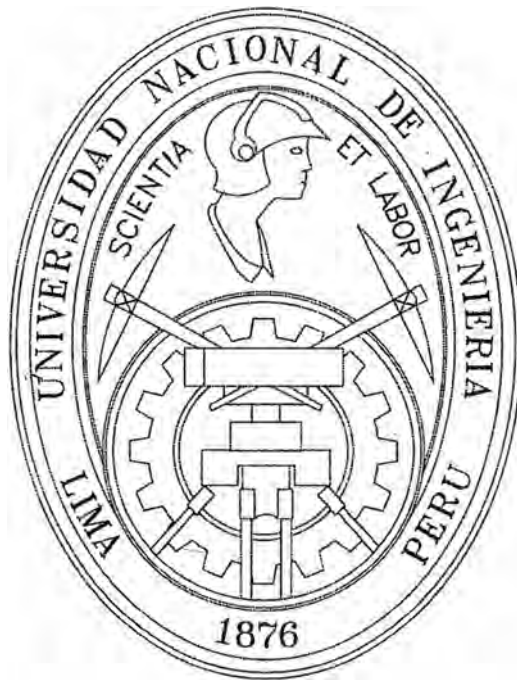


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“CONSTRUCCION DE LA SUBESTACION DE
TRANSMISION CANGALLO 66/22.9 kV. – 8.0 MVA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

JORGE LUIS CHUNGA TORIBIO

PROMOCION 1999 - I

**LIMA – PERU
2002**

A mis Padres:
LUIS CHUNGA SOLANO Y SANTOS TORIBIO ARMAS

TABLA DE CONTENIDO

■	PROLOGO	1
■	CAPITULO 1	
	INTRODUCCIÓN	3
	1.1 Antecedentes	3
	1.2 Descripción del Proyecto	4
	1.3 Objetivo de Proyecto	5
	1.4 Area de Influencia	5
	1.4.1 Ubicación	5
	1.4.2 Infraestructura Vial	6
	1.4.3 Características Geográficas	6
	1.5 Alcances	7
■	CAPITULO 2	
	CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA ELECTRICO	8
	2.1 Nivel de Tensión	8
	2.2 Regulación de Tensión	8
	2.3 Coordinación del Aislamiento	9
	2.3.1 Nivel de Aislamiento	9
	2.3.2 Distancia Mínima de Seguridad	13
	2.4 Diagrama Unifilar	14

■	CAPITULO 3	
	EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO	15
	3.1 Zona de 66 kV.	15
	3.2 Transformador de Potencia	15
	3.3 Zona de 22.9 kV.	16
	3.4 Sistema de Control y Medición	16
	3.5 Sistema de Protección	16
	3.6 Servicios Auxiliares	17
	3.7 Red de Tierra Superficial y Profunda	17
■	CAPITULO 4	
	SELECCION DE EQUIPOS	18
	4.1 Cálculo de los Equipos de Maniobra en 66 kV.	20
	4.1.1 Cálculo por Corriente Nominal (I_n)	21
	4.1.2 Cálculo por Corriente Límite Térmica (I_{cc})	22
	4.1.3 Cálculo por Corriente Límite Dinámica (I_{ch})	23
	4.1.4 Cálculo por Potencia de Ruptura (S_{cc})	23
	4.2 Cálculo de los Equipos de Maniobra en 22.9 kV.	24
	4.3 Cálculo de Pararrayos en 66 kV.	24
	4.4 Cálculo de Pararrayos en 22.9 kV.	27
	4.5 Transformador de Potencia 66/22.9 kV.	30
	4.6 Cálculo del Embarrado de 66 kV.	31

4.7	Cálculo del Embarrado de 22.9 kV.	33
4.7.1	Cálculo de la Corriente Nominal	33
4.7.2	Consideraciones de las Cargas en el Diseño de Barras	34
4.7.3	Cálculo Mecánico del Sistema de Barras	35
4.7.4	Cálculo de los Aisladores	40
4.8	Transformadores de Medida	46
4.9	Servicios Auxiliares	49
4.9.1	Alumbrado y Tomacorrientes	49
4.9.2	Dimensionado de la Potencia de SS.AA. – Corriente Alterna	51
4.9.3	Dimensionado del Banco de Baterías 110 V _{DC}	56
4.9.4	Dimensionado del Rectificador 380/220 V _{AC} , Trifásico	59
4.10	Diseño de la Malla de Puesta a Tierra	60
4.10.1	Consideraciones Básicas	60
4.10.2	Corriente Máxima de Cortocircuito a Tierra (I_m)	64
4.10.3	Sección de Conductor de la Red de Tierra (S_c)	65
4.10.4	Longitud Mínima Total del Conductor (L_m)	66
4.10.5	Longitud Total del Conductor más Varillas (L_t)	66
4.10.6	Tensión de Paso y Tensión de Toque (V_p , V_t)	66
4.10.7	Tensión de Malla (V_m)	69
4.10.8	Resistencia de la Malla de Tierra (R_m)	70
4.10.9	Elevación Máxima del Potencial en la Malla ($V_{m\acute{a}x}$)	70
4.10.10	Tensión de Paso en la Periferia de la Subestación (V_{perif})	70
4.10.11	Cálculos Justificativos	71

■ **CAPITULO 5**

ESPECIFICACIONES TECNICAS	77
5.1 Zona de 66 kV	77
5.1.1 Seccionador de Línea 66 kV.	77
5.1.2 Interruptor de Potencia 66 kV.	78
5.1.3 Pararrayos 66 kV.	79
5.2 Transformador de Potencia	80
5.3 Zona de 22.9 kV	81
5.3.1 Seccionador de Línea y Barra 22.9 kV. (en pórtico)	81
5.3.2 Interruptor de Potencia 22.9 kV.	81
5.3.3 Seccionador de Barra 22.9 kV. (mando motor y manual)	82
5.3.4 Pararrayos 22.9 kV.	83
5.3.5 Recloser Trifásico del Tipo Automático 22.9 kV.	84
5.4 Sistema de Control y Medición	85
5.4.1 Transformador de Tensión Capacitivo 66 kV.	85
5.4.2 Transformador de Tensión Inductivo 22.9 kV.	86
5.4.3 Transformador de Corriente (para Recloser)	86
5.4.4 Voltímetro	87
5.4.5 Amperímetro	87
5.4.6 Medidor Multifunción	88
5.5 Sistema de Protección	88
5.5.1 Relé Diferencial (87)	88
5.5.2 Relé de Bloqueo (86T y 86L)	88
5.5.3 Relé de Sobrecorriente (50/51 y 50N/51N)	89
5.5.4 Relé Direccional	89

5.5.5	Relé de Distancia Tipo Numérico (21, 21N, 50/51, 50/51N, 79 y 67N)	89
5.6	Servicios Auxiliares	90
5.6.1	Transformador de Servicios Auxiliares	90
5.6.2	Rectificador – Cargador 380/220Vac	90
5.6.3	Banco de Baterías 110Vdc	91
5.7	Red de Tierra Superficial y Profunda	91
5.7.1	Red de Tierra Superficial	91
5.7.2	Red de Tierra Profunda	92
■	CAPITULO 6	
	METRADO Y PRESUPUESTO	93
6.1	Metrado y Presupuesto Integral de la Obra	93
6.2	Costos Unitarios del Montaje Electromecánico	98
	Conclusiones	113
	Bibliografía	115
	Planos	116

PROLOGO

El presente trabajo trata sobre el dimensionamiento y selección de equipos electromecánicos para la construcción de la SUBESTACION DE TRANSMISION CANGALLO 66/22.9 kV de 8.0-10MVA (ONAN-ONAF), ubicado en el departamento de Ayacucho, de propiedad de ElectroCentro.

El objetivo es brindar a los profesionales y estudiantes relacionados en trabajos de Ingeniería Eléctrica, métodos y cálculos adecuados para el dimensionamiento de una Subestación de Potencia, que tiene la finalidad de transmitir energía eléctrica en forma permanente y confiable.

El desarrollo del trabajo contiene: Capítulo I, los antecedentes, descripción y objetivo del proyecto, y los aspectos generales del sitio de la obra. Capítulo II, las características del sistema eléctrico en cuanto a nivel de tensión, regulación de tensión, aislamiento y esquema unifilar. Capítulo III, en este capítulo se especifica la necesidad de los equipos electromecánicos para la construcción de la subestación en la zona de 66 kV. y 22.9 kV y del transformador de potencia, así como los equipos de control, medición, protección, servicios auxiliares y sistemas de puesta a tierra. Capítulo IV, en este capítulo se dimensiona por medios de cálculos justificativos los equipos electromecánicos. Capítulo V, muestra las especificaciones técnicas de los equipos instalados en la Subestación Cangallo. Capítulo VI, en este último capítulo se detalla el metrado, presupuesto íntegral de la obra y el análisis de costos unitarios del montaje electromecánico.

Asimismo, se adjunta las conclusiones y planos de construcción de la Subestación Cangallo.

Finalmente, quiero agradecer a los Ingenieros de Asea Brown Boveri S.A del Area de Proyectos, por sus aportes teóricos y técnicos para el desarrollo del presente Informe.

CAPITULO 1

INTRUDCCION

1.1 Antecedentes

La DIRECCIÓN EJECUTIVA DE PROYECTOS del Ministerio de Energía y Minas, convoca a Licitación Pública N° OSP/PER/350/525 (29.03.98), para la ejecución de la obra "LINEA DE TRANSMISION 66 kV AYACUCHO-CANGALLO Y SUBESTACIONES", ubicada en el departamento de Ayacucho, otorgándose la Buena Pro a la empresa contratista "ASOCIACION ABB-COPEMI" y firmándose el contrato N° 98-069-EM/DEP, (10.07.98) para la Construcción Integral de la Obra.

En el presente Informe sólo se tomará en cuenta la CONSTRUCCION DE LA SUBESTACION DE TRANSMISION CANGALLO 66/22.9 kV de 8-10 MVA ONAN-ONAF, realizándose los cálculos justificativos en base al Estudio de Demanda, Análisis del Sistema de Potencia e Ingeniería de Detalle Preliminar.

Asimismo, no se desarrolla el estudio de las obras civiles y telecomunicaciones por ser motivo de otras especialidades. Estudio de Protección, solo se menciona como equipos instalados, por ser motivo de un de tema amplio y especializado.

Los cálculos que se realizan en el presente informe es para la selección de equipos electromecánicos de una subestación de 66/22.9 kV – 8 MVA; Sin embargo, para la selección de equipos de Subestaciones con tensión mayores al mencionado (138 y 220 kV), se sigue el mismo método y procedimiento de cálculo, y su dimensionamiento final estará sujeta al estudio definitivo particular de cada uno.

1.2 Descripción del Proyecto

El esquema de transmisión que se definió en la Ingeniería, para el suministro de la energía eléctrica se efectuó mediante una Línea de Transmisión en 66 kV. Ayacucho – Cangallo, de 61.29 km de longitud saliendo de la nueva S.E. Mollepata en Ayacucho, la cual ha sido conectada con la línea existente Cobriza – Huanta – Ayacucho hacia la S.E. Cangallo.

En la Subestación Cangallo la energía llega como se menciona a través de una línea de transmisión a los pórticos de 66 kV, bajando hacia los transformadores de tensión, Seccionador tripolar de línea, Interruptor de tripolar potencia, pasando por los pararrayos llega al transformador de Potencia 66/22.9 kV, a su salida del transformador en 22.9 kV pasa por los pararrayos hacia el Interruptor de potencia y seccionador de barra (mando manual y motor) del cual sube hacia el embarrado de 22.9 kV, bajando hacia los seccionadores de barras (mando manual) que se encuentra en el pórtico de 22.9 kV. al reclosers trifásico y sus transformadores de corriente hacia los seccionadores de línea que se encuentran al otro lado del pórtico de 22.9 kV del cual sale para la distribución al Pequeño Sistema Eléctrico Cangallo.

1.3 Objetivo del Proyecto

La construcción de la Subestación Cangallo 66/22.9 kV, tiene como objetivo el suministro de energía eléctrica en forma permanente y confiable a las localidades comprendidos dentro del Pequeño Sistema Eléctrico Cangallo, ubicados en las provincias de Cangallo y Víctor Fajardo, departamento de Ayacucho, y de esta manera promover el desarrollo socio - económico del sector agro - industrial, comunidades y de empresas privadas, para su incorporación directa al mercado nacional e internacional.

1.4 Area de Influencia

El área de influencia de la Subestación de Transmisión se encuentra atendida en la tensión de 22.9 kV, que es alimentada por La Línea de Transmisión 66 kV Ayacucho – Cangallo situada en la región de la Sierra (en su recorrido atraviesa los distritos de Ayacucho, Carmen Alto y Chiara en la provincia de Huamanga y los distritos de Los Morochucos y Cangallo en la provincia del mismo nombre, ambas pertenecientes al departamento de Ayacucho) y transformada a 22.9 kV para su distribución.

1.4.1 Ubicación

La Subestación se ubica en Cangallo, aproximadamente en las coordenadas 71°08'21" de Longitud Oeste y 13°37'05" de Latitud Sur.

1.4.2 Infraestructura Vial

Para llegar a la Subestación por vía terrestre desde Lima, el viaje se realiza utilizando la carretera Panamericana Sur hasta la ciudad de Pisco, desde donde se sigue el desvío hacia la carretera denominada Vía Libertadores – Wari, llegando a la ciudad de Ayacucho.

De Ayacucho a Cangallo se llega por una vía afirmada en regular estado de conservación, de aproximadamente 100 km de longitud, atravesando los centros poblados de Sachabamba, Acomayopata al este y Papachacra, Manzanayoc y Sahuajasa al oeste.

1.4.3 Características Geográficas

Las características Geográficas de las comunidades en donde se ejecutó la obra son de valles típicamente interandinos, cruzando una zona alta denominada Tocto que llega hasta los 4,288 m.s.n.m., siendo las condiciones climatológicas:

Temperatura mínima	0° C
Temperatura media	16° C
Temperatura máxima	26° C
Velocidad máxima del viento:	90 km/h
Altura sobre nivel del mar	3,200 m.s.n.m.
Humedad relativa	55 %
Grado de contaminación	Nula
Nivel sísmico	Grado 7 de escala Mercali

1.5 Alcances

Las nuevas instalaciones electromecánicas de la Subestación Cangallo 66/22.9 kV, son del tipo exterior, la cual sirve para la recepción de la energía en 66 kV, su transformación a 22.9 kV y su distribución en esta última.

La disposición general de la nueva Subestación consta básicamente de:

- a) Zona de 66 kV
- b) Transformador de Potencia 66/22.9 kV de 8.0 –10 MVA ONAN-ONAF
- c) Zona de 22.9 kV
- d) Sistema de Control y Medición
- e) Sistema de Protección
- f) Servicios Auxiliares
- g) Red de Tierra Superficial y Profunda

CAPITULO 2

CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA ELECTRICO

2.1 Nivel de Tensión

Dentro de la g̃ama existente de tensiones normalizadas, la tensi3n de una Subestaci3n se puede fijar en funci3n de los siguientes factores:

Si la Subestaci3n es alimentada en forma radial la tensi3n se fija en funci3n de la Potencia de la misma.

Si la alimentaci3n viene de un anillo, la tensi3n queda obligada por la misma del anillo.

En la selecci3n del Sistema de Transmisi3n se defini3 la tensi3n de 66 kV, por ser una tensi3n existente en el 3rea de la obra, ya que la S.E. Mollepata se interconecta con la l3nea de transmisi3n 66 kV Cobriza – Huanta – Ayacucho, y esta se interconecta con la S.E. Cangallo 66/22.9 kV.

2.2 Regulaci3n de Tensi3n

Considerando los resultados de la selecci3n del Sistema de Transmisi3n y que las cargas a servir requieren una buena calidad de servicio, se consider3 instalar en la Subestaci3n de Cangallo un Transformador de Potencia 66/22.9 kV con regulaci3n de tensi3n bajo carga.

2.3 Coordinación del Aislamiento

2.3.1 Nivel de Aislamiento

Una vez que se determina la tensión nominal de operación, se fija el nivel de aislamiento que en forma indirecta fija la resistencia de aislamiento que debe tener un equipo eléctrico para soportar sobretensiones.

Se considera cumplido el requisito de aislamiento si la instalación resiste lo indicado en la Tabla N° 2.1 referente a la norma (IEC 71-3). A partir de estos niveles de aislamiento se deben adoptar las disposiciones necesarias, para evitar que se produzcan efectos corona en las barras colectoras, en los conectores y en general en cualquier punto de la instalación.

a) Aislamiento Interno.

Las sobretensiones de origen interno son causadas por :

- * Presencia de fallas a tierra
- * Desconexión brusca de carga o de transformadores de derivación
- * Energización de línea con transformador conectado
- * Energización de línea en vacío
- * Recierres trifásicos

Cálculo de aislamiento interno por sobretensión a frecuencia industrial ($U_{60\text{Hz}}$)

Las sobretensiones de corta duración a frecuencia industrial son del orden del 25% mayores que la tensión máxima del equipo en valor eficaz, U_m (kVef).

$$U_{60\text{Hz}} = 1.25 U_m; \quad \text{para } U_m = 72.5 \text{ kV}, \quad U_{60\text{Hz}} = 90.63 \text{ kV}$$

Cálculo de aislamiento interno por sobretensiones de maniobras, (U_{SIL}).

El valor base p.u para sobretensiones pico (U_1) esta dado por:

$$U_1 = \frac{2}{3} U_m; \quad \text{para } U_m = 72.5 \text{ kV}, \quad U_1 = 48.33 \text{ kVp}$$

Del estudio del Sistema de Potencia se conoce que los valores de sobretensiones de maniobra son del orden de 3.5 veces el valor base:

$$U_{\text{SIL}} = 3.5 U_1, \quad \text{para } U_1 = 48.33 \text{ kVp}, \quad U_{\text{SIL}} = 169.16 \text{ kVp}$$

b) Aislamiento Externo.

Las sobretensiones de origen externo son originadas por caídas de rayos directamente (descargas atmosféricas) sobre la línea de transmisión, su cercanía a ella o a la subestación.

Las ondas de sobretensión tiene tres zonas bien definidas los cuales son :

- Zona de la onda de impulso
- Zona de la onda por maniobras
- Zona de la onda a frecuencia industrial (60 Hz)

El valor de la tensión de sostenimiento por sobretensiones atmosféricas es $U_{SIL} / 0.83 = 204 \text{ kVp}$.

Sin embargo la norma IEC-71-3 , proporciona un cuadro con valores superiores a los calculados de niveles de aislamiento interno/externo:

TABLA N° 2.1.- Nivel de Aislamiento Interno/Externo

Tensión Nominal (kVef)	Tensión Máxima del Equipo U_m (kVef)	Tensión de Ensayo en 1 Mín. a Frecuencia Industrial (kVef)	Tensión de Ensayo de Impulso (Valor Cresta kV)
66	72.5	140	325
22.9	24	50	125
10	12	28	75

c) Corrección por Factor de Altitud

La norma IEC-71-3, fija los valores de aislamiento estándar hasta una altitud de 1000 m.s.n.m. Considerando que la Subestación Cangallo, esta ubicada a una altitud de 3,200 m.s.n.m, se requiere efectuar la corrección del aislamiento por altitud empleando la siguiente fórmula

$$K_1 = e^{(h-1000)/8150}$$

Donde :

K_1 : Factor de corrección

h : Altitud sobre el nivel del mar (3,200 m.s.n.m.)

Luego, el valor de corrección es : $K_1 = 1.3099$

d) Corrección por Efectos de la Temperatura

Según el Código Nacional de Electricidad, para el diseño del aislamiento deberá tomarse en cuenta la temperatura ambiental a través de un factor de cuya expresión es la siguiente:

$$K_2 = \frac{273 + t_{\text{máx}}}{313}$$

Donde:

$t_{\text{máx}}$: Temperatura máxima de la zona en °C, se estima que la temperatura no sobrepasará los 40°C; por lo que $K_2=1$.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los factores de corrección por altitud y temperatura obtenemos la siguiente tabla :

TABLA N° 2.2.- Nivel de Aislamiento Interno/Externo
Considerando los factores de Altitud y Temperatura

Tensión Nominal (kVef)	Tensión Máxima del Equipo Um (kVef)	Tensión de Ensayo en 1 Mín. a Frecuencia Industrial (kVef)	Tensión de Ensayo de Impulso (Valor Cresta kV)
66	72.5	185	450
22.9	24	70	170
10	12	38	95

Estos valores son normalizados y serán los mínimos necesarios que deben cumplir los equipos electromecánicos de la Subestación Cangallo 66/22.9 kV:

2.3.2 Distancia Mínima de Seguridad

Las distancias de partes activas entre si y contra partes puestas a tierra en una instalación, deberán corresponder como mínimo a lo indicado en las recomendaciones de la norma IEC-71-3 (1982), que están relacionadas directamente con las tensiones de la onda de impulso normalizada (1.25/50 us).

Para el caso de la Subestación Cangallo, las distancias de seguridad se muestra norma, IEC-71-3, que son:

TABLA N° 2.3.- Distancias Mínimas de Seguridad

Tensión Nominal (kVef)	Tensión Máxima Um (kVef)	Nivel de Impulso Externo (kV)	Distancias mínimas (mm) Fase – Fase Fase – Tierra
66	72.5	450	900
22.9	24	170	320
10	12	95	166

2.4 Diagrama Unifilar

La elección del diagrama unifilar de una Subestación depende de las Características específicas de cada Sistema Eléctrico y de la función que realiza dicha Subestación en el Sistema.

El diagrama de conexiones, que se adopte, determina en gran parte el costo de la instalación. Este depende de la cantidad de equipos considerados en el diagrama, lo que a su vez repercute en la adquisición de mayor área de terreno.

Los criterios que se utilizan para seleccionar el diagrama unifilar más adecuado y económico de una instalación son los siguientes: Continuidad de servicio, versatilidad de operación, facilidad de mantenimiento de los equipos, cantidad y costos de los equipos. Como resultado del análisis respectivo se optó por el diagrama unifilar mostrado en el plano N° SE-CG-E01.

CAPITULO 3

EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO

El equipamiento electromecánico de la subestación se ha provisto para soportar las condiciones del área de la Obra, cumpliendo con las recomendaciones especificadas por las normas : ANSI, IEC, CSA, NEMA, VDE, IEEE y con los requerimientos del Código Nacional de Electricidad.

