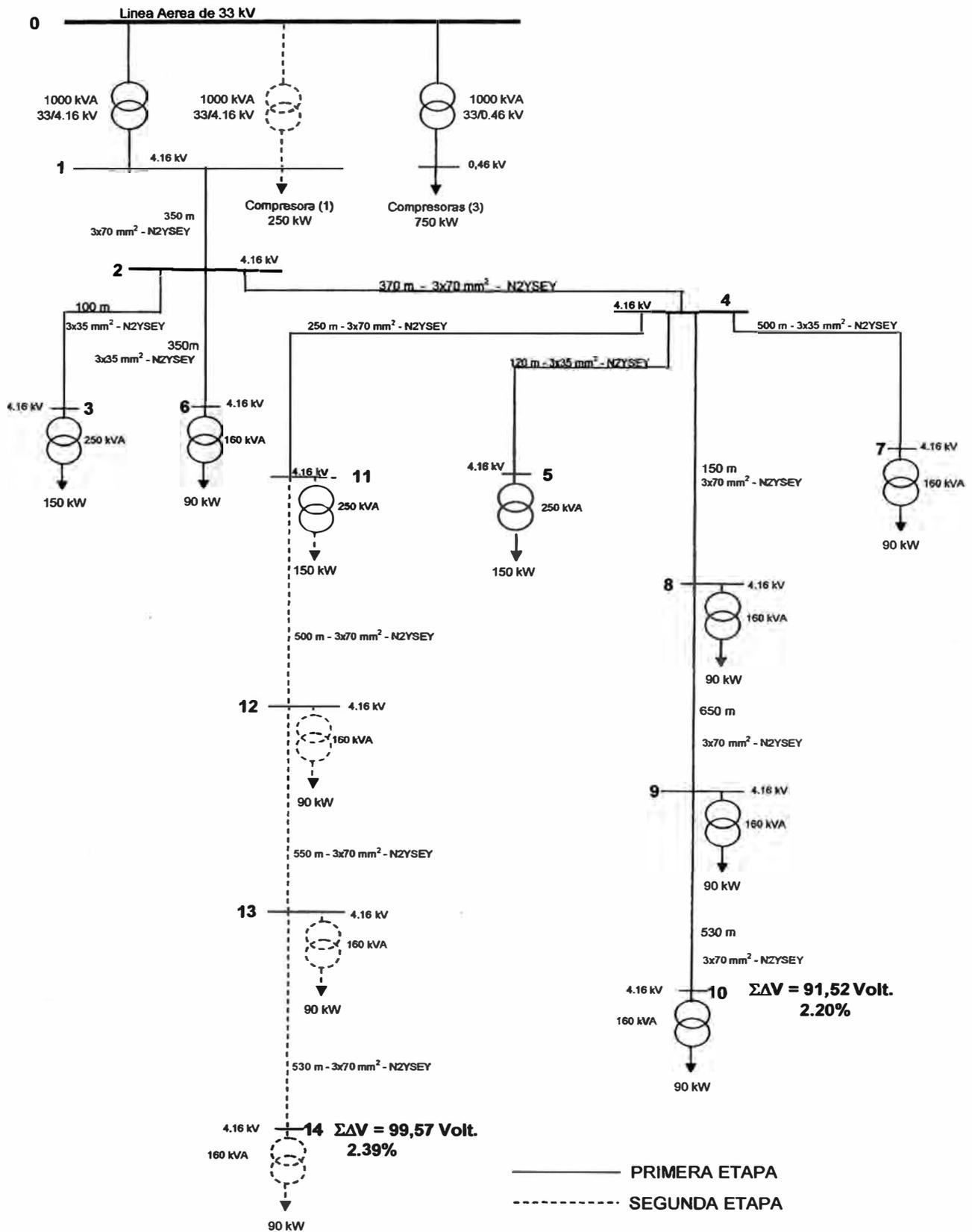


FIGURA No. 2.1 : DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE CARGAS RED PRIMARIA 4.16 KV

**CUADRO N° 2.1 : CALCULO DE CAIDA DE TENSION - RED PRIMARIA 4.16 kV
PRIMERA ETAPA**

SUB ESTACION	1	2	3	6	4	5	7	8	9	10	11
POTENCIA (kW)		750	150	90	510	150	90	270	180	90	150
LONGITUD (km)		0.35	0.1	0.35	0.37	0.12	0.5	0.5	0.65	0.53	0.25
S (mm ²)		70	35	35	70	35	35	70	70	70	70
CORRIENTE (Amp.)		130.27	26.05	15.63	88.58	26.05	15.63	46.90	31.26	15.63	26.05
ΔV (V)		22.35	2.45	5.15	16.07	2.94	7.36	11.49	9.96	4.06	3.19
$\Sigma \Delta V$ (V)			24.80	27.50	38.42	41.36	45.77	49.91	59.87	63.93	41.61
%			0.60	0.66	0.92	0.99	1.10	1.20	1.44	1.54	1.00

**CUADRO 2.2 : CALCULO DE CAIDA DE TENSION - RED PRIMARIA 4.116 kV
SEGUNDA ETAPA**

SUB ESTACION	1	2	3	6	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
POTENCIA (kW)		1200	150	90	960	150	90	270	180	90	450	270	180	90
LONGITUD (km)		0.35	0.1	0.35	0.37	0.12	0.5	0.5	0.65	0.53	0.25	0.5	0.55	0.53
S (mm ²)		70	35	35	70	35	35	70	70	70	70	70	70	70
CORRIENTE (Amp.)		208.43	26.05	15.63	166.74	26.05	15.63	46.90	31.26	15.63	78.16	46.90	31.26	15.63
ΔV (V)		35.76	2.45	5.15	30.24	2.94	7.36	11.49	9.96	4.06	9.58	11.49	8.43	4.06
$\Sigma \Delta V$ (V)			38.21	40.91	66.00	68.94	73.36	77.50	87.46	91.52	75.58	87.07	95.50	99.57
%			0.92	0.98	1.59	1.66	1.76	1.86	2.10	2.20	1.82	2.09	2.30	2.39

2.2 Cálculo de Flujo de Potencia – Red Primaria 4.16 Kv

Es importante realizar un estudio de carga para verificar el funcionamiento óptimo de la red en 4.16 kV final (segunda etapa). El desarrollo de este cálculo se ha realizado mediante Software, empleando los datos siguientes:

Potencia de corto circuito	43.29 MVA	(Dato: Hidrandina)
Potencia Base	100 MVA	
Tensión Base (Red Primaria)	33 kV	
Impedancia de c.c. Trafos	2.85 ohmios	Dos transformadores
Tensión Base (Red Secundaria)	4.16 kV	
Resistencia del conductor	0.268 ohm/km	(70 mm ²)
	0.524 ohm/km	(35 mm ²)
Reactancia del conductor	0.1227 ohm/km	(70 mm ²)
	0.1396 ohm/km	(35 mm ²)
Longitud de los conductores	En Km.	Entre barras
Cargas de cada transformador	MW y MVAR	

Los resultados obtenidos después de la corrida del software, se muestran en la Figura N° 2.2 y en cuadro N° 2.3

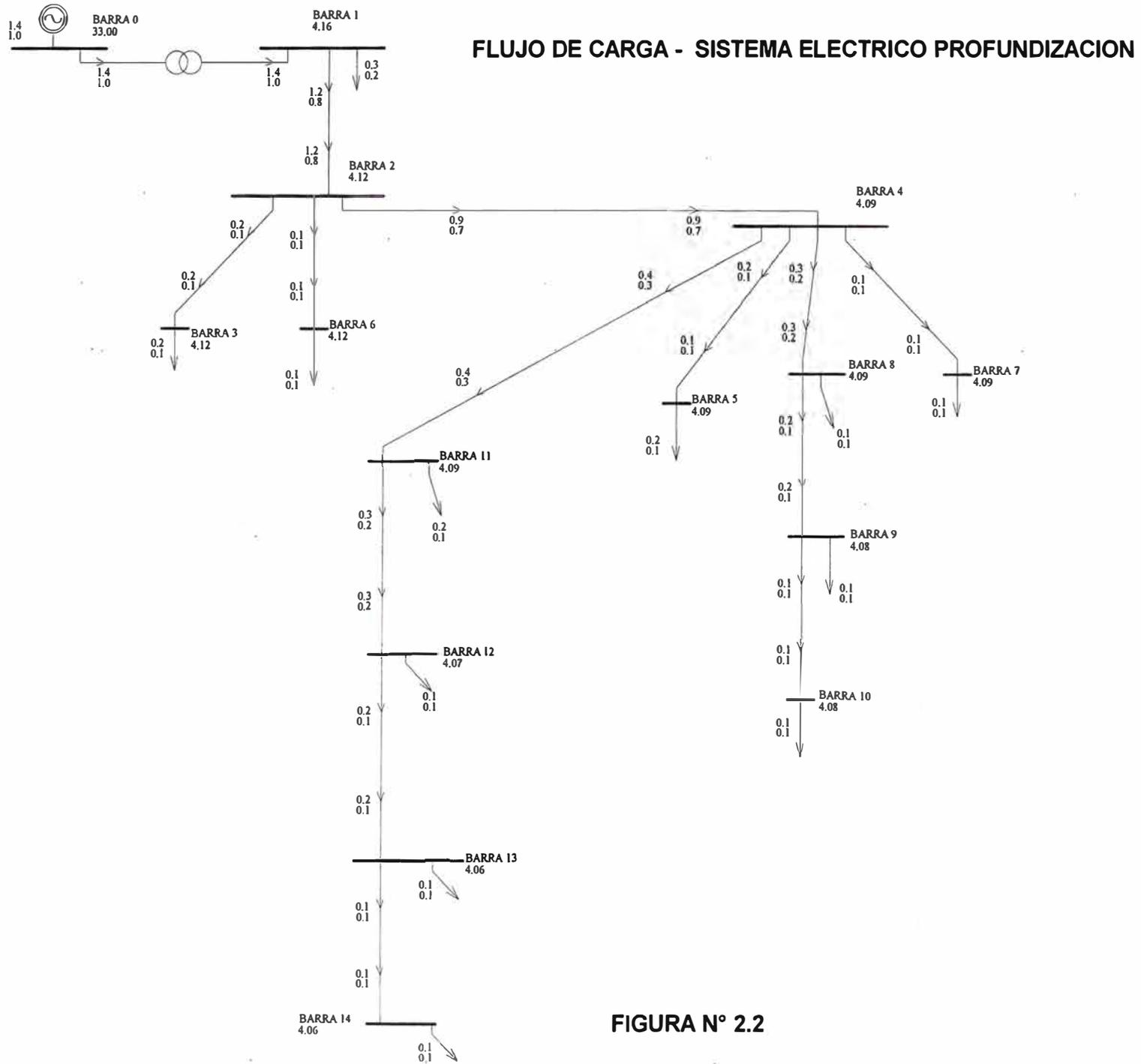


FIGURA N° 2.2

CUADRO 2.3

 * FLUJOS ENTRE LINEAS Y TRANSFORMADORES *

ENVIO	RECEPCION	Longitudinal (MW) (MVAR)		P.Transv. (MW)	P. Totales (MW) (MVAR)		Tap (visual)
BARRA 0	BARRA 1	1.42	1.03	0.00	0.00	0.00	1.000
BARRA 1	BARRA 0	-1.42	-1.03	0.00	0.00	0.00	1.000x
BARRA 2	BARRA 2	1.17	0.85	0.00	0.01	0.01	
BARRA 4	BARRA 1	-1.16	-0.84	0.00	0.01	0.01	
	BARRA 4	0.92	0.66	0.00	0.01	0.00	
	BARRA 6	0.09	0.07	0.00	0.00	0.00	
	BARRA 3	0.15	0.11	0.00	0.00	0.00	
BARRA 4	BARRA 2	-0.92	-0.66	0.00	0.01	0.00	
	BARRA 8	0.27	0.19	0.00	0.00	0.00	
	BARRA 5	0.15	0.11	0.00	0.00	0.00	
	BARRA 7	0.09	0.07	0.00	0.00	0.00	
	BARRA 11	0.42	0.30	0.00	0.00	0.00	
BARRA 6	BARRA 2	-0.09	-0.06	0.00	0.00	0.00	
BARRA 3	BARRA 2	-0.15	-0.11	0.00	0.00	0.00	
BARRA 8	BARRA 4	-0.27	-0.19	0.00	0.00	0.00	
	BARRA 9	0.18	0.13	0.00	0.00	0.00	
BARRA 5	BARRA 4	-0.15	-0.11	0.00	0.00	0.00	
BARRA 7	BARRA 4	-0.09	-0.06	0.00	0.00	0.00	
BARRA 9	BARRA 8	-0.18	-0.13	0.00	0.00	0.00	
	BARRA 10	0.09	0.07	0.00	0.00	0.00	
BARRA 10	BARRA 9	-0.09	-0.06	0.00	0.00	0.00	
BARRA 11	BARRA 4	-0.42	-0.30	0.00	0.00	0.00	
	BARRA 12	0.27	0.19	0.00	0.00	0.00	
BARRA 12	BARRA 11	-0.27	-0.19	0.00	0.00	0.00	
	BARRA 13	0.18	0.13	0.00	0.00	0.00	
BARRA 13	BARRA 12	-0.18	-0.13	0.00	0.00	0.00	
	BARRA 14	0.09	0.06	0.00	0.00	0.00	
BARRA 14	BARRA 13	-0.09	-0.06	0.00	0.00	0.00	

2.3 Cálculo de la Corriente de Corto Circuito Trifásico

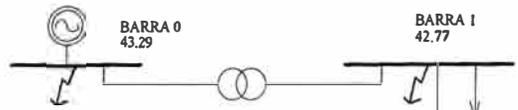
El presente cálculo determinara los valores de las corrientes de corto circuito trifasica, tomando como base el dato de Pcc (MVA), suministrada por la distribuidora Hidrandina.

El desarrollo de este cálculo se ha realizado mediante Software, dando como resultado los que se muestran en el cuadro N° 2.4 y en la figura N° 2.3

CUADRO N° 2.4

 * POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO *

Nombre	Pcc 3F (MVA)	Icc (p.u.)	X/R	Z (p.u.)
BARRA 0	43.293	0.433	29.997	2.310
BARRA 1	42.766	0.428	29.631	2.337
BARRA 2	37.587	0.379	4.192	2.614
BARRA 4	32.268	0.328	2.389	3.002
BARRA 6	32.554	0.329	2.431	3.014
BARRA 3	36.093	0.364	3.434	2.721
BARRA 8	30.323	0.308	2.068	3.189
BARRA 5	30.700	0.312	2.123	3.152
BARRA 7	26.364	0.268	1.616	3.667
BARRA 9	23.556	0.240	1.393	4.085
BARRA 10	19.677	0.201	1.154	4.880
BARRA 11	29.107	0.296	1.909	3.313
BARRA 12	23.978	0.245	1.425	3.999
BARRA 13	19.844	0.203	1.165	4.812
BARRA 14	16.915	0.173	1.019	5.633



CORTO CIRCUITO TRIFASICO - SISTEMA ELECTRICO PROFUNDIZACION

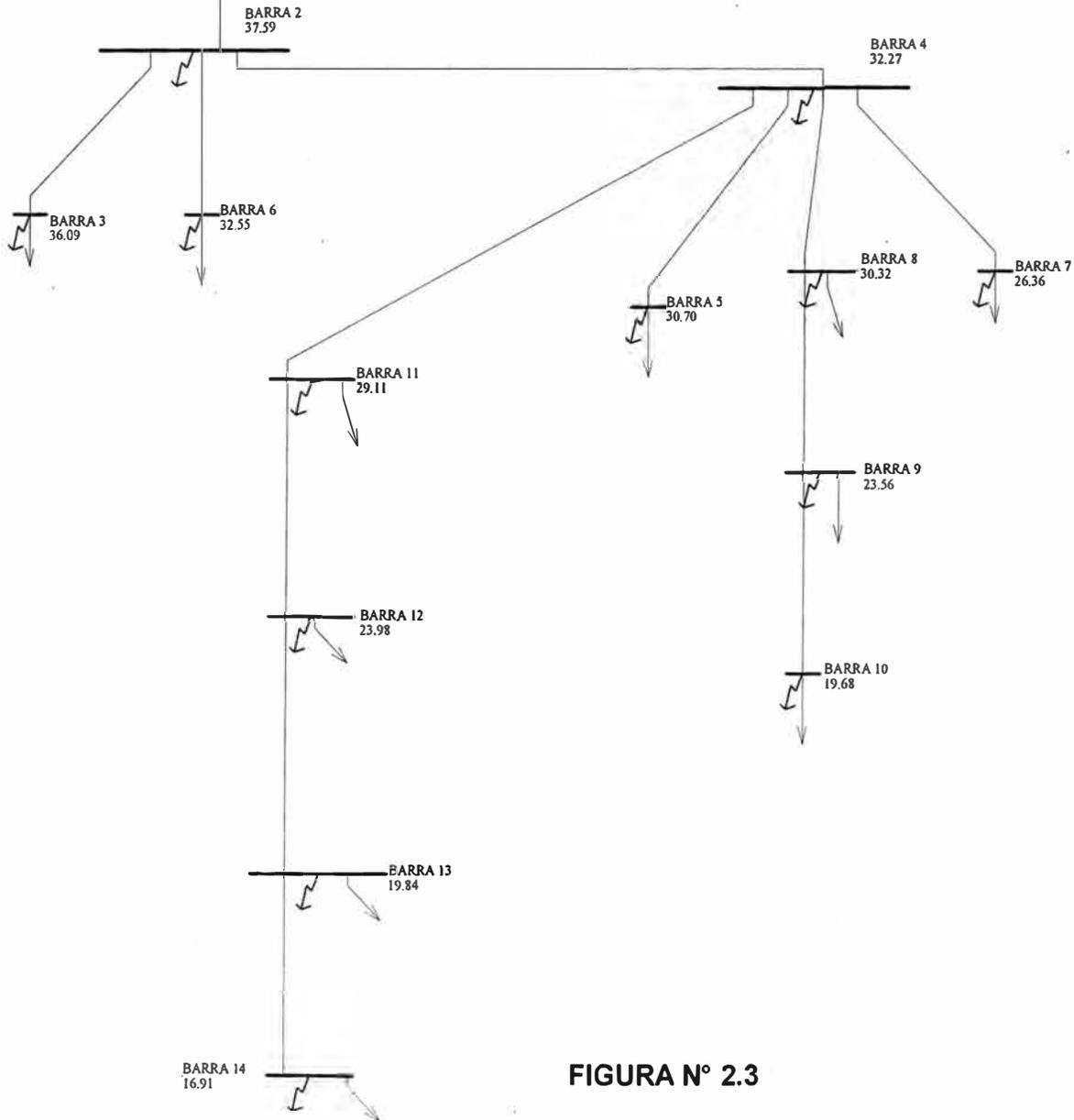


FIGURA N° 2.3

2.4 Coordinación de la Protección de la Red Primaria 4.16 kV

Para la confiabilidad del sistema, ante cualquier falla, es necesario contar con una protección coordinada de la red primaria de 4.16 kV.

Para tal fin, se ha desarrollado la coordinación de la protección, mediante fusibles limitadores de corriente de M.T., del tipo CF, los cuales han sido diseñados y fabricados mediante las normas DIN y aseguramiento de la calidad ISO 9001 y calidad medioambiental ISO 14001.

Para la coordinación se ha utilizado las potencias de cortocircuitos trifasicos, indicados en el cuadro N° 2.4, así como los flujos de carga indicados en la figura N° 2.2

Así mismo se ha usado las curvas características tiempo – intensidad del tipo de fusible CF, indicados en la figura N° 2.4.