3.1 Zona de 66 kV

Compuesto por:

- (01) Pórtico metálico de llegada.
- (01) Seccionador de línea con cuchillas de puesta a tierra.
- (01) Interruptor de tripolar de potencia.
- (03) Pararrayos tipo estación.

3.2 Transformador de Potencia

Un transformador de potencia trifásico, con una potencia nominal de 8.0-10 MVA ONAN-ONAF, regulación de transformación $\pm 13 \times 1\%$ del valor nominal de 66/22.9 kV, incluidos los equipos de refrigeración para una etapa futura en ONAF. La regulación de tensión es con carga y en forma automática.

3.3 Zona de 22.9 kV

Compuesto por:

- (03) Pararrayos tipo estación con un contador de descarga
- (01) Interruptor de tripolar de potencia en gas SF6
- (01) Seccionador de barra de puesta a tierra.
- (04) Interruptor de recierre (Reclosers)
- (01) Pórtico metálico de salida.

3.4 Sistema de Control y Medición

Compuesto por:

- (03) Transformadores de tensión capacitivo 66 kV.
- (03) Transformadores de tensión Inductivo 22.9 kV.
- (04) Transformadores de corriente (para Recloser 22.9kV.)
- (01) Panel mímico para control de la línea de llegada
- (01) Panel mímico para control de la línea de salida
- (01) Sistema de alarma

3.5 Sistema de Protección

Compuesto por:

- (01) Tablero de protección conformado por los siguientes relés de protección:
 - Relé diferencial (87),
 - Relé de bloqueo (86T y 86L)
 - Relé de sobre corriente (50/51-50N/51N)
 - Relé direccional
 - Relé de distancia (21, 21N, 50/51, 50N/51N,79 y 67N)

3.6 Servicios Auxiliares

Los servicios auxiliares (SS.AA), estará compuesto por un sistema en tensión de corriente alterna (VAC) y un sistema en tensión de corriente continua (VDC); es decir :

- Sistema de alumbrado y tomacorrientes en VAC y VDC.
- (01) Tablero de servicios auxiliares 380/220 VAC y en 110 VDC.
- (01) Transformador de SS.AA. 22.9 / 0.38 kV.
- (01) Rectificador – Cargador de 110 VDC
- (01) Banco de Baterías 110 VDC.

3.7 Red de Tierra Superficial y Profunda

La Subestación estará equipada con una malla de red de tierra profunda, construida con conductor de cobre y pozos de tierra según lo necesario y conectada con los equipos de la Subestación, por medio de una red de tierra superficial compuesto principalmente por conductor de cobre y conectores de cobre tipo doble vía.

CAPITULO 4

SELECCION DE EQUIPOS

En el presente capítulo se calcula las condiciones electromecánicas mínimas que deberá cumplir los equipos previstos para la Subestación de Transmisión Cangallo 66/22.9 kV de 8-10 MVA ONAN-ONAF. Para esto se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones básicas de diseño.

a) Corriente nominal.- La corriente nominal nos fija los esfuerzos térmicos que debe soportar una instalación eléctrica, en las condiciones de operación más desfavorable. Sirve para determinar las secciones de las barras colectoras y las características de conducción de corriente de los interruptores, seccionadores, transformadores de corriente, etc. La máxima demanda total, que tomará al final la Subestación, lo determinara la corriente nominal.

b) Corriente de cortocircuito.- Determina los esfuerzos electromecánicos máximos que pueden soportar las barras colectoras y los tramos de conexión; y es también un parámetro importante en el diseño de la red de tierra de la instalación. La corriente de cortocircuito, al circular por los devanados de cualquier transformador, produce un aumento brusco de temperatura, que degrada los aislamientos y disminuye la vida útil de éstos, de tal manera que una sobre tensión posterior, aunque sea pequeña, puede ser el origen de una falla seria en los arrollamientos e incluso de su destrucción.

Como los parámetros de Demanda (corriente nominal) y Cortocircuito, aumentan a medida que crece el sistema eléctrico, entonces las instalaciones se deben diseñar tomando en cuenta los valores de demanda y niveles de cortocircuito que se alcanzará en la etapa final de desarrollo de la Subestación en estudio.

c) Capacidad de Corriente.- Las potencias de cortocircuito sirven para determinar la corriente de cortocircuito, así como definir el poder de ruptura de los interruptores de potencia.

d) Potencia de cortocircuito.- Para la determinación de la potencia de cortocircuito, se ha simulado fallas trifásicas y fase a tierra en todas las barras de las instalaciones del proyecto, en máxima carga para el año 2005, resultando para la Subestación Cangallo 40 MVA trifásico (3F) en el lado de 66 kV y de 29.2 MVA trifásico (3F) en el lado de 22.9 kV. Además se muestra las corrientes de cortocircuito trifásicos (3F) y monofásicos a tierra (1F-T) :

TABLA N° 4.1.- Potencias y Corrientes de Cortocircuito al año 2005

Barra	Tensión (kV)	MVA 3F	kA 3F	KA 1F-T
MANTARO	220	4380	11.5	14.0
AYA2.4	2.4	26.7	6.4	2.5
COBI10	10	280.3	16.2	0.0
COBRIZI	66	436.6	3.8	4.6
COBII66	66	119.3	1.0	1.4
COBII10	10	90.2	5.2	0.3
COBII4	4.16	86.1	11.9	0.0
MACHA66	66	116.9	1.0	1.3
MACHA22	22.9	25.4	0.6	0.7
HUANTA	66	72.3	0.6	0.7
HUANTA10	10	21.8	1.3	0.0
AYAC1	66	60.9	0.5	0.7
AUTO22	22.9	29.2	0.7	0.9
AYACU66	66	59.7	0.5	0.7
AYACU10	10	44.8	2.6	2.8
AYACU22	22.9	47.4	1.2	1.7
CANGA66	66	40.0	0.3	0.5
CANGA22	22.9	29.2	0.7	1.0

Sin embargo para todos los cálculos de dimensionamiento de equipos de la Subestación se ha de considerado la potencia de cortocircuito de 132 MVA en el lado de 66 kV, y de 80 MVA en el lado de 22.9 kV de acuerdo a los datos de estudios realizados y proporcionados por la Concesionaria (Electrocentro) para el año 2011.

4.1 Cálculo de los Equipos de Maniobra en 66 kV.

Cuando hablamos de equipos de maniobra nos referimos en este caso a los Interruptores y Seccionadores de Potencia.

a) El Interruptor.- Es un dispositivo destinado al cierre y apertura de la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga en condiciones normales; esta siendo su función principal, bajo condiciones de cortocircuito.

b) El Seccionador.- Es un dispositivo que sirve para conectar y desconectar diversas partes de las instalaciones eléctricas, para efectuar maniobras de operación ó bien para darles mantenimiento; pueden abrir circuitos bajo tensión nominal pero nunca cuando esté fluyendo corriente a través de ellos.

Las características técnicas principales de los Interruptores y Seccionadores se basan en los siguientes parámetros:

- a) Corriente nominal
- b) Corriente límite térmica
- c) Corriente límite dinámica

Además como el interruptor realiza desconexión de corriente de cortocircuito se debe considerar:

- d) Potencia de ruptura.

Entonces se debe realizar el cálculo de las condiciones mínimas que debe tener un equipo de maniobra en base a los parámetros descritos.

4.1.1 Cálculo por Corriente Nominal (I_n) :

Para el caso de las celdas de llegada tenemos una potencia proyectada de 10 MVA.

$$I_n = 1.2 \frac{S_n}{\sqrt{3}V_n}, \quad I_n = 105 \text{ A}$$

$S_n = 10\,000 \text{ kVA}$ (Potencia aparente proyectada)

$V_n = 66 \text{ kV}$ (Tensión nominal del sistema)

El factor de 1.2 se aplica debido que los transformadores de potencia tienen la características de trabajo de soportar una sobrecarga del 20% de su potencia nominal.

4.1.2 Cálculo por Corriente Límite Térmica (I_{CC}) :

Es el valor de una corriente constante que el equipo puede soportar durante un determinado tiempo, sin presentar calentamiento excesivo ni deterioro de sus componentes, y esta definido por:

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3}V_n}, \quad I_{CC} = 1.16 \text{ kA}$$

$S_{CC} = 132\,000 \text{ KVA}$ (Potencia de cortocircuito)

$V_n = 66 \text{ kV}$ (tensión nominal del sistema)

4.1.3 Cálculo por Corriente Límite Dinámica (I_{ch}) :

Es el valor de pico de la corriente de cortocircuito que puede soportar el equipo sin presentar deformaciones del tipo mecánico. A esta corriente también se le conoce como de choque, y esta definido por:

$$I_{ch} = 2.54 I_{cc}; \quad \text{Para } I_{cc} = 1.16 \text{ kA}, \quad I_{ch} = 2.95 \text{ kA}$$

4.1.4 Cálculo por Potencia de Ruptura (S_{cc}) :

En la Red de 66 kV de Electrocentro, se determinó que la potencia de cortocircuito proyectada para el año 2011 será: $S_{cc} = 132 \text{ MVA}$

En resumen tenemos la siguiente tabla:

TABLA N° 4.2.- Equipos de Maniobra 66 kV

Descripción	Datos	Valores Obtenidos	Observ.
Corriente Nominal	$S_n = 10\ 000 \text{ KVA}$ $V_n = 66 \text{ kV}$	$I_n = 105 \text{ A}$	Con 20% de sobrecarga
Potencia de Ruptura	$S_{cc} = 132 \text{ MVA}$	$S_{cc} = 132 \text{ MVA}$	Proyectada al año 2011
Corriente Límite Térmica	$S_{cc} = 132 \text{ MVA}$	$I_{cc} = 1.16 \text{ kA}$	
Corriente Dinámica	$I_{ch} = 2.54 \times I_{cc}$	$I_{ch} = 2.95 \text{ kA}$	

4.2 Cálculo de los Equipos de Maniobra en 22.9 kV.

Para determinar las condiciones mínimas que deben cumplir los equipos de maniobra de 22.9 kV; se sigue el mismo procedimiento de cálculo utilizado para los equipos en 66 kV.

La tabla que se muestra a continuación resume los valores obtenidos en los cálculos respectivos.

TABLA N° 4.3.- Equipos de Maniobra 22.9 kV

Descripción	Datos	Valores Obtenidos	Observ.
Corriente Nominal (lado del trafo)	$S_n = 10\ 000\ \text{KVA}$ $V_n = 22.9\ \text{kV}$	$I_n = 303\ \text{A}$	Con 20% de sobrecarga
Corriente Nominal (lado de las salidas)	$S_n = 2\ 500\ \text{KVA}$ $V_n = 22.9\ \text{kV}$	$I_n = 76\ \text{A}$	Con 20% de sobrecarga
Potencia de Ruptura	$S_{cc} = 80\ \text{MVA}$	$S_{cc} = 80\ \text{MVA}$	Proyectada al año 2011
Corriente Límite Térmica	$S_{cc} = 80\ \text{MVA}$	$I_{cc} = 2.0\ \text{kA}$	
Corriente Dinámica	$I_{ch} = 2.54 \times I_{cc}$	$I_{ch} = 5.08\ \text{kA}$	

4.3 Cálculo de Pararrayos en 66 kV

El aislamiento de los equipos y aparatos en las Subestaciones, son sometidos, en forma permanente, a esfuerzos que se producen por la tensión de operación en condiciones normales y específicamente a sobretensiones por contingencias en la red del sistema.

El equipo que se expone a las sobretensiones debe estar en condiciones de resistir a estas sollicitaciones en el transcurso de su vida útil, contando para ello de los pararrayos.

Como se menciona en el Capítulo II, las sobretensiones que se presentan son de origen interno y externo.

Los pararrayos que se emplearán, serán del tipo óxido de zinc, que son aquellos que más se emplean en la actualidad.

Sobretensión temporal (TOV) : Es la sobretensión que se presenta debido a fallas temporales en el sistema y que son de mayor frecuencia.

$$TOV = \frac{K_e U_m}{\sqrt{3}}$$

Donde:

K_e : Factor de puesta a tierra.

$K_e \leq 1.4$ Sistema aterrado.

U_m : Tensión máxima a presentarse en el sistema.

Luego, para el sistema Línea de Transmisión 66kV Ayacucho-Cangallo, en la tensión 66 kV. tenemos $K_e = 1.4$ y $U_m = 72.5$ kV :

$$TOV = \frac{1.4 \times 72.5}{\sqrt{3}} \qquad TOV = 58.6 \text{ kV}$$

Tensión máxima de operación continua (MCOV) : Es la tensión máxima que puede aparecer en operación continua, en los terminales del pararrayos (fase - tierra). Para sistemas con neutro dirigido a tierra tenemos:

$$\text{MCOV} = \frac{U_m}{\sqrt{3}}; \quad \text{para } U_m = 72.5 \text{ kV}, \quad \text{MCOV} = 41.9 \text{ kV}$$

Así mismo, consideramos que la tensión de maniobra (SIL) es el 83% del Nivel Básico de Aislamiento interno (BIL) :

$$\text{SIL} = 0.83 \text{ BIL}; \quad \text{para BIL} = 450 \text{ kVp}, \quad \text{SIL} = 373.5 \text{ kVp}$$

La tensión límite para la prueba de Onda Cortada (CWT) es aproximadamente 15% mayor que el valor BIL.

$$\text{CWT} = 1.15 \text{ BIL}, \quad \text{para BIL} = 450 \text{ kVp}, \quad \text{CWT} = 517.5 \text{ kVp}$$

Del Catalogo de pararrayos Cooper AZG3006G048060 se tiene :

Tensión nominal (V_n)	60 kV
Máxima tensión de operación continua (MCOV)	48 kVp
Sobretensión transitoria de Operación (TOV)	68.4 kV
Tensión residual a la onda 8/20 μ s – 10 kA	: 146 kVp
Tensión residual a maniobras - 1000 A	: 119 kVp
Tensión residual a 5 μ s – 10 kA	: 169 kVp

Luego, el margen de protección que otorga el pararrayos a los equipos y transformador en el lado de 66 kV es:

Margen de protección en la región de sobretensiones externas.

$$M_{p1} = \frac{450}{146} = 3.08$$

Margen de protección en la región de sobretensiones internas.

$$M_{p2} = \frac{373.5}{119} = 3.14$$

Margen de protección en la región para el frente de escarpado.

$$M_{p3} = \frac{450}{169} = 2.66$$

Por lo tanto, el pararrayo seleccionado es correcto, por tener un margen de protección mayor a 2 (recomendado por la norma ANSI C62.2); esto quiere decir que la corriente de falla se dirigirá a tierra a través de los pararrayos protegiendo correctamente al equipo electromecánico.

4.4 Cálculo de Pararrayos en 22.9 kV

Para determinar las condiciones mínimas que deben cumplir los pararrayos de 22.9 kV se sigue el mismo procedimiento de cálculo utilizado para el pararrayo de 66 kV.

- Sobretensión temporal (TOV) : Es la sobretensión que se presenta debido a fallas temporales en el sistema y que son de mayor frecuencia.

$$TOV = \frac{K_e U_m}{\sqrt{3}}$$

K_e : Factor de puesta a tierra.

$K_e \leq 1.4$ Sistema aterrado.

U_m : Tensión máxima a presentarse en el sistema.

Luego, para el sistema Línea de Transmisión 66kV Ayacucho-Cangallo, en la tensión 22.9 kV. tenemos $K_e = 1.4$ y $U_m = 24$ kV :

$$TOV = \frac{1.4 \times 24}{\sqrt{3}}, \quad TOV = 19.4 \text{ kV}$$

- Tensión máxima de operación continua (MCOV) : Es la tensión máxima que puede aparecer en operación continua, en los terminales del pararrayos (fase-tierra). Para sistemas con neutro dirigido a tierra tenemos:

$$MCOV = \frac{U_m}{\sqrt{3}}; \quad \text{para } U_m = 24 \text{ kV}, \quad MCOV = 13.86 \text{ kV}$$

- Así mismo, consideramos que la tensión de maniobra (SIL) es el 83% del Nivel Básico de Aislamiento interno (BIL) :

$$SIL = 0.83 \text{ BIL}; \quad \text{para BIL} = 170 \text{ kVp}, \quad SIL = 141.1 \text{ kVp}$$

- La tensión límite para la prueba de Onda Cortada (CWT) es aproximadamente 15% mayor que el valor BIL.

$$CWT = 1.15 \text{ BIL, para BIL} = 170 \text{ kVp, CWT} = 195.5 \text{ kVp}$$

Del Catalogo de pararrayos Cooper AZG3003G015018 se tiene :

- Tensión nominal (V_n) : 18 kV
- Máxima tensión de operación continua (MCOV) : 15.3 kVp
- Sobretensión transitoria de Operación (TOV) : 19.42 kV
- Tensión residual a la onda 8/20 μ s – 10 kA : 48.4 kVp
- Tensión residual a maniobras - 1000 A : 39.5 kVp
- Tensión residual a 5 μ s – 10 kA : 58.6 kVp

Luego, el margen de protección que otorga el pararrayos a los equipos y transformador en el lado de 22.9 kV es:

- Margen de protección en la región de sobretensiones externas.

$$M_{p1} = \frac{170}{48.4} = 3.51$$

- Margen de protección en la región de sobretensiones internas.

$$M_{p2} = \frac{141.1}{39.5} = 3.57$$

- Margen de protección en la región para el frente de escarpado.

$$M_{p1} = \frac{170}{58.6} = 2.90$$

Por lo tanto, el pararrayo seleccionado es correcto, por tener un margen de protección mayor a 2 (recomendado por la norma ANSI C62.2); esto quiere decir que la corriente de falla se dirigirá a tierra a través de los pararrayos protegiendo correctamente al equipo electromecánico.

4.5 Transformador de Potencia 66/22.9 kV

El transformador de potencia se selecciona de acuerdo al requerimiento de la demanda proyectada y al sistema eléctrico que pertenece la subestación. En ese sentido se han efectuado simulaciones de flujo de máxima y mínima demanda, para los años 2001, 2006, y 2011, con la finalidad de establecer la operación de la subestación, verificando la regulación de tensión y otros. Es decir :

TABLA N° 4.4.- Demanda Proyectada al 2011

Año	Demanda Máx.
2001	3.4 MW
2006	6.0 MW
2011	8.0 MW

En resumen el transformador seleccionado deberá cumplir con las siguientes principales características técnicas:

Potencia nominal :	8-10 MVA (ONAN-ONAF)
Tensión nominal y tomas	
Primario (AT)	66 ± 13 x 1%
Secundario (MT)	22.9 kV
Frecuencia	60 Hz
Grupo de conexión	YnynO
Neutro (AT)	Sólidamente a tierra
Neutro (MT)	Sólidamente a tierra
Regulación de Tensión	Automático bajo carga
Nivel de Aislamiento	
En Alta	185/450 kV
En Baja	70/170 kV

4.6 Cálculo del Embarrado de 66 kV

Las barras colectoras están formadas principalmente de los siguientes elementos:

- Conductores eléctricos
- Aisladores
- Conectores y herrajes

El diseño de las barras colectoras implica la sección apropiada del conductor en lo referente al material, tipo y forma del mismo, a la selección de los aisladores y sus accesorios, y a la selección de las distancias entre apoyos y entre fases. El diseño se hace con base en los esfuerzos estáticos dinámicos a que están sometidas la barras, y según las necesidades de conducción de corrientes, disposiciones físicas, etc. La selección final de las barras se hace atendiendo aspectos económicos, materiales existentes en el mercado y normas establecidas. Las barras más comunes utilizados son: Cables y tubos.

En nuestro caso en la zona 66 kV, no es necesario tal embarrado, como se muestra en el plano N° SE-CG-E04 (Disposición de Equipos); es decir los cables de la línea de transmisión Ayacucho – Cangallo 66 kV llegan al pórtico de 66 kV de la Subestación Cangallo y bajan a través de conectores de aluminio hacia los transformadores de tensión.

Las bajadas de cada fase esta conformado por:

- 5 Aisladores de Suspensión del mismo tipo de la línea, Ansi 52-3
- 01 Conector de aluminio tipo "T" (Conductor - Conductor)
- Cable Aldrey de las mismas características de la línea. 120 mm²
- Grapa Pistola de aleación de aluminio de 120 mm²

4.7 Cálculo del Embarrado de 22.9 kV

En este caso si es necesario un sistema de barras exteriores por la necesidad de tener 4 salidas, y estará compuesto principalmente de: Conductor eléctrico, aisladores, Conectores y herrajes

4.7.1 Cálculo de la Corriente Nominal

El cálculo por corriente nominal se realiza tomando en consideración las siguientes alternativas de operación:

TABLA N° 4.5.- Capacidad de Corriente de Cables

Sección Nominal (mm ²)	Cable Al-Acero (mm ²)	Intensidad Continua A			
		Cobre	Aluminio	Aldrey	Al.-Acero
50	50/8	250	225	210	170
70	70/12	310	270	255	290
95	95/15	380	340	320	350
120	120/20	440	390	365	410
150	150/25	510	455	425	470
185	185/30	585	520	490	535
240	240/40	700	625	585	645
300	305/40	800	710	670	740
400	435/55	960	855	810	900
500	510/45	1110	990	930	995

El conductor a usarse será el **Cable Aldrey**, por ser el más económico y el más usado en las Líneas de Transmisión y Distribución de Electrocentro, cuyas características son:

TABLA N° 4.6.- Características Técnicas, Cable Aldrey 120mm²

Descripción	Aldrey 120 mm ² E – AlMg Si
Sección	120 mm ²
Sección Real	126.4 mm ²
Número de hilos	19
Diámetro de cada hilo	2.91 mm
Diámetro exterior del Conductor	14.65 mm
Peso	0.349 kg/m
Resistencia c.c. 20 °C	0.264 Ω/km
Carga mínima de rotura	30 kg/mm ²
Módulo de elasticidad	5700 kg/mm ²
Coeficiente de dilatación lineal	23 x 10 ^{exp-6} 1/°C
Tipo de grasa anticorrosiva	61 MNBj-PIRELLI, punto de goteo 95 °C

4.7.2 Consideraciones de las Cargas en el Diseño de Barras:

La configuración de las instalaciones al aire libre está determinada por puntos de vista económicos, especialmente a lo que se refiere a una adaptación del espacio disponible. Se presentan dos grupos principales de cargas que son: cargas estáticas y cargas dinámicas.

a) Cargas estáticas.- Son las que actúan sobre las barras, en forma constante y que son consideradas en el diseño en forma vertical:

- Peso del conductor
- Peso de hielo

b) Cargas dinámicas.- Son todas las cargas que actúan sobre las barras en forma variable; se consideran en el diseño en forma horizontal o axial:

- Efectos térmicos producido por la corriente de cortocircuito
- Esfuerzos electromagnéticos.

4.7.3 Cálculo Mecánico del Sistema de Barras

Cuando un cable sostenido entre dos puntos, pasa de unas condiciones iniciales (temperatura, presión del viento, tiro mecánico, fuerzas electrodinámicas) a otras características diferentes denominados finales, experimenta una variación geométrica en su longitud debido a los efectos físicos de dilatación por cambio de temperatura y a la variación por tensión mecánica a que esta sometida. Suponiendo que las deformaciones son elásticas se tiene:

$$L_2 - L_1 = \alpha D(t_2 - t_1) + d \frac{T_{02} - T_{01}}{AE}$$

$$L_2 = d + d^3 \frac{W_r^2}{24T_{02}^2}$$

Donde:

L_2, L_1 : Longitud final e inicial del conductor (m)

α : Coeficiente de dilatación

d : Largo del tramo (m); en este caso es 9.8 m

t_2, t_1 : Temperatura final e inicial en °C

T_{02}, T_{01} : Tensión final e inicial del conductor (kgf)

A : Sección del conductor (mm²)

E : Módulo de elasticidad

W_r : Carga unitaria resultante en el conductor en las condiciones finales e iniciales.

Mediante la expresión anterior se determina la ecuación:

$$K_{02}^2 \left[K_{02} + \alpha E (t_2 - t_1) + \frac{W_{r1}^2 d^2 E}{24 A^2 K_{01}^2} - K_{01} \right] = \frac{W_{r2}^2 d^2 E}{24 A^2}$$

Para el cálculo mecánico del conductor formulamos dos hipótesis básicas de trabajo que representará las condiciones iniciales y finales del conductor

Hipótesis 1 (Condiciones de templado)

Se refiere a las condiciones usuales de operación, donde generalmente se considera una temperatura promedio y una presión de viento mínima o nula.

Hipótesis 2 (Máximo esfuerzos)

Las mayores exigencias mecánicas en el conductor generalmente intervine la mínima temperatura, formación de hielo si existiera, presión de viento máxima, fuerzas electrodinámicas.

Entonces si el esfuerzo final no sobrepasa el esfuerzo de rotura del conductor la elección es adecuada.

Cabe notar que la tensión de tiro de los cables se elegirá la más baja posible, de forma que el esfuerzo de los pórticos no sea demasiado elevado y por lo tanto incremente el costo de la superestructura.

Para elección de la tensión de tiro de los cables, será determinante el cambio que se produzca al combarse estos últimos.

Para estructuras de barras ómnibus es usual emplear una tensión de cable de 1 Kg/mm² hasta como máximo 4 Kg/mm².

Cálculo Justificativo

Hipótesis 1 (Templado)

Temperatura media : 16° C

Velocidad del viento : 0

$$W_{r1} = W_c$$

$$W_{r1} = 0.349 \text{ Kg/m}$$

$$K_{01\max} = 4 \text{ Kg/mm}^2$$

Hipótesis 2 (máximo esfuerzo)

Temperatura : 0° C

Velocidad del viento : 90 km/h

$$W_{r2}^2 = W_c^2 + (P_v + f_e)^2$$

Donde:

W_c : Peso unitario del conductor, 0.349 Kg/m

P_v : Fuerza unitaria debida a presión viento

f_e : Fuerza unitaria debida a cortocircuito

Presión del viento

$$P_v = kV^2d_c$$

Donde:

k : Coeficiente igual a 0.0042 para superficies cilíndricas y 0.007 para superficies planas.

V : Velocidad del viento, 90 km/h

d_c : Diámetro del conductor, 0.01455 m

Luego:

$$P_v = 0.0042 \times 90^2 \times 0.01455$$

$$P_v = 0.495 \text{ Kg/m}$$

Fuerza electromecánica

$$F_e = \frac{0.13265 I_{cc}^2 L}{e} \text{ (kgf)}$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de cortocircuito trifásico, 2.0 kA

L : Largo de tramo o distancia entre apoyos (m)

La distancia entre apoyos viene determinada por la separación entre pórticos que se obtiene por la disposición de los equipos de alta tensión, 9.8 m

e : Distancias entre fases (m)

Es la distancia mínima eléctrica determinada en la tabla N° 2.3.- Distancia Mínima de Seguridad, y es 0.320m

Luego:

Como se tiene valores unitarios tenemos:

$$f_e = \frac{F_e}{L} \text{ (Kgf/m)}$$

$$f_e = \frac{0.13265 \times 2.0^2}{0.32}, \quad f_e = 1.66 \text{ Kgf/m}$$

Carga unitaria resultante (W_{r2})

$$W_{r2}^2 = 0.349^2 + (0.495 + 1.66)^2$$

$$W_{r2} = 4.77 \text{ Kg/m.}$$

Cálculo numérico

$$K_{02}^2 (K_{02} - 2.098 + 0.0106 - 4) = 32.48$$

$$K_{02}^2 (K_{02} - 6.087) = 37.28$$

$$K_{02} = 6.79 \text{ Kg/mm}^2$$

Como vemos no se sobrepasa la carga mínima de rotura del conductor que es:

$$K_{02} = 6.85 \text{ Kg/mm}^2 < K_c = 30 \text{ Kg/mm}^2 \text{ (dato, tabla N}^\circ\text{4.6)}$$

Entonces se toma como tiro máximo del conductor:

$$T = 4 \text{ Kg/mm}^2 \times 126.4 \text{ mm}^2, \quad T = 505.6 \text{ Kgf}$$

4.7.4 Cálculo de los Aisladores.

Para realizar el cálculo de los aisladores se realiza principalmente basándose en el **análisis del aislamiento del sistema de barras**.

Para realizar la coordinación de aislamiento se tiene que tomar todas las medidas necesarias con el objeto de prevenir interrupciones por rupturas; producidos sobre todo por sobretensiones que aparecen en el sistema eléctrico es así que se realizará el análisis en base a los parámetros descritos a continuación:

a) Análisis considerando sobretensiones

En un sistema eléctrico se produce sobretensiones de origen interno y externo.

Las sobretensiones internas son debidas a maniobras de interruptores y sobretensiones de baja frecuencia, las sobretensiones por maniobra son de frecuencia elevada y se originan por aperturas o cierres de Líneas o cargas y fallas intermitentes a tierra, las sobretensiones de origen interno a frecuencia normal son las sobretensiones dinámicas debido a conductores accidentalmente en contacto permanente a tierra, interrupción permanente de la carga, etc.

Las sobretensiones externas se producen debido a descargas atmosféricas (rayos); es la de mayor importancia en las instalaciones eléctricas con riesgo a descargas atmosféricas y sobretensión de baja frecuencia.

En este caso se realizará el análisis para sobretensiones producidas por la operación de interruptores y sobretensiones dinámicos.

La NGK insulators LTD del Japón proporciona una serie de recomendaciones al respecto en una guía titulada "Principles of insulation design for overhead transmission line". Entonces la NGK da las siguientes expresiones basadas en pruebas de laboratorio y campo.

$$U_{sw} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} n_m f_r \sqrt{2}$$

Donde :

U_{sw} Tensión que debe soportar el aislador en caso de maniobras.

U_m . Tensión máxima del sistema (kV)

n_m Factor de sobretensión por maniobras

f_r Factor de reducción del aislamiento depende de las diferencias entre los condiciones de laboratorio y las condiciones adversas en la zona de la Subestación (normalmente de 1.09 a 1.2).

$$U_{1w} = U_m n_l f_r$$

Donde:

U_{1w} : Tensión que debe soportar el aislador en caso de sobretensiones de baja frecuencia.

n_l : Factor de sobretensión de baja frecuencia

En la siguiente tabla se muestran valores de los factores de sobretensión, los cuales son resumen de datos estadísticos y experiencias, recopiladas por los autores del artículo en referencia.

TABLA N° 4.7.-Factores de Sobretensión (n)

Tipo Neutro del sistema	Aislado			A través de Impedancias				Directamente a tierra		
	V_n	11	22	33	66	77	110	154	187	220
n_m	4	4	4	3.3	3.3	3.3	3.3	2.8	2.8	2.8
n_l	1	1	1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8

Entonces para : $V_n = 22.9$ kV, $n_m = 4$, $n_l = 1$ y $f_r = 1.2$

La tensión por efectos de maniobras será:

$$U_{sw} = \frac{24}{\sqrt{3}} \times 4 \times 1.2 \times \sqrt{2}, \quad U_{sw} = 94 \text{ kV ,}$$

y el valor de la sobretensión de baja frecuencia será:

$$U_{1w} = 24 \times 1.0 \times 1.2, \quad U_{1w} = 29 \text{ kV}$$

Según las Normas IEC publicación 71 (tal como figura en la Tabla N°2.2.- Niveles de Aislamiento), da los siguientes valores para la tensión nominal de 22.9 kV:

Tensión impulso de ruptura : 170 kV

Tensión de ruptura a frecuencia nominal : 70 kV

Eligiendo los últimos valores, por ser los más exigentes y recurriendo a la tabla N° 4.8.- Características de Aisladores 10" x 5 3/4 " NKG- de la norma IEC, Pub. 383 y B.S. 137 , se concluye que se requieren mínimo **2 aisladores** de dimensiones iguales o mayores a 10" x 5 3/4" (STANDARD o FOG), teniendo en cuenta el efecto de sobretensiones.

TABLA N° 4.8.-Características de Aisladores 10"x5 3/4" NKG

Tipo	10" x 5 3/4" Standart		10" x 5 3/4" Fog	
	Mínima tensión de descarga a frecuencia industrial		Mínima tensión de descarga a frecuencia industrial	
Números de Unidades	Seco KV	Húmedo KV	Seco KV	Húmedo KV
1	72	45	95	55
2	140	80	145	85
3	190	115	200	125
4	245	155	250	160
5	290	190	300	200
6	340	230	350	240
7	390	265	395	270
8	435	300	440	305
9	485	335	485	335

Con los mismos criterios de selección se comprueba que el N° de aisladores elegidos en el sub capítulo 4.6 para la tensión 66kV es 5.

b) Aislamiento por contaminación atmosférica

La contaminación ambiental es un factor que afecta sustancialmente el aislamiento debido a que los depósitos que se acumulan en la superficie del aislador constituyen generalmente zonas conductoras que reducen la rigidez dieléctrica.

La tensión máxima de operación que puede soportar una cadena de aisladores en atmósfera contaminadas es directamente proporcional a la distancia de fuga o al número de aisladores que componen la cadena.

Otros factores que intervienen son el diámetro y el número de faldas de los aisladores. Si estos últimos factores no cambian, el parámetro principal es la distancia de fuga.

En la zona del proyecto no existe, prácticamente contaminación ambiental por encontrarse cerca a terrenos de cultivos donde el aire es bastante limpio, por lo tanto no se tomará ningún factor de corrección por este concepto.

c) Dimensiones y material de aislador

Por motivos de normalización se adoptará tal como se menciona anteriormente el aislador 10" x 5 3/4" y para obtener un tamaño de cadena mínimo, usaremos aisladores de tipo FOG o STANDARD.

La cadena de aisladores constará como mínimo de 2 aisladores tipo Standard o tipo FOG de dimensiones 10" x 5 3/4" con dieléctrico NGK. CA 825 EZ y el material será de vidrio si es Fog o de porcelana si es Standard.

d) Resistencia mecánica del aislador

Los aisladores usados para la retención, deben resistir una carga electromecánica que corresponda como mínimo al cuádruple de la tracción del conductor.

Para determinar el esfuerzo mecánico que deben soportar los aisladores consideremos la Hipótesis 2 planteada anteriormente. Entonces se tiene:

El máximo Tiro T es de 505.6 Kg que aplicándole un factor de seguridad de 4 nos da:

$$F = 4T; \quad \text{para } T = 505.6 \text{ Kg,} \quad F = 2022.4 \text{ Kg}$$

Como vemos esta carga absorbe los demás esfuerzos como son:

- Fuerzas electromagnéticas
- Peso del conductor
- Peso del aislador
- Peso de ferretería.

4.8 Transformadores de Medida

Los transformadores de medida son dispositivos electromagnéticos cuya función principal es reducir a escala, las magnitudes de tensión y de corriente que se utilizan para la protección y medición de los diferentes circuitos de la Subestación. Los aparatos de medición y protección que se montan sobre los tableros de una Subestación no están contruidos para soportar ni grandes tensiones, ni grandes corrientes. Normalmente estos transformadores se construyen con sus secundarios, para corrientes de 5 amperios y tensiones de 110 voltios.

Los principales parámetros de los transformadores de medida son:

a) **Clase de Precisión.-** Designa el error que el transformador puede introducir en la medición.

Los transformadores de medida se clasifican según su precisión de medición y se utilizan según la siguiente tabla:

TABLA N° 4.9.-Aplicación de Transformadores de Medida

Clase	Campo de Aplicación
0,1	Para mediciones de precisión y calibración
0,2	Para mediciones exacta de potencia y contabilización
0,5	Para contabilización e instrumentos exactos de medida
1	Para aparatos de medida de servicio (tensión, corriente, potencia, contadores).
3	Para medidores de tensión e intensidad, relés de tensión y sobre intensidad.
5P , 10P	Para transformadores de intensidad.
3P , 6P	Para transformadores de tensión

Cabe notar que 5P20 según lo normalizado significa: El transformador de corriente conserva la precisión de $\pm 5\%$ para los valores de corriente de falla ≤ 20 veces su corriente nominal.

b) Relación de Transformación.- Es la relación entre la corriente o tensión primaria y la secundaria de un transformador.

Se utilizarán los Plano N° SE-CG-E02 y SE-CG-E03 (Diagrama Unifilar - Sistema de Medición y Protección), para determinar la corriente en el lado primario de los transformadores de corriente. La corriente normalizada en el lado del secundario es 1 ó 5 A.

Para calcular la potencia aparente, es necesario conocer la carga efectiva a que se va a conectar, y esta compuesta por el consumo de los equipos o aparatos y de los respectivos conductores de conexión.

A continuación se muestran los consumos de los diferentes equipos, aparatos y accesorios de medición y protección:

Tabla N° 4.10.-Consumo de equipos que se conectan a transformadores de intensidad

Equipo	Consumo (VA)		
Amperímetros	0.2	-	2
Contadores	0.5	-	3
Vatímetros	1	-	3
Convertidores de potencia	0.5	-	1
Relé sobrecorriente	1	-	12
Relé Diferencial	3	-	12
Reguladores de tensión	10	-	30

Tabla N° 4.11.- Consumo de equipos que se conectan a transformadores de tensión

Equipo	Consumo (VA)		
Voltímetros	2	-	6
Vatímetros	1	-	4
Contadores	3	-	5
Convertidores de tensión	1	-	3
Convertidor de potencia	1	-	1.5
Relé de máxima Tensión	10	-	15
Regulador de tensión	30	-	50

Tabla N° 4.12.- Consumo de cables de control en los circuitos de corriente (por metro para 5A)

Sección (mm²)	Consumo (VA/m)
1.5	0.66
2.5	0.36
4	0.23
6	0.15
10	0.09

La potencia aparente mínima del transformador de medida (VA) será:

$$VA = \sum_{n=1}^n VA_n$$

Donde :

VA_n : Es la potencia aparente de los equipos de medición, protección y de los cables de control que se conectan con el transformador de medición .

4.9 Servicios Auxiliares

Los cálculos que se presentan, explican las características del equipamiento de los servicios auxiliares en corriente alterna y corriente continua, así como su dimensionamiento.

4.9.1 Alumbrado y Tomacorrientes

a) *Alumbrado Exterior*

a.1 Alumbrado Normal:

- Reflectores con lámparas vapor sodio 400W, 220V_{AC}. 8 unid.
- En el futuro se podrá instalar 4 unid.

Carga total por alumbrado normal será : $12 \times 400 \times 1.2 = 5\,760\text{ W}$
(factor por pérdida balasto y equipo de encendido).

a.2 Alumbrado del Cerco Perimétrico:

- Total de unidades por instalarse con lámparas de vapor de sodio alta presión de 150 W, 220 V_{AC}. 14 unid.

Carga Total: $14 \times 150 \times 1.2$ (factor por pérdidas en equipo de encendido) = 4 200 W

b) Alumbrado en Edificio de Control

b.1 Alumbrado Normal: (Lámparas fluorescentes e incandescentes)

- Luminaria equipado con lamparas de 2x40 W.	2 unid.
Carga total: $2 \times 2 \times 40 \times 1.2$	= 192 W
- Luminaria equipado con lamparas de 2x20 W.	3 unid.
Carga total: $3 \times 2 \times 20 \times 1.2$	= 144 W
- Artefacto tipo Fanal, equipado con lampara de 100 W.	2 unid.
Carga total: $2 \times 100 \times 1.2$	= 240 W
- Artefacto tipo Globol, equipado con lampara de 50 W.	1 unid.
Carga total: $1 \times 50 \times 1.2$	= 60 W

c) Salidas para Circuitos de Fuerza (Tomacorrientes)

c.1 Tomacorrientes trifásicos 60A, 380/220 Vac, Montaje Exterior

- Como ejecución actual, se va a instalar.	3 unid.
Cada tomacorriente trifásico asumirá una carga 7 A	= 4 607 W

Por lo tanto la carga total será de: $4\ 607\ \text{W/tom} \times 3 \times 0.6 = 8\ 293\ \text{W}$
(factor de simultaneidad)

c.2 Tomacorrientes Monofásicos 220 Vac

- De 32 A (montaje al exterior) asumirá una carga 5A	3 unid.
Carga : $3 \times 1\ 100\ \text{W/tom} \times 0.6$	= 1 980 W
- De 20 A doble (montaje al interior) asumirá una carga 2A	7 unid.
Carga : $7 \times 440\ \text{W/tom} \times 0.6$	= 1 848 W

4.9.2 Dimensionado de la Potencia de SS.AA. - Corriente Alterna

a) *Tablero de Servicios Auxiliares 380/220 V_{AC}*

El dimensionamiento del tablero de servicios auxiliares 380/220 V_{AC} será función de la capacidad del transformador de potencia de SS.AA. 22.9/0.400 – 0.230 kV. El dimensionamiento del transformador será teniendo presente las siguientes cargas:

a.1. Potencia instalada en cargas:

Para determinar la potencia instalada, en baja tensión, de la Subestación se está considerando la carga actual y las que se va a implementar en el futuro:

Alumbrado exterior (reflectores)	5.76 kW
Alumbrado exterior (cerco perimétrico)	4.20 kW
Iluminación normal (Edif. Control)	0.64 kW
Circuito de fuerza (Tomacorrientes)	10.14 kW
Alimentación rectificador 110 V _{DC}	13.20 kW
Alimentación ventiladores	2.00 kW
Fuerza al sistema de servicios (agua)	2.00 kW
Ventiladores del transformador de potencia (4 ventil. x 1 kW / vent)	4.00 kW
Calefacción interruptores de potencia, Seccionadores y tableros	2.00 kW

Sub total = 43.94 kW

Factor simultaneidad 0.8

TOTAL = 35.15 kW

Con factor de potencia (0.8) = 43.94 kVA

a.2. Potencia Transformador de SS.AA.

Con la potencia instalada calculada de 43.94 kVA, la potencia aparente del Transformador de SS.AA. será un valor estandarizada de 50 kVA con las siguientes características principales:

- Tensión nominal primaria 22.9 ± 2 x 2.5% kV
- Tensión nominal secundaria 400/230 V_{Ac}
- Grupo de conexión Dyn 11
- Regulación de Tensión En vacío y sin Tensión.

a.3. Potencia del Tablero SS.AA. 380/220 V_{Ac}

Este tablero estará capacitado para recepcionar y distribuir una potencia aparente total de 50 kVA que es la potencia del Transformador.

- Capacidad del interruptor termomagnético general :

$$I = \frac{50\,000\text{ VA}}{\sqrt{3} \times 380\text{ V}}, \quad I = 76\text{ A.}$$

El valor normalizado del interruptor termomagnético será de 3x100 A, y la corriente de cortocircuito en la barra 380/220 V_{Ac} $I_{cc} = 8\text{ kA}$ (dato proporcionado por la concesionaria Electrocentro).

- Sección de la barra 380/220 VAc :

La corriente de cortocircuito origina esfuerzos de torsión sobre los conductores, esfuerzos de rotura, compresión o tracción sobre los elementos de fijación. Por esta razón, el embarrado no debe dimensionarse sólo para intensidad de servicio, sino también para hacer frente a la intensidad de cortocircuito máxima posible.

Fuerza de corriente entre fases:

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} I_{ch}^2 \frac{L}{d}$$

Donde :

μ_0 : Constante de campo magnético, $4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m

I_{ch} : Corriente de pico de cortocircuito, $I_{ch} = 2.54I_{CC}$, 20.32 kA

L : Distancia entre aisladores – soportes, 60 cm

d : distancia entre fases, 10 cm

Reemplazando valores : $F = 495.5$ N

Esfuerzo resistente de la barra (σ) será:

$$\sigma = \nu \beta \frac{F \cdot L}{12W}$$

Donde:

ν : Factor de esfuerzo en función de la clase de corriente

$\nu = 1$ en instalaciones de corriente alterna y trifásica

β : Factor de esfuerzo de la fase, en función de la forma de soporte y de la fijación

$\beta = 1.0$ para una viga doblemente empotrada

W : Momento de resistencia de la barra en caso de flexión

Para la barra rectangular tenemos :

$$W = \frac{b h^2}{6}$$

h : Ancho de la barra

b : Espesor de la barra

El material de barra usado en de baja tensión es cobre: E-Cu F37 (denominación norma DIN), cuyos l í m i t e s de fluencia (σ) son:

$\sigma' = 330 \text{ N/mm}^2$ (mínimo) y $\sigma'' = 400 \text{ N/mm}^2$ (máximo).

Para determinar la capacidad de corriente del cobre E-Cu F37, se utiliza la siguiente tabla (norma DIN):

Tabla 4.13.- Capacidad de Corriente para una Barra de Cobre Pintada (E-Cu F37)

h x b (mm)	Peso (kg./m)	Intensidad Continua, I_n (A)
12 x 2	0.209	123
15 x 2	0.262	148
15 x 3	0.396	187
20 x 2	0.351	189
20 x 3	0.529	237
20 x 5	0.882	319
25 x 3	0.663	287
25 x 5	1.11	384

Para la selección correcta de la barra se debe cumplir lo siguiente:

$$\sigma \leq 0.8\sigma'' ; \text{ es decir, } \sigma \leq 320 \text{ N/mm}^2$$

La sección equivalente de la barra se puede calcular de acuerdo a la siguiente expresión:

$$S_{eq} = \frac{I_{cc} \sqrt{t}}{K}$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de cortocircuito en la barra 380/220 V, 8 000 A

t : Tiempo de duración de la falla, antes de la apertura de la protección, 1 seg.