Los resultados de la coordinación de la protección se muestran en el cuadro N° 2.5

**CUADRO 2.5 : COORDINACION DE LA PROTECCION
RED PRIMARIA - 4.16 KV**

No. BARRA	Pcc 3F MVA	Icc (KA)	Carga (MW)	Fusible (AMP)	Tiempo (seg)
10	19.677	2.731	0.1	40	0.01
9	23.556	3.269	0.2	63	0.01
8	30.323	4.209	0.3	125	0.01
4	32.268	4.478	0.9	200	0.01

14	16.915	2.348	0.1	40	0.01
13	19.844	2.754	0.2	63	0.01
12	23.978	3.328	0.3	100	0.01
11	29.107	4.040	0.4	125	0.01

2	37.587	5.217	1.2	250	0.15
1	42.766	5.936	1.4	200	0.3
3	36.093	5.009	0.2	63	0.01
6	32.554	4.518	0.1	50	0.01
5	30.7	4.261	0.1	63	0.01
7	26.364	3.659	0.1	40	0.01

Fusibles CF

Curvas de fusión y de limitación

Curvas características tiempo-intensidad 3,6 - 7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36 kV

Tiempo (s)

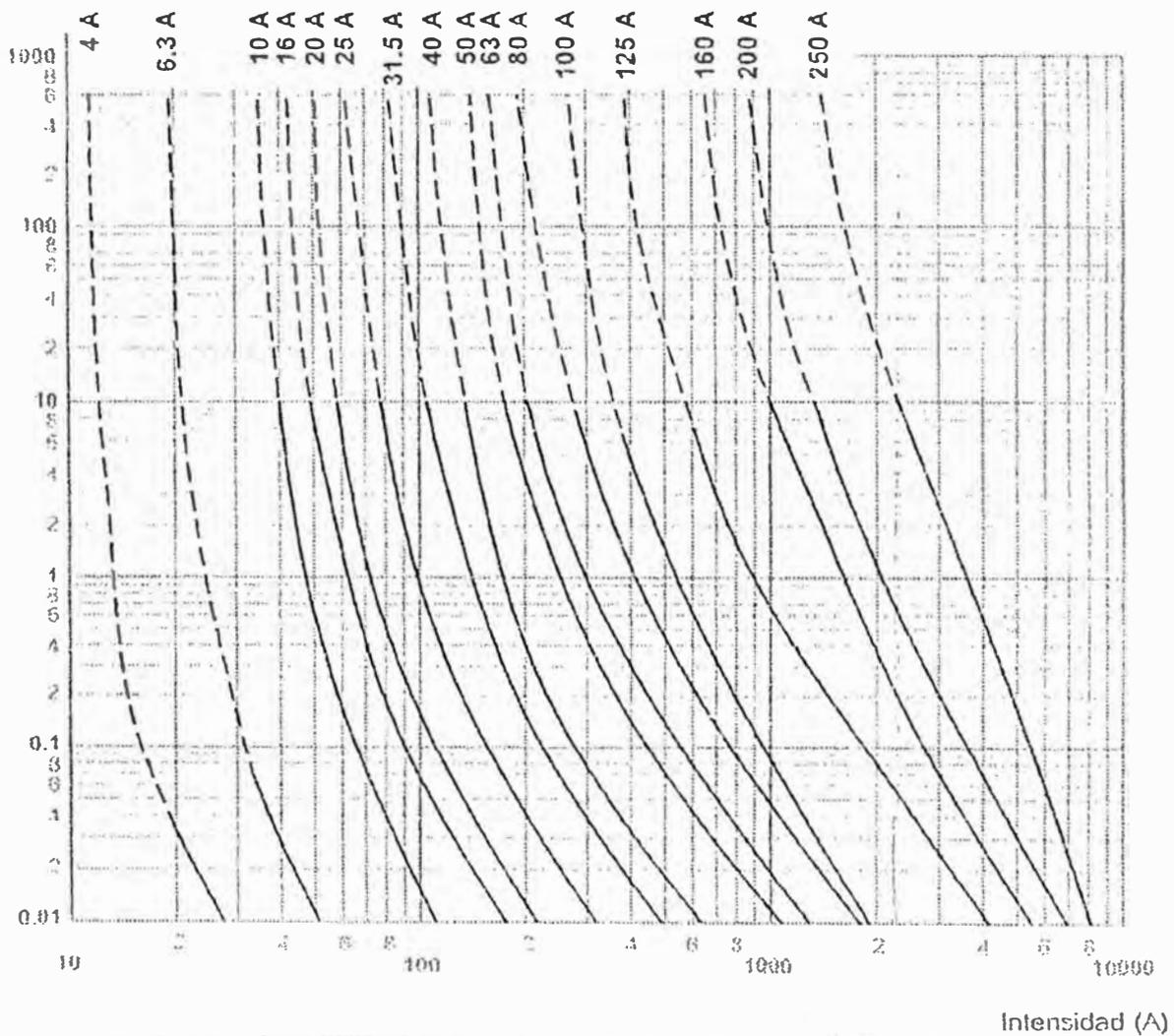


FIGURA N° 2.4.2

2.5 Coordinación del Aislamiento

La coordinación del aislamiento tiene por objeto determinar las características de aislamiento necesarias y suficientes de los diversos componentes de las redes con vista a obtener una rigidez homogénea a las tensiones normales y a las sobretensiones de origen diverso.

2.5.1 Determinación de los Niveles Básicos de Aislamiento

Se debe considerar que la Subestación esta instalada a 3750 msnm, se determino que la máxima onda por maniobra de interruptores es de 2,5pu, si se supone que se usarán pararrayos y que la instalación esta sólidamente conectada a tierra.

2.5.2 Tensión y Corriente Nominal de los Pararrayos

Para determinar la tensión nominal del pararrayos procedemos de la siguiente manera:

$$V_n = K_e V_{max}$$

Donde : K_e : Factor de conexión a tierra

V_{max} : Tensión máxima del sistema entre fases

Para un sistema efectivamente aterrizado:

$R_0/X_1 \leq 1,0$ y $X_0/X_1 \leq 3,0$ Entonces el factor $K_e = 0,8$

Donde :

X_0/X_1 y R_0/X_1 : Relación de reactancia de secuencia cero a secuencia positiva

La tensión máxima de acuerdo a normas es 36kV, por lo tanto:

$$V_n = 0,8 \times 36 = 28,8 \text{ kV}$$

$$V_n = 28.8 \text{ kV}$$

Suponiendo un NBI = 170 kV y que la línea que llega a la subestación tiene una impedancia característica de 100 ohm, en el caso más crítico la corriente de descarga es:

$$I_d = \frac{2 \times NBI}{Z_o} = \frac{2 \times 170}{100} = 3,4kA$$

Donde : I_d : Corriente de descarga

NBI : Nivel básico de aislamiento

Z_o : Impedancia característica de la línea en Ohm

Por lo que seleccionamos un pararrayos cuya tensión nominal es 36 kV y 10kA de máxima corriente.

La máxima onda de sobretensión por maniobra de interruptores con un factor de sobretensión de 2,5 es:

$$E_{max} = \frac{\sqrt{2} \times 36 \times 2.5}{\sqrt{3}} = 73,5kV$$

2.5.3 Características de los Pararrayos

Tipo	MOV (Metal Oxide Varistor)
Clase (Según ANSI)	Distribución Heavy Duty
Tensión Nominal kVrms	36
Tensión de Operación kVrms (COV)	29
Tensión de arqueo por frente de onda (kV) y onda de 1200 kV/microseg	110
Tensión máxima de arqueo a 100% con onda 1,2x50 (kV cresta)	50
Tensión de arqueo por impulso de maniobra (kV cresta)	50
Máxima tensión residual (kV) (IR) con una onda de corriente de.	
5 kA	75 kV pico
10 kA	84 kV pico
20 kA	98 kV pico
Altura de Instalación	3750 msnm

2.5.4 Valores para la Coordinación del Aislamiento

Con estos valores se calculan los siguientes valores de coordinación, usando pararrayos:

a. Para aislamientos no – auto recuperables (internos)

a.1.- El Nivel Básico por maniobra requerido:

$NBS = 1.15 \times (\text{Tensión de arqueo del pararrayo por impulso de maniobra})$

$$NBS = 1.15 \times 50$$

$$NBS = 57,5 \text{ kV}$$

a.2.- Los niveles básicos de aislamiento al impulso (rayo) requeridos son.

$NBI = 1.2 \times (\text{Tensión residual máxima del pararrayo para onda de impulso})$

$$NBI = 1.2 \times 75 = 90 \text{ kV} \quad \text{Para 5 kA}$$

$$NBI = 1.2 \times 84 = 100,8 \text{ kV} \quad \text{Para 10 kA}$$

Y de acuerdo con.

$NBI = 1.043 \times (\text{Tensión de arqueo por frente de onda del pararrayo})$

$$NBI = 1.043 \times 110 = 114,73 \text{ kV}$$

b. Para aislamientos auto recuperables (externos)

b.1.- Nivel Básico por maniobra requerido:

$$NBS = \frac{1.15}{(0,96 \times \delta r)^n} \times (\text{Tensión – arqueo – pararrayos – impulsos – de – maniobra})$$

Donde : δr Densidad relativa del aire

a 3800 msnm $\delta r = 0,72$

$n = 1,08 \dots 0,035d$; d en pies

a 33 kV la distancia mínima de no arqueo es:

$$d = 27 \text{ cm} = 0,9 \text{ pies}$$

Para esta tensión se puede tomar un valor de “n” ligeramente inferior al valor máximo que es la unidad o sea del orden de 0,8 a 0,9 por lo que si se hace:

$$n = 0,9 \times 0,9$$

$$n = 0,81$$

$$NBS = \frac{1.15}{(0,96 \times 0,72)^{0,81}} \times (50) = 77,55kV$$

b.2.- Los niveles básicos de aislamiento al impulso (rayo) requeridos son:

$$NBI = 1.2 \times (\text{Tensión residual pararrayo})$$

$$NBI = 1,2 \times 75 = 90 \text{ kV}$$

$$NBI = 1,2 \times 84 = 100,8 \text{ kV}$$

$$NBI = 1.043 \times (\text{Tensión de arqueo por frente de onda})$$

$$NBI = 1,043 \times 110 = 114,73 \text{ kV}$$

b.3.- Nivel Básico por Rayo (NBI)

Si despreciamos el efecto de la humedad, tenemos:

$$NBI = \frac{1,2}{\delta r} \times \text{Tensión}_{\text{ residual }}_{\text{ pararrayos}}$$

$$NBI = \frac{1,2}{0,72} \times 75 = 125kV$$

$$NBI = \frac{1,2}{0,72} \times 84 = 140kV$$

y también:

$$NBI = \frac{1,043}{\delta r} \times \text{Tensión}_{\text{ arqueo }}_{\text{ frente }}_{\text{ onda}}$$

$$NBI = \frac{1,043}{0,72} \times 110 = 159,35kV$$

C. Sin usar pararrayos para aislamientos auto recuperables (externos)

Nivel Básico por maniobras de interruptores

$$NBS = \frac{1,2}{\delta r} \times E_{max}$$

$$NBS = \frac{1,2}{0,72} \times 73,5 = 122,5kV$$

2.5.5 Niveles de Aislamiento

2 Niveles de Aislamiento Requeridos en la Subestación Principal

Tipo de Aislamiento	NBI Requerido (kV)	NBS Requerido (kV)		Valores seleccionados para el equipo	
		Con pararrayos	Sin pararrayos	NBI (kV)	NBS (kV)
Interno (No auto recuperable)					
Transformador Parte interior y boquillas	114,73	57,5		170	70
Externo (auto recuperable)					
Aisladores de Bus	159,35	77,55	122,5	200	*
Cuchillas Desconectoras	159,35	77,55	122,5	200	*
Interruptor	159,35	77,55	122,5	200	*
Boquillas parte externa (Transfo.)	159,35	77,55	122,5	170	*
Boquillas transf. Instrumentos	159,35	77,55	122,5	170	*

* Valores no establecidos de NBS en normas

2.5.6 Margen de Protección

Los pararrayos proporcionan un margen de protección determinado, se calculará como sigue:

Si se supone que el NBI en los devanados del transformador es de 170 kV, el NBS y según normas ANSI, el valor de operación del pararrayo por sobretensión debido a maniobra es :

$$NBS = 0.83 \times NBI$$

$$NBS = 0,83 \times NBI = 0,83 \times 170 = 141,1 \text{ kV}$$

La tensión máxima por operación de interruptores es:

$$E_{max} = \frac{\sqrt{2} \times 36 \times 2.5}{\sqrt{3}} = 73,5 \text{ kV}$$

Y el margen de protección para sobretensiones por maniobra (MPS) es:

$$MPS = \frac{141,1 - 73,5}{141,1} \times 100 = 47,9\%$$

El margen de protección para sobretensiones por rayo (MPI), de acuerdo al pararrayo seleccionado su característica mayor de tensión de arqueo es 110 kV, por lo que:

$$MPI = \frac{170 - 110}{170} \times 100 = 35,3\%$$

2.6 Diseño del Sistema de Aterramiento

El sistema de aterramiento del nuevo sistema eléctrico Profundización Mina, estará compuesto por:

- Malla de tierra para la SE. Principal Almirvilca 2x2MW-33/4,16kV
- Malla de tierra "remota" externa, para todas las SE. de distribución de interior mina. Dicha malla estará ubicada a 80 m de la primera.

Debido a la igualdad de los terrenos donde estarán ubicadas las dos mallas del sistema, se realizara un único diseño para ambas.

Para la malla externa remota, se correrá un cable mensajero de cobre desnudo de 35 mm², el cual unirá la malla con todas las subestaciones de distribución de la red primaria

2.6.1 Consideraciones Básicas Generales

El Sistema de Puesta a Tierra del sistema eléctrico de Profundización Mina, debe proveer un punto para poner a tierra los diferentes sistemas asociados y además debe cumplir los requerimientos adicionales que a continuación se indican:

- a) Se debe tener una resistencia de aterramiento lo suficientemente baja como para las corrientes de falla a tierra, asegurando el funcionamiento satisfactorio de los relés de la subestación Almirvilca.
- b) La gradiente de potencial dentro y cerca de la subestación deberá ser tal que ante la ocurrencia de una falla a tierra, tanto la “tensión de paso” como la “tensión de toque” se limiten a valores seguros para no causar fibrilación.
- c) El sistema de puesta a tierra debe ser diseñado de tal manera que las partes no conductoras de los equipos eléctricos (por ejemplo: armaduras y vainas de cables de baja tensión y de control) no sean sometidas a fuertes corrientes de falla.
- d) El sistema de puesta a tierra debería ser capaz de transportar la corriente máxima de falla a tierra, sin que se produzca sobrecalentamiento, daño mecánico o excesivo secado del suelo alrededor de los conductores o electrodos enterrados.

De todo lo que antecede se desprende que el problema de poner a tierra los diferentes componentes de la subestación puede dividirse en dos partes claramente definidas:

Asegurar que todo el sistema de puesta a tierra sea adecuado para las “tierras remotas”.

Asegurarse que las dos mallas de puesta a tierra de características adecuadas, se instalen en toda la subestación, de tal manera que las tensiones producidas en la malla de la subestación debido al flujo de la corriente de falla no produzca diferencias de potencial.

2.6.2 Resistividad del Terreno

Antes de efectuar cualquier cálculo sobre la puesta a tierra de la subestación, es esencial conocer la resistividad del terreno donde se ha ubicado la subestación, para lo cual se empleará el método de Wenner:

a) Datos del Terreno

Tipo de terreno	:	tierra pedregosa
Humedad del terreno	:	húmedo
Tránsito	:	medio
Fecha	:	14/01/1998
Hora	:	14:00 hrs

b) Determinación de la Resistividad Aparente

Se realizaron las mediciones de campo mostradas en el Tabla N°2.6.1, de las que se obtiene la curva ρ_x (Valor Medio), mostrada en el Figura N°2.6.2

Utilizando: $\rho=2\pi aR$

Distancia (m)	Valores medidos (Ω -m)				Valor Medio (Ω -m)	Desvío
	R(Ω)	ρ (Ω -m) Dirección 1	R(Ω)	ρ (Ω -m) Dirección 2		
2	38	477.52	37	464.96	471.24	-1.33%
4	23	578.05	24	603.19	590.62	2.13%
6	18	678.58	16	603.19	640.88	-5.88%
8	14	703.72	15	753.98	728.85	3.45%
16	10	1005.31	10	1005.31	1005.31	0.00%

Tabla N° 2.6.1 Mediciones de Campo

A continuación la curva ρ_x

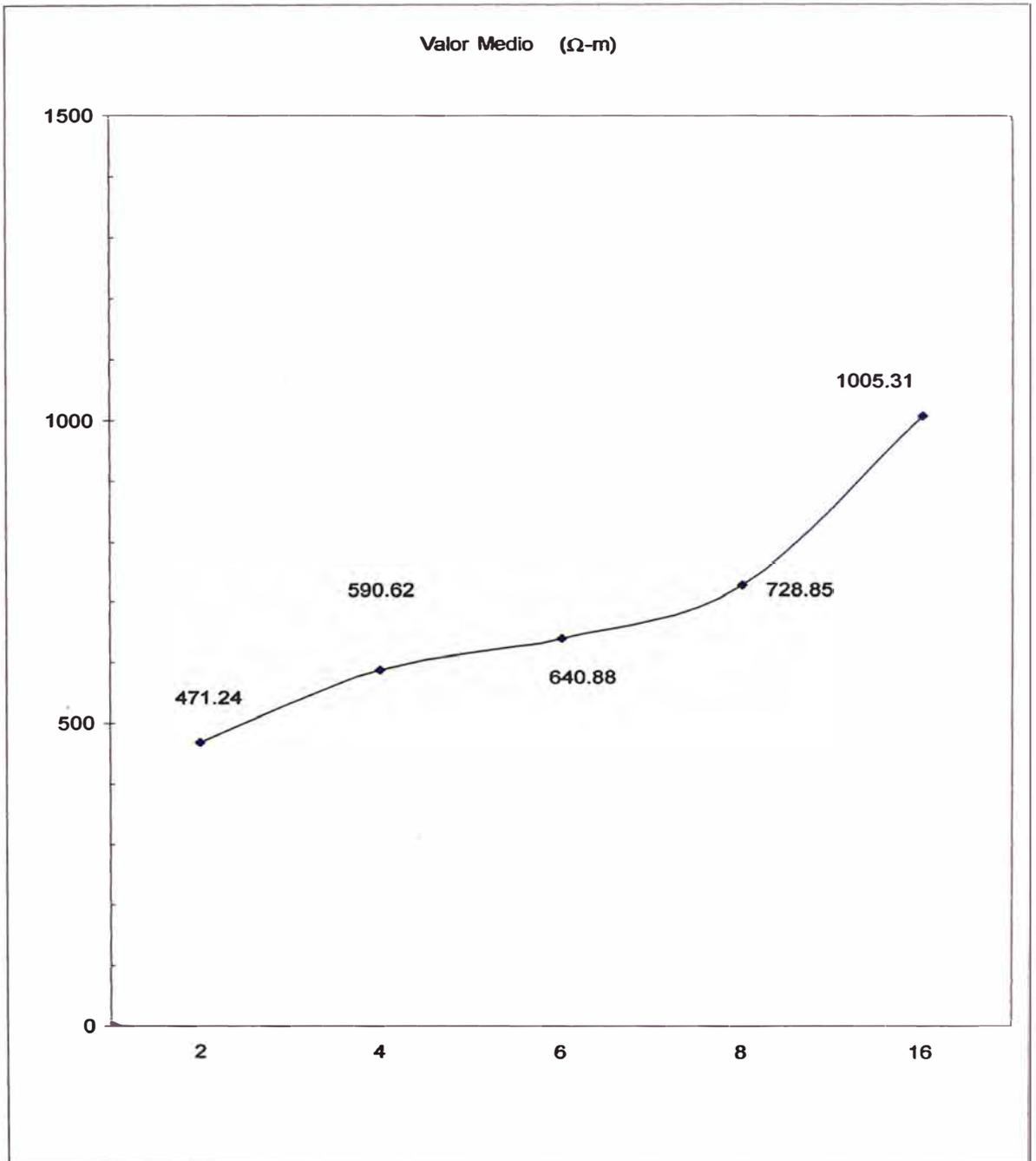


Figura 2.6.2 Curva ρ_x (Valor Medio)

c) Prolongando la curva se obtiene:

$$\rho_1 = 335 \Omega\text{-m}$$

d) Escogemos:

$$a_1 = 2\text{m y obtenemos } \rho(a_1) = 471,24 \Omega\text{-m}$$

Como la curva $\rho_x \times a$, es ascendente, K es positivo, entonces calculamos la relación:

$$\frac{\rho_1}{\rho(a_1)} = \frac{335}{471,24} = 0,7$$

e) Como K es positivo y con el valor de $\frac{\rho_1}{\rho(a_1)} = 0,7$ llevamos a la familia de

curvas teóricas de la figura N°2.6.3, procediendo a las lecturas de los respectivos K y (h/a), generándose la Tabla N° 2.6.4

f) Escogemos otra distancia:

$$a_2 = 4\text{m y obtenemos } \rho(a_2) = 590,62 \Omega\text{-m}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho(a_2)} = \frac{335}{590,62} = 0,57$$

Del mismo modo que el ítem anterior añadimos a la Tabla N° 2.6.4

A1 = 2m	$\rho_1/\rho_{a1} = 0,7$		a2 = 4m	$\rho_1/\rho_{a2} = 0,57$	
K	h/a (m)	h (m)	K	h/a (m)	h (m)
0,1	-	-	0,1	-	-
0,2	0.16	0.32	0,2	-	-
0,3	0.41	0.82	0,3	0.14	0.56
0,4	0.54	1.08	0,4	0.31	1.24
0,5	0.66	1.32	0,5	0.44	1.76
0,6	0.74	1.48	0,6	0.51	2.04
0,7	0.83	1.66	0,7	0.62	2.48
0,8	0.93	1.86	0,8	0.67	2.68
0,9	0.99	1.98	0,9	0.76	3.04
1,0	1.07	2.14	1,0	0.83	3.32