K : Factor dependiente del calor específico, variación de temperatura durante la falla y resistividad del material. Para el cobre $K = 140-185$, elegimos 140.

Reemplazando valores tenemos: $S_{eq} = 57.14 \text{ mm}^2$.

De la Tabla N° 4.13, seleccionamos la barra 20mm x 3mm

Es decir : $h = 20 \text{ mm}$ y $b = 3 \text{ mm}$.

Efectuando los cálculos tenemos:

$$W = 200 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = 21 \text{ N/mm}^2 < 320 \text{ N/mm}^2$$

Finalmente, la barra tendrá las siguientes características:

Material : E-Cu F37

Medidas : Alto = 20 mm, ancho = 3 mm y largo 60 cm.

4.9.3 Dimensionado del Banco de Baterías 110 VDC

Las baterías funcionan en paralelo con un rectificador - cargador. En funcionamiento normal el rectificador alimenta directamente la carga en corriente continua y las baterías solamente operan en caso que el suministro en corriente alterna sea suspendido.

La batería se utilizará para energizar: Alumbrado de emergencia, relés de protección, tensiones de señalización, alarmas, y tensiones de mando para los equipos de maniobra.

La capacidad de la batería viene dada por el valor de los ampere-hora (A-H) que puede suministrar en condiciones normales. Entonces la batería debe estar en condiciones de proporcionar la demanda normal, durante 8 horas, incluyendo una corriente de pico que se obtiene de la operación simultanea de los equipos de maniobras.

a) Determinación de las cargas en 110 Vdc

Las cargas y consumos han sido estimados y aproximadamente promediados de las informaciones técnicas de los equipos:

a.1) De Iluminación:

Alumbrado de emergencia exterior	600 W
Alumbrado de emergencia interior	<u>400 W.</u>
SubTotal	1 000 W
Factor de simultaneidad : 0.8	Total 800 W

a.2) Del lado 66 kV:

* Protección principal	:	20 W
* Protección a tierra	:	10 W
* Relés auxiliares	:	<u>15 W</u>
Total	:	45 W

a.3) Del lado 22.9 kV:

* Protección diferencial	:	10 W
* Protección sobrecorriente	:	10 W
* Conmutador del Trafo. de potencia	:	20 W
* Relés auxiliares	:	<u>15 W</u>
Sub total	:	55 W
Total (en 4 salidas)	:	220 W

a.4) Luz de señalización en conmutadores de apertura/cierre del tablero de control y alarmas

* señalización y alarmas.	:	100 W
---------------------------	---	-------

Para la emergencia resulta:

Demanda de a.1) + a.2) + a.3) + a.4)	:	1 165 W
--------------------------------------	---	---------

Entonces el consumo durante las 8 horas será:

$$1\ 165\ W \times 8\ h = 9\ 320\ W\text{-}h$$

a.5) Equipos de maniobra en 66 kV y 22.9 kV

* Bobinas de cierre	:	900 W
* Bobinas de apertura	:	510 W
* Motor apertura/cierre	:	<u>1 000 W</u>
Total	:	2 410 W

El consumo para los equipos de maniobra se determina mediante la siguiente formula:

Demanda x Número de operaciones x Tiempo de duración.

Para 6 operaciones durante una hora y cada operación dura 20 segundos tenemos:

$$2410W \times 6.OP \times \frac{20seg}{OP} \times \frac{1h}{3600seg} = 80.33 W - h$$

La capacidad del banco de baterías será :

$$\frac{(9320 + 80.33)W - h}{110V} = 85.46 A - h$$

Por lo tanto el valor normalizado de la capacidad del banco de baterías es:

- Tensión nominal : 110 Vdc
- Capacidad mínima : 100 A-H, Ácido-Plomo

Donde :

A-H = Amper-horas

4.9.4 Dimensionamiento del Rectificador 380/220 V_{AC}, Trifásico

Este rectificador tendrá que atender el proceso de carga del banco de baterías seleccionado, el cual es de una capacidad de: 100 AH. Un banco de baterías de 100 AH, tiene aproximadamente el siguiente comportamiento: La corriente de operación del rectificador (corriente de carga) depende de la capacidad de descarga y del tiempo requerido para la recarga y de un factor de carga; que, para el caso de baterías Ácido – Plomo el factor de carga tiene un valor de 1.2.

$$I_{\text{operación del rectificador}} = \frac{100A - H \times 1.2}{8H} = 15 \text{ A}$$

La potencia en el lado 380 V del rectificador con un rendimiento 75 % será:

$$\frac{15A \times \sqrt{3} \times 380}{0.75} = 13\,164 \text{ W}$$

Considerando un factor de potencia de 0.8 :

$$\text{Potencia Aparente del rect.} = \frac{13.2 \text{ kW}}{0.8}$$

$$\text{Potencia Aparente del rect.} = 16.5 \text{ kVA}$$

4.10 Diseño de la Malla de Puesta a Tierra

Los requisitos de seguridad de las subestaciones exigen la puesta a tierra de todas las partes metálicas no vivas de la instalación, para efectos de proteger a las personas sobre valores excesivos de tensión de paso y toque. De manera que una persona que se encuentre en contacto con estas partes metálicas ó este cerca de las mismas, no pueda recibir una descarga peligrosa en caso de ocurrir una corriente de falla que haga contacto con una de dichas partes metálicas.

Por ello es necesario disponer de un sistema de puesta a tierra a fin de conectar en él, el integro de estructuras metálicas, bases metálicas de los equipos de alta tensión, carcazas de diferentes transformadores y demás partes metálicas no vivas de la instalación.

4.10.1 Consideraciones de Básicas

Para el diseño del sistema de tierra, se ha considerado que el sistema está formado por una malla de conductores enterrados horizontalmente y por varillas de cobre enterrados verticalmente.

Un cable continuo debe bordear el perímetro de la malla para evitar concentraciones de corriente y por lo tanto gradientes de potencial altos en los extremos de los cables. Para formar la malla se colocan cables paralelos, en lo posible, a distancia uniformes y a lo largo de

las estructuras ó alineamiento del equipo, para facilitar las conexiones. Para mejorar el sistema se instaran varillas de cobre (electrodos) en el perímetro de la malla y en lugares intermedios.

a) Características del Terreno (ρ).- Para determinar las características del suelo, normalmente se obtienen muestras hasta una profundidad razonable que pueda permitir juzgar la homogeneidad y condiciones de humedad ó nivel de aguas freáticas. Para determinar la resistividad eléctrica es conveniente hacer mediciones con métodos y aparatos aceptados para estos fines. Las mediciones deben incluir datos sobre temperatura y condiciones de humedad en el momento de efectuarlas, tipo del terreno, profundidad de la medición y concentraciones de sales en el suelo.

La siguiente tabla da una idea de los valores de resistividad promedio para diferentes tipos de terreno:

Tabla N°4.14.- Valores de resistividad (ρ_s) promedio para los diferentes Tipos de Terrenos

Tipo de Terreno	Resistividad (OHM-Metro)
Tierra orgánica mojada	10 – 50
Arcillas, limo	20-60
Arenas arcillosas	80-200
Tierra húmeda	100
Fanjos, turbas	150 – 300
Arenas	250 – 500
Suelos pedregosos	300 –400
Terreno seco	1 000
Lecho de rocas	10 000
Tierra pura	10 000 000
Arenisca	100 000 000

El contenido de sales, ácidos o álcalis afecta en forma muy apreciable la resistividad abatiéndola. La resistividad depende fuertemente del contenido de humedad. Cuando ésta se reduce abajo del 22% por peso, la resistividad crece bruscamente.

La grava ó roca triturada colocada en la superficie ayuda tanto a evitar la evaporación del agua como a reducir la magnitud de los choques eléctricos, dada su alta resistividad.

b) · Factores de corrección considerados en el cálculo de la corriente falla.- Estos factores de corrección son: factor de decremento y factor de seguridad por crecimiento de la subestación y están definidas por :

Factor de decremento (D).- Este se produce por efecto de la corriente continua y corriente alterna del cortocircuito. La corriente de cortocircuito puede considerarse compuesta por dos componentes; una será de corriente alterna asimétrica y la otra de corriente continua cuya trayectoria permanece a un lado del eje de las corrientes. Sumando los valores instantáneos correspondientes a las componentes de corriente alterna y continua se obtiene el recorrido real de la corriente de cortocircuito, este recorrido real empieza en el valor cero y alcanza su valor máximo al cabo de un semiperiodo (8,33 m/seg. para 60 Hz).

Por otro lado, se tiene que los datos experimentales sobre los fenómenos de fibrilación ventricular del corazón se basan en ondas sinusoidales simétricas de amplitud constante, por lo que es necesario determinar el valor eficaz de la onda simple de corriente que equivale a la más compleja onda de corriente de falla asimétrica.

Este problema ha sido estudiado por la American Standard Bureau y por la IEEE que han establecido métodos para hallar el valor eficaz de la corriente para varios tiempos después de iniciado la falla. Los valores del método simplificado son los que se muestran en la siguiente tabla:

TABLA N° 4.15.- Factores de Decremento

Duración de la falla y del choque eléctrico		Factor de Decremento (D)
Tiempo Seg.	Ciclos 60 Hz	
0.08	0.5	1.65
0.1	6	1.25
0.25	15	1.1
0.5 ó más	30 ó más	1

Nota: Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación.

En nuestro caso se diseñará el sistema de protección a tierra, considerando que las fallas se eliminan en un tiempo máximo de 30 ciclos (0,5 seg.). Igualmente para el cálculo del conductor del sistema de tierra se considera un tiempo de 3 seg. , tiempo en el cual habrá operado la última etapa de respaldo del sistema de protección.

Factor de seguridad por crecimiento de la Subestación (f_s).- Es prudente tomar un margen adecuado para estimar los aumentos futuros de las corrientes de falla por aumento de la capacidad del sistema eléctrico ó por interconexiones posteriores, pues las modificaciones posteriores a la red de tierra resultan costosas. Este efecto puede tomarse en cuenta disminuyendo la impedancia del sistema ó aplicando un factor de seguridad al valor calculado de la corriente de falla.

4.10.2 Corriente Máxima de Cortocircuito a Tierra (I_m)

La corriente de cortocircuito al ser afectada por los factores de decremento y de seguridad; se convierte en la corriente máxima de cortocircuito que pasa por la malla a tierra y esta dada por:

$$I_m = I_{cc} D F_s$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de cortocircuito (A)

D : Factor de decremento

F_s : Factor de seguridad por crecimiento de la Subestación

4.10.3 Sección del Conductor de la Red de Tierra (S_c)

Cada uno de los elementos del sistema de tierra, incluyendo los conductores de la propia malla, las conexiones y los electrodos, deberán diseñarse de tal manera que:

Las uniones eléctricas no se fundan ó deterioren en las condiciones más desfavorables de magnitud y duración de la corriente de falla a que quedan expuestas.

Los elementos sean mecánicamente resistentes en alto grado, especialmente en aquellos lugares en que quedan expuestos a un daño físico.

Tengan suficiente conductividad para que no contribuyan apreciablemente a producir diferencias de potencial locales.

La ecuación de Onderdonk permite seleccionar el conductor de cobre y la unión adecuada para evitar la fusión del material.

$$S_c = \frac{I_m}{226.53 \sqrt{\left(\frac{1}{t}\right) \left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1\right)}}$$

Donde :

I_m Corriente máxima de cortocircuito (A)

T_m : Temperatura máxima permitida de los materiales (°C)

T_a : Temperatura ambiente (°C)

4.10.4 Longitud Mínima Total del Conductor (L_m)

Se escogen generalmente las tensiones de contacto a estructuras conectadas a tierra al centro del rectángulo de una malla en vez de las tensiones de contacto de puntos a un metro de distancia horizontal al conductor, ya que existen muchas posibilidades de que el objeto tocado a distancias superiores a un metro, esté conectado directa ó indirectamente a la malla. Este caso especial de tensión de contacto será igual a la tensión de malla (generalmente es de un valor superior que las tensiones de contacto, a un metro del conductor de la malla). Es decir: $V_m = V_t$.

4.10.5 Longitud Total del Conductor más Varillas (L_t)

Es la longitud real aproximada que tiene el conductor que conforma la malla a tierra incluyendo la longitud de todas las varillas de cobre (2.4m) más 0.3 m de cable de conexión entre malla y varilla, es decir:

4.10.6 Tensión de Paso y Tensión de Toque (V_p, V_t)

El 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.

La intensidad de corriente que puede soportar el cuerpo humano esta dado por la siguiente ecuación:

$$I_h^2 t = 0.0135; \quad I_h = \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

Donde :

I_h : Valor efectivo de la corriente que circula por el cuerpo (A)

t : Tiempo de duración del choque eléctrico (Seg)

0.0135 : Constante de energía (deriva empíricamente)

Las diferencia de potencial tolerables se determinan de acuerdo a las siguiente formulas:

$$V_p = (R_c - 2R_t)I_h, \quad V_t = \left(R_c + \frac{R_t}{2} \right) I_h$$

Donde :

R_c : Resistencia del cuerpo humano, variable, recomendable tomar 1 000 ohms.

R_t : Resistencia del terreno inmediato debajo de los pies, se considera : $R_t = 3\rho_s \cdot C_s(h_s, K)$.

Siendo $C_s(h_s, K)$ un factor de corrección debido a la capa grava, si la resistividad de la capa grava es igual a la resistividad del terreno entonces, $C_s(h_s, K) = 1$.

Sin embargo en la práctica no se da, entonces $C_s(h_s, K)$ se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C_s(h_s, K) = \frac{1}{0.96} \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{1 + 2 \left(2n \frac{h_s}{0.08} \right)^2}} \right]$$

Donde :

h_s : Espesor de la capa grava (m)

K : Factor de reflexión, dado por

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s}$$

Donde, ρ y ρ_s , resistividad del terreno y de la capa grava respectivamente.

Sustituyendo las constantes apropiadas en cada caso y los valores tolerables de corriente se obtiene:

$$V_p = \frac{116 + 0.7C_s(h_s, K)\rho_s}{\sqrt{t}}$$

$$V_t = \frac{116 + 0.17C_s(h_s, K)\rho_s}{\sqrt{t}}$$

4.10.7 Tensión de Malla (V_m)

Es el gradiente de potencial que se presenta en la malla durante una falla a tierra, y esta depende de la resistividad del terreno, del número de conductores, del flujo de la corriente en diferentes puntos de la red y de la longitud total del conductor de la red, y esta dada por:

$$V_m = \frac{\rho K_m K_i I_m}{L_t}$$

Donde:

ρ : Resistividad del terreno

K_m : Factor debido a la geometría de la malla con respecto a las varillas.

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

K_{ij} : Factor debido a la influencia de las varillas.

$K_{ij} = 1$, si existen varillas a lo largo del perímetro

K_h : Factor de corrección debido a la profundidad de la malla.

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

siendo h la profundidad de la malla y $h_0 = 1\text{m}$.

K_i : Coeficiente de irregularidad de la distribución de la corriente por las mallas.

$$K_i = 0.656 + 0.172 N$$

4.10.8 Resistencia de la Malla de Tierra (R_m)

La resistencia se determina según la formula:

$$R_m = \rho \left[\frac{1}{L_t} + \frac{1}{\sqrt{20A_e}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A_e}}} \right) \right]$$

Donde :

L_t : Longitud total del cable enterrado incluyendo la longitud de la varillas (electrodos de cobre)

A_e : Superficie equivalente de la red de tierra m^2

4.10.9 Elevación Máxima del Potencial en la Malla ($V_{m\acute{a}x}$)

El aumento máximo de potencial de la red de tierra sobre un punto remoto de la tierra, se obtiene multiplicando el valor de la resistencia de toda la malla, por la corriente de falla que fluye al terreno. Es decir:

$$V_{m\acute{a}x} = R_m I_m$$

4.10.10 Tensión de Paso en la Periferia de la Subestación (V_{perif})

Dentro de la malla, es posible reducir los potenciales de contacto y de paso a cualquier valor deseado, aún llegando al extremo de reducir los valores de tensiones a cero, utilizando una placa sólida.

Pero el problema de los potenciales peligrosos fuera de la malla, pueden existir aun cuando se use una placa sólida. La ecuación para calcular los potenciales de paso fuera de la malla, es la siguiente:

$$V_{\text{Perif}} = \frac{\rho K_p K_i I_m}{L_t}$$

Donde:

K_p : Coeficiente que introduce al calculo la mayor diferencia de potencial entre dos puntos separados 1 m. este coeficiente relaciona todos los parámetros que introducen tensiones a la superficie.

$$K_p = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{e+h} + \frac{1}{e} \left(1 - 0.5^{N-2} \right) \right]$$

4.10.11 Cálculos Justificativos

a) *Datos del Sistema*

Corriente de cortocircuito (I_{cc})	:	2.0 kA
Tiempo de duración de falla (t)	:	0.5 seg.
Temperatura máxima de las uniones (T_m):		450 °C
Temperatura ambiental (T_a)	:	15 °C

b) *Datos de Resistividades*

Resistividad del terreno (ρ)	:	140.00 ohm-m
Resistividad de la capa de grava (ρ_s)	:	3 000.00 ohm-m
Espesor de la capa de grava (h_s)	:	0.15 m

c) Datos Físicos de la Malla

Largo (L)	:	49.00 m
Ancho (A)	:	49.00 m
Area equivalente de la red (A _E)	:	2 401.00 m ²
Profundidad de la malla (h)	:	0.80 m
N° de conductores en el lado mayor (N _a)	:	8.00 m
N° de conductores en el lado menor (N _b)	:	8.00 m
Espaciamiento en el lado mayor (E _a)	:	7.00 m
Espaciamiento en el lado menor (E _b)	:	7.00 m
Longitud de una varilla	:	2.40 m
Longitud de cable de conexión a varilla	:	0.30 m

d) Corriente máxima de cortocircuito a tierra (I_m)

$$I_m = I_{cc} D F_s$$

De la tabla N° 4.14, D = 1 para t = 0.5 seg y f_s = 1.1

Reemplazando valores, I_m = 2 200 A.

e) Sección del conductor de la Red de Tierra (S_c)

$$S_c = \frac{I_m}{226.53 \sqrt{\left(\frac{1}{t}\right) \left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1\right)}}$$

Reemplazando valores, S_c = 6.83 mm²

Sin embargo la sección mínima normalizada es, S_c = 70 mm²

El cual tiene un diámetro, d = 0.00944

f) Longitud total del conductor más varillas (L_t)

$$L_t = N_a L + N_b A + N_v (2.4 + 0.3)$$

Donde, $N_v = 20$ (número de varillas, estimado)

Reemplazando valores, $L_t = 838$ m.

g) Tensión de Paso y Tensión de Toque (V_p, V_t)

$$\text{Tensión de paso} : V_p = \frac{116 + 0.7 C_s (h_s, K) \rho_s}{\sqrt{t}}$$

$$\text{Tensión de toque} : V_t = \frac{116 + 0.17 C_s (h_s, K) \rho_s}{\sqrt{t}}$$

$$\text{Factor de corrección} : C_s (h_s, K) = \frac{1}{0.96} \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{1 + 2 \left(2n \frac{h_s}{0.08} \right)^2}} \right]$$

$$\text{Factor de reflexión} : K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s}$$

Reemplazando valores, $K = -0.9108$; $C_s (h_s, K) = 0.6974$

$$\text{Tensión de paso} : V_p = 2\,235 \text{ V.}$$

$$\text{Tensión de toque} : V_t = 667 \text{ V.}$$

h) Tensión de Malla (V_m)

$$V_m = \frac{\rho K_m K_i I_m}{L_t}$$

Reemplazando valores, $K_{ij} = 1$, $K_h = 1.3416$,

$$K_m = 0.7862 \quad K_i = 2.032$$

Luego la tensión de malla será : $V_m = 587.17 \text{ V}$

i) Resistencia de la malla de tierra (R_m)

$$R_m = \rho \left[\frac{1}{L_t} + \frac{1}{\sqrt{20A_e}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A_e}}} \right) \right]$$

Para $\rho = 140 \text{ ohm-m}$, $L_t = 838 \text{ m}$, $h = 0.8 \text{ m}$ y $A_e = 2\,401 \text{ m}^2$

Reemplazando valores, $R_m = 1.40 \text{ Ohm}$.

j) Longitud mínima total del conductor (L_m)

La longitud mínima del conductor se determina mediante la siguiente igualdad : $V_m = V_t$; Es decir :

$$L_m = \frac{\rho K_m K_i I_m \sqrt{t}}{116 + 0.17 C_s (h_s, K) \rho_s}$$

Reemplazando valores, $L_m = 738 \text{ m}$.

k) Elevación máxima del potencial en la malla ($V_{m\acute{a}x}$)

$$V_{m\acute{a}x} = R_m I_m;$$

Reemplazando valores, $V_{m\acute{a}x} = 3\ 080\ V$.

l) Tensión de paso en la periferia de la subestación (V_{perif})

$$\text{Tensi3n de malla : } V_{perif} = \frac{\rho K_P K_i I_m}{L_t}$$

$$\text{Donde : } K_p = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{e+h} + \frac{1}{e} (1 - 0.5^{N-2}) \right] \text{ y}$$

$$K_i = 0.56 + 0.2 N$$

Reemplazando valores, $K_p = 0.2845$ y $K_i = 2.032$.

Luego la tensi3n en la periferia ser3: $V_{perif} = 212.5V$.

De los resultados obtenidos se cumple que:

$$V_m < V_t, V_{perif} < V_p \text{ y } L_m < L_t.$$

Entonces podemos decir que la malla es segura para las condiciones establecidas en el dise1o de la malla.

En resumen La malla de tierra tendrá las siguientes características constructivas:

TABLA N° 4.16.- Parametros de Diseño de la Malla de Tierra

Descripción	Medida
Largo	49 m
Ancho	49 m
Espaciamiento entre conductores	7 m
Profundidad de malla	0.8 m
Espesor de la capa grava	0.15 m
Tiempo de apertura de la protección	0.5 seg.
Tipo de conductor	Cobre
Sección del conductor	70 mm ²
Longitud total del conductor	838 m
Zanja para el conductor de puesta tierra	Tierra cernida tipo vegetal

CAPITULO 5

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Una vez analizado, estudiado y dimensionado los equipos electromecánicos que se instalarán en la construcción de la Subestación Cangallo 66/22.9kV – 8.0 MVA ONAN y 10 MVA ONAF, se procede a su adquisición, teniendo en cuenta aspectos técnicos y económicos:

5.1 Zona de 66 kV

5.1.1 Seccionador de Línea 66 kV.

Fabricante	MESA GATICA
País	España
Año	1998
Tipo	Trifásico
Modelo	SGCT – 100/800
Peso total	465 kg
Tensión nominal	100 kV
Corriente nominal	800 A.
Frecuencia nominal	60 Hz
BIL	450 kV

5.1.2 Interruptor de Potencia 66 kV.

Fabricante	AEG
País	Alemania
Año	1998
Tipo	Trifásico
Modelo	SI-100 F1/3125
Peso total	1161 Kg.
Tensión nominal	100 kV
Corriente nominal	800 A.
Frecuencia nominal	60 Hz.
BIL	450 kV
Tipo de extintor	SF6
Presión nom. del gas	0.58 Mpa.
Peso del gas	6 Kg.
Tensión nom. mando	110 Vcc
Rango temperatura	-35+40 °C
Secuencia maniobras	0-0.3 seg –CO-3 min –CO

5.1.3 Pararrayos 66 kV

Fabricante	COOPER POWER SYSTEM
País	U.S.A.
Año	1998
Modelo	AZG3006G048060
Tensión nominal	60 kV
Corriente de descarga	10 kA
MCOV	48 kV
COV	68.4 kV
Tensión residual a la	
Onda 8/20 μ s-10 kA	146 kV
Tensión residual a	
Maniobras – 1000 A	119 kV
Tensión residual a	
5 μ s-10 kA	169 kV
Contador de descarga	
País	U.S.A.
Modelo:	SC12
Clase	3

5.2 Transformador de Potencia

Fabricante	ABB
País	Perú
Año	1,998
Tipo	Trifásico
Potencia nominal cont. :	8 MVA (ONAN) 10 MVA (ONAF)
Tensión nominal y tomas	
Primario (AT)	66 ± 13 x 1%
Secundario (MT)	22.9 kV
Frecuencia	60 Hz
Grupo de conexión	YnynO
Neutro	Sólidamente a tierra
Regulación de tensión	Automático bajo carga
Nivel de aislamiento	
En Alta	450 kV
En Baja	170 kV
Altura de instalación	3 500 m.s.n.m.
Sobretemperatura con carga continua	
Aceite	60 °C
Arrollamiento	65 °C

5.3 Zona de 22.9 kV

5.3.1 Seccionador de Línea y Barra 22.9 kV. (en pórtico)

Fabricante	FELMEC
País	Francia
Año	1998
Tipo	Trifásico
Modelo	SEPH-36
Peso	193 kg
Corriente nominal	630 A.
Tensión nominal	36 kV
BIL	170 kV
Frecuencia	60 Hz

5.3.2 Interruptor de Potencia 22.9 kV.

Fabricante	MAGRINI GALILEO
País	Italia
Año	1997
Tipo	Trifásico
Modelo	36Gí – E20
Tensión nominal	36 kV

Corriente nominal	630 A.
BIL	170 kV
Presión del SF6	0.40 Mpa
Frecuencia nominal	60 Hz.
Tensión de Eq. mando:	110 Vcc
Secuencia maniöbras	O-0.3 seg – CO 3 min – CO

5.3.3 Seccionadores de Barra 22.9 kV. (mando motor y manual)

Fabricante	FELMEC
País	Francia
Año	1998
Tipo	Trifásico
Modelo	SEPH-36 + M110
Peso	193 kg
Corriente nominal	630 A.
Tensión nominal	36 kV
BIL	170 kV
Frecuencia	60 Hz
Mando eléctrico	Motorizado 110 Vdc

5.3.4 Pararrayos 22.9 kV.

Fabricante	COOPER POWER SYSTEM
País	U.S.A.
Año	1998
Modelo	AZG3003G015018
Tensión nominal	18 kV
MCOV	15.3 kV
COV	19.42 kV
Tensión residual a la Onda 8/20 μ s-10 kA	48.4 kV
Tensión residual a Maniobras – 1000 A	39.5 kV
Tensión residual a 5 μ s-10 kA	58.6 kV
Contador de descarga	
País	U.S.A.
Modelo:	SC12
Clase	2

5.3.5 Recloser Trifásico del Tipo Automático 22.9 kV.

Fabricante	HAWKER SIDDELEY
País	Inglaterra
Año	1998
Tipo	Trifásico
Modelo	PMR38
Tensión nominal	38 kV
Corriente nominal	560 A
Corriente de interrupción:	8 kA
Frecuencia nominal	60 Hz.
BIL	170 kV
Rango de temp. ambiente	
Estandar	- 25°C a + 40°C
Especial	- 40°C a + 40°C
Peso	350 kg.
Presión normal del gas:	4.4 Bar
Presión mínima del gas:	3.4 Bar

5.4 Sistema de Control y Medición

5.4.1 Transformador de Tensión Capacitivo 66 kV.

Fabricante	TRENCH-ELECTRIC
País	Canadá
Año	1998
Modelo	TEVF – 69 H
Peso total	249 kg.
Tensión primaria	$66000 / \sqrt{3}$ V.
Tensión secundario	
Protección	$100 / \sqrt{3}$ V.
Medición	$100 / \sqrt{3}$ V.
BIL	450 kV
Capacitancia	10,000 pF
Clase	
Protección	3P
Medición	0.5
Consumo	
Protección	50 VA.
Medición	50 VA.

5.4.2 Transformador de Tensión Inductivo 22.9 kV

Fabricante	ARTECHE
País	Venezuela
Año	1998
Modelo	URM-36F
Tensión primaria	$22900 / \sqrt{3}$ V.
Tensión secundaria	
Medición	$100 / \sqrt{3}$ V.
Protección	100 V.
Clase	
Medición	0.5
Protección	0.5
BIL	36 / 70 / 170 kV
Frecuencia nominal	60 Hz

5.4.3 Transformador de Corriente (para Recloser)

Fabricante	ARTECHE
País	Venezuela
Año	1998
Modelo	URH-36E
Tensión nominal	22900 V

Relación de transformación

Primario	600 A
Secundario	5 A
Consumo	30 VA
Clase de precisión	
Protección	5P20
Medición	0.5
Frecuencia nominal	60 Hz

5.4.4 Voltímetro

Tipo	PM - 170
Fabricante	CELSA

5.4.5 Amperímetro

Tipo	EC-3V5
Fabricante	SACI
País	España
Tensión prueba (1 mín):	2 kV
Clase de precisión	1.5

5.4.6 Medidor Multifunción

Tipo	ALPHA - PLUS
Fabricante	ABB
País	USA

5.5 Sistema de Protección

5.5.1 Relé Diferencial (87)

Tipo	TPU – 2000R
Fabricante	ABB
País	Suiza
Corriente nominal	2 A.
Frecuencia	60 Hz
Tensión nominal	110 V _{DC}

5.5.2 Relé de Bloqueo (86T y 86L)

Tipo	LOR – 24R
Fabricante	ELECTROSWITCH
País	U.S.A.
Tensión nominal	110 V _{DC}
Tiempo operación	15 ms

5.5.3 Relé de Sobrecorriente (50/51 y 50N/51N)

Tipo	SPAJ – 140 C
Fabricante	ABB
País	Suiza
Corriente nominal	2 A.
Frecuencia	60 Hz
Tensión nominal	110 V _{DC}

5.5.4 Relé Direccional

Tipo	SPAJ – 120 C
Fabricante	ABB
País	Suiza
Corriente nominal	2 A.
Frecuencia	60 Hz
Tensión nominal	110 V _{DC}

5.5.5 Relé de Distancia Tipo Numérico (21, 21N, 50/51 50/51N, 79 y 67 N)

Tipo	REL 316*4
Fabricante	ABB
País	Suiza

5.6 Servicios Auxiliares

5.6.1 Transformador de Servicios Auxiliares

Fabricante	ABB
País	Perú
Año	1998
Potencia nominal	50 kVA
Tensión nominal	22.9/ 0. 400– 0.230 kV
Grupo de conexión	Dyn ₁₁
Aceite	
Tipo	ELECTROLUBE

5.6.2 Rectificador – Cargador 380/220 VAc

Fabricante	MEI
País	México
Modelo	KCV 60 - 110
Tensión de entrada	380 VAc.
Frecuencia	60 Hz.
Tensión de flotación	121.5 Vdc
Tensión de igualación	130.5 Vdc
Corriente salida nominal:	60 A
Limite de corriente	66 A

5.6.3 Banco de Baterías 110 V_{DC}

Fabricante	ESB
País	México
Tensión Nominal	110 V _{DC}
Tipo	Plomo – Acido
Modelo	EHGS-5
Capacidad nominal	140 A-H
Corriente de descarga en 8 horas	18 A.
Numero de Celdas	56
Tensión de descarga por celda	1.75 V _{DC}

5.7 Red de Tierra Superficial y Profunda

5.7.1 Red de Tierra Superficial

Conductor

Material	Cobre
Sección	70 mm ²

Grampas de Cobre

Tipo	Doble Vía un perno
------	--------------------

Varilla Puesta a Tierra

Tipo	Copperweld
Diámetro	5/8"
Longitud	2.4 m.

5.7.2 Red de Tierra Profunda

Conductor

Material	Cobre
Sección	70 mm ²
Longitud total	838 m

Unión soldada

Tipo	Cadweld
------	---------

Pozos de Puesta a Tierra

Varilla	Copperweld 5/8" x 2.4 m largo
Cantidad	20 unidades

CAPITULO 6

METRADO Y PRESUPUESTO

6.1 Metrado y Presupuesto Integral de la Obra

Para el desarrollo de este capítulo ha sido conveniente mostrar en un cuadro el detalle de los metrados de los materiales y equipos, montaje electromecánico, obras civiles y los costos del presupuesto integral de la obra.

Seguidamente al cuadro en mención, se muestra sólo el análisis de costos unitarios del montaje electromecánico que es de interés del presente informe para la construcción de la Subestación Cangallo 66/22.9 kV de 8 MVA-10 MVA (ONAN-ONAF).

METRADO Y PRESUPUESTO INTEGRAL DE LA OBRA

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		COSTO	
		UNID.	CANT.	P.U US\$	TOTAL US\$
A	SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES				517,831.00
1.0.0	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 66/22.9 kV.				120,000.00
1.1.0	Transformador trifásico de potencia 66/22.9 kV de 8 MVA (ONAN) y 10 MVA (ONAF), con regulación de tensión automático, bajo carga	U	1.00	120,000.00	120,000.00
2.0.0	INTERRUPTOR DE POTENCIA 66 kV.				23,500.00
2.1.0	Interruptor tripolar para exterior con cuchilla de puesta a tierra 800 A, BIL 450 kV.	U	1.00	23,500.00	23,500.00
3.0.0	SECCIONADOR DE LINEA 66 kV.				21,600.00
3.1.0	Secc.Tripolar para exterior con cuchilla de puesta a tierra 800 A, BIL 450 kV, mando motorizado.	U	1.00	21,600.00	21,600.00
4.0.0	TRANSFORMADORES DE MEDIDA PARA 66 kV. Y 22.9 kV.				82,500.00
4.1.0	Transformador de tensión monofásico capacitivo ext. 66: 3, 0.1: 3, 0.1: 3 kV, 50 VA-CL 0.5, 50 VA-CL 3P, incluye caja de agrupamiento de cables.	U	3.00	16,700.00	50,100.00
4.2.0	Transformador de tensión monofásico inductivo ext. 22.9: 3, 0.1: 3, 0.1kV, 50 VA-CL 0.5, incluye caja de agrupamiento de cables.	U	3.00	6,200.00	18,600.00
4.3.0	Transformador de corriente para Recloser trifásico de 30 VA-CL 0.5, 30 VA-CL 5P20, 600/5A, incluye soporte metálico.	U	12.00	1,150.00	13,800.00
5.0.0	PARARRAYOS DE 66 kV. Y 22.9 kV.				18,540.00
5.1.0	Pararrayos de oxido de zinc, 60 kV, 10kA, tipo estación, incluye contador descargas y soporte metálico.	U	3.00	3,500.00	10,500.00
5.2.0	Pararrayos de oxido de zinc, 18 kV, 10kA, tipo estación, incluye contador descargas y soporte metálico.	U	3.00	2,200.00	6,600.00
5.3.0	Pararrayos de oxido de zinc, 18kV, 10kA , para instalación sobre pórticos, del tipo distribución.	U	12.00	120.00	1,440.00
6.0.0	SECCIONADOR DE MEDIA TENSION				36,576.00
6.1.0	Seccionador fusible tripolar de 36 kV, 630 A, BIL 170 kV, mando motorizado, incluye soporte metálico.	U	1.00	5,150.00	5,150.00
6.2.0	Seccionador tripolar 36 kV, 630 A, BIL 170 kV, mando manual, para instalación vertical sobre pórticos.	U	8.00	4,500.00	36,000.00
6.3.0	Seccionador fusible de 36 kV tipo CUT-OUT, unipolar del tipo distribución.	U	6.00	96.00	576.00
7.0.0	INTERRUPTOR Y RECLOSER DE MEDIA TENSION				75,500.00
7.1.0	Interruptor tripolar 36 kV, 630 A, BIL 170 kV del tipo exterior.	U	1.00	13,700.00	13,700.00
7.2.0	Recloser trifásico 36 kV, 560 A, 10 kA, BIL 170 kV.	U	4.00	15,450.00	61,800.00
8.0.0	TRANSFORMADORES DE SERVICIOS AUXILIARES				1,800.00
8.1.0	Trasformador trifásico de 22.9+-2x2.5%/0.4-0.23 kV y 50 kVA, para instalación al exterior	U	1.00	1,800.00	1,800.00
9.0.0	TABLEROS DE CONTROL, MEDICION Y SERVICIOS AUXILIARES				45,000.00
9.1.0	Tablero de mando, medición y protección y señalización	U	1.00	23,500.00	23,500.00
9.2.0	Tablero de medición 22.9 kV.	U	1.00	14,500.00	14,500.00
9.3.0	Tablero de servicios auxiliares 380/220 Vac y 110 Vdc	U	1.00	7,000.00	7,000.00
10.0.0	EQUIPOS DE CORRIENTE CONTINUA				14,300.00
10.1.0	Banco de baterías de 110 VDC, tipo plomo-ácido de 140 A-H, incl. soporte.	U	1.00	9,200.00	9,200.00
10.2.0	Cargador-rectificador de 380 VAC - 110 Vdc - 60 A	U	1.00	5,100.00	5,100.00

METRADO Y PRESUPUESTO INTEGRAL DE LA OBRA

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		COSTO	
		UNID.	CANT.	P.U US\$	TOTAL US\$
11.0.0	<u>BARRAS Y CONEXIONES</u>				5,800.00
11.1.0	Cable de conexión entre pórtico y equipos 66, 22.9 kV, de aleación de aluminio de 120 mm ² y materiales varios	Cjto	1.00	2,800.00	2,800.00
11.2.0	Cadena de anclaje de 66 kV.	U	3.00	200.00	600.00
11.3.0	Cadena de anclaje de 22.9 kV.	U	24.00	100.00	2,400.00
12.0.0	<u>CABLES DE BAJA TENSION</u>				11,400.00
12.1.0	Cables de 380 VAC completos	Glb	1.00	4,500.00	4,500.00
12.2.0	Cables de 110 Vdc completos	Glb	1.00	2,500.00	2,500.00
12.3.0	Cables auxiliares de medición, protección y señalización.	Glb	1.00	4,400.00	4,400.00
13.0.0	<u>RED DE TIERRA</u>				15,800.00
13.1.0	Red de tierra profunda con conductor de cobre desnudo de 70 mm ² incluye todos los materiales de soldadura y conexión y electrodos	Glb	1.00	6,700.00	6,700.00
13.2.0	Pozos de puesta a tierra	U	20.00	350.00	7,000.00
13.3.0	Red de tierra superficial compuesto por conductor de cobre desnudo de 70 mm ² , conectores doble vía y terminales de cobre estañado ojal	Glb	1.00	2,100.00	2,100.00
14.0.0	<u>INSTALACIONES ELECTRICAS Y OTROS</u>				11,940.00
14.1.0	Alumbrado exterior y tomacorriente patio de llave	Glb	1.00	8,500.00	8,500.00
14.2.0	Extintores portátiles de incendio de 12 kg.	U	3.00	80.00	240.00
14.3.0	Cable de guarda, conectores y accesorios para sistema de protección contra descargas atmosféricas.	Glb	1.00	3,200.00	3,200.00
15.0.0	<u>ESTRUCTURAS</u>				31,000.00
15.1.0	Pórticos de 66 kV	U	1.00	8,000.00	8,000.00
15.2.0	Pórticos de 22.9 kV	U	1.00	23,000.00	23,000.00
B	<u>MONTAJE ELECTROMECHANICO</u>				81,239.92
1.0.0	<u>TRANSFORMADOR DE POTENCIA 66/22.9 kV.</u>				7,140.80
1.1.0	Transformador trifásico de potencia 66/22.9 kV de 8 MVA (ONAN) y 10 MVA (ONAF), con regulación de tensión automático, bajo carga	U	1.00	7,140.80	7,140.80
2.0.0	<u>INTERRUPTOR DE POTENCIA 66 kV.</u>				1,026.92
2.1.0	Interruptor tripolar para exterior con cuchilla de puesta a tierra 800 A, BIL 450 kV.	U	1.00	1,026.92	1,026.92
3.0.0	<u>SECCIONADOR DE LINEA 66 kV.</u>				929.71
3.1.0	Secc.Tripolar para exterior con cuchilla de puesta a tierra 800 A, BIL 450 kV, mando motorizado, incluye soporte metálico.	U	1.00	929.71	929.71
4.0.0	<u>TRANSFORMADORES DE MEDIDA PARA 66 kV. Y 22.9 kV.</u>				2,498.58
4.1.0	Transformador de tensión monofásico capacitivo ext. 66:3, 0.1: 3, 0.1:3 kV, 50 VA-CL 0.5, 50 VA-CL 3P, incl.caja de agrupamiento de cables y soporte.	U	3.00	595.49	1,786.47
4.2.0	Transformador de tensión monofásico inductivo ext. 22.9:3, 0.1:3, 0.1kV, 50 VA-CL 0.5, incluye caja de agrupamiento de cables.	U	3.00	237.37	712.11
4.3.0	Transformador de corriente para Recloser trifásico de 30 VA-CL 0.5, 30 VA-CL 5P20, 600/5A	U	12.00	207.67	2,492.04
5.0.0	<u>PARARRAYOS DE 66 kV. Y 22.9 kV.</u>				3,163.95
5.1.0	Pararrayos de oxido de zinc, 60 kV, 10kA, tipo estación, incluye contador descargas y soporte metálico.	U	3.00	483.56	1,450.68
5.2.0	Pararrayos de oxido de zinc, 18 kV, 10kA, tipo estación, incluye contador descargas y soporte metálico.	U	3.00	375.41	1,126.23
5.3.0	Pararrayos de oxido de zinc, 18kV, 10kA , para instalación sobre pórticos, del tipo distribución.	U	12.00	48.92	587.04

METRADO Y PRESUPUESTO INTEGRAL DE LA OBRA

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		COSTO	
		UNID.	CANT.	P.U US\$	TOTAL US\$
6.0.0	<u>SECCIONADOR DE MEDIA TENSION</u>				<u>5,150.88</u>
6.1.0	Seccionador fusible tripolar de 36 kV, 630 A, BIL 170 kV, mando motorizado,	U	1.00	585.17	585.17
6.2.0	Seccionador tripolar 36 kV, 630A, BIL 170 kV, mando manual, para instalación vertical sobre pórticos.	U	8.00	607.17	4,857.36
6.3.0	Seccionador fusible de 36 kV tipo CUT-OUT, unipolar del tipo distribución.	U	6.00	48.92	293.52
7.0.0	<u>INTERRUPTOR Y RECLOSER DE MEDIA TENSION</u>				<u>2,485.45</u>
7.1.0	Interruptor tripolar 36 kV, 630 A, BIL 170 kV del tipo exterior.	U	1.00	543.17	543.17
7.2.0	Recloser trifásico 36 kV, 560 A, 10 kA, BIL 170 kV.	U	4.00	485.57	1,942.28
8.0.0	<u>TRANSFORMADORES DE SERVICIOS AUXILIARES</u>				<u>545.16</u>
8.1.0	Trasformador trifásico de 22.9+-2x2.5%/0.4-0.23 kV y 50 kVA, para instalación al exterior	U	1.00	545.16	545.16
9.0.0	<u>TABLEROS DE CONTROL, MEDICION Y SERVICIOS AUXILIARES</u>				<u>1,720.41</u>
9.1.0	Tablero de mando, medición y protección y señalización	U	1.00	573.47	573.47
9.2.0	Tablero de medición 22.9 kV.	U	1.00	573.47	573.47
9.3.0	Tablero de servicios auxiliares 380/220 Vac y 110 Vdc	U	1.00	573.47	573.47
10.0.0	<u>EQUIPOS DE CORRIENTE CONTINUA</u>				<u>798.11</u>
10.1.0	Banco de baterías de 110 Vdc, tipo plomo-ácido de 140 A-H, incl. soporte.	U	1.00	505.43	505.43
10.2.0	Cargador-rectificador de 380 VAC - 110 Vdc - 60 A	U	1.00	292.68	292.68
11.0.0	<u>BARRAS Y CONEXIONES</u>				<u>3,651.53</u>
11.1.0	Cable de conexión entre pórtico y equipos 66, 22.9 kV, de aleación de aluminio de 120 mm ² y materiales varios	Cjto	1.00	1,216.67	1,216.67
11.2.0	Cadena de anclaje de 66 kV.	Cjto	3.00	90.18	270.54
11.3.0	Cadena de anclaje de 22.9 kV.	Cjto	24.00	90.18	2,164.32
12.0.0	<u>CABLES DE BAJA TENSION</u>				<u>4,581.96</u>
12.1.0	Cables de 380 Vac completos	Glb	1.00	1,845.58	1,845.58
12.2.0	Cables de 110 Vdc completos	Glb	1.00	1,046.18	1,046.18
12.3.0	Cables auxiliares de medición, protección y señalización.	Glb	1.00	1,690.20	1,690.20
13.0.0	<u>RED DE TIERRA</u>				<u>3,092.78</u>
13.1.0	Red de tierra profunda con conductor de cobre desnudo de 70 mm ² incluye todos los materiales de soldadura y conexión y electrodos	Glb	1.00	1,213.39	1,213.39
13.2.0	Pozos de Puesta a Tierra	U	10.00	82.80	828.00
13.3.0	Red de Tierra superficial comp. por platinas de cobre desnudo de 3x30 mm para canaleta sala de control y conductor de cobre desnudo de 70 mm ²	Glb	1.00	1,051.39	1,051.39
14.0.0	<u>INSTALACIONES ELECTRICAS Y OTROS</u>				<u>2,896.91</u>
14.1.0	Alumbrado exterior y tomacorriente patio de llave	Glb	1.00	1,008.57	1,008.57
14.2.0	Extintores portátiles de incendio de 12 kg.	U	3.00	19.51	58.53
14.3.0	Cable de guarda, conectores y accesorios para sistema de protección contra descargas atmosféricas.	Glb	1.00	1,829.81	1,829.81
15.0.0	<u>ESTRUCTURAS</u>				<u>12,513.34</u>
15.1.0	Pórticos de 66 kV	U	1.00	4,936.76	4,936.76
15.2.0	Pórticos de 22.9 kV	U	1.00	7,576.58	7,576.58
16.0.0	<u>INGENIERIA DE DETALLE</u>				<u>15,339.07</u>
16.1.0	Ingeniería de detalle de la subestación de potencia 66/22.9kV	Cjto	1.00	15,339.07	15,339.07
17.0.0	<u>ESTUDIO DE LA COORDINACION DE LA PROTECCION DEL SISTEMA</u>				<u>6,300.80</u>
17.1.0	Estudio de la coordinación de la protección del sistema eléctrico	Cjto	1.00	6,300.80	6,300.80