Tabla N° 2.6.4

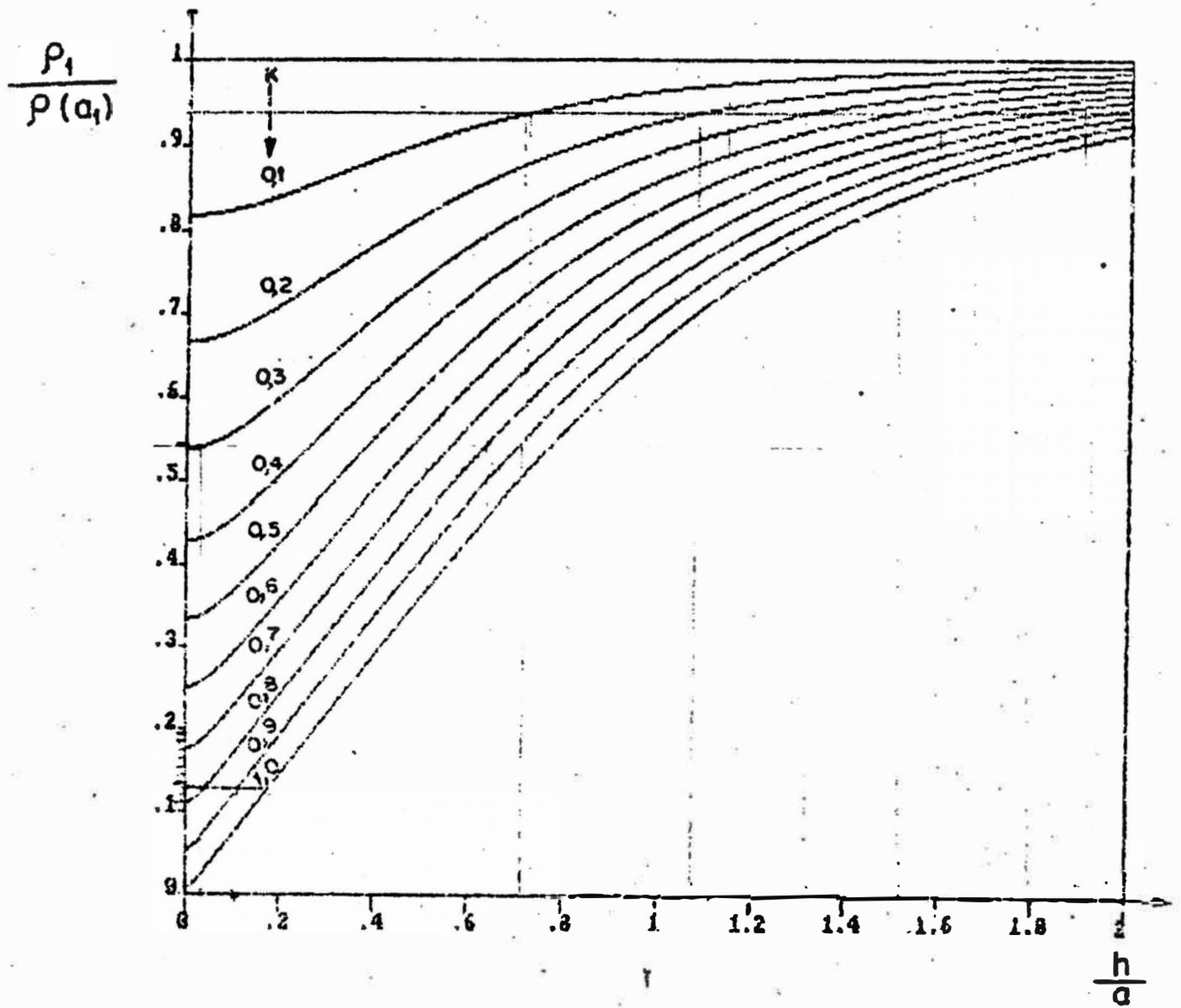
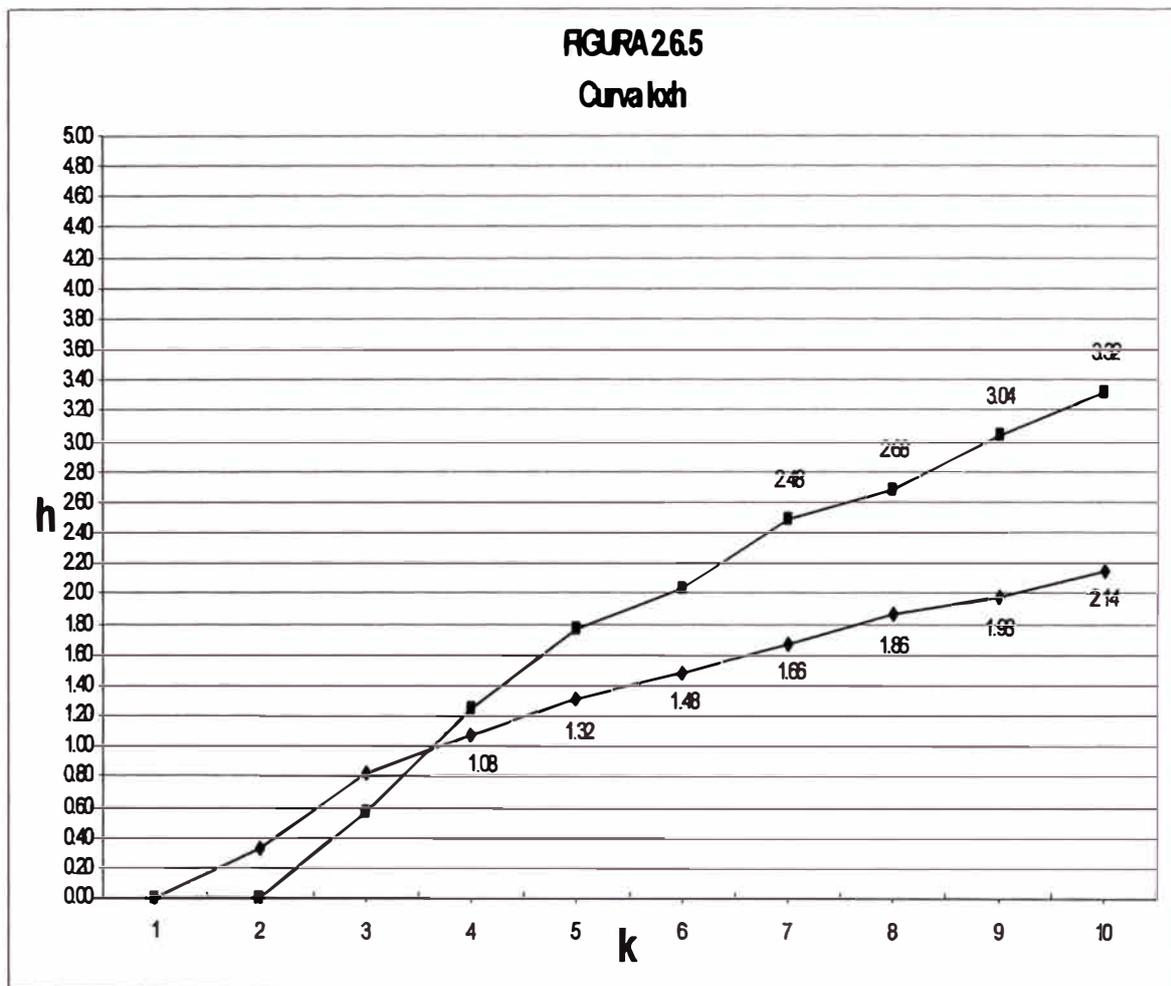


Figura 2.6.3



El punto de intersección de las curvas Kxh de la Tabla N°2.6.4, es:

$$K = 0,36$$

$$h = 0,94 \text{ m}$$

..... Ver Figura N° 2.6.5

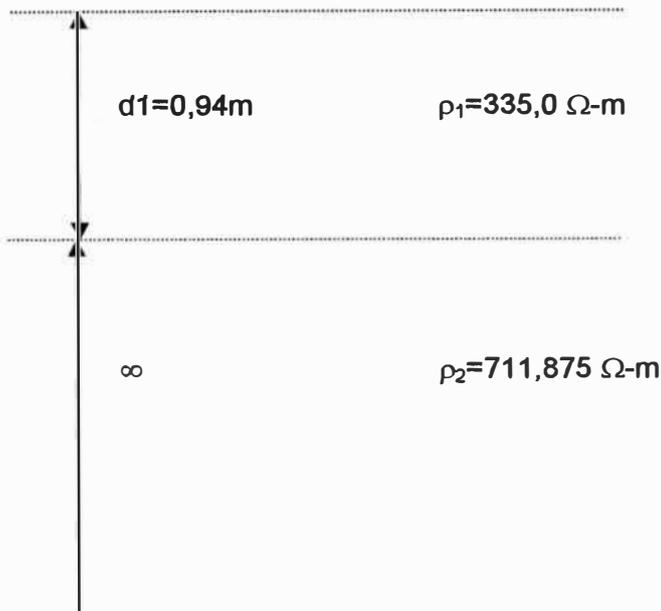
Luego:

$$\rho_2 = \rho_1 (1+K)/(1-K)$$

$$\rho_2 = 335 (1+0,36)/(1-0,36]$$

$$\rho_2 = 711,875 \Omega\text{-m}$$

Modelo equivalente del suelo 2 capas:



Cálculo de la resistividad aparente

$$\alpha = r/d_{eq}$$

$$r = A/D$$

Donde :

A = Area de la malla

$$r = \frac{10 \times 10}{\sqrt{10^2 + 10^2}} = 7,07$$

D = Diagonal

$$\alpha = \frac{7,07}{0,94} = 7,52$$

Deq = Distancia equivalente

$$\beta = \frac{\rho_{n+1}}{\rho_{eq}}$$

$$\beta = \frac{711,875}{335,0} = 2,125$$

Con $\alpha = 7,52$ y $\beta = 2,125$ encontramos $N = 1,2$ (Figura 2.6.6)

$$N = \frac{\rho_a}{\rho_{eq}}$$

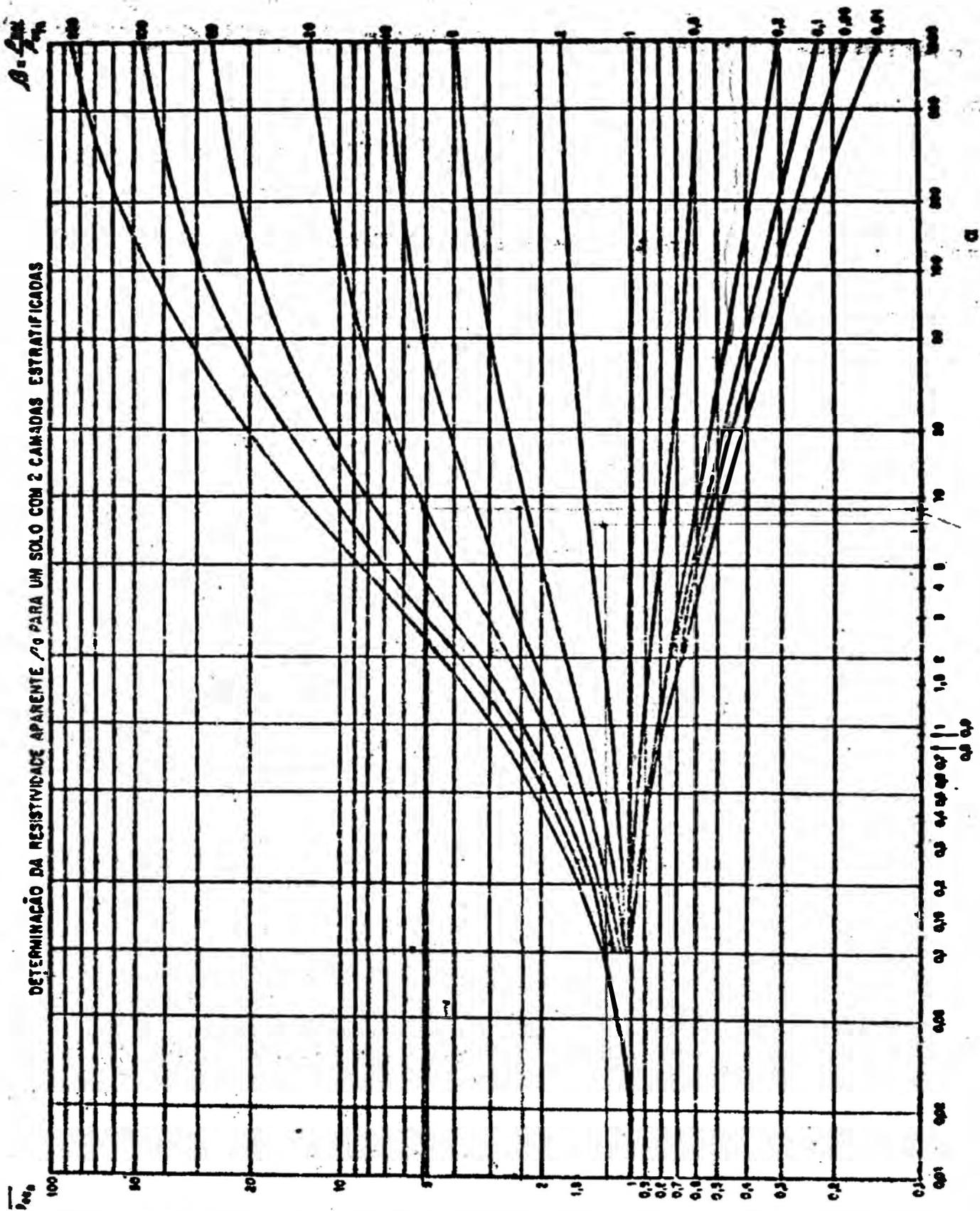


Figura 2.6.6

$$\rho_a = 1,2 \times 335,0$$

$$\rho_a = 402,0 \Omega\text{-m}$$

2.6.3 Malla de Aterramiento

Del plano de la Subestación

Datos :

- Resistividad superficial, $s = 3000 \Omega\text{-m}$ (piedra chancada)
- Icc max = 757,4 A (Cortocircuito Subtransitorio en la barra de 33kV, dado por Hidrandina, considerando el Sistema Interconectado Nacional)
- Tiempo de apertura del fusible = 0,3 s
- Área disponible para la malla = $10 \times 10 = 100 \text{ m}^2$
- Resistividad aparente del suelo = 402,0 $\Omega\text{-m}$
- Profundidad de la malla = 0,6m (valor adoptado para el proyecto)
- Capa de piedra = 0,2 m (valor adoptado para el proyecto)

2.6.4 Calculo de la Sección Mínima del Conductor de Aterramiento

El conductor de malla de tierra está dimensionado considerando los esfuerzos mecánicos y térmicos que él puede soportar. En cuanto al dimensionamiento térmico, utilizaremos la fórmula de Onderdonk, válida solamente para cables de cobre, que considera el calor de la corriente de cortocircuito restringido al conductor. Con esto se puede verificar si el conductor soporta los esfuerzos provocados por la elevación de temperatura.

$$I_{\text{defecto}} = 1974,72 \times S_{\text{min}} \times \sqrt{\frac{1}{33 \times t_{\text{apertura}}} \log\left(\frac{\theta_m - 25}{234 + 25} + 1\right)}$$

$$S_{\text{min}} = 4,81 \text{ mm}^2 \quad \text{para } \theta_m = 850^\circ\text{C} \text{ (soldadura exotérmica)}$$

$$S_{\text{min}} = 5,82 \text{ mm}^2 \quad \text{para } \theta_m = 450^\circ\text{C} \text{ (soldadura convencional)}$$

$$S_{\text{min}} = 7,21 \text{ mm}^2 \quad \text{para } \theta_m = 250^\circ\text{C} \text{ (juntas de bronce)}$$

Siendo $\theta_a = 25^\circ\text{C}$

Para el chequeo de la malla será considerado un cable de 70 mm², que soportará los efectos térmicos del cortocircuito y del movimiento del suelo.

2.6.5 Cálculo de los Máximos Potenciales Admisibles

$$K = \frac{\rho_a - \rho_s}{\rho_a + \rho_s} = \frac{402,0 - 3000}{402,0 + 3000} = -0,76367$$

$$C_s = \frac{1}{0,96} \left[1 + 2 \left[\frac{(-0,76367)}{\sqrt{1 + \left(\frac{2 \times 0,2}{0,08}\right)^2}} + \frac{(-0,76367)^2}{\sqrt{1 + \left(\frac{2 \times 2 \times 0,2}{0,08}\right)^2}} + \frac{(-0,76367)^3}{\sqrt{1 + \left(\frac{2 \times 3 \times 0,2}{0,08}\right)^2}} \right] \right]$$

$$C_s = 0,78883$$

$$V_{pm} = (1000 + 6 \times 0,78883 \times 3000) \frac{0,116}{\sqrt{0,3}}$$

$$V_{pm} = 3216,91 \text{ V}$$

$$V_{tm} = (1000 + 1,5 \times 0,78883 \times 3000) \frac{0,116}{\sqrt{0,3}}$$

$$V_{tm} = 594,23 \text{ V}$$

2.6.6 Definición de la Malla

$$ea = 0,5\text{m (típico)} \quad Na = 21$$

$$eb = 0,5\text{m (típico)} \quad Nb = 21$$

$$Lc = (21 \times 10) + (21 \times 10)$$

$$Lc = 420,0 \text{ m}$$

$$Lh = 70 \times 3,0$$

$$Lh = 210 \text{ m}$$

$$Lt = Lc + Lh = 630,0$$

Resistencia de aterramiento de la malla: R_m

La resistencia de aterramiento de la malla puede, aproximadamente, ser calculada por la fórmula de Sverak, esta fórmula toma en cuenta la profundidad en que la malla es construida.

$$R_m = \rho_a \times \left[\frac{1}{L_t} + \frac{1}{\sqrt{20 \times A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h \times \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

$$R_m = 402 \times \left[\frac{1}{630,0} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 10 \times 10}} \left(1 + \frac{1}{1 + 0,6 \times \sqrt{\frac{20}{10 \times 10}}} \right) \right]$$

$$R_m = 16,71 \Omega$$

Chequeo del potencial máximo de malla:

Tensión de toque máximo:

$$V_{tm} = R_m \times I_m$$

$$V_{tm} = 16,71 \times 757,4$$

$$V_{tm} = 12659,46 \text{ V}$$

$$12659,46 \text{ V} > 594,23 \text{ V}$$

Por lo tanto, debe ser realizado chequeo de los potenciales de la malla.

2.6.7 Cálculo de los Potenciales Durante una Falla.

El potencial de malla (V_m) es definido como el potencial de toque máximo, encontrado dentro de una submalla de la malla de tierra, cuando la máxima falla fase-tierra. En una malla de tierra, la corriente de defecto, descarga preferentemente por los bordes de la malla, esto debido a la interacción entre conductores en el interior de la malla que fuerzan la corriente de descarga para las fronteras de la malla. Así el potencial de malla máximo se encuentra en los cantos de la malla y puede ser calculado por la siguiente expresión:

$$V_m = \frac{\rho_a \times K_m \times K_i \times I_m}{L_t}$$

Donde k_m es definido como el coeficiente de malla, que condensa la influencia de la profundidad de la malla, diámetro de conductor y del espaciamiento entre conductores.

Su valor es dado por la expresión:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{e^2}{16hd} + \frac{(e+2h)^2}{8ed} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2N-1)} \right) \right]$$

Luego:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{(0,5)^2}{16 \times 0,6 \times 0,0107} + \frac{(0,5+2 \times 0,6)^2}{8 \times 5,0 \times 0,0107} - \frac{0,6}{4 \times 0,0107} \right) + \frac{1}{\sqrt{1+\frac{0,6}{1}}} \ln \left(\frac{8}{\pi(2 \times 21-1)} \right) \right]$$

$$k_m = 0,291$$

$$K_i = 0,656 + 0,172 \times 21 = 4,268$$

$$V_m = \frac{402 \times 0,291 \times 4,268 \times 757,4}{420,0 + 1,15 \times 210}$$

$$V_m = 571,3 \text{ V}$$

571,3 V < 594,23 V La configuración adoptada está adecuada.