METRADO Y PRESUPUESTO INTEGRAL DE LA OBRA

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		COSTO	
		UNID.	CANT.	P.U US\$	TOTAL US\$
18.0.0	PRUEBAS, PUESTA EN SERVICIO Y OPERACIÓN EXPERIMENTAL				5,864.95
18.1.0	Pruebas, puesta en servicio y operación experimental	Cjto	1.00	5,864.95	5,864.95
C	OBRAS CIVILES				79,594.21
D	TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS (10% DEL SUMINISTRO)				51,783.10
	COSTO DIRECTO			US \$	730,448.23
	GASTOS GENERALES (10%)			US \$	73,044.82
	UTILIDAD (15%)			US \$	109,567.23
	SUBTOTAL			US \$	913,060.28
	IGV(18%)			US \$	164,350.85
	TOTAL (INC. IGV)			US \$	1,077,411.13

6.2 Costos Unitarios del Montaje Electromecánico

En esta última parte del Informe se realiza el Análisis de Costos Unitarios del montaje electromecánico, indicando, basado en la experiencia los rendimientos, cuadrilla de personal, materiales, equipos, herramientas, como también los costo de las horas hombre y horas maquina. Todos estos datos fueron proporcionados por la empresa ejecutora del proyecto.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

1.1.0 Transformador trifásico de potencia 66/22.9 kV de 8 MVA (ONAN) y 10 MVA (ONAF), con regulación de tensión automático, bajo carga

P.U= \$ 7,140.80

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Und/Día)		0.200					
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	40.0000	4.07	162.80	
470102	Operario	HH	1.000	40.0000	3.70	148.00	
470104	Peon	HH	3.000	120.0000	2.95	354.00	664.80
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%MO		10.0000	664.80	66.48	
491208	Camioneta Rural 4x4 135 HP	HM	0.600	24.0000	25.00	600.00	
491830	Grúa Hidraulica camión de 12 Ton	HM	0.400	16.0000	40.00	640.00	
491831	Grúa Hidraulica telescópica de 155 HP	HM	0.250	10.0000	40.00	400.00	
492801	Planta de llenado de aceite	HM	2.840	113.6000	40.00	4544.00	
497510	Megometro	HM	1.580	63.2000	2.60	164.32	
497520	Espinterometro	HM	0.340	13.6000	4.50	61.20	6,476.00

2.1.0 Interruptor tripolar para exterior con cuchilla de puesta a tierra 800 A, BIL 450 kV.

P.U= \$ 1,026.92

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Und/Día)		1.500					
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	5.3333	4.07	21.71	
470102	Operario	HH	3.000	16.0000	3.70	59.20	
470104	Peon	HH	3.000	16.0000	2.95	47.20	128.11
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%MO		10.0000	128.11	12.81	
490107	Bomba para vacío	HM	0.000	7.0000	10.00	70.00	
305514	Registrador de contactos	HM	0.000	16.0000	41.00	656.00	
491830	Grúa Hidraulica camión de 12 Ton	HM	0.750	4.0000	40.00	160.00	898.81

3.1.0 Secc. Tripolar para exterior con cuchilla de puesta a tierra 800 A, BIL 450 kV, mando motorizado, incluye soporte metálico.

P.U= \$ 929.71

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Und/Día)		0.650					
Materiales							
021301	Soporte metálico (6 kg)	U	0.000	1.0000	250.00	250.00	
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	1.0000	15.00	15.00	
590276	Limas	ML	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	GLB	0.000	1.0000	7.00	7.00	292.00
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	12.3077	4.07	50.09	
470102	Operario	HH	1.000	12.3077	3.70	45.54	
470104	Peon	HH	2.000	24.6154	2.95	72.62	168.25
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	168.25	16.83	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	0.500	6.1538	0.30	1.85	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	0.500	6.1538	0.15	0.92	
497535	Nivel óptico	HM	0.500	6.1538	1.60	9.85	
497536	Nivel de precisión	HM	1.000	12.3077	5.00	61.54	
497542	Correas de seguridad	HM	1.000	12.3077	0.15	1.85	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.700	8.6154	40.00	344.62	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	12.3077	0.10	1.23	
497546	Megger 5000 V	HM	0.500	6.1538	2.60	16.00	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	12.3077	0.20	2.46	
497548	Andamios	HM	2.000	24.6154	0.50	12.31	469.46

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

4.1.0 Transformador de tensión monofásico capacitivo ext. 66:3, 0.1: 3, 0.1:3 kV,
50 VA-CL 0.5, 50 VA-CL 3P, incl.caja de agrupamiento de cables y soporte.

P.U= \$ 595.49

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Unid/Día)	2.000					
	Materiales						
021301	Soporte metálico (6 kg)	U	0.000	1.0000	250.00	250.00	
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	3.0000	7.00	21.00	298.50
	Mano de obra						
470101	Capataz	HH	1.000	4.0000	4.07	16.28	
470102	Operario	HH	3.000	12.0000	3.70	44.40	
470104	Peon	HH	3.000	12.0000	2.95	35.40	96.08
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	96.08	9.61	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	2.000	8.0000	0.30	2.40	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	2.000	8.0000	0.15	1.20	
497535	Nivel óptico	HM	0.750	3.0000	1.60	4.80	
497536	Nivel de precisión	HM	0.750	3.0000	5.00	15.00	
497542	Correas de seguridad	HM	5.000	20.0000	0.15	3.00	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.850	3.4000	40.00	136.00	
497545	Multímetros diversos	HM	2.000	8.0000	0.10	0.80	
497546	Megger 5000 V	HM	2.500	10.0000	2.60	26.00	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	2.000	8.0000	0.20	1.60	
497548	Andamios	HM	0.250	1.0000	0.50	0.50	200.91

4.2.0 Transformador de tensión monofásico inductivo ext. 22.9:3, 0.1:3, 0.1kV,
50 VA-CL 0.5, incluye caja de agrupamiento de cables.

P.U= \$ 237.37

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Und/Día)	3.000					
	Materiales						
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	6.0000	7.00	42.00	69.50
	Mano de obra						
470101	Capataz	HH	1.000	2.6667	4.07	10.85	
470102	Operario	HH	2.000	5.3333	3.70	19.73	
470104	Peon	HH	2.000	5.3333	2.95	15.73	46.31
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	46.31	4.63	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	2.000	5.3333	0.30	1.60	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	2.000	5.3333	0.15	0.80	
497535	Nivel óptico	HM	0.750	2.0000	1.60	3.20	
497536	Nivel de precisión	HM	0.750	2.0000	5.00	10.00	
497542	Correas de seguridad	HM	4.000	10.6667	0.15	1.60	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.850	2.2667	40.00	90.67	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	2.6667	0.10	0.27	
497546	Megger 5000 V	HM	1.000	2.6667	2.60	6.93	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	2.6667	0.20	0.53	
497548	Andamios	HM	1.000	2.6667	0.50	1.33	121.56

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

4.3.0 Transformador de corriente para Recloser trifásico de 30 VA-CL 0.5, 30 VA-CL 5P20, 600/5A

P.U= \$ 207.67

Codlgo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Und/Día)	3.000					
	Materiales						
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.2000	15.00	3.00	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	2.0000	7.00	14.00	37.00
	Mano de obra						
470101	Capataz	HH	1.000	2.6667	4.07	10.85	
470102	Operario	HH	2.000	5.3333	3.70	19.73	
470104	Peon	HH	2.000	5.3333	2.95	15.73	46.31
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	46.31	4.63	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	2.000	5.3333	0.30	1.60	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	2.000	5.3333	0.15	0.80	
497535	Nivel óptico	HM	1.000	2.6667	1.60	4.27	
497536	Nivel de precisión	HM	1.000	2.6667	5.00	13.33	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.850	2.2667	40.00	90.67	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	2.6667	0.10	0.27	
497546	Megger 5000 V	HM	1.000	2.6667	2.60	6.93	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	2.6667	0.20	0.53	
497548	Andamios	HM	1.000	2.6667	0.50	1.33	124.36

5.1.0 Pararrayos de oxido de zinc, 60 kV, 10kA, tipo estación, incluye contador descargas y soporte metálico.

P.U= \$ 483.56

Codlgo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Und/Día)	1.500					
	Materiales						
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.2000	15.00	3.00	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	4.0000	7.00	28.00	51.00
	Mano de obra						
470101	Capataz	HH	1.000	5.3333	4.07	21.71	
470102	Operario	HH	2.000	10.6667	3.70	39.47	
470104	Peon	HH	3.000	16.0000	2.95	47.20	108.38
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	108.38	10.84	
497514	Medidor de resistividad del terreno	HM	1.000	5.3333	20.00	106.67	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	1.000	5.3333	0.30	1.60	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	1.000	5.3333	0.15	0.80	
497535	Nivel óptico	HM	1.000	5.3333	1.60	8.53	
497536	Nivel de precisión	HM	1.000	5.3333	5.00	26.67	
497542	Correas de seguridad	HM	2.000	10.6667	0.15	1.60	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.700	3.7333	40.00	149.33	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	5.3333	0.10	0.53	
497546	Megger 5000 V	HM	1.000	5.3333	2.60	13.87	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	5.3333	0.20	1.07	
497548	Andamios	HM	1.000	5.3333	0.50	2.67	324.18

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

5.2.0 Pararrayos de oxido de zinc, 18 kV, 10kA, tipo estación, incluye contador descargas y soporte metálico.

P.U= \$ 375.41

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Unid/Día)		2.000					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.2000	15.00	3.00	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	4.0000	7.00	28.00	51.00
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	4.0000	4.07	16.28	
470102	Operario	HH	2.000	8.0000	3.70	29.60	
470104	Peon	HH	3.000	12.0000	2.95	35.40	81.28
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	81.28	8.13	
497514	Medidor de resistividad del terreno	HM	1.000	4.0000	20.00	80.00	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	1.000	4.0000	0.30	1.20	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	1.000	4.0000	0.15	0.60	
497535	Nivel óptico	HM	1.000	4.0000	1.60	6.40	
497536	Nivel de precisión	HM	1.000	4.0000	5.00	20.00	
497542	Correas de seguridad	HM	2.000	8.0000	0.15	1.20	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.700	2.8000	40.00	112.00	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	4.0000	0.10	0.40	
497546	Megger 5000 V	HM	1.000	4.0000	2.60	10.40	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	4.0000	0.20	0.80	
497548	Andamios	HM	1.000	4.0000	0.50	2.00	243.13

5.3.0 Pararrayos de oxido de zinc, 18kV, 10kA , para instalación sobre pórticos, del tipo distribución.

P.U= \$ 48.92

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Unid/Día)		3.000					
Materiales							
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.2000	15.00	3.00	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	6.00
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	2.6667	4.07	10.85	
470102	Operario	HH	1.000	2.6667	3.70	9.87	
470104	Peon	HH	1.000	2.6667	2.95	7.87	28.59
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	28.59	2.86	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	1.000	2.6667	0.30	0.80	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	1.000	2.6667	0.15	0.40	
497535	Nivel óptico	HM	1.000	2.6667	1.60	4.27	
497542	Correas de seguridad	HM	1.000	2.6667	0.15	0.40	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	2.6667	0.10	0.27	
497546	Megger 5000 V	HM	0.500	1.3333	2.60	3.47	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	2.6667	0.20	0.53	
497548	Andamios	HM	1.000	2.6667	0.50	1.33	14.33

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

6.1.0 Seccionador fusible tripolar de 36 kV, 630 A, BIL 170 kV, mando motorizado,

P.U= \$ 585.17

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Unid/Día)		0.800					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	1.0000	7.00	7.00	34.50
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	10.0000	4.07	40.70	
470102	Operario	HH	2.000	20.0000	3.70	74.00	
470104	Peon	HH	2.000	20.0000	2.95	59.00	173.70
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	173.70	17.37	
497530	Registrador de contactos	HM	0.500	5.0000	10.00	50.00	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	1.000	10.0000	0.30	3.00	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	1.000	10.0000	0.15	1.50	
497535	Nivel óptico	HM	0.500	5.0000	1.60	8.00	
497536	Nivel de precisión	HM	0.200	2.0000	5.00	10.00	
497542	Correas de seguridad	HM	0.200	2.0000	0.15	0.30	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.700	7.0000	40.00	280.00	
497545	Multímetros diversos	HM	0.200	2.0000	0.10	0.20	
497546	Megger 5000 V	HM	0.200	2.0000	2.60	5.20	
497547	Pinzas Amperimetricas	HM	0.200	2.0000	0.20	0.40	
497548	Andamios	HM	0.200	2.0000	0.50	1.00	376.97

6.2.0 Seccionador tripolar 36 kV, 630A, BIL 170 kV, mando manual, para instalación vertical sobre pórticos.

P.U= \$ 607.17

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Unid/Día)		0.800					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	27.50
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	10.0000	4.07	40.70	
470102	Operario	HH	2.000	20.0000	3.70	74.00	
470104	Peon	HH	2.000	20.0000	2.95	59.00	173.70
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	173.70	17.37	
497530	Registrador de contactos	HM	0.200	2.0000	10.00	20.00	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	1.000	10.0000	0.30	3.00	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	1.000	10.0000	0.15	1.50	
497535	Nivel óptico	HM	0.500	5.0000	1.60	8.00	
497536	Nivel de precisión	HM	0.200	2.0000	5.00	10.00	
497542	Correas de seguridad	HM	0.200	2.0000	0.15	0.30	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.850	8.5000	40.00	340.00	
497545	Multímetros diversos	HM	0.200	2.0000	0.10	0.20	
497546	Megger 5000 V	HM	0.200	2.0000	2.60	5.20	
497547	Pinzas Amperimetricas	HM	0.200	2.0000	0.20	0.40	405.97

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

6.3.0 Seccionador fusible de 36 kV tipo CUT-OUT, unipolar del tipo distribución.

P.U= \$ 48.92

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Und/Día)		3.000					
Materiales							
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.2000	15.00	3.00	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	6.00
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	2.6667	4.07	10.85	
470102	Operario	HH	1.000	2.6667	3.70	9.87	
470104	Peon	HH	1.000	2.6667	2.95	7.87	28.59
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	28.59	2.86	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	1.000	2.6667	0.30	0.80	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	1.000	2.6667	0.15	0.40	
497535	Nivel óptico	HM	1.000	2.6667	1.60	4.27	
497542	Correas de seguridad	HM	1.000	2.6667	0.15	0.40	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	2.6667	0.10	0.27	
497546	Megger 5000 V	HM	0.500	1.3333	2.60	3.47	
497547	Pinzas Amperimetricas	HM	1.000	2.6667	0.20	0.53	
497548	Andamios	HM	1.000	2.6667	0.50	1.33	14.33

7.1.0 Interruptor tripolar 36 kV, 630 A, BIL 170 kV del tipo exterior.

P.U= \$ 543.17

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Und/Día)		0.500					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	1.0000	7.00	7.00	34.50
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	16.0000	4.07	65.12	
470102	Operario	HH	1.000	16.0000	3.70	59.20	
470104	Peon	HH	1.000	16.0000	2.95	47.20	171.52
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%MO		10.0000	171.52	17.15	
491830	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.500	8.0000	40.00	320.00	337.15

7.2.0 Recloser trifásico 36 kV, 560 A, 10 kA, BIL 170 kV.

P.U= \$ 485.57

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Und/Día)		0.500					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	1.0000	7.00	7.00	34.50
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	16.0000	4.07	65.12	
470102	Operario	HH	1.000	16.0000	3.70	59.20	
470104	Peon	HH	1.000	16.0000	2.95	47.20	171.52
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%MO		10.0000	171.52	17.15	
497532	Detector de fuga de gas	HM	0.100	1.6000	4.00	6.40	
491830	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.400	6.4000	40.00	256.00	279.55

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

8.1.0 Transformador trifásico de 22.9+-2x2.5%/0.4-0.23 kV y 50 kVA,
para instalación al exterior

P.U= \$ 545.16

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Und/Día)		1.000					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	2.0000	7.00	14.00	41.50
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	8.0000	4.07	32.56	
470102	Operario	HH	2.000	16.0000	3.70	59.20	
470104	Peon	HH	2.000	16.0000	2.95	47.20	138.96
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	138.96	13.90	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	2.000	16.0000	0.30	4.80	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	2.000	16.0000	0.15	2.40	
497535	Nivel óptico	HM	0.750	6.0000	1.60	9.60	
497536	Nivel de precisión	HM	0.750	6.0000	5.00	30.00	
497542	Correas de seguridad	HM	4.000	32.0000	0.15	4.80	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.850	6.8000	40.00	272.00	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	8.0000	0.10	0.80	
497546	Megger 5000 V	HM	1.000	8.0000	2.60	20.80	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	8.0000	0.20	1.60	
497548	Andamios	HM	1.000	8.0000	0.50	4.00	364.70

9.1.0 Tablero de mando, medición y protección y señalización

P.U= \$ 573.47

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Und/Día)		0.800					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	27.50
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	10.0000	4.07	40.70	
470102	Operario	HH	2.000	20.0000	3.70	74.00	
470104	Peon	HH	2.000	20.0000	2.95	59.00	173.70
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	173.70	17.37	
497512	Extensiones de 3x10, 3x16 y 3x25 mm2	HM	3.000	30.0000	0.38	11.40	
497522	Prensa terminal hasta 640 mm2	HM	1.000	10.0000	5.00	50.00	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	2.000	20.0000	0.30	6.00	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	2.000	20.0000	0.15	3.00	
497535	Nivel óptico	HM	0.750	7.5000	1.60	12.00	
497536	Nivel de precisión	HM	0.750	7.5000	5.00	37.50	
497542	Correas de seguridad	HM	4.000	40.0000	0.15	6.00	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.500	5.0000	40.00	200.00	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	10.0000	0.10	1.00	
497546	Megger 5000 V	HM	1.000	10.0000	2.60	26.00	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	10.0000	0.20	2.00	372.27

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

9.2.0 Tablero de medición 22.9 kv.

P.U= \$ 573.47

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Und/Día)	0.800					
	Materiales						
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	27.50
	Mano de obra						
470101	Capataz	HH	1.000	10.0000	4.07	40.70	
470102	Operario	HH	2.000	20.0000	3.70	74.00	
470104	Peon	HH	2.000	20.0000	2.95	59.00	173.70
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	173.70	17.37	
497512	Extensiones de 3x10, 3x16 y 3x25 mm2	HM	3.000	30.0000	0.38	11.40	
497522	Prensa terminal hasta 640 mm2	HM	1.000	10.0000	5.00	50.00	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	2.000	20.0000	0.30	6.00	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	2.000	20.0000	0.15	3.00	
497535	Nivel óptico	HM	0.750	7.5000	1.60	12.00	
497536	Nivel de precisión	HM	0.750	7.5000	5.00	37.50	
497542	Correas de seguridad	HM	4.000	40.0000	0.15	6.00	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.500	5.0000	40.00	200.00	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	10.0000	0.10	1.00	
497546	Megger 5000 V	HM	1.000	10.0000	2.60	26.00	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	10.0000	0.20	2.00	372.27

9.3.0 Tablero de servicios auxiliares 380/220 VAC y 110 VDC

P.U= \$ 573.47

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Und/Día)	0.800					
	Materiales						
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	27.50
	Mano de obra						
470101	Capataz	HH	1.000	10.0000	4.07	40.70	
470102	Operario	HH	2.000	20.0000	3.70	74.00	
470104	Peon	HH	2.000	20.0000	2.95	59.00	173.70
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	173.70	17.37	
497512	Extensiones de 3x10, 3x16 y 3x25 mm2	HM	3.000	30.0000	0.38	11.40	
497522	Prensa terminal hasta 640 mm2	HM	1.000	10.0000	5.00	50.00	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	2.000	20.0000	0.30	6.00	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	2.000	20.0000	0.15	3.00	
497535	Nivel óptico	HM	0.750	7.5000	1.60	12.00	
497536	Nivel de precisión	HM	0.750	7.5000	5.00	37.50	
497542	Correas de seguridad	HM	4.000	40.0000	0.15	6.00	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.500	5.0000	40.00	200.00	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	10.0000	0.10	1.00	
497546	Megger 5000 V	HM	1.000	10.0000	2.60	26.00	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	10.0000	0.20	2.00	372.27

10.1.0 Banco de baterías de 110 VDC, tipo plomo-ácido de 140 A-H, incl. soporte.

P.U= \$ 505.43

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Und/Día)	1.000					
	Materiales						
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	17.00
	Mano de obra						
470030	Técnico Electricista	HH	1.000	8.0000	40.00	320.00	
470101	Capataz	HH	0.500	4.0000	4.07	16.28	
470102	Operario	HH	1.000	8.0000	3.70	29.60	
470104	Peon	HH	1.000	8.0000	2.95	23.60	389.48
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%MO		10.0000	389.48	38.95	
488591	Equipo para montaje	HM	0.50	4.0000	15.00	60.00	98.95