2.6.8 Chequeo del potencial de paso en las cercanías.

Se realizará el cálculo del mayor potencial de paso que surge en la superficie de la malla, cuando ocurre un máximo defecto fase-tierra.

$$K_p = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \times 0,6} + \frac{1}{0,5+0,6} + \frac{1}{2} (1 - 0,5^{(21-2)}) \right]$$

$$K_p = 1,191$$

$$K_i = 0,656 + 0,172 \times 21 = 4,268$$

$$V_{psm} = \frac{402,0 \times 1,191 \times 4,268 \times 757,40}{420 + 1,15 \times 210}$$

$$V_{psm} = 2340,18 \text{ V}$$

2340,18 < 3216,91 V La configuración adoptada esta adecuada.

2.6.9 Chequeo del Potencial de Toque en la Cerca

$$V_c = \frac{\rho_a K_c K_i I_m}{L_c + 1.15 L_h}$$

$$K_c = K_{c(x=0)} - K_{c(x=1)} = 1,1557 - 1,0532 = 0,1895$$

$$V_c = \frac{402,0 \times 0,1895 \times 4,268 \times 757,40}{420,0 + 1,15 \times 210}$$

$$V_c = 371,3 \text{ V}$$

$$371,3 < 594,23$$

Conclusión:

La malla de aterramiento de la S.E. Almirvilca debe ser construida, conteniendo contrapesos de cobre desnudo de 70 mm² de 3,0 m cada una. Los cables deberán ser enterrados a una profundidad de 0,60 m y toda el área de la Subestación debe contener una cobertura superficial de 0,20m de piedra.

CAPÍTULO III

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO

Este capítulo servirá para detallar las principales especificaciones técnicas de suministro que deberá cumplir el equipamiento de la Subestación Principal. De tal modo que se garantice una operación rentable, confiable y segura.

3.1 Especificaciones Técnicas Generales

3.1.1 Alcances

El propósito de este ítem es dar los requerimientos técnicos generales aplicables a los equipos mencionados en las presentes Especificaciones.

Todos los equipos y suministros deben diseñarse de acuerdo a la práctica moderna y aceptable de ingeniería. Todos los cálculos deben basarse en métodos aceptados y normalizados. Todos los equipos y materiales deberán diseñarse considerando adecuadamente cargas y esfuerzos no previstos, por ejemplo durante el transporte, montaje, etc. De igual forma el diseño debe considerar adecuadamente los requerimientos para su fácil operación, mantenimiento y reemplazo de las partes dañadas, así como una larga vida de servicio bajo las condiciones prevalecientes en el Área de la Obra. Toda la información relacionada con suministros debe basarse en el Sistema Internacional de Unidades.

3.1.2 Normalización de Equipos

Tanto como sea posible deben adoptarse las medidas necesarias para normalizar ciertas partes del equipo, que se instalarán en el presente proyecto, con la finalidad de facilitar el stock de repuestos, mantenimiento, reemplazo, intercambiabilidad etc.

Todas las escalas indicadoras en los instrumentos deben estar escritas en castellano y en el Sistema Internacional de Unidades (SI)

3.1.3 Ruido

El nivel del ruido causado por los equipos instalados, cuando operan, no debe exceder los valores prescritos en la norma NEMA.

3.1.4 Condiciones de Operación de los Equipos

a. Condiciones ambientales y climatológicas

Todos los equipos, aparatos, estructuras, bases y materiales, solos o en conjunto deberán ser diseñados y fabricados para las siguientes características:

Temperaturas Ambientales

-	Temperatura máxima	:	18 °C
-	Temperatura mínima	:	-3 °C
-	Salas de Control y Mando, interior	:	20 °C
-	Otros ambientes, interior	:	20 °C
-	Ambiente exterior	:	Acido

Humedad Relativa

-	Media	:	75 %
---	-------	---	------

	Precipitación Pluvial Media Anual	:	1432 mm
--	-----------------------------------	---	---------

Velocidad del Viento

-	Extremo referencial	:	60 km/h
-	Dirección de procedencia predominante:	:	Oeste

	Altitud	:	3900 msnm
--	---------	---	-----------

	Contaminación	:	Ambiente ácido por su Cercanía a la mina.
--	---------------	---	-------------------------------------------

En vista de que los aisladores de paso de los equipos deberán ser lavados en caliente, bajo condiciones de servicio, las uniones selladas de los equipos deberán ser a prueba de agua.

b. Sismicidad

Todos los equipos y materiales a suministrarse deberán estar diseñados para soportar fuerzas sísmicas de las siguientes características:

-	Aceleración en cualquier dirección horizontal:	:	0.5 g
-	Aceleración en dirección vertical	:	0.2 g
-	Frecuencia de oscilaciones	:	igual frecuencia del

equipo.

c. Servicios Auxiliares

- Corriente Alterna (3 ϕ , 1 ϕ) 440/220/110 Vca

3.1.6 Idiomas, Unidades y Dimensiones

El formato de los planos será el identificado A0, A3 ó A4

Todos los planos e información entregados, serán escritos en español.

Las unidades de medida serán en el Sistema Internacional (S.I.) o en el Sistema Métrico Decimal.

Las dimensiones que aparecen en los planos serán consideradas como correctas aunque las mediciones con escalímetro difieran en ellas.

3.2 Especificaciones Técnicas Particulares

3.2.1 Objeto

Las especificaciones técnicas particulares están referidas específicamente a las características técnicas de construcción y operación requeridas para cada uno de los equipos electromecánicos del presente proyecto, los cuales deberán cumplirse a cabalidad durante el proceso de suministro, montaje y pruebas de recepción.

3.2.2 Valores Garantizados

Para cada suministro del presente proyecto, el Postor deberá llenar completamente las tablas de características técnicas garantizadas, en la columna de ofrecidos, entendiéndose que éstas serán de cumplimiento obligatorio. Esto garantizará la calidad final de la obra de acuerdo a los diseños de ingeniería.

3.2.3 Calidad del Material

Todo el material utilizado será nuevo, de la mejor calidad y de la clase más adecuada para trabajar bajo las condiciones especificadas; además, resistirá las variaciones de temperatura y condiciones atmosféricas que surjan bajo condiciones de trabajo, sin deformaciones o deterioros, sin producir tensiones indebidas en cualquier parte y también sin afectar la resistencia y adaptabilidad de las diversas piezas para el trabajo que deben efectuar.

3.3 Especificaciones Técnicas de los Cables Eléctricos

3.3.1 Objetivo

El objetivo de esta especificación técnica, es definir las condiciones de suministro de los tipos de conductores, necesarios para la instalación de la Subestación principal, el sistema de puesta a tierra y el cable de interior de mina.

Dichos cables cuentan con las normas de fabricación Itintec.

3.3.2 Características Técnicas

a. Cable aéreo

- Norma de fabricación : ITINTEC 340.042
- Tipo : Concéntrico, temple duro
- Calibre : 35 mm²
- N° de hilos : 7
- Diámetro de hilo : 2.52 mm
- Diámetro del conductor : 7.6 mm
- Peso : 317 kg/Km
- Resistencia eléctrica : 0.524 ohm/Km.
- Resistencia de tracción : 13.6 KN
- Capacidad de corriente : 229 Amp.

b. Cable para malla a tierra

- Norma de fabricación : ITINTEC 370.042
- Tipo : Concéntrico, temple blando
- Calibre : 70 mm²
- N° hilos : 19
- Diámetro de hilo : 2.14 mm
- Diámetro del conductor : 10.7 mm
- Peso : 620 Kg/Km
- Resistencia eléctrica : 0.268/km
- Resistencia de tracción : 27 KN
- Capacidad de corriente : 348 Amp.

FUTURO). Sellado hermético, con todos sus accesorios completos para su instalación completa. Para poder entregar en el secundario en funcionamiento normal y continuo, la potencia nominal especificada, estando el conmutador en cualquiera de sus tomas.

b. Condiciones Particulares y de Operación

c.1 Se debe garantizar que el transformador es capaz de suministrar la potencia especificada en todas sus tomas de regulación.

c.2 El transformador incluido todo su equipo de refrigeración deberán funcionar con un nivel de ruido de 70 dB como máximo.

c.3 La fabricación de las piezas deberá ser hecha con dimensiones precisas, garantizando su intercambiabilidad.

3.4.3 Características Eléctricas del Transformador Principal

a. Niveles de aislamiento

Lado	Tensión nominal kV	Tensión máxima de servicio KV	Resistencia a la sobretensión frecuencia industrial 1min KV	Resistencia a la sobretensión de onda de impulso KV
M.T.	33	36	70	200
B.T.	4,16	5	22	75

b. Potencia nominal (MVA)

Lado	ONAN
M.T.	1
B.T.	1

c. Altitud de servicio

4000 m.s.n.m.

c. Frecuencia nominal (Hz)

60Hz

d. Relación de transformación en vacío

$33 \pm 2 \times 2,50\% / 4,16 \text{ kV}$

e. N° de terminales

Lado de MT. : 3

Lado de BT. : 3

f. Esquema conexión lado M.T.

Triángulo con cuatro tomas suplementarias conmutables en vacío.

h. Esquema conexión lado B.T.

En Estrella

i. Capacidad de sobrecarga

La unidad deberá ser diseñada de acuerdo con las capacidades de sobrecarga dadas en las normas CEI. Publicación 354 (1972).

j. Grupo de conexión

Dy5

3.4.4 Requerimientos de Diseño

a. Eficiencia

El transformador deberá ser de la más alta eficiencia y mínimas pérdidas.

b. Impedancia Equivalente de Cortocircuito

El valor de la impedancia de cortocircuito del transformador deberá estar de acuerdo a las normas CEI.

c. Límites de Calentamiento

El calentamiento de los arrollamientos de aceite y de los circuitos magnéticos del transformador, no excederán los siguientes valores:

- Calentamiento del aceite en la parte superior (medición del termómetro) 60°C
- Calentamiento de los arrollamientos (medición por variación de resistencia) 65°C

Las temperaturas ambientes a tomar en consideración son las siguientes:

Temperatura Máxima	18 °C
Temperatura Media	14 °C
Temperatura Mínima	-3 °C

d. Ruido

El conjunto de suministros es previsto de tal manera que el nivel de ruido en funcionamiento normal sea conforme a las prescripciones de las Norma NEMA Publicación ERI. 1962.

e. Corriente de excitación en vacío

La corriente de excitación en vacío a tensión y frecuencia nominales será lo más pequeña posible.

f. Exigencias Mecánicas

El transformador será capaz de resistir sin peligro sobre cualquier toma y en las condiciones de servicio, los esfuerzos electromagnéticos causados por corrientes de cortocircuito.

El núcleo magnético, las estructuras de ajuste del núcleo y la cuba deberán estar puestas firmemente a tierra. La conexión a tierra se podrá soltar para retirar el núcleo.

Se deberá proveer asas de izado para levantar el núcleo y arrollamientos sin someterlos a esfuerzos que puedan dañarlos.

El núcleo deberá ser construido en ejecución tipo columnas con chapas delgadas de hierro magnético al silicio de grano orientado laminado en frío. La tapa se emperna al tanque principal. El transformador se equipará con tanque de expansión y radiadores desmontables.

g. Exigencias Térmicas

El transformador será capaz de resistir sin peligro sobre cualquier toma y en condiciones de servicios, los efectos térmicos causados por corrientes de cortocircuito en los bornes de cualquier arrollamiento durante los siguientes períodos de trabajo:

- Dos segundos si el valor eficaz de la corriente de cortocircuito es superior a 20 veces la corriente nominal.
- Tres segundos si el valor simétrico de la corriente de cortocircuito es igual o inferior a 20 veces la corriente nominal.

3.4.5 Requerimientos de Construcción

a. Tanque y estructura inferior

- El tanque será de una estructura de planchas de acero soldadas, y además resistirá y mantendrá en forma continua un vacío de 750 mm.
- de Hg. Si fuera necesario, las uniones selladas que se necesiten ser soldadas en el sitio, serán reforzadas con otros materiales.

- El transformador será provisto de una válvula de descarga a fin de descargar el aceite en caso de un incremento anormal de la presión interior. Esta descarga se efectuará en dirección al suelo.
- Todos los flujos de aceite y de gas generados bajo condiciones de falla serán concentrados en el relé de presión Buchholz.
- El tanque estará provisto de las válvulas necesarias para el vaciado y toma de muestras de aceite.
- Los arrollamientos serán diseñados de tal forma que la distribución inicial de potencia causadas por las ondas viajeras de impulso resulte tan uniforme como sea posible, a fin de evitar oscilaciones de potencia y soportar las sobretensiones producidas durante la operación de los interruptores.

b. Sistema de conservación de aceite

El Transformador estará provisto de un sistema en el cual el aceite estará aislado del aire exterior. Este sistema de preservación del aceite será en principio un tanque de expansión del tipo diafragma con respiradero deshidratante, lleno de cristales de sílica –gel y ventanilla de observación, el cual estará situado a una altura que facilite su inspección. Asimismo se suministrará un (01) indicador de nivel de aceite en dicho tanque.

c. Sistema de enfriamiento

Como ya se indico, el sistema de enfriamiento del transformador será:
ONAN

El equipo de enfriamiento del transformador consiste en sus radiadores, válvulas y será suministrado completo con todos sus detalles. (Se preverá la instalación en le futuro de ventiladores)

d. Detector de temperatura

Se instalará un detector de temperatura en el transformador en un punto donde se anticipe la máxima temperatura del aceite. Estos detectores serán en principio, del tipo de imagen térmica.

e. Dispositivos de protección

e.1 Fallas internas en el transformador

El transformador estará equipado con un relé de presión tipo de Buchholz a fin de detectar las fallas internas del transformador.

Este relé será del tipo de doble flotador y contactos de alarma y desconexión. Además tendrá un elemento de bloqueo a fin de evitar que el relé actúe en caso de sismo.

e.2 Temperatura

El transformador contará con un termómetro a fin de medir la temperatura del aceite aislante y de preferencia será del tipo dial y montado en un lugar conveniente para la inspección. El termómetro tendrá doble aguja: una aguja indicadora normal y una aguja roja indicadora de máxima, con previsiones para realizar ajuste. Deberá así mismo tener contactos de alarma y desconexión cuando la temperatura alcance los límites fijados.

e.3 Nivel de aceite

El transformador contará con indicadores de nivel de aceite provistos con contactos de alarma y desconexión cuando este nivel baje a ciertos límites que hagan peligrar el funcionamiento del transformador.

e.4 Relé de Imagen térmica

El transformador estará provisto de un relé de imagen térmica el cual contará con tres juegos de contactos ajustables, los que se usarán automáticamente en

secuencia de aumento de temperatura de los arrollamientos y que se abrirán ante la secuencia inversa con la disminución de la temperatura.

Funciones

Contacto 1: Arranque y parada de los ventiladores.

Contacto 2: Alarma por exceso de temperatura.

Contacto 3: Desconexión por máxima temperatura.

f. Aceite para el transformador

El aceite aislante a ser suministrado será del tipo de aceite mineral refinado, se proveerá de la cantidad necesaria mas 5% del volumen neto del aceite. El aceite aislante será Shell Diala D.

3.4.6 Accesorios

El transformador incluirá entre otros, los siguientes accesorios:

- Tanque conservador de aceite, con indicador de nivel provisto de contactos de alarma y desconexión.
- Desecador de aire
- Relé de imagen térmica con contactos de desconexión.
- Termómetro indicador de temperatura de aceite con contactos de alarma y desconexión.
- Relé Buchholz para el transformador con contactos de alarma y desconexión.
- Dispositivo para detección de fallas en el conmutador a escalones y en su mecanismo de operación.
- Válvula de seguridad
- Válvula de filtrado.
- Válvula para el vaciado y muestreo de aceite
- Cáncamos de suspensión para todo el transformador.
- Anillos para la suspensión de la cubierta.
- Anillos de tracción.
- Ruedas orientables (bidireccionales)
- Ganchos para el traslado longitudinal
- Bornes de puesta a tierra.
- Placa de características.

a. De la Placa de Características

El transformador tendrá una placa de datos con inscripciones en español, situada en un lugar visible y contendrá como mínimo la siguiente información:

- Nombre del fabricante
- Tipo y serie del equipo
- Relación de Transformación en términos de Tensión Primaria, Secundaria.
- Temperatura de trabajo.
- Clase de aislamiento.
- Tipo de refrigeración.

- Potencia Nominal Continua
- Corriente expresada en amperios de los lados de alta, media y baja tensión.
- Grupo de conexión
- Tensión de cortocircuito
- Frecuencia
- Peso sin aceite
- Peso Total
- Altura de trabajo

3.4.7 Pruebas

Las pruebas se realizarán según las normas CEI y tendrán lugar en los laboratorios del fabricante.

a. Pruebas de Rutina

Las pruebas de rutina serán realizadas de acuerdo a las especificaciones contenidas en las normas C.E.I. Publicación 76.

a.1 En el Transformador

Inspección General.

Medida de la resistencia de los arrollamientos.

Medida de la relación de transformación.

Control del grupo de conexión.

Medida de la tensión de cortocircuito.

Medidas de las pérdidas de cortocircuito.

Medidas de las pérdidas y de la corriente en vacío.

Ensayo de la tensión inducida.

Ensayo de tensión aplicada.

a.2 En los Accesorios del Transformador

Prueba del Sistema de Enfriamiento

Prueba de operación del conmutador de regulación.

Prueba de los dispositivos de medida de temperatura.

Prueba del relé Buchholz.

Prueba de las características de los transformadores de corriente.

Pruebas dieléctricas del aceite aislante.

b. Pruebas Tipo**b.1 Pruebas de Calentamiento**

a. Medida de la temperatura de los arrollamientos.

b. Medida de la temperatura del aceite.

b.2 Pruebas de Tensión de Impulso

Se aplicará a la unidad suministrada, posteriormente a la prueba de calentamiento. Si el transformador no resistiera la prueba de impulso se rechazará dicho transformador debiendo el Fabricante efectuar la fabricación de uno nuevo, el que se someterá a las mismas pruebas anteriores.

3.4.8 Tolerancias

En el siguiente cuadro se dan las tolerancias mínimas que se deben exigir al fabricante, coinciden con las tolerancias dadas por ITINTEC 370.002.

a. Condiciones técnicas generales

El conjunto del suministro será provisto, calculado y construido de manera de cumplir con las características de la siguiente especificación.

b. Tipo

Los seccionadores de 34,5 kV serán tripolares para servicio exterior, del tipo rotativo y para montaje horizontal.

c. Características eléctricas, seccionadores de potencia 34,5 kV

- Tensión nominal	33 kV.
- Frecuencia nominal	60 Hz.
- Clase de tensión	38 kV.
- Corriente nominal	1250 A.
- Corriente momentánea (valor de cresta)	40 kA.
- Corriente de corta duración (1 seg.)	16.5 kArms.
- Nivel básico de impulso (BIL)	220 kV.
- Número de polos	3 (tres)

d. Requerimiento de diseño y construcción

d.1. Contactos

Los contactos de las cuchillas deberán tener recubrimiento de plata y las cuchillas serán de metal altamente conductivo, no ferroso y no corrosivo con tratamiento de temple duro.

d.2. Aisladores de soporte

Los aisladores de soporte de los seccionadores deberán ser de porcelana y tener suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos debidos a las operaciones de apertura y cierre, así como las debidas a sismos.

Los aisladores deberán ser diseñados para un ambiente contaminado, para instalación exterior.

e. Accesorios

- Placa de identificación
- Lámparas o indicadores de posición
- Dispositivo de bloqueo
- Terminales de tierra

f. Controles y Pruebas

f.1. Pruebas tipo

Se trata en particular de las pruebas siguientes:

- Prueba de choque con onda 1/50 s.

De los seccionadores en posición abierta y cerrada y con los seccionadores de tierra en posición abierta.

- Prueba de resistencia en seco a 60 Hz durante 1 minuto de los seccionadores.
- Prueba de resistencia bajo lluvia a 60 Hz durante 1 minuto de los seccionadores.
- Medición de la resistencia de los circuitos principales.
- Capacidades de resistencia a las corrientes de cortocircuito.

f.2. Pruebas individuales

Para los seccionadores, comprenderán en particular:

- Prueba de resistencia en seco a la frecuencia industrial.
- Medición de la resistencia de los circuitos principales.
- Prueba de resistencia de los circuitos auxiliares.
- Prueba para comprobar el buen funcionamiento.
- Control de calidad de las protecciones de las superficies.

3.5.2 Celda Metálica Autoportada 4,16kv

Celda metálica autoportada Metal-Enclosed, hermético, protección IP52, a prueba de polvo y caída de agua vertical según IEC 529, constituida por una estructura de plancha de hierro LAC de 3mm de espesor con cinco dobleces a fin de formar una estructura rígida. Esta estructura está totalmente recubierta por paneles metálicos entornillados, fabricados con plancha LAF, de 2mm. De espesor.