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

10.2.0 Cargador-rectificador de 380 VAC - 110 VDC - 60 A

P.U= \$ 292.68

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Und/Día)		1.000				
	Materiales						
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	27.50
	Mano de obra						
470101	Capataz	HH	1.000	8.0000	4.07	32.56	
470102	Operario	HH	2.000	16.0000	3.70	59.20	
470104	Peon	HH	2.000	16.0000	2.95	47.20	138.96
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	138.96	13.90	
497512	Extensiones de 3x10, 3x16 y 3x25 mm2	HM	3.000	24.0000	0.38	9.12	
497522	Prensa terminal hasta 640 mm2	HM	1.000	8.0000	5.00	40.00	
497536	Nivel de precisión	HM	1.000	8.0000	5.00	40.00	
497545	Multímetros diversos	HM	1.000	8.0000	0.10	0.80	
497546	Megger 5000 V	HM	1.000	8.0000	2.60	20.80	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	8.0000	0.20	1.60	126.22

11.1.0 Cable de conexión entre pórtico y equipos 66, 22.9 kV, de aleación de aluminio de 120 mm² y materiales varios

P.U= \$ 1,216.67

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Und/Día)		0.800				
	Materiales						
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
540600	Solventes	GLN	0.000	8.0000	8.00	64.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
390220	Hoja de Sierra	PZA	0.000	10.0000	1.00	10.00	
392401	Soga manila 3/4"	KG	0.000	10.0000	5.60	56.00	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	150.00
	Mano de obra						
470101	Capataz	HH	1.000	10.0000	4.07	40.70	
470102	Operario	HH	3.000	30.0000	3.70	111.00	
470104	Peon	HH	4.000	40.0000	2.95	118.00	269.70
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	269.70	26.97	
497511	Mesa de trabajo con tornillo	HM	2.000	20.0000	5.00	100.00	
497521	Prensa empalmadora con matriz y dado	HM	2.000	20.0000	0.70	14.00	
497522	Prensa terminal hasta 640 mm2	HM	2.000	20.0000	5.00	100.00	
497523	Tecles Ratchet 1.-3-5 TN	HM	3.000	30.0000	5.00	150.00	
497524	Poleas conductoras	HM	6.000	60.0000	0.40	24.00	
497525	Comelones para conductor	HM	4.000	40.0000	0.65	26.00	
497539	Escalera de aluminio de 7 m	HM	2.000	20.0000	2.50	50.00	
497542	Correas de seguridad	HM	4.000	40.0000	0.15	6.00	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.750	7.5000	40.00	300.00	796.97

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

11.2.0 Cadena de anclaje de 66 kV.

P.U= \$ 90.18

Código	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Cjto/Día)		10.000					
Materiales							
540600	Solventes	GLN	0.000	2.0000	8.00	16.00	
392401	Soga manila 3/4"	KG	0.000	3.0000	5.60	16.80	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	35.80
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	0.8000	4.07	3.26	
470102	Operario	HH	3.000	2.4000	3.70	8.88	
470104	Peon	HH	4.000	3.2000	2.95	9.44	21.58
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	21.58	2.16	
497511	Mesa de trabajo con tornillo	HM	1.000	0.8000	5.00	4.00	
497521	Prensa empalmadora con matriz y dado	HM	1.000	0.8000	0.70	0.56	
497522	Prensa terminal hasta 640 mm2	HM	1.000	0.8000	5.00	4.00	
497523	Tecles Ratchet 1.-3-5 TN	HM	3.000	2.4000	5.00	12.00	
497524	Poleas conductoras	HM	3.000	2.4000	0.40	0.96	
497525	Comelones para conductor	HM	3.000	2.4000	0.65	1.56	
497539	Escalera de aluminio de 7 m	HM	2.000	1.6000	2.50	4.00	
497542	Correas de seguridad	HM	3.000	2.4000	0.15	0.36	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.100	0.0800	40.00	3.20	32.80

11.3.0 Cadena de anclaje de 22.9 kV.

P.U= \$ 90.18

Código	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Cjto/Día)		10.000					
Materiales							
540600	Solventes	GLN	0.000	2.0000	8.00	16.00	
392401	Soga manila 3/4"	KG	0.000	3.0000	5.60	16.80	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	35.80
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	0.8000	4.07	3.26	
470102	Operario	HH	3.000	2.4000	3.70	8.88	
470104	Peon	HH	4.000	3.2000	2.95	9.44	21.58
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	21.58	2.16	
497511	Mesa de trabajo con tornillo	HM	1.000	0.8000	5.00	4.00	
497521	Prensa empalmadora con matriz y dado	HM	1.000	0.8000	0.70	0.56	
497522	Prensa terminal hasta 640 mm2	HM	1.000	0.8000	5.00	4.00	
497523	Tecles Ratchet 1.-3-5 TN	HM	3.000	2.4000	5.00	12.00	
497524	Poleas conductoras	HM	3.000	2.4000	0.40	0.96	
497525	Comelones para conductor	HM	3.000	2.4000	0.65	1.56	
497539	Escalera de aluminio de 7 m	HM	2.000	1.6000	2.50	4.00	
497542	Correas de seguridad	HM	3.000	2.4000	0.15	0.36	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.100	0.0800	40.00	3.20	32.80

12.1.0 Cables de 380 VAC completos

P.U= \$ 1,845.58

Código	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Glb/Día)		0.180					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	6.0000	7.00	42.00	69.50
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	44.4444	4.07	180.89	
470102	Operario	HH	5.000	222.2222	3.70	822.22	
470104	Peon	HH	3.000	133.3333	2.95	393.33	1,396.44
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	1396.44	139.64	
497545	Multímetros diversos	HM	2.000	88.8889	0.10	8.89	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	44.4444	0.20	8.89	
497552	Portabobinas	HM	1.000	44.4444	5.00	222.22	379.64

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

12.2.0 Cables de 110 VDC completos

P.U= \$ 1,046.18

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Glb/Día)		0.250					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	6.0000	7.00	42.00	69.50
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	32.0000	4.07	130.24	
470102	Operario	HH	3.000	96.0000	3.70	355.20	
470104	Peon	HH	2.000	64.0000	2.95	188.80	674.24
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	674.24	67.42	
497545	Multímetros diversos	HM	2.000	64.0000	0.10	6.40	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	32.0000	0.20	6.40	
497552	Portabobinas	HM	1.000	44.4444	5.00	222.22	302.44

12.3.0 Cables auxiliares de medición, protección y señalización.

P.U= \$ 1,690.20

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Glb/Día)		0.200					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	6.0000	7.00	42.00	69.50
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	40.0000	4.07	162.80	
470102	Operario	HH	5.000	200.0000	3.70	740.00	
470104	Peon	HH	3.000	120.0000	2.95	354.00	1,256.80
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	1256.80	125.68	
497545	Multímetros diversos	HM	2.000	80.0000	0.10	8.00	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	1.000	40.0000	0.20	8.00	
497552	Portabobinas	HM	1.000	44.4444	5.00	222.22	363.90

13.1.0 Red de tierra profunda con conductor de cobre desnudo de 70 mm² incluye todos los materiales de soldadura y conexión y electrodos

P.U= \$ 1,213.39

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Glb/Día)		0.500					
Materiales							
497513	Moldes Empalmes Cadweld	U	0.000	2.0000	110.00	220.00	220.00
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	16.0000	4.07	65.12	
470102	Operario	HH	2.000	32.0000	3.70	118.40	
470104	Peon	HH	6.000	96.0000	2.95	283.20	466.72
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	466.72	46.67	
497511	Mesa de trabajo con tornillo	HM	1.000	16.0000	5.00	80.00	
497514	Medidor de resistividad del terreno	HM	1.000	16.0000	20.00	320.00	
497552	Portabobinas	HM	1.000	16.0000	5.00	80.00	526.67

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

13.2.0 Pozos de Puesta a Tierra

P.U= \$ 82.80

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Und/Día)		6.000					
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	1.3333	4.07	5.43	
470102	Operario	HH	2.000	2.6667	3.70	9.87	
470104	Peon	HH	6.000	8.0000	2.95	23.60	38.90
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	38.90	3.89	
497511	Mesa de trabajo con tornillo	HM	1.000	1.3333	5.00	6.67	
497514	Medidor de resistividad del terreno	HM	1.000	1.3333	20.00	26.67	
497552	Portabobinas	HM	1.000	1.3333	5.00	6.67	43.90

13.3.0 Red de Tierra superficial comp. por platinas de cobre desnudo de 3x30 mm para canaleta sala de control y conductor de cobre desnudo de 70 mm²

P.U= \$ 1,051.39

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Glb/Día)		0.500					
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	16.0000	4.07	65.12	
470102	Operario	HH	2.000	32.0000	3.70	118.40	
470104	Peon	HH	6.000	96.0000	2.95	283.20	466.72
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	466.72	46.67	
470101	Cizalla	HM	1.000	10.0000	0.80	8.00	
497511	Mesa de trabajo con tornillo	HM	1.000	10.0000	5.00	50.00	
497514	Medidor de resistividad del terreno	HM	1.000	16.0000	20.00	320.00	
497522	Prensa terminal hasta 640 mm ²	HM	1.000	16.0000	5.00	80.00	
497552	Portabobinas	HM	1.000	16.0000	5.00	80.00	584.67

14.1.0 Alumbrado exterior y tomacorriente patio de llave

P.U= \$ 1,008.57

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Glb/Día)		0.500					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.5000	15.00	7.50	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	
740120	Tubo PVC SAP (Luz) 2" x 3 M	ML	0.000	12.0000	7.00	84.00	111.50
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	16.0000	4.07	65.12	
470102	Operario	HH	3.000	48.0000	3.70	177.60	
470104	Peon	HH	4.000	64.0000	2.95	188.80	431.52
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	431.52	43.15	
497511	Mesa de trabajo con tornillo	HM	1.000	16.0000	5.00	80.00	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.200	3.2000	40.00	128.00	
497545	Multímetros diversos	HM	4.000	64.0000	0.10	6.40	
497546	Megger 5000 V	HM	1.000	16.0000	2.60	41.60	
497547	Pinzas Amperimétricas	HM	2.000	32.0000	0.20	6.40	
499016	Taladro HILTI	HM	2.00	32.0000	5.00	160.00	465.55

14.2.0 Extintores portátiles de incendio de 12 kg.

P.U= \$ 19.51

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Und/Día)		3.000					
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	0.000	0.0000	4.07	0.00	
470102	Operario	HH	1.000	2.6667	3.70	9.87	
470104	Peon	HH	1.000	2.6667	2.95	7.87	17.74
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	17.74	1.77	1.77

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

14.3.0 Cable de guarda, conectores y accesorios para sistema de protección contra descargas atmosféricas.

P.U= \$ 1,829.81

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Glb/Día)	0.500					
	Materiales						
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
540600	Solventes	GLN	0.000	8.0000	8.00	64.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
390220	Hoja de Sierra	PZA	0.000	10.0000	1.00	10.00	
392401	Soga manila 3/4"	KG	0.000	10.0000	5.60	56.00	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	150.00
	Mano de obra						
470101	Capataz	HH	1.000	10.0000	4.07	40.70	
470102	Operario	HH	3.000	48.0000	3.70	177.60	
470104	Peon	HH	4.000	64.0000	2.95	188.80	407.10
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	407.10	40.71	
497511	Mesa de trabajo con tornillo	HM	2.000	32.0000	5.00	160.00	
497521	Prensa empalmadora con matriz y dado	HM	2.000	32.0000	0.70	22.40	
497522	Prensa terminal hasta 640 mm2	HM	2.000	32.0000	5.00	160.00	
497523	Tecles Ratchet 1.-3-5 TN	HM	3.000	48.0000	5.00	240.00	
497524	Poleas conductoras	HM	6.000	96.0000	0.40	38.40	
497525	Comelones para conductor	HM	4.000	64.0000	0.65	41.60	
497539	Escalera de aluminio de 7 m	HM	2.000	32.0000	2.50	80.00	
497542	Correas de seguridad	HM	4.000	64.0000	0.15	9.60	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.750	12.0000	40.00	480.00	1,272.71

15.1.0 Pórticos de 66 kV

P.U= \$ 4,936.76

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
	Rendimiento (Unid/Día)	0.100					
	Materiales						
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
392401	Soga manila 3/4"	KG	0.000	2.0000	5.60	11.20	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.2000	15.00	3.00	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	34.20
	Mano de obra						
470101	Capataz	HH	1.000	80.0000	4.07	325.60	
470102	Operario	HH	1.000	80.0000	3.70	296.00	
470104	Peon	HH	3.000	240.0000	2.95	708.00	1,329.60
	Equipo						
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	1329.60	132.96	
491901	Teodolito	HM	0.500	40.0000	1.70	68.00	
497511	Mesa de trabajo con tornillo	HM	1.000	80.0000	5.00	400.00	
497524	Poleas conductoras	HM	1.000	80.0000	0.40	32.00	
497526	Tecles de cadena 10 Tn	HM	1.000	80.0000	0.65	52.00	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	1.000	80.0000	0.30	24.00	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	1.000	80.0000	0.15	12.00	
497536	Nivel de precisión	HM	1.000	80.0000	5.00	400.00	
497542	Correas de seguridad	HM	1.000	80.0000	0.15	12.00	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.750	60.0000	40.00	2400.00	
497548	Andamios	HM	1.000	80.0000	0.50	40.00	3,572.96

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

B MONTAJE ELECTROMECHANICO

15.2.0 Pórticos de 22.9 kV

P.U= \$ 7,576.58

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Unid/Día)		0.065					
Materiales							
295151	Disco Esmeril	U	0.000	1.0000	12.00	12.00	
304920	Brocas	U	0.000	1.0000	5.00	5.00	
392401	Soga manila 3/4"	KG	0.000	2.0000	5.60	11.20	
540600	Pintura Anticorrosiva	GLN	0.000	0.2000	15.00	3.00	
590276	Limas	U	0.000	1.0000	3.00	3.00	34.20
Mano de obra							
470101	Capataz	HH	1.000	123.0769	4.07	500.92	
470102	Operario	HH	1.000	123.0769	3.70	455.38	
470104	Peon	HH	3.000	369.2308	2.95	1089.23	2,045.53
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	2045.53	204.55	
491901	Teodolito	HM	0.500	61.5385	1.70	104.62	
497511	Mesa de trabajo con tornillo	HM	1.000	123.0769	5.00	615.38	
497524	Poleas conductoras	HM	1.000	123.0769	0.40	49.23	
497526	Tecles de cadena 10 Tn	HM	1.000	123.0769	0.65	80.00	
497533	Estrobo de acero 10 Ton	HM	1.000	123.0769	0.30	36.92	
497534	Grilletes de acero 10 Ton	HM	1.000	123.0769	0.15	18.46	
497536	Nivel de precisión	HM	1.000	123.0769	5.00	615.38	
497542	Correas de seguridad	HM	1.000	123.0769	0.15	18.46	
497543	Camión Grúa de 10 TN	HM	0.750	92.3077	40.00	3692.31	
497548	Andamios	HM	1.000	123.0769	0.50	61.54	5,496.85

16.1.0 Ingeniería de detalle de la subestación de potencia 66/22.9 kV

P.U= \$ 15,339.07

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Cjto/Día)		0.065					
Mano de obra							
470030	Técnico electricista	HH	1.000	123.0769	40.00	4923.08	
470102	Operario	HH	2.000	246.1538	3.70	910.77	
470104	Peon	HH	2.000	246.1538	2.95	726.15	
470390	Ingeniero Electro-Mecánico	HH	1.000	123.0769	60.00	7384.61	13,944.61
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	13944.61	1394.46	1,394.46

17.1.0 Estudio de la coordinación de la protección del sistema eléctrico

P.U= \$ 6,300.80

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Cjto/Día)		0.150					
Mano de obra							
470030	Técnico electricista	HH	1.000	53.3333	40.00	2133.33	
470102	Operario	HH	2.000	106.6667	3.70	394.67	
470390	Ingeniero Electro-Mecánico	HH	1.000	53.3333	60.00	3200.00	5,728.00
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	5728.00	572.80	572.80

18.1.0 Pruebas, puesta en servicio y operación experimental

P.U= \$ 5,864.95

Codigo	Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
Rendimiento (Cjto/Día)		0.170					
Mano de obra							
470030	Técnico electricista	HH	1.000	47.0588	40.00	1882.35	
470102	Operario	HH	2.000	94.1176	3.70	348.24	
470103	Oficial	HH	2.000	94.1176	2.95	277.65	
470390	Ingeniero Electro-Mecánico	HH	1.000	47.0588	60.00	2823.53	5,331.77
Equipo							
370101	Herramientas Manuales	%		10.0000	5331.77	533.18	533.18

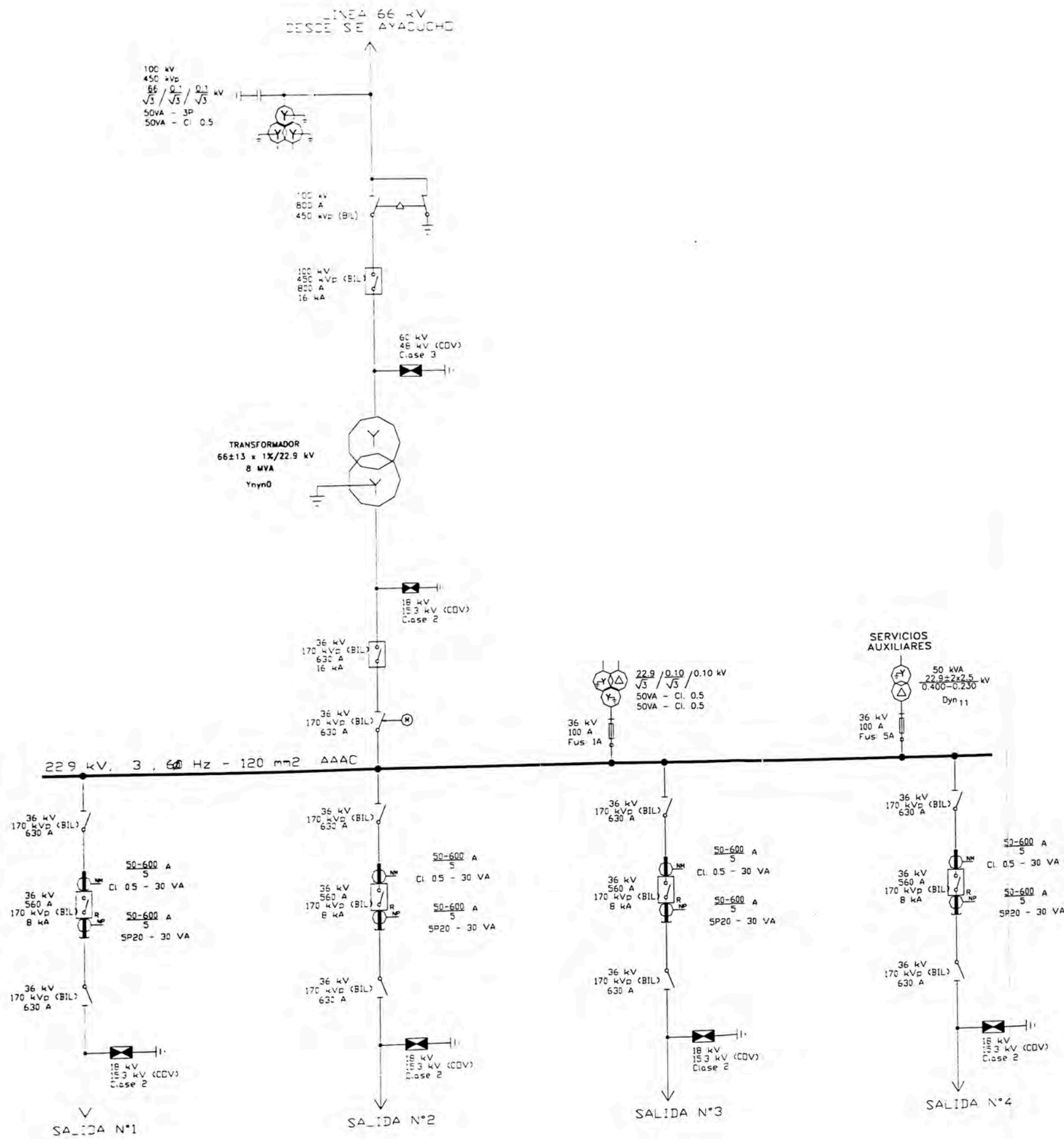
CONCLUSIONES

1. La Subestación de Transmisión Cangallo se construyó como solución a la escasez de la energía y potencia eléctrica en las provincias de Cangallo y Víctor Fajardo en el departamento de Ayacucho.
2. La Subestación Cangallo esta calculada para una tensión de 66/22.9 kV y una potencia de 8-10 MVA ONAN-ONAF, la cual abastecerá una demanda proyectada al 2 011 de 8 MVA.
3. La tensión de 66 kV, fue definida, por ser una tensión existente en el área de la Subestación, debido a que la Subestación Mollepata 66 kV se interconecta con la línea de transmisión 66 kV Cobriza – Huanta – Ayacucho, y esta se interconecta con la Subestación Cangallo 66 kV y se distribuye en 22.9 kV al Pequeño Sistema Eléctrico Cangallo.
4. La Subestación Cangallo está construida cerca a la ciudad, con la finalidad de tener un rápido acceso y una adecuada vigilancia en caso de emergencias.
5. Los niveles de aislamiento y distancias de seguridad, dependen de la tensión máxima del sistema, altura de instalación y temperatura promedio del sitio. De acuerdo al cálculos efectuados y a la norma IEC-71-3, se determinó los siguientes valores normalizados: 70/170 kV aislamiento interno/externo y 320 mm distancia mínima de seguridad entre fases y fase a tierra para la zona de 22.9 kV., 185/450 kV el aislamiento interno/externo y 900 mm distancia mínima de seguridad entre fases y fase a tierra para la zona de 66 kV.