Antes de ser pintadas, todas las superficies metálicas son sometidas a un proceso de fosfatizado en caliente, pintadas con dos capas de base anticorrosiva y como acabado dos capas de pintura epóxica de color gris claro.

Provisto de sistemas de barras soportados por aisladores de resina epóxica dimensionados para soportar los esfuerzos electromecánicos producidos por las corrientes de cortocircuito.

Características Técnicas:

Tensión de Aislamiento:	7,2 kV
Tensión de Servicio:	4,16 kV
Frecuencia:	60 Hz
Accesorios:	Barra de tierra, Portaplano, Cáncamos de izaje, Rótulos acrílicos

3.5.3 Seccionador de Potencia 12 Kv Nalf

Este seccionador irá instalado en el interior de la celda metálica autosoportada Metal-Enclosed. Ira a la salida del transformador principal 4,16kV y servirá para eliminar las fallas de la red 4,16kV en interior Mina.

El seccionador de potencia será tripolar NALF ABB 12 kV, 400 A. Uso interior, provisto de tres bases portafusibles y equipado con bobina de disparo 2NA+2NC. Los fusibles de protección serán de 200 A, 10kV

Características Técnicas:

Tensión nominal:	12 kV
Corriente nominal:	400 A
Poder de ruptura:	50 kA
NBI:	75 kV
NBS:	35 kV

3.5.4 Seccionador Fusible Tipo Cut Out 36 Kv

Este seccionador fusible ira instalado sobre una viga soporte encima del transformador principal para su protección contra cortos circuitos y sobrecargas.

Características Técnicas:

Tensión nominal:	36 kV
Corriente nominal:	200 A
Poder de ruptura:	10 kA
NBI:	170 kV
Fusible chicote:	25 A
Marca	Chance

3.6 Especificaciones de los Equipos de Control, Protección Y Medición

3.6.1 Objeto

La presente sección tiene por objeto describir los requisitos técnicos que debe cumplir el diseño, la fabricación, las pruebas y la entrega de los tableros de Control, Protección y Medición de la Subestación Principal, con su correspondiente documentación técnica.

3.6.2 Características Técnicas de los Equipos en BT

a. Tablero de Medición y Protección 220V

Será un gabinete metálico de ejecución autosoportado, fabricado en base a perfiles de acero preformados y planchas de fierro de 5/64" de espesor, para servicio interior. Con protecciones laterales, posterior, puerta frontal y cerradura tipo cremona. Superficies metálicas con tratamiento anticorrosivo mediante accionador de metales, con dos capas de pintura anticorrosiva y dos capas de acabado en esmalte al horno.

Conexionado de barras de cobre electrolítico de alta conductividad.

b. Circuito de medición de Salida 4160V

Analizador de redes Power Measurement MOD. 7300 ION, para las siguientes indicaciones:

- Voltaje de fase y promedio
- Corriente de fase y promedio
- Potencia activa por fase y total
- Potencia reactiva por fase y total
- Potencia aparente por fase y total
- Factor de potencia por fase y total
- Frecuencia
- Desbalance de voltaje
- Desbalance de corriente

El tablero delantero del 7300 ION proporciona los datos locales desplegados, así como el arreglo básico y capacidades para la configuración. Ofrece una pantalla de cristal líquido de leído fácil (LCD) con el contraste ajustable, retroiluminación programable y desplazamiento de la pantalla automático.

c. Relé ABB SPAJ 110C

El relé de falla a tierra SPAJ 110 C ha sido diseñado para ser usado para la protección de falla a tierra selectiva, o primaria o protección de respaldo, en sistemas de potencia sólidamente aterrados o de baja resistencia de tierra.

El relé dos estados de protección: Un overcurrent de bajo-juego $I_{0>}$ y un overcurrent del alto-juego $I_{0>>}$. La fase de bajo-juego opera con la característica de tiempo definido o con la característica de tiempo inverso, mientras la fase del alto-juego sólo opera con la característica de tiempo definido. El relé de falla a tierra es usado como protección primaria y como respaldo de falla a tierra en ambos casos para feeders, transformadores, generadores y motores.

d. Borneras

En la parte inferior del Tablero se dispondrán de suficientes bornes, los cuales estarán segregados considerando borneras en forma separada para las conexiones hacia los equipos del patio, así como hacia el Tablero de Control. Se deberá prever también Borneras de pruebas para los circuitos de los Relés, tanto para los transformadores de medida como para los circuitos de disparo.

Las Borneras terminales serán adecuadas a los cables de control, que serán del tipo apantallado, de los siguientes calibres:

- Circuito de tensión 4.0 mm²
- Circuito de corriente 6.0 mm²
- Circuito de control 2.5 mm²
- Circuito de Fuerza 4.0 mm²

e. Cableado

Todo el cableado será efectuado con cable de cobre, tipo flexible, debiendo estar todos los puntos de los circuitos conectados a un borne. Los cables serán de aislamiento EPR y los calibres mínimos a ser empleados en el cableado interno serán los siguientes:

- Circuito de tensión 1.5 mm²
- Circuito de corriente 2.5 mm²

- Circuito de control 1.5 mm²
- Circuito de Fuerza 2.5 mm²

Se deberá prever un cableado separado para los circuitos de fuerza, correspondiente a la iluminación que será controlada por interruptores de puerta, así como calentadores controlados por termostatos.

f. Software de Programación y Pruebas de los Relés

Los Relés de Protección deberán venir acompañados del correspondiente Software de Programación y Calibración de los Relés. De ser necesarias unidades de memoria adicionales para tal fin, estas serán incluidas en el suministro. Se debe considerar el Software completo, con su respectivo manual en español

g. Accesorios para prueba de los Relés

Los tableros de protección deberán venir acompañados de los correspondientes accesorios de prueba de los relés, con todos sus cables y enchufes.

h Puntos a ser especificados en la oferta

El Contratista debe especificar, en forma detallada, el funcionamiento de las siguientes características de su protección:

- Autodiagnóstico
- Localizador de fallas
- Registro de fallas
- Registro de eventos
- Función de pérdida de medida
- Función de alimentación débil (Weak In Feed)

Se deberá suministrar la información técnica necesaria y sustente las características de su equipamiento.

i. Documentos a ser entregados por el Contratista

Toda la información a ser proporcionada por el Contratista deberá ser en idioma español e inglés. El Contratista entregará para aprobación, antes de la fabricación del tablero, 03 juegos de la siguiente información:

- Plano de Tablero de Protección, conteniendo los circuitos funcionales de los mismos.

- Diagramas de Borneras previstas.
- Listas de componentes.
- Descripción detallada del funcionamiento de los componentes.
- Listas de Rótulos, indicando las leyendas a ser impresas en idioma español. No se aceptará leyendas en otro idioma.
- Diagrama de borneras, en formato A3 ó A4.
- Listas de componentes, en formato A3 ó A4.
- Lista de rótulos, indicando las leyendas en idioma español.
- Protocolos de pruebas en fabricación.
- Disquetes y Software de Programación y Calibración. (un conjunto)

3.6.3 Pararrayos 33 kV

a. Objetivo

La presente especificación fija los requerimientos básicos necesarios a ser adoptadas y exigidas para la adquisición de los pararrayos 30 kV.

b. Características técnicas

- Tipo Oxido de Zinc
- Tensión Nominal 30 kV
- Frecuencia Nominal 60 Hz
- Clase de Tensión 34.5 kV
- Corriente nominal de descarga, onda de 8/20 μ s(valor cresta)
10 kA

c. Accesorios

Serán requeridos, como mínimo, los siguientes accesorios:

- Protección contra sobrepresiones internas.
- Conector de la línea para cable de cobre desnudo de sección de 70mm²
- Placa de identificación, resistente a la intemperie y a la corrosión conteniendo como mínimo los siguientes datos en castellano:
 - Tensión nominal;
 - Corriente nominal de descargas
 - Servicio pesado
 - Clase de descarga de líneas de transmisión

- Clase de alivio de sobrepresión, en el caso de pararrayos provistos de protector contra sobrepresiones.
- Nombre y marca del fabricante
- Tipo e identificación del pararrayos
- Año de fabricación
- Sistemas de eslabones y ganchos para movimiento y facilidades de montaje
- Pernos para fijación de equipo a la base.
- Base aislante
- Conector para aterramiento para cable de cobre desnudo de 25 a 95 mm²
- Instrumentación necesaria para la operación segura y correcta del equipo.

d. Pruebas

d.1. Pruebas de rutina

- . Pruebas de tensión residual sub corriente nominal de 10 kA.
- . Prueba de operación del contador de descarga

d.2. Pruebas Tipo

- Prueba de determinación de la característica "tensión disruptiva de impulso atmosférico x tiempo"
- Prueba de tensión disruptiva de impulso atmosférico con forma de onda normalizada.
- Prueba de tensión disruptiva de impulso atmosférico cortada en la fuente
 - ❖ . pruebas de tensión residual;
 - ❖ . pruebas de corriente soportable al impulso;
 - ❖ . prueba de ciclo de operación;
 - ❖ . medición de la corriente de fuga en todas las unidades;
 - ❖ . prueba de alivio de sobrepresión interna;
 - ❖ . prueba de disipación de calor

3.6.4 Red a Tierra

a. Objeto

Estas especificaciones técnicas tienen por objeto definir las condiciones del suministro de la red a tierra; destinada a la subestación principal.

b. Características generales

El conjunto del suministro será provisto, calculado y construido de manera de cumplir con las características de la presente especificación.

La red de tierra que se presenta en los planos referidos ha sido calculada para su implementación en la Subestación Principal.

c. Red de tierra profunda

La red de tierra profunda de la subestación, estará conformada mediante una malla de conductor de cobre cableado y desnudo de calibre 70 mm² como mínimo. La malla en los casos que se requiera deberá ir enterrada a una profundidad mínima de 0.8 m. El contratista deberá tener especial cuidado, que la continuidad de la malla no se vea interrumpida o dañada por la posterior instalación de los equipos y/o materiales tales como: base de fundaciones, cables de potencia, etc. Para estos casos, el Contratista deberá proponer una mayor profundidad de la malla o efectuar las modificaciones del caso, proponiendo al Propietario otras alternativas, para después, y con la aprobación de éste, proceder a su instalación.

Los empalmes en cruz y en "T" de la malla, así como las salidas de ella al exterior y en general todas las conexiones internas y externas de la malla, deberán ser efectuadas mediante un tipo de soldadura de proceso exotérmico o similar. Todos los puntos de unión y conexión del conductor de cobre, no deberán presentar un punto más caliente que el conductor mismo, al paso de la corriente eléctrica.

Las conexiones soldadas deberán ser de gran resistencia mecánica, alta conductividad y no deberán ser atacadas por la humedad y corrosión, debiendo tener, en lo posible las mismas características que el cobre.

La malla de tierra será completada, en los puntos indicados en los planos respectivos, por un número determinado de dispersores o electrodos de alma de acero y superficie de cobre del tipo barra o estaca. Los enlaces o

conexiones de la malla con los electrodos deberán ser empernadas o soldadas. Estas barras de tierra deberán ir instalados en pozos adecuados para una fácil inspección.

El arrollamiento secundario de los transformadores de medida, el neutro de los transformadores de tensión y las cuchillas de puesta a tierra de los seccionadores de línea, deberán ser conectadas directamente a la red de tierra.

Los pararrayos estarán conectados a la red de tierra por conductores oportunamente aislados y protegidos, y en correspondencia a su enlace, la red de tierra será conveniente con electrodos de tierra.

La conexión de los neutros de los transformadores de potencia o de servicios auxiliares, con la malla de tierra será convenientemente protegidas por tubos desde el suelo hasta una altura segura que evite contactos accidentales. Todas las partes metálicas, que normalmente no están bajo tensión y que puedan venir en contacto con personas, deberán ser conectados a la red de tierra.

Los conductores de cobre de enlace de la red de tierra con el exterior, y que salen del suelo, estarán libres de toda aplicación de pintura o elementos similares, a fin de facilitar el enlace con los equipos.

Se tendrá cuidado especial a la calidad del material de relleno y en su colocación a los alrededores de los electrodos de tierra. Los conductores de puesta a tierra deberán poder desconectarse de los elementos puestos a tierra, a fin de permitir efectuar los controles necesarios.

Características de la malla:

Conductor: de cobre desnudo 70 mm² de sección como mínimo.

Barras: Copperweld o similar, de 6' x 5/8"φ

d. Red a tierra superficial

La red a tierra superficial estará formada por un sistema de conductores de cobre desnudo de sección 35 mm² tal como se muestran en el diagrama unifilar y que conectará a todas las estructuras metálicas instaladas dentro del edificio de control, tales como tableros, canaletas, bandejas, soportes, puertas, ventanas, marcos, etc. que no estén

normalmente bajo tensión y los puntos que eléctricamente así lo requieran.

Se efectuará el suministro y la instalación íntegra del sistema de tierra, conectándose a la Red de Tierra Profunda, mediante empalmes soldados y/o conectores de cobre adecuados. El Contratista empleará, además para la fijación de la red de tierra superficial a las partes metálicas, grapas de cobre suministrado, en cantidad y ubicación adecuadas.

CAPITULO IV ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

Este capitulo servirá para detallar el análisis económico financiero del proyecto, así como los flujos de caja en cada periodo, calculo del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR)

Es necesario realizar un analisis economico financiero basico del proyecto, de tal manera que podamos ver el tiempo de recuperación de la inversión y las utilidades en el periodo de tiempo que dure el proyecto, en este caso se realizo el proyecto para un horizonte de 5 años.

4.1 Estimación de los Ingresos

Debido al incremento de producción en 10,000 TM mensuales, los ingresos se estiman de la siguiente manera

Costo de Producción : 40.00 US\$ / TM

Valorización de la Producción : 47.00 US / TM

Los ingresos por tonelada seria la diferencia entre la valorización y el costo de producción que vendría a ser US\$ 7.00 por tonelada. Esto nos daría un ingreso anual de :

Primera Etapa

Ingreso Anual : $7.00 \text{ US\$/TM} \times 6,000 \text{ TM/mes} \times 12 \text{ meses/año}$

Ingreso Anual : US\$ 504,000

Segunda Etapa

Ingreso Anual : $7.00 \text{ US\$/TM} \times 10,000 \text{ TM/mes} \times 12 \text{ meses/año}$

Ingreso Anual : US\$ 840,000

4.2 Inversiones

De acuerdo al planeamiento realizado, conjuntamente con mina y la Gerencia de Operaciones, se opto en la realizar las inversiones en dos etapas.

ETAPAS	INVERSION	PERIODO
Primera Etapa	US\$ 601,750	Año 0
Segunda Etapa	US\$ 201,550	Año 2

Total de la Inversión : US\$ 803,300

Ver detalles en el cuadro 5.1, costo del proyecto

4.3 Costos de Operación y Mantenimiento

Para calcular los costos de operación y mantenimiento, se tiene en cuenta los siguientes parámetros :

- Mano de obra
- Materiales / herramientas / instrumentos
- Energía Eléctrica

Los cuales se han resumido en el siguiente cuadro:

Recurso	Costo : US\$ / año
Mano de obra	32,914
Materiales/herramientas/instrumentos	12,000
Energía : Primera Etapa	69,712
Energía : Segunda Etapa	60,137

Luego el costo total de operación y mantenimiento es como sigue :

Primera Etapa US\$ 114,626

Segunda Etapa US\$ 174,763

4.4 Gastos por Depreciación de Equipos

Debido a las condiciones severas a que estarán expuestos los equipos eléctricos en el interior de la mina, y por la experiencia obtenida en otras minas, se ha considerado una vida útil de 10 años.

Esto significa que después de 10 años el costo total de los equipos tendrán un valor aproximado de US\$ 80,000. (transformadores, cables eléctricos, celdas con seccionadores, tableros en general, etc.). En este caso los gastos por depreciación de equipos se ha considerado nula, debido a que estos

se van deteriorando por el tiempo de uso, mas no por desgastes mecánicos que no es nuestro caso.

4.5 Recuperación de la Inversión

Para realizar el análisis económico, es necesario contar con las siguientes herramientas

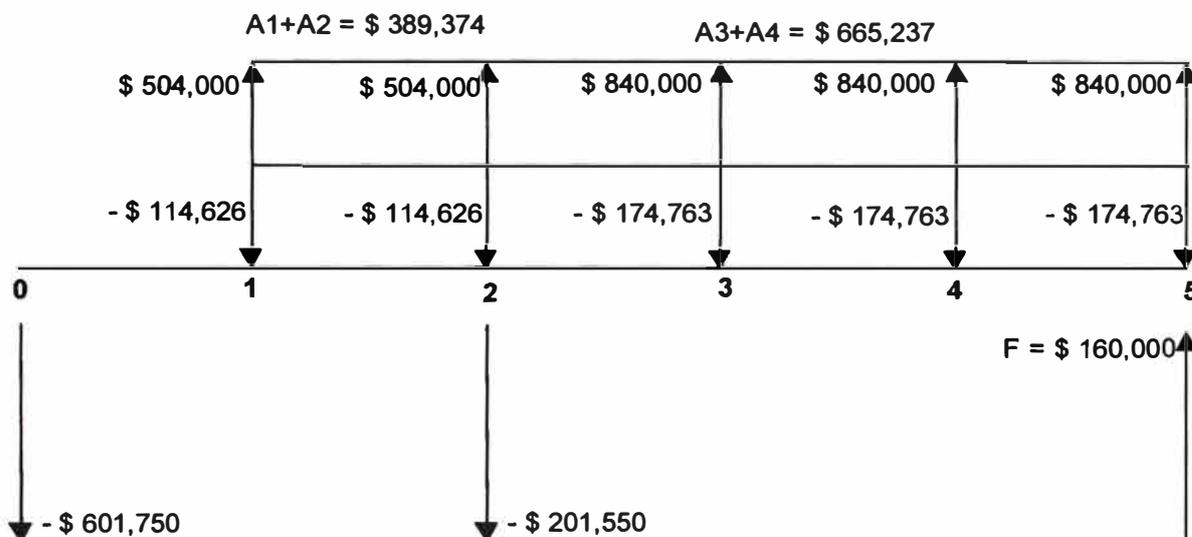
- Horizonte del Proyecto: 5 años
- TMAR (Tasa mínima atractiva de retorno) : 12 % anual
- Cuadro resumen de : inversiones, ingresos, egresos, valor de rescate
- Diagrama de flujo
- Calculo del VAN ($VAN \geq 0$)
- Calculo de la TIR

4.5.1 Cuadro resumen

Inversión : Primera Etapa	US\$ 601,750	Año : 0
Gastos de Mantto. Y energía (primera etapa)	US\$ 114,626	Durante los 2 primeros años
Ingresos Anuales Primera Etapa :	US\$ 504,000	Años 1 y 2
Segunda Etapa :	US\$ 840,000	Años 3, 4 y 5
Inversión : Segunda Etapa	US\$ 201,550	Al Inicio del tercer año
Gastos de Mantto. Y energía (segunda etapa)	US\$ 174,763	A partir del tercer año
Valor de Rescate	US\$ 80,000	
Vida útil	10 años	En mina no deben ser mayor a 10 años

4.5.2 Diagrama de Flujo

Graficando los datos del cuadro anterior se obtiene el siguiente diagrama de flujo, el cual será usado para el calculo del VAN



4.5.3 Cálculo del VAN

De acuerdo al diagrama de flujo, se genera la siguiente ecuación del VAN. Si el VAN es positivo, significa que habrá ganancia más allá de haber recuperado el dinero invertido y deberá aceptarse la inversión.

$$VAN = -601,750 + 389,374 (P/A, 12\%, 2) - 201,550 (P/F, 12\%, 2) + 665,237 (P/A, 12\%, 3) \times (P/F, 12\%, 2) + 160,000 (P/F, 12\%, 5)$$

$$VAN = -601,750 + 389,374 \left[\frac{(1+i)^2 - 1}{i(1+i)^2} \right] - 201,550 \left[\frac{1}{(1+i)^2} \right] + 665,237 \left[\frac{(1+i)^3 - 1}{i(1+i)^3} \right] \times \left[\frac{1}{(1+i)^2} \right] + 160,000 \left[\frac{1}{(1+i)^5} \right] \quad (4.1)$$

$$VAN = -601,750 - 389,374 (1.6901) - 201,550 (0.7972) - 665,237 \times (2.4018) \times (0.7972) + 160,000 (0.5674)$$

$$VAN = -762,425 + 2,022,603$$

VAN = US \$ 1,260,178

Esto significa que después de haber recuperado la inversión, se tiene una utilidad de : US \$ 1,260,178

4.5.4 Cálculo de la TIR

El problema radica en hallar la tasa de interés que hace al VAN igual a CERO, en este caso igualamos la ecuación 4.5.3 a cero, obteniendo los siguientes valores.

VALOR DE LA TMAR	VAN
12%	1.260.171,8
42%	304.487,9
57%	90.362,6
65%	8.542,1
65.50%	3.982,0
65.70%	2.174,3
65.90%	376,0
65.95%	-72,1
66%	-519,7
55.20%	-2.304,2
66.28%	-3.015,4
66.36%	-3.725,2
66.44%	-4.433,6

Del cuadro se tiene que la TIR = 65.95 % aproximadamente

Para aceptar un proyecto la $TIR \geq TMAR$

4.5.5 Resultados del Análisis Financiero

El análisis se realizó tomando como horizonte del proyecto 5 años, la vida útil de los equipos 10 años por estar en interior de la mina.

- Las inversiones totales en las dos etapas es de US\$ 803,300.
- Los gastos anuales de operación y mantenimiento es de US\$ 114,626 en la primera etapa y US\$ 174,763 de la segunda etapa.
- La tasa de rendimiento de la inversión (Tasa Interna de Retorno TIR), equivale al 65.95% anual. Este valor es mayor que el costo de oportunidad del capital considerado del 12 %, lo cual demuestra que es aceptable desde el punto de vista económico esta alternativa de inversión.
- El Valor Actual Neto del flujo de ingresos netos, descontados todos los costos y gastos, es de US\$ 1.260.178, considerando como costo de oportunidad del capital la tasa anual de 12%, que es la ganancia neta de la inversión

CAPITULO V METRADO Y PRESUPUESTO

En este capitulo se indicaran el metrado y presupuesto del proyecto, así como las principales conclusiones y recomendaciones al que llegamos al realizar el estudio.

METRADO Y PRESUPUESTO

PRIMERA ETAPA

ITEM	EQUIPO	UND	CANT	P.U. \$	C. Parcial \$
1	Transformador de Potencia de 1 MVA, 33 / 4.16 kV	Pza	1	20,000.00	20,000.00
2	Transformador de Potencia de 1 MVA, 33 / 0.46 kV	Pza	1	20,000.00	20,000.00
3	Seccionador de potencia 500 A, 10 kV, medición	Pza	1	12,000.00	12,000.00
4	Transformadores de distribución 250 kVA, 4.16 / 0.46 kV	Pza	2	4,500.00	9,000.00
5	Transformadores de distribución 160 kVA, 4.16 / 0.46 kV	Pza	5	3,200.00	16,000.00
6	Celdas de distribución 10 kV - Seccionadores de potencia	Pza	15	6,000.00	90,000.00
7	Cable de energía trifasico, 3 X 70 mm ² , 10 kV, tipo N2YSEY	m	3200	20.00	64,000.00
8	Accesorios : Pararrayos, empalmes, conectores, etc	Pza	1	15,000.00	15,000.00
9	Accesorios para instalar compresores (3)	Pza	1	15,000.00	15,000.00
10	Costo de obras mec. Y civiles - Sub estación principal - superficie	Pza	1	15,000.00	15,000.00
11	Costo de obras civiles - Sub estaciones en interior mina	Pza	9	5,000.00	45,000.00
12	Cable de energía trifasico, 3 X 70 mm ² , 1 kV, tipo N2XY	m	2000	8.00	16,000.00
13	Cable de energía trifasico, 3 X 35 mm ² , 1 kV, tipo N2XY	m	1500	6.50	9,750.00
14	Tablero - Centro de control de motores (CCM)	Pza	2	7,500.00	15,000.00
15	Tableros de distribución Red Secundaria - 460 voltios	Pza	5	3,000.00	15,000.00
16	Compresoras Atlas Copco modelo GA 315, 1500 CFM	Pza	3	70,000.00	210,000.00
17	Costo de mano de obra, traslado de equipos	Pza	1	15,000.00	15,000.00
				\$	601,750.00

SEGUNDA ETAPA

ITEM	EQUIPO	UND	CANT	P.U. \$	C. Parcial \$
1	Transformador de Potencia de 1 MVA, 33 / 4.16 kV	Pza	1	20,000.00	20,000.00
2	Accesorios para instalación del compresor 250 kW (1)	Pza	1	10,000.00	10,000.00
3	Transformadores de distribución 250 kVA, 4.16 / 0.46 kV	Pza	1	4,500.00	4,500.00
4	Transformadores de distribución 160 kVA, 4.16 / 0.46 kV	Pza	4	3,200.00	12,800.00
5	Celdas de distribución 10 kV - Seccionadores de potencia	Pza	8	6,000.00	48,000.00
6	Cable de energía trifásico, 3 X 70 mm ² , 10 kV, tipo N2YSEY	m	1900	20.00	38,000.00
7	Costo de obras civiles - Sub estaciones en interior mina	Pza	4	5,000.00	20,000.00
8	Cable de energía trifásico, 3 X 70 mm ² , 1 kV, tipo N2XY	m	1500	8.00	12,000.00
9	Cable de energía trifásico, 3 X 35 mm ² , 1 kV, tipo N2XY	m	1500	6.50	9,750.00
10	Tableros de distribución Red Secundaria - 460 voltios	Pza	3	3,000.00	9,000.00
11	Tablero - Centro de control de motores (CCM)	Pza	1	7,500.00	7,500.00
12	Costo de mano de obra, traslado de equipos	Pza	1	10,000.00	10,000.00
					\$ 201,550.00
				TOTAL \$	803,300.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La principal conclusión al desarrollar el estudio, es que la construcción de una Subestación principal, y toda la red de distribución secundaria, es factible técnica y económicamente, ya que la recuperación de la inversión, esta asegurada con el incremento del tonelaje de mineral.
2. El costo de producción bajo de 43 US\$/TM a 40 US\$/TM, esto significa que se incremento la productividad, dando mejor rentabilidad a la empresa.
3. Crecio el patrimonio de la empresa por el incremento de activos.
4. Mayores ingresos por el incremento de las ventas.
5. La coordinación de la protección en el sistema de 4.16 kV, se ha realizado con fusibles tipo CF, adecuados para la protección de los transformadores de potencia y de distribución.
6. Los equipos adquiridos, deberan contar con las especificaciones tecnicas de suministro, de los contrario no debera aceptarse.
7. La maxima caida de tensión, permitido en nuestro trabajo es del 2.5 %, lo cual esta dentro del rango permisible que es del 5 %, según el Codigo Nacional de Electricidad de la DGE.
8. EL calculo del flujo de potencia y de corto circuito, se ha realizado mediante un Software , el cual muestra los resultados en forma convergente.

Recomendaciones

1. Una de las recomendaciones importantes, para este tipo de proyectos electromecánicos en minería, es que Planeamiento mina conjuntamente con el area de Geología, deberan asegurar las reservas de mineral exploradas, cubicandolas y en que tiempo deberan ser extraidas.
2. En nuestro proyecto, se calculo para realizar la extracción en 5 años, los

cuales fueron muy acertados.

3. Debido a que el ambiente dentro de la mina es severo, se debera adquirir los equipos con protección para la humedad, goteo y agua acida.
4. Asi mismo las celdas de 4.16 kV, tableros de distribución de 460 volt., tableros de de CCM, etc, deberan contar con calefacción termica, para evitar el deterioro de los componentes electricos.
5. Para las instalaciones de las Sub estaciones electricas, se ha tenido en cuenta las normas tecnicas del uso de la electricidad en minas.
6. Los cables electricos de energia del tipo N2YSEY, son recomendables para instalaciones mineras subterranas, por contar con características tecnicas especiales.

ANEXOS

ANEXO 1

TRANSFORMADOR DE POTENCIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL TRANSFORMADOR TRIFASICO ABB
 En baño de aceite, con arrollamientos de cobre y nucleo de hierro laminado en frio, montaje interior o exterior, enfriamiento natural, tanque ondulado previsto para las siguientes condiciones de servicio

Norma de ejecución	I.E.C.
Potencia nominal continua	1000 kVA (ONAN)
Frecuencia	60 Hz
Altitud de servicio	4,000 m.s.n.m.
Relación de transformación en vacío	33,000 ± 2x2.5% / 4,160 V
Esquema lado A:T.	Triangulo con cuatro tomas Suplementarias conmutables en vacío
Esquema lado B:T:	Estrella
Grupo de conexión	Dy5
Tensión de ensayo a frecuencia industrial	
Con fuente independiente durante 1 segundo	Lado A.T. 70 kV RMS Lado B:T. 22 kV RMS
Sobretemperatura con carga continua	Aceite 60°C Arrollamiento 65°C Ambiente Max. 40°C

ACCESORIOS

- Tanque conservador con indicador visual de nivel de aceite
- Ruedas bidireccionales

- Valvula de seguridad
- Desecador de aire
- Rele Bucholz
- Caja de bornes
- Termometro con contactos
- Conmutador de tomas suplementarias, con mando sobre la tapa
- Placa de características
- Ganchos de suspensión para levantar la parte activa
- Perno para la puesta a tierra el tanque
- Valvula de vacado y toma de muestras
- Dotación de aceite Nynas

PESO Y DIMENSIONES APROXIMADAS

- Largo 2,200 mm
- Ancho 1,200 mm
- Altura 2,350 mm
- Peso de aceite 1,370 kg
- Peso transformador 4,970 kg

ANEXO N° 2
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION de 250 Kva

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL TRANSFORMADOR TRIFASICO ABB
En baño de aceite, con arrollamientos de cobre y nucleo de hierro laminado en frio, montaje interior o exterior, enfriamiento natural, tanque ondulado previsto para las siguientes condiciones de servicio

Norma de ejecución	I.E.C.
Potencia nominal continua	250 kVA (ONAN)
Frecuencia	60 Hz
Altitud de servicio	4,000 m.s.n.m.
Relación de transformación en vacío	4,160 ± 2x2.5% / 460 V
Esquema lado A:T.	Triangulo con cuatro tomas Suplementarias conmutables en vacío
Esquema lado B:T:	Estrella
Grupo de conexión	Dy5
Tensión de ensayo a frecuencia industrial	
Con fuente independiente durante 1 segundo	Lado A:T. 22 kV RMS Lado B:T. 3 kV RMS
Sobretensión con carga continua	Aceite 60°C Arrollamiento 65°C Ambiente Max. 40°C

ACCESORIOS

- Tanque conservador con indicador visual de nivel de aceite
- Ruedas bidireccionales
- Valvula de seguridad
- Desecador de aire

- Termometro sin contactos
- Conmutador de tomas suplementarias, con mando sobre la tapa
- Placa de características
- Ganchos de suspensión para levantar la parte activa
- Perno para la puesta a tierra el tanque
- Valvula de vacado y toma de muestras
- Dotación de aceite Nynas

PESO Y DIMENSIONES APROXIMADAS

- Largo 1,030 mm
- Ancho 730 mm
- Altura 1,200 mm
- Peso de aceite 185 kg
- Peso transformador 820 kg

ANEXO N° 3
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION 160 kVA

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL TRANSFORMADOR TRIFASICO ABB
En baño de aceite, con arrollamientos de cobre y nucleo de hierro laminado en frio, montaje interior o exterior, enfriamiento natural, tanque ondulado previsto para las siguientes condiciones de servicio :

Norma de ejecución	I.E.C.
Potencia niominal continua	160 kVA (ONAN)
Frecuencia	60 Hz
Altitud de servicio	4,000 m.s.n.m.
Relación de transformación en vacio	4,160 ± 2x2.5% / 460 V
Esquema lado A:T.	Triangulo con cuatro tomas Suplementarias conmutables en vacio
Esquema lado B:T:	Estrella
Grupo de conexión	Dy5
Tensión de ensayo a frecuencia industrial	
Con fuente independiente durante 1 segundo	Lado A:T. 22 kV RMS Lado B:T. 3 kV RMS
Sobretemperatura con carga continua	Aceite 60°C Arrollamiento 65°C Ambiente Max. 40°C

ACCESORIOS

- Tanque conservador con indicador visual de nivel de aceite
- Ruedas bidireccionales
- Valvula de seguridad
- Desecador de aire

- Termometro sin contactos
- Conmutador de tomas suplementarias, con mando sobre la tapa
- Placa de características
- Ganchos de suspensión para levantar la parte activa
- Perno para la puesta a tierra el tanque
- Valvula de vacado y toma de muestras
- Dotación de aceite Nynas

PESO Y DIMENSIONES APROXIMADAS

- Largo 950 mm
- Ancho 650 mm
- Altura 1, 100mm
- Peso de aceite 125 kg
- Peso transformador 560 kg

ANEXO N° 4

CELDA DE DISTRIBUCION A SUBESTACIONES 7.2 kV

EQUIPAMIENTO

- 01 Seccionador de potencia tripólar NALF ABB 12 kV, 400 A. Uso interior, provisto de tres bases portafusibles, mecanismo de desconexión automática a la fusión de cualquiera de los fusibles, equipado con bobina de disparo y 2NA + 2NC
- 03 Fusibles de 200 A, 10 kV
- Jgo de cabeza terminal 10 kV
- Rele trifasico de protección de falla a tierra SPAJ 110C marca ABB
- Analizador electronico Power Measurement mod. 7300, 5A, para lectura de V, I, kW, kWh, etc
- Transformador de tensión para medición, conexión delta abierto, 7.2 kV, 4.16/0.11 kV, 50 VA, clase 0,5, 60 Hz, encapsulado en resina, uso interior. Elivan
- Fusible 1ª, 10 kV.
- Transformador de corriente para medición y protección trifasica, montaje interior, 7.2 kV, 150/5 – 5 A, clase 0.5, 5P10, 15/15 VA, 60 Hz, encapsulado en resina, uso interior.
- Dimensiones :

Alto	2200 mm
Ancho	1000 mm
Fondo	12000 mm

ANEXO N° 5

TABLERO DE MEDICION Y PROTECCION PARA TRANSFORMADOR 1000 KVA, 33/4.16 Kv

Gabinete metalico de ejecución autosoportado, fabricado en base a perfiles de acero preformados, y planchas de fierro de 2 mm de espesor, para servicio interior, con puerta frontal y cerradura tipo cremona. Superficies metalicas con tratamiento anticorrosivo mediante acondicionador de metales, con dos capas de pintura anticorrosiva y dos capas de acabado en esmalte al horno.

Conexionado con barras de Cu electrolitico de alta conductividad y cables TW, con canaletas legran rotulos de identificación

CARACTERISTICAS TECNICAS

Tensión de aislamiento	: 600VAC
Tensión de servicio	: 220 VAC
Tensión de control	: 110 VAC
Fases	: 3
Frecuencia	: 60 Hz
Accesorios	: Barra de tierra, portaplano, cancamos de izaje.
Altura	: 4000 msnm

Dimensiones

Altura : 2000 mm Ancho : 800 mm Fondo : 500 mm

EQUIPAMIENTO : Circuito de señalización de fallas

- 01 Sirena 70 W, 110 VAC, 105 dB.
- 03 Portalampara 110 VAC, color rojo para señalar desconexión p/alta temperatura/rele Buchholz/falla a tierra – rele SPAJ 110
- 02 Porta lampara 110 VAC color amarillo para señalar alarma por alta temperatura/rele Buchholz.
- 04 Rele auxiliar 110 VAC para señales de alarma y desconexión del rele buchholz y del termometro AKM
- 01 Boton pulsador silencio de sirena
- 01 Transformador de control 220 / 110 VAC, 200 VA
- 01 Boton pulsador de prueba de lampara
- 01 Jgo. De reles auxiliares para prueba de lamparas.

PLANOS

PLANOS

A continuación se muestran los siguientes planos

- P – 01 Sub Estación Almirvilca, Ampliación 2 x 1000 kVA, 33/4.16 kV
Disposición de Montaje de Equipos Eléctricos
- P – 02 Diagrama Unifilar, 4.16 kV, Superficie – Interior Mina
- P – 03 Disposición de la Red en 4.16 kV, en Interior Mina
Niveles 280 y 340 – Zona Profundización
- P – 04 Diagrama de Control y protección
Sub Estación 1000 kVA, 33/4.16 kV, 3 ϕ , 60 HZ
- P – 05 Diagrama de Control y protección
Sub Estación 1000 kVA, 33/4.16 kV, 3 ϕ , 60 HZ
- P – 06 Diagrama de Medición y Protección, Falla a Tierra

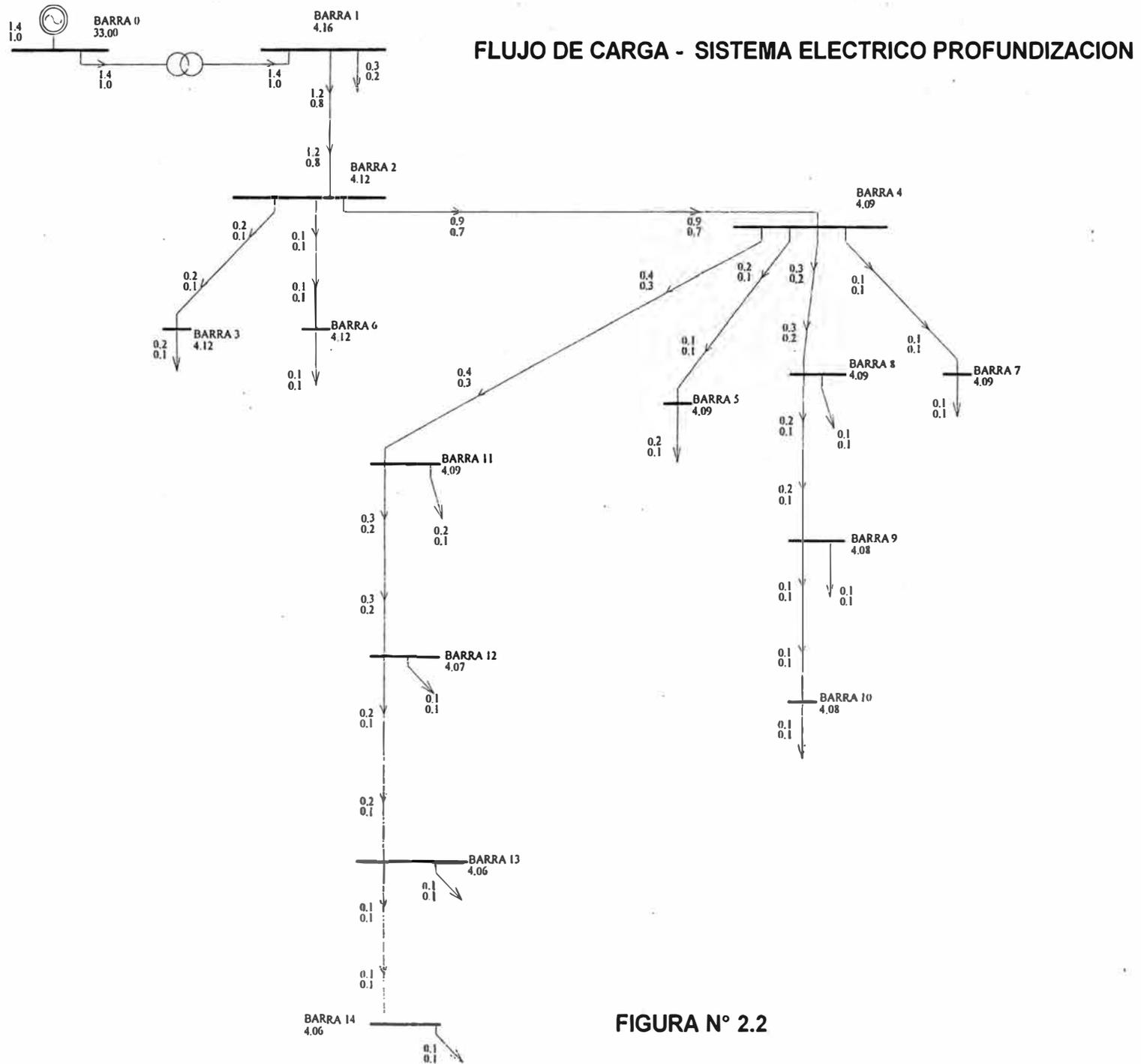
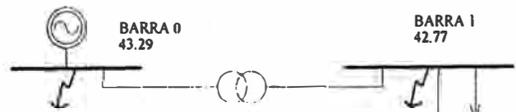


FIGURA N° 2.2



CORTO CIRCUITO TRIFASICO - SISTEMA ELECTRICO PROFUNDIZACION

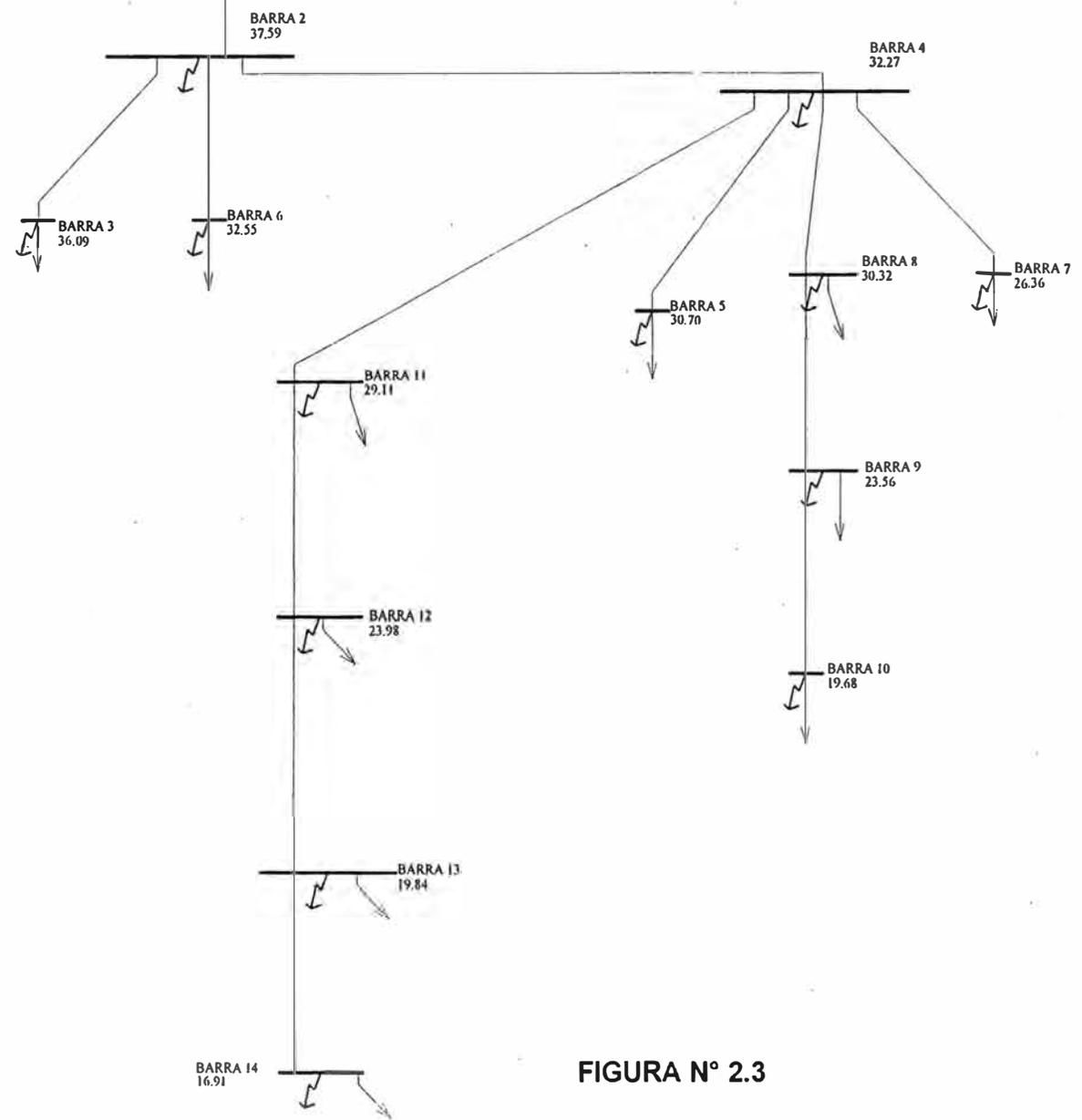


FIGURA N° 2.3

Fusibles CF

Curvas de fusión y de limitación

Curvas características tiempo-intensidad 3,6 - 7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36 kV

Tiempo (s)

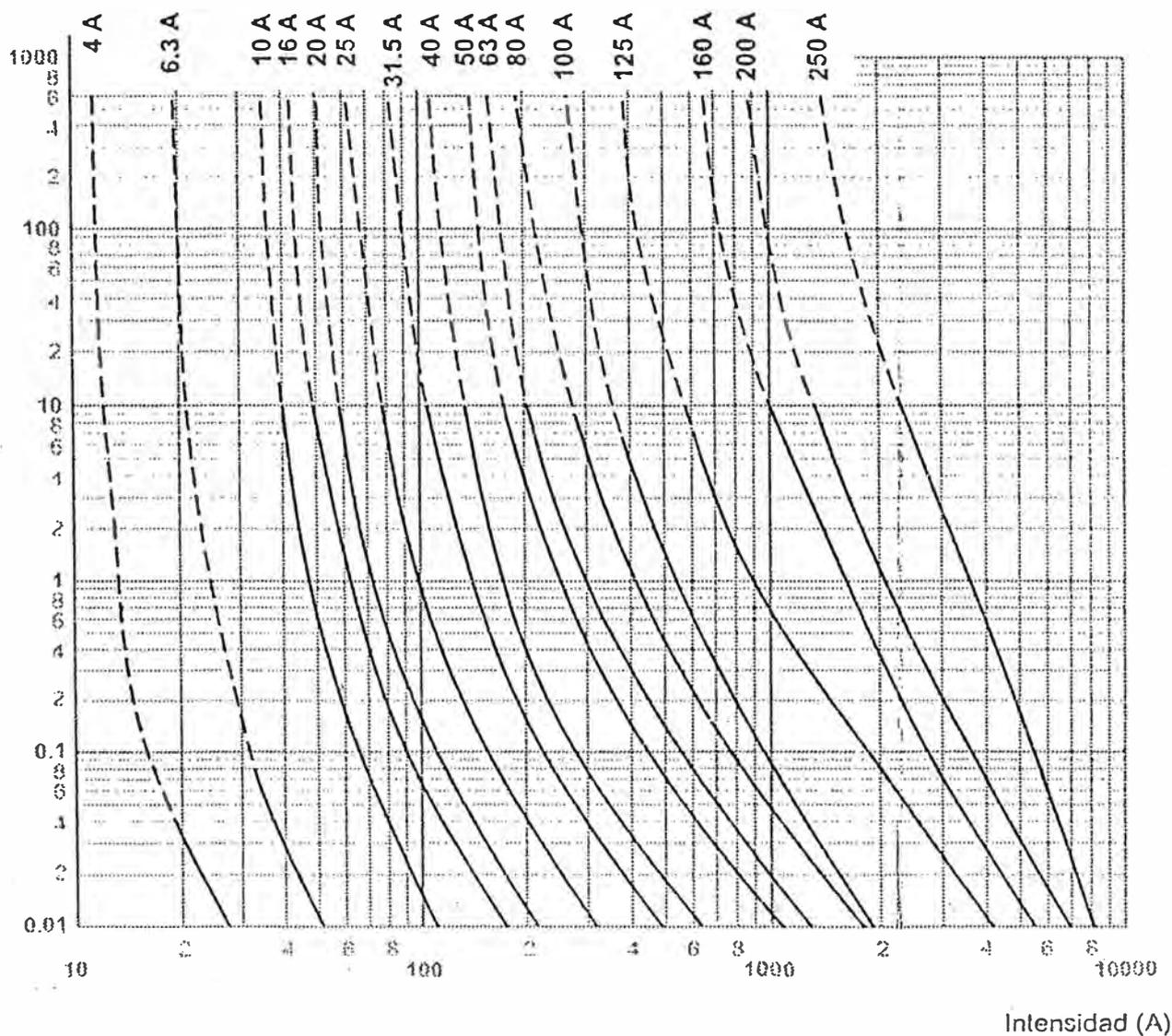


FIGURA N° 2.4

CUADRO DE MEDICION

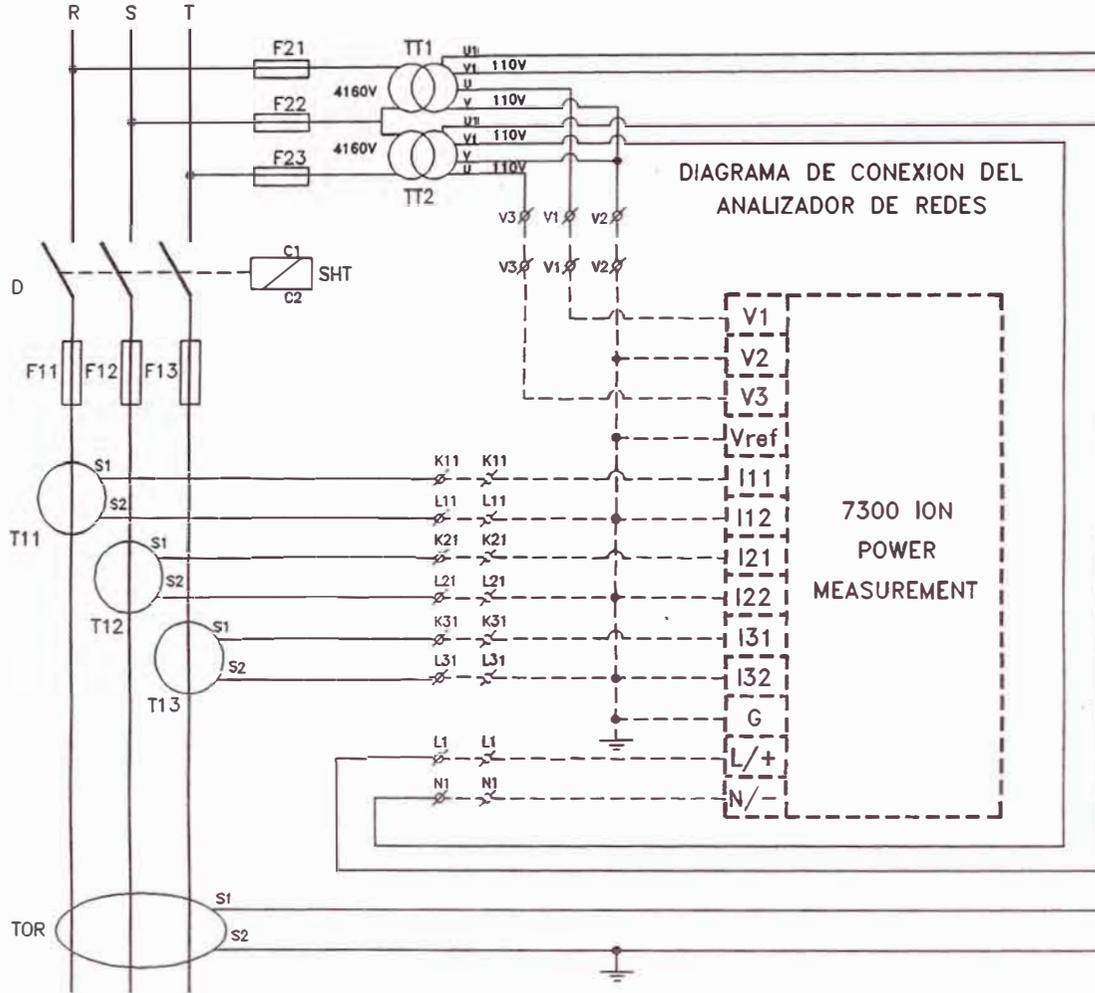
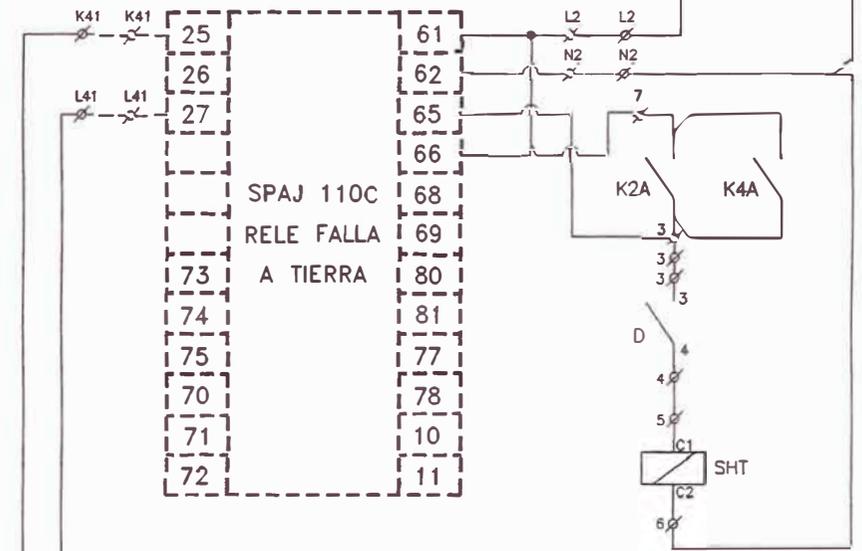


DIAGRAMA DE CONEXION DEL RELE DE FALLA A TIERRA



SISTEMA DE PROTECCION

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA.

FECHA: NOVIEMBRE 2002
DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELECTRICO EN LA MINA QUIRUVILCA - ZONA PROFUNDIZACION PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCION

CODIGO: 790263J PLANO:
PROMOCION: 88-II DIAGRAMA DE MEDICION Y PROTECCION FALLA A TIERRA PLANO N° P - 04
APROBADO: NOMBRE: HERINSON ANTONIO MONZON FERNANDEZ ESCALA: S/E

TT1,TT2	TRANSF. DE TENSION 4160/110-110V/20-30VA	TOR	TOROIDE 200/1A, 7.2KV
F11,F12,F13	FUSIBLE DE 200A, 10KV	F21,F22,F23	FUSIBLE DE 1A, 12KV
D	SECCIONADOR DE POTENCIA TRIPOLAR, 12KV, 400A	(-----)	EQUIPO EN TABLERO DE MEDICION Y PROTECCION
SHT	BOBINA DISPARO P/SECCIONADOR DE POT. 110V		
T11,T12,T13	TRANSF. DE CORRIENTE 7. KV, 150/5A, 15VA		

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

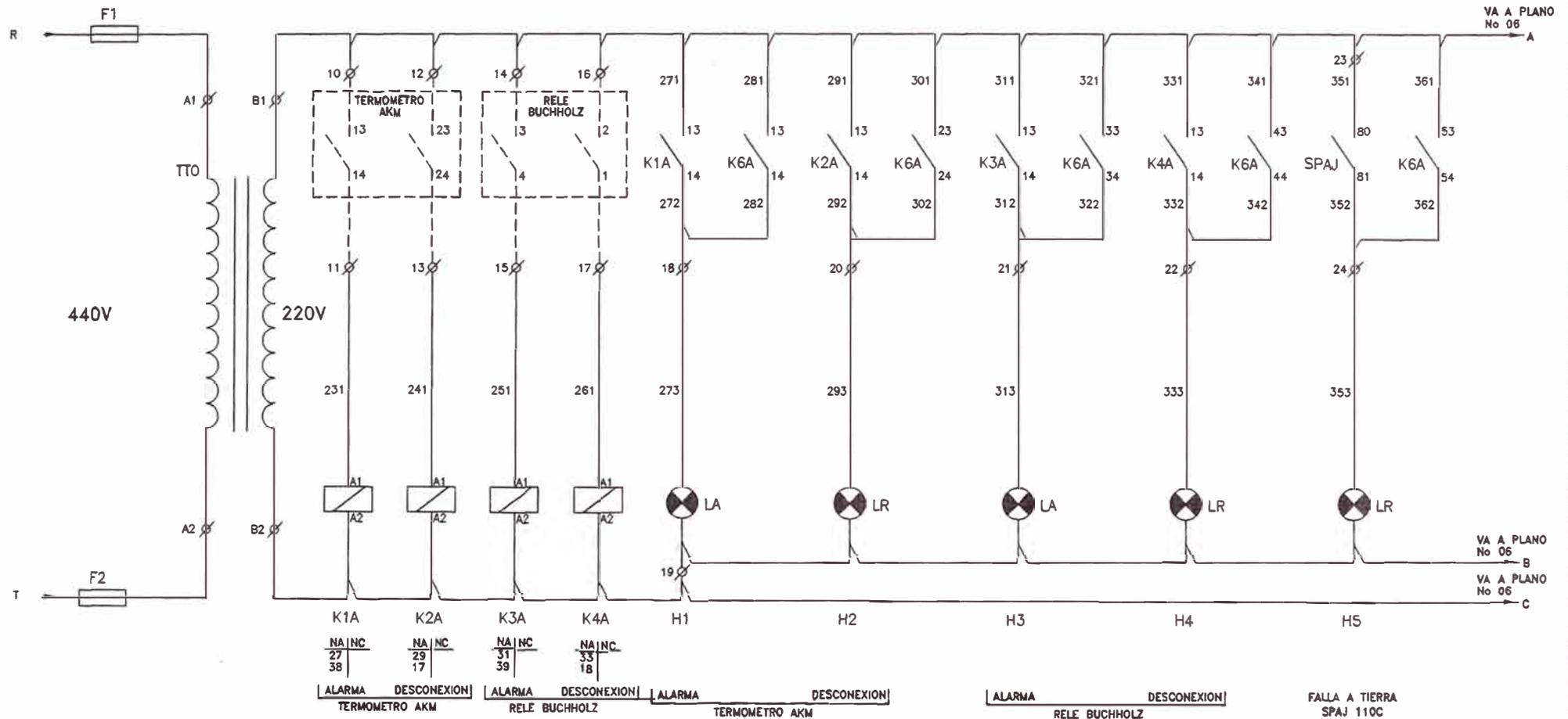
33

34

35

36

DIAGRAMA DE CONTROL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

FECHA: NOVIEMBRE
2002

DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELECTRICO EN LA MINA
QUIRUVILCA - ZONA PROFUNDIZACION
PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCION

CODIGO: 790263J
PROMOCION: 88-II

PLANO:
DIAGRAMA DE CONTROL Y PROTECCION
SUB ESTACION 1000 KVA, 33/4.16 KV, 3Ø, 60 HZ

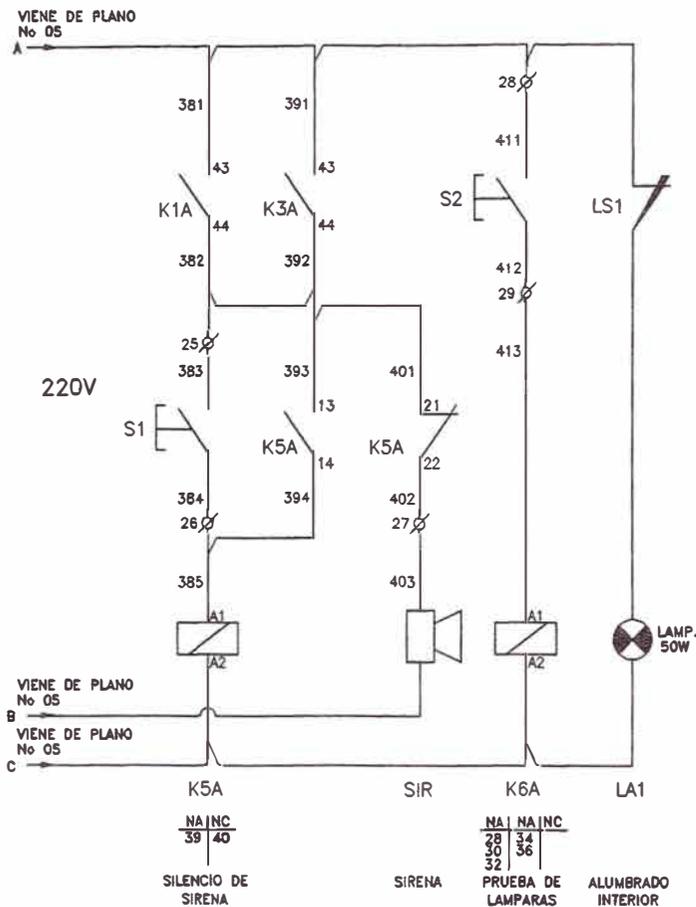
PLANO N°
P - 05

APROBADO:

NOMBRE:
HERINSON ANTONIO MONZON FERNANDEZ

ESCALA:
S/E

DIAGRAMA DE CONTROL



F1,F2	FUSIBLE DE 2A EN BORNE PORTAFUSIBLE	S2	BOTON PULSADOR P. DE LAMPARAS AMBAR 1NA
K1A,K2A,K3A	RELE AUXILIAR CS3-40E, bob. 220V, S+SCHUH	H1,H3	LAMPARA DE SEÑALIZACION AMBAR
K4A,K6A	RELE AUXILIAR CS3-40E, bob. 220V, S+SCHUH	H2,H4,H5	LAMPARA DE SEÑALIZACION ROJO
K5A	RELE AUXILIAR CS3-22E, bob. 220V, S+SCHUH	LS1	LIMITS SWITCH PARA PUERTA
TTO	TRANSF. DE CONTROL 460/230V, 200VA	LA1	LAMPARA DE ALUMBRADO INTERIOR 220V, 40W
S1	BOTON PULSADOR SILENCIO DE SIRENA ROJO 1NA	SIR	SIRENA 220V, LEGRAND

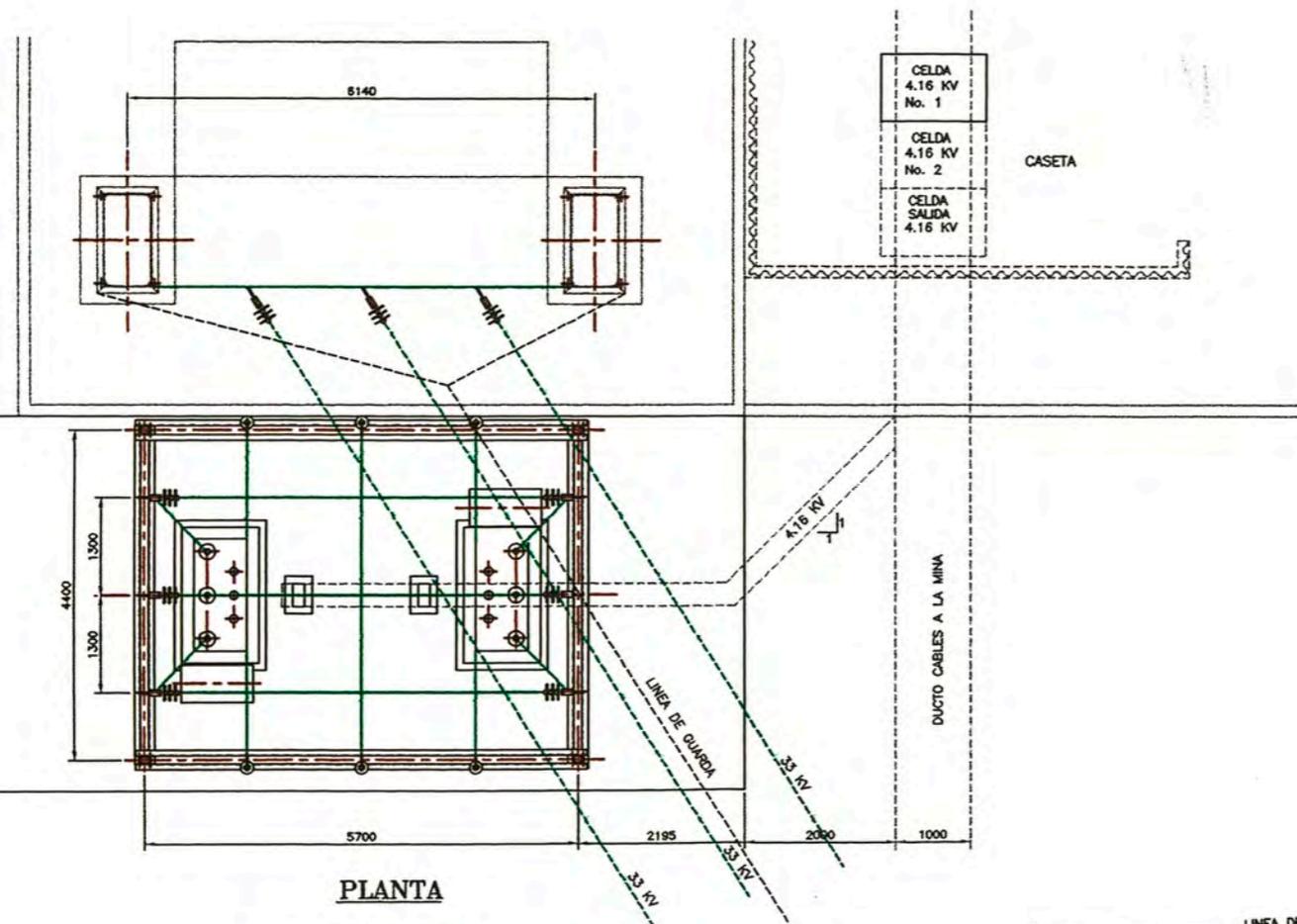
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

FECHA: NOVIEMBRE 2002
DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELECTRICO EN LA MINA QUIRUVILCA - ZONA PROFUNDIZACION PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCION

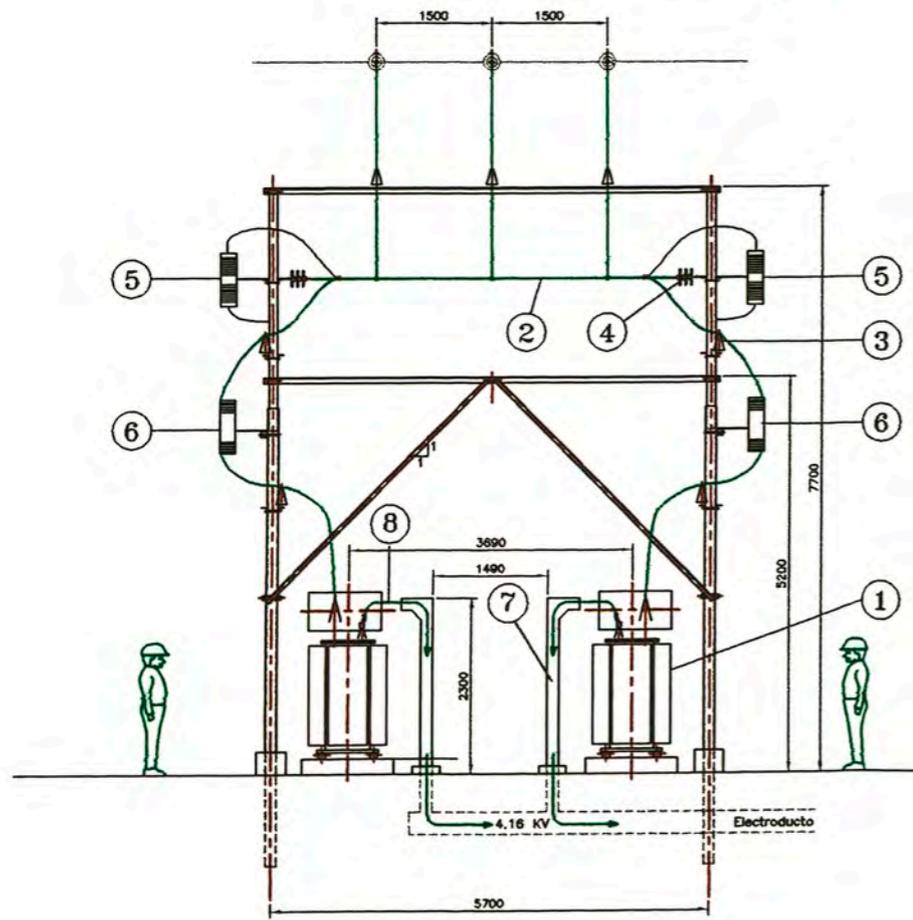
CODIGO: 790263J PLANO:
PROMOCION: 88-II
DIAGRAMA DE CONTROL Y PROTECCION
SUB ESTACION 1000 KVA, 33/4.16 KV, 3Ø, 60 HZ

APROBADO:
NOMBRE:
HERINSON ANTONIO MONZON FERNANDEZ

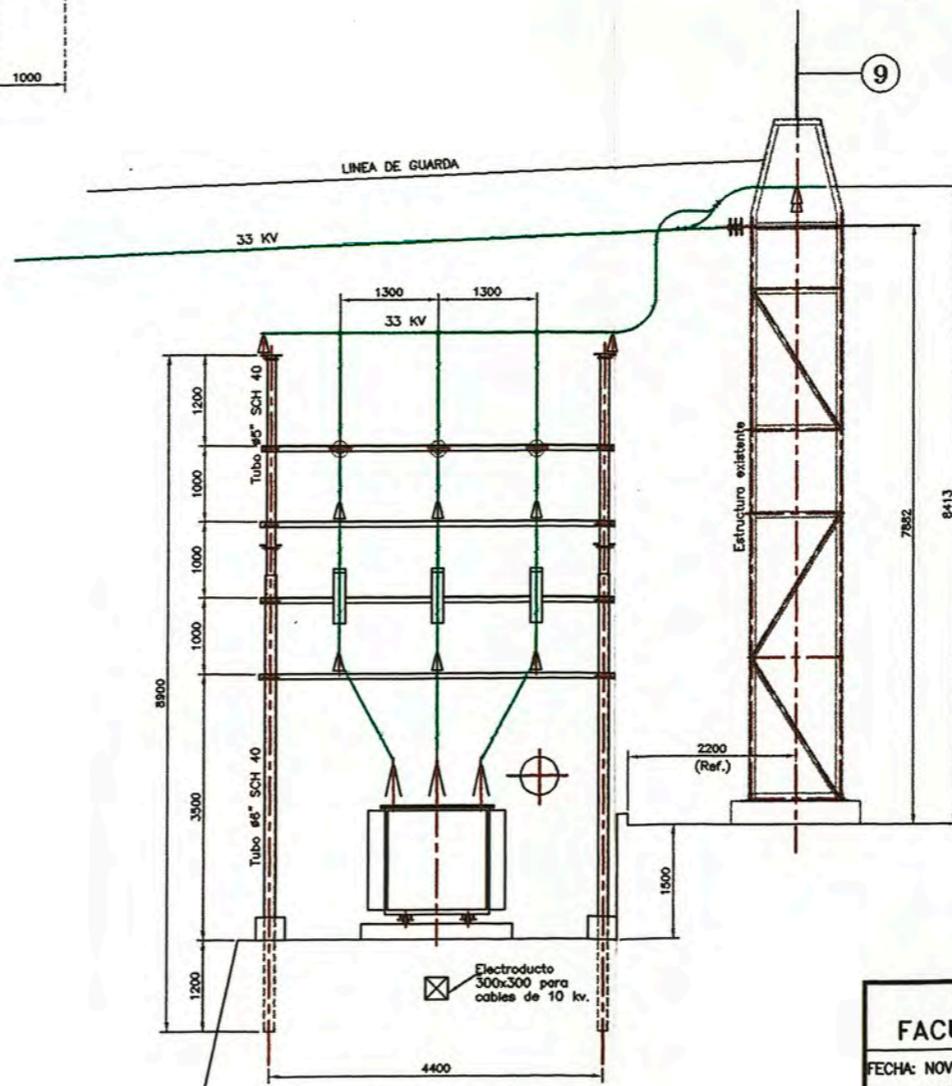
PLANO N°
P - 06
ESCALA:
S/E



PLANTA



ELEVACION

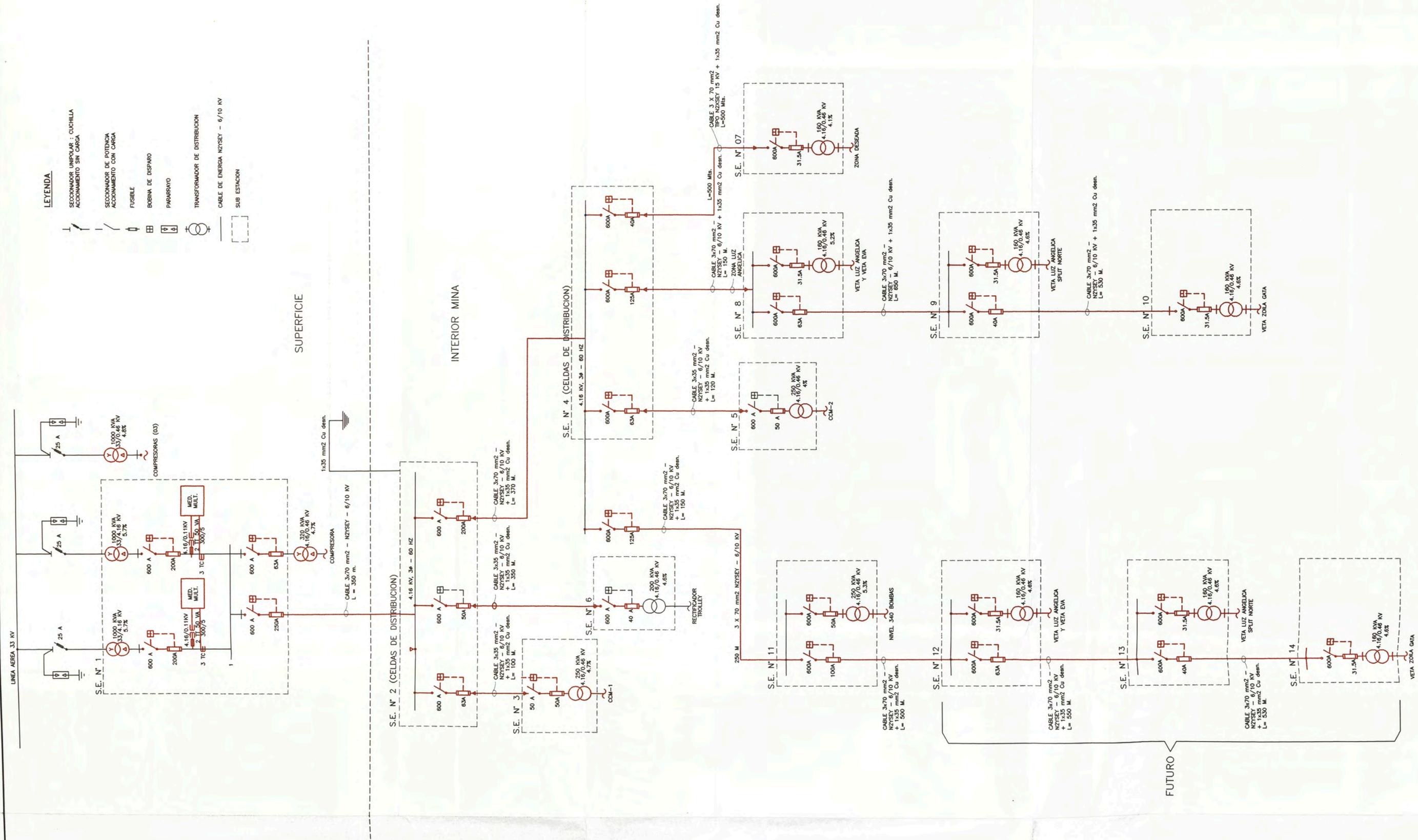
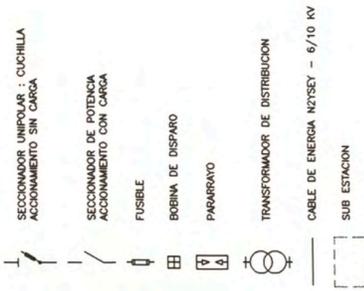


LATERAL

POS.	DESCRIPCION	CANT.	UND.
1	Transformador de tensión 1000 KVA 33/4.16 KV 3F 60 Hz 4000 msnm	02	Und.
2	Cable Cu N° 1/0 AWG temple duro	150	Mts.
3	Aislador Tipo Pin 36 KV ANSI 56-4, con su respectiva espiga de soporte	12	Und.
4	Aislador Tipo Suspensión 10 KV ANSI 52-3	6	Und.
5	Pararrayos 35 KV Tipo estación	06	Und.
6	Fusible Tipo CUTOUT para 36 KV Con fusible de 25 Amp.	06	Und.
7	Electroducto Metálico		
8	Cabeza terminal para cable tripolar 70 mm2		
9	Pararrayo tipo Franklin		

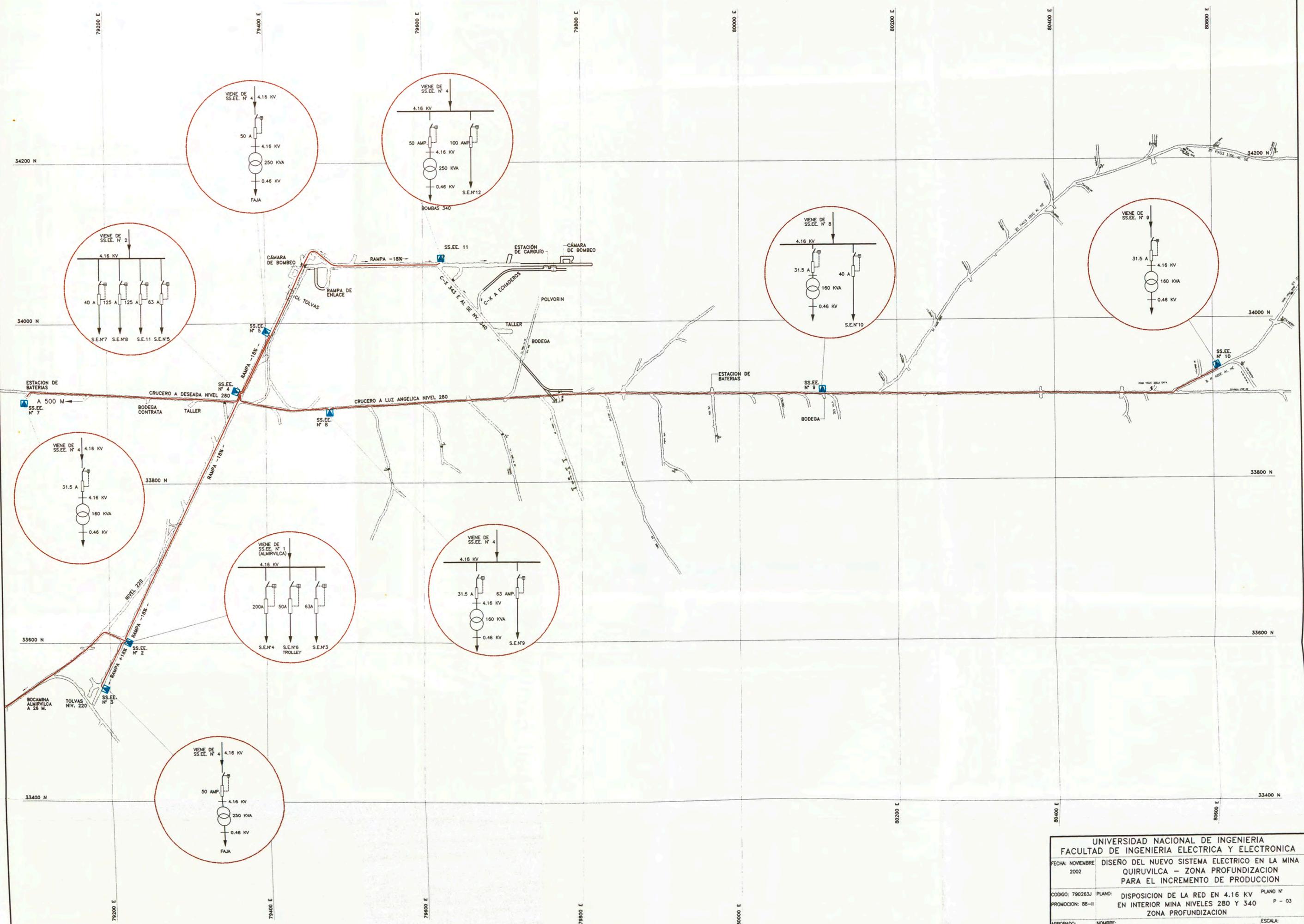
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
FECHA: NOVIEMBRE 2002	DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELECTRICO EN LA MINA QUIRUVILCA - ZONA PROFUNDIZACION PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCION
CODIGO: 790263J	PLANO: SUR ESTACION ALMIVILCA PLANO N°

LEYENDA



FUTURO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		
FECHA: NOVIEMBRE 2002	DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELECTRICO EN LA MINA QUIRUVILCA - ZONA PROFUNDIZACION PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCION	
CODIGO: 790263J	PLANO: DIAGRAMA UNIFILAR: 4.16 KV SUPERFICIE - INTERIOR MINA	PLANO N° P - 02
APROBADO:	NOMBRE: HERINSON ANTONIO MONZON FERNANDEZ	ESCALA: S/E



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA			
FECHA: NOVIEMBRE 2002	DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELECTRICO EN LA MINA QUIRUVILCA - ZONA PROFUNDIZACION PARA EL INCREMENTO DE PRODUCCION		
CODIGO: 790263J	PLANO: DISPOSICION DE LA RED EN 4.16 KV EN INTERIOR MINA NIVELES 280 Y 340	PLANO N° P - 03	
PROMOCION: 88-II	ZONA PROFUNDIZACION		
APROBADO:	NOMBRE: HERINSON ANTONIO MONZON FERNANDEZ	ESCALA: 1:3000	

BIBLIOGRAFIA

1. Geraldo Porto Alegre, "Aterramiento eléctrico" Kindermann RS; Sayra 1991
2. Gilberto Enríquez, Elementos de Diseño de Subestaciones eléctricas, Editorial Limusa, Harper México 1979
3. Gabriel Baca Urbina, "Evaluación de Proyectos" Mc. Graw Hill, 1995
4. Ministerio de Energía y Minas, "Norma Técnica : Uso de La Electricidad en Mina", Resolución Ministerial N° 308 – 2001
5. D. Fulchiron "Sobretensiones y coordinación de aislamiento" Schneider Electric Cuaderno Tec. N° 151