6. Los equipos de la subestación han sido dimensionadas tomando en consideración la corriente nominal, potencia y corriente de cortocircuito del sistema al que se encuentran (66 kV / 22.9 kV), así también a los criterios de diseño según las normas: ANSI, IEC, VDE y IEEE.
7. El transformador de potencia esta previsto para soportar sobrecargas de 25 % durante una hora y a 30 °C de temperatura, sin que este presente daños. Para lo cual cuenta con una refrigeración forzada como se especifica 8-10 MVA ONAN-ONAF.
8. Para la malla a tierra, se ha considerado una corriente de cortocircuito de 2.0kA más 10 % por futuras ampliaciones, es decir 2.2 kA, resultando la resistencia de malla de 1.4 Ohm y tensión de malla 587.17. Se determinó también la necesidad, que la Subestación, sea rellenado con piedra chancada para reducir la magnitud de los choques eléctricos y aumentar los valores de tensiones permisibles, resultando en estas condiciones la tensión de toque 667 V y tensión de paso 2 235 V.
9. El Presupuesto Integral de la obra asciende a US \$ 1 077 411,13 Dólares Americanos. Este monto incluye los suministros de materiales y equipos, transporte al sitio de la obra, montaje electromecánico, obras civiles, gastos generales y utilidades. Es decir la Subestación Cangallo 66/22.9 kV, 8.0 MVA, tiene un costo aproximado por cada kilowats instalado de 135 \$/kW.

BIBLIOGRAFIA

1. ABB High Voltage Technologies Ltd, Suiza
Guía de Aplicación – Protección Contra Sobretensiones
Tercera Edición, 1999
2. Brown Boveri
Manual de las Instalaciones de Distribución de Energía Eléctrica
Primera Edición en Español, 1983
3. Carlos Felipe Ramírez
Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión
Primera Edición Corregida, 1991
4. Geraldo Kinderman y Jorge Mário Campagnolo
Aterramiento Eléctrico
Tercera Edición, 1995
5. Gilberto Enrique Haper
Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas
Quinta Edición, 1993
6. International Electrotechnical Commission – IEC Standard
Coordination of Insulation
Publicación 1983
7. Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE Standard
Guide for Safety in AC Substation Grounding
Publicación 1986
8. Ministerio de Energía y Minas / Dirección Ejecutiva de Proyectos
Código Nacional de Electricidad, Tomo IV
Publicación 1978



LEYENDA DE EQUIPOS 66 kV

SIMBOLO	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO CAPACITIVO	TRENCH-ELECTRIC CANADA	TEVF-69H
	SECCIONADOR DE LINEA	SECCIONADOR	MESA GATICA ESPARA SGC-100/800
		MANDO	AE85
	INTERRUPTOR DE POTENCIA	AEG ALEMANIA	SI-100 F1/3125
	PARARRAYOS TIPO OXIDO DE ZINC	PARARRAYOS	COOPER USA AZ63006G04B060
		CONTADOR DE CARGA	
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA CON REGULACION BAJO CARGA AUTOMATICO	ABB PERU	AD2AN

LEYENDA DE EQUIPOS 22.9 kV

SIMBOLO	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO INDUCTIVO	ARTECHE VENEZUELA	URM-36E
	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES	ABB PERU	TRIFASICO
	INTERRUPTOR DE POTENCIA	INTERRUPTOR	MAGRINI-GALILEO ITALIA 36G1-E20
		MANDO	GMH
	PARARRAYOS TIPO OXIDO DE ZINC	COOPER USA	AZG2003G015018
	SECCIONADOR DE BARRA CON MANDO A MOTOR Y MANUAL	SECCIONADOR	FELMEC PERU SEPH-36-M110
		MANDO	M110
	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO 'CUT OUT'	CHANCE USA	CH0036
	SECCIONADOR DE BARRA CON MANDO MANUAL	FELMEC PERU	SEPH-36
	RECLOSER DE TIPO AUTOMATICO CON CONTROL ELECTRONICO Y SISTEMA DIGITAL DE PROTECCION	RECLOSER	HAWKER SIDDELEU INGLEES PHR38
		CONTROL ELECTRONICO	MICROTRIP-2E

Planos de Referencia :

- * SE-CG-E02 DIAGRAMA UNIFILAR - SISTEMA DE MEDICION
- * SE-CG-E03 DIAGRAMA UNIFILAR - SISTEMA DE PROTECCION

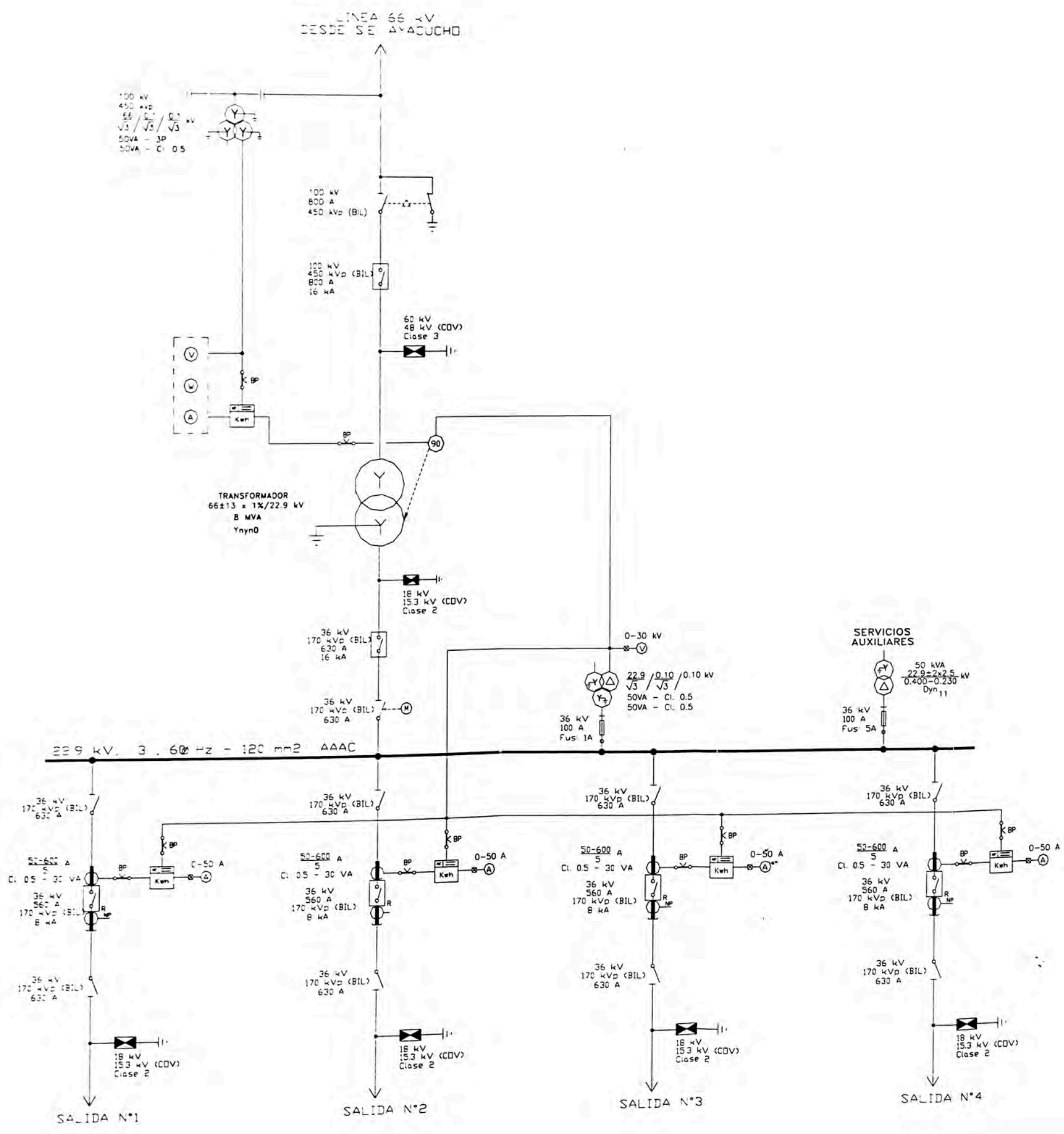
Notas :

- NP - NUCLEO DE PROTECCION
- NM - NUCLEO DE MEDICION

CONFORME A OBRA		-	-	-	-
REV. N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
DIS	J.C.H.T				
DIB	J.C.H.T				
REV.	G.A.R				
APR.	G.A.R				
FECHA	ENE.2002				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA		TITULO:		DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	
		SE-CG-E01	S/E		

LEYENDA DE EQUIPOS DE MEDICION

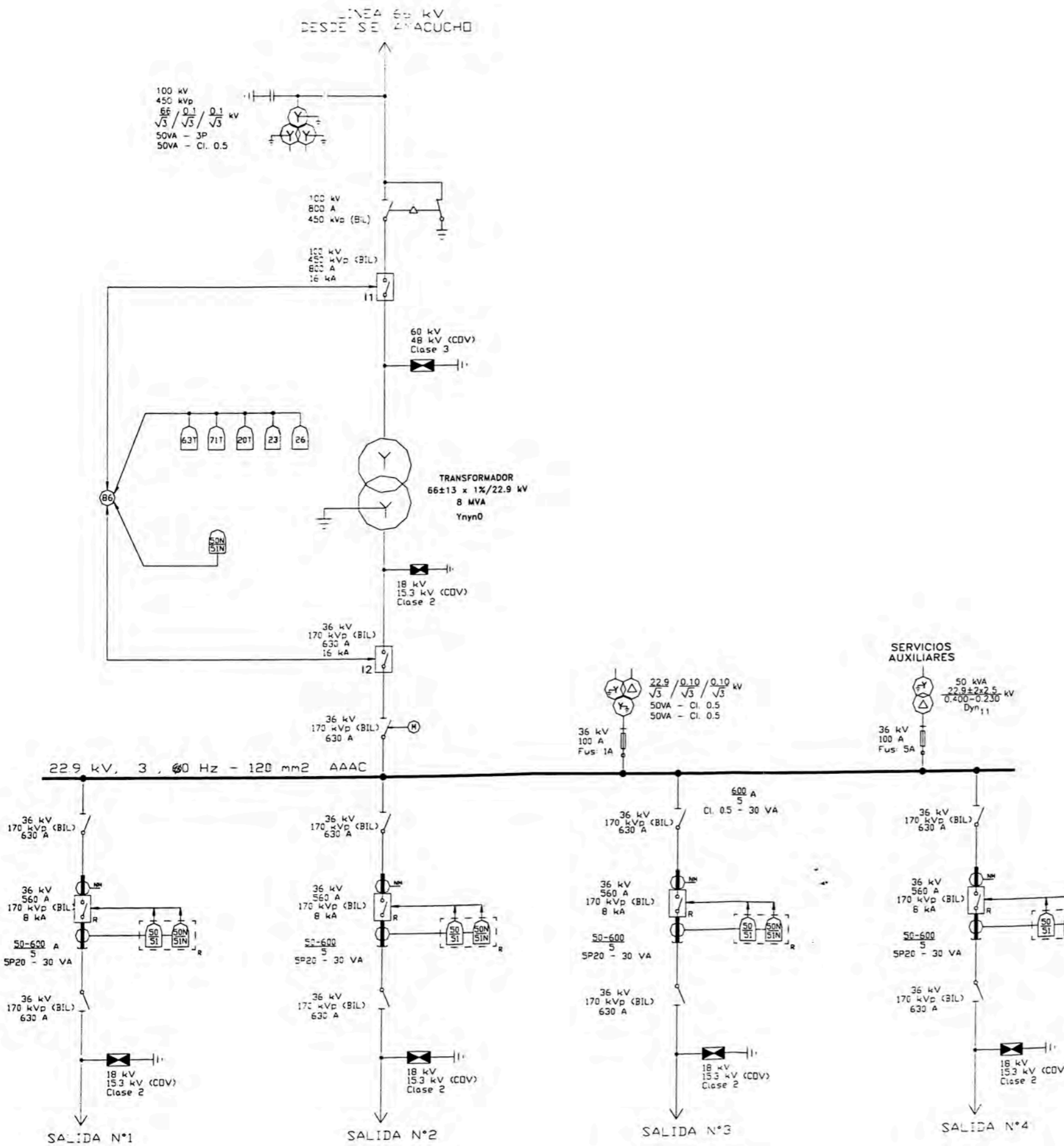
SIMBOLO	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
	AMPERIMETRO CON CONMUTADOR	CELSA	DA-72/1
	VOLTIMETRO CON CONMUTADOR	CELSA	DV-72/1
	EQUIPO DE MEDICION TIPO MULTIFUNSION	ABB USA	ALPHA PLUS
	RELE REGULADOR DE TENSION	MR ALEMANIA	MK30
	INDICADOR DE TAP	MR ALEMANIA	4M
	BORNERA Y ENCHUFE DE PRUEBA	ENTRELEC	
	EQUIPO INDICADOR	CELSA	PM-170



Planos de Referencia :
 * SE-CG-E01: DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL

Notas :
 NP : NUCLEO DE PROTECCION
 NM : NUCLEO DE MEDICION

1	CONFORME A OBRA	-	-	-	-
REV. N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
DIS.	J.C.H.T	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		TITULO: DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA DE MEDICION	
DIB.	J.C.H.T	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA		SE-CG-E02 S/E	
REV.	G.A.R				
APR.	G.A.R				
FECHA	ENE.2002				



LEYENDA DE EQUIPOS DE PROTECCION

SIMBOLO	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
63T	RELE BUCHHOLZ DEL TRANSFORMADOR	INDUBRAS	TC1
71T	DETECTOR NIVEL DE ACEITE TRANSFORMADOR	QUALITROL	035020-01
20T	DETECTOR SOBRE PRESION DEL TRANSFORMADOR	QUALITROL	208-60
23	RELE DE TEMPERATURA ACEITE	MESSKO	XK-2424
26	RELE DE IMAGEN TERMICA	MESSKO	XK-2424
87	RELE DIFERENCIAL	ABB	TPU-2000 R
86	RELE DE DISPARO	ELECTROSWITCH USA	LDR-24 R
50 SIN	RELE DE SOBRECORRIENTE PARA FALLA ENTRE FASES Y TIERRA	ABB	SPAJ-111C
50 SIN	RELE DE SOBRECORRIENTE TRIFASICO PARA FALLA ENTRE FASE Y FASE TIERRA	ABB	SPAJ-140C
50 SIN	EQUIPO ELECTRONICO DE CONTROL Y PROTECCION DEL RECLOSER	HAWKER SIDDLEY	MICROTRIP-E

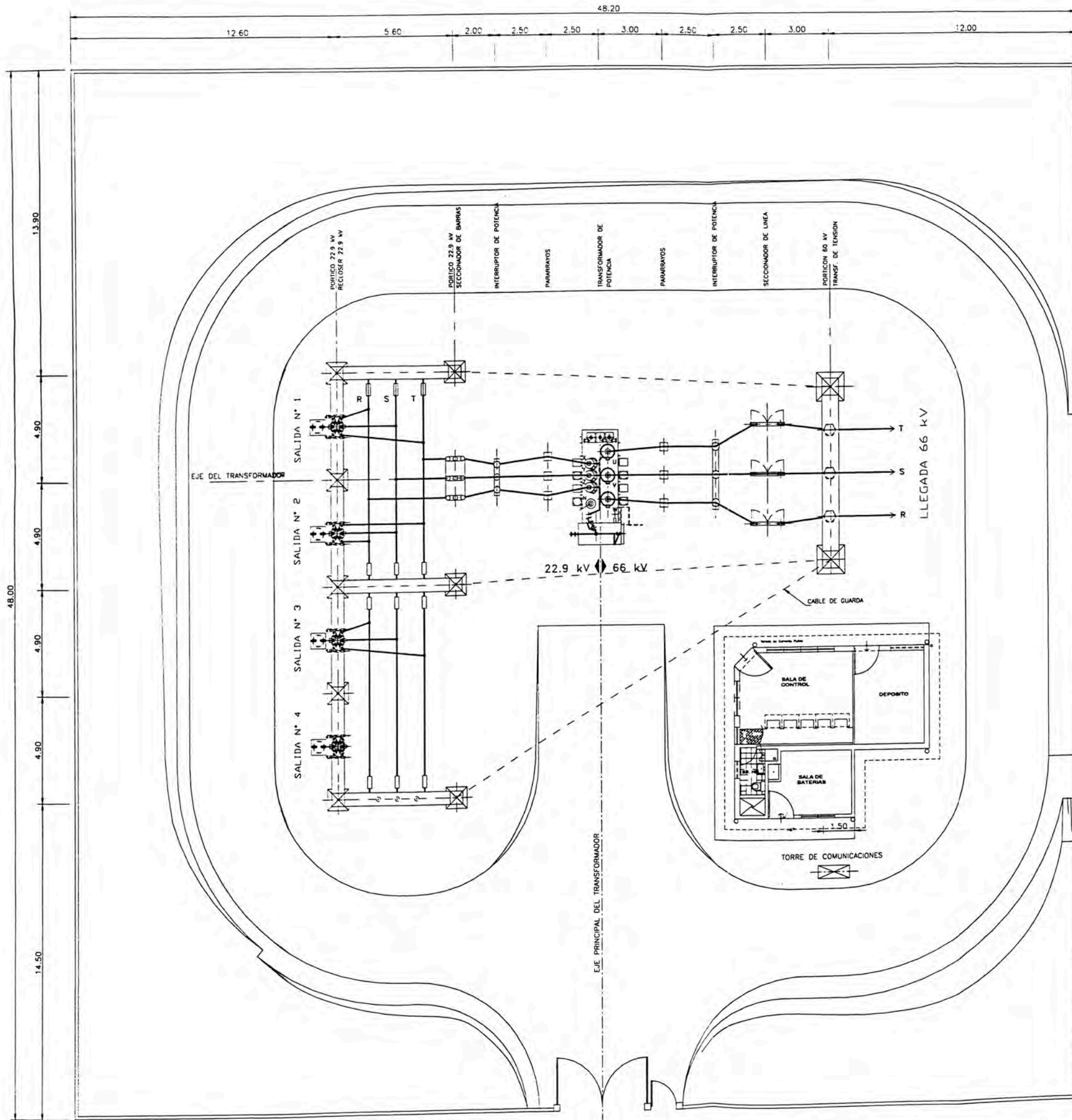
Plano de Referencia :

* SE-CG-E01 DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL

Notas :


- CIRCUITO DE DISPARO
- 11 : INTERRUPTOR 60 kV
- 12 : INTERRUPTOR 22.9 kV
- NP : NUCLEO DE PROTECCION
- NM : NUCLEO DE MEDICION

REV. N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
1	CONFORME A DBRA	-	-	-	-
DIS.	J.CH.T	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA		TITULO: DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA DE PROTECCION SE-CG-E03 S/E	
DIB.	J.CH.T				
REV.	G.A.R				
APR.	G.A.R				
FEC-A	ENE.2002				



Planos de Referencia :
 * SE-CG-E05 DISPOSICION DE EQUIPOS PLANTA - CORTES

1	CONFORME A OBRA	-	-	-	-
REV. N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
DIS	J.CH.T				
DIB.	J.CH.T				
REV.	G.A.R				
APR.	G.A.R				
FECHA	ENE.2002				



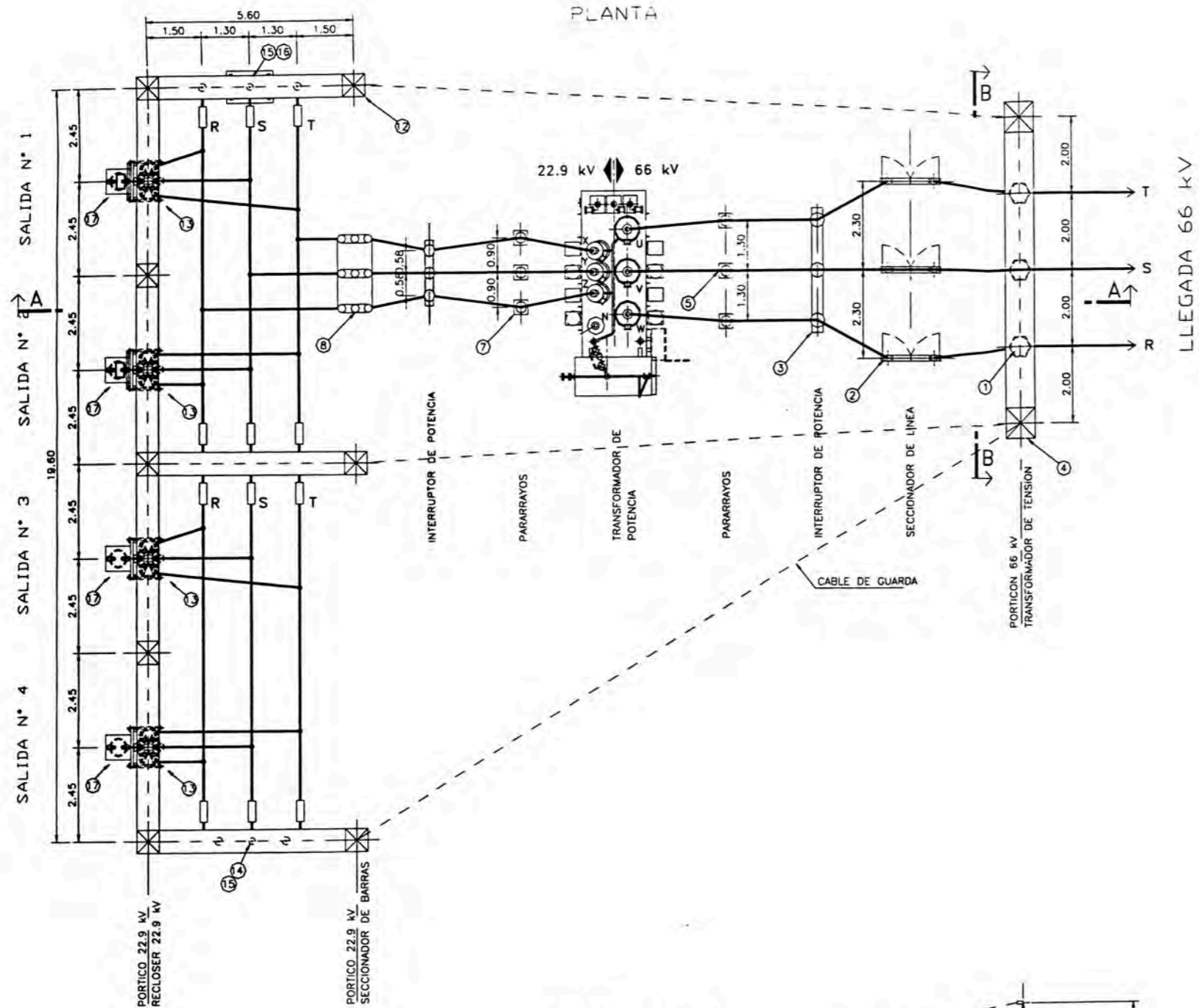
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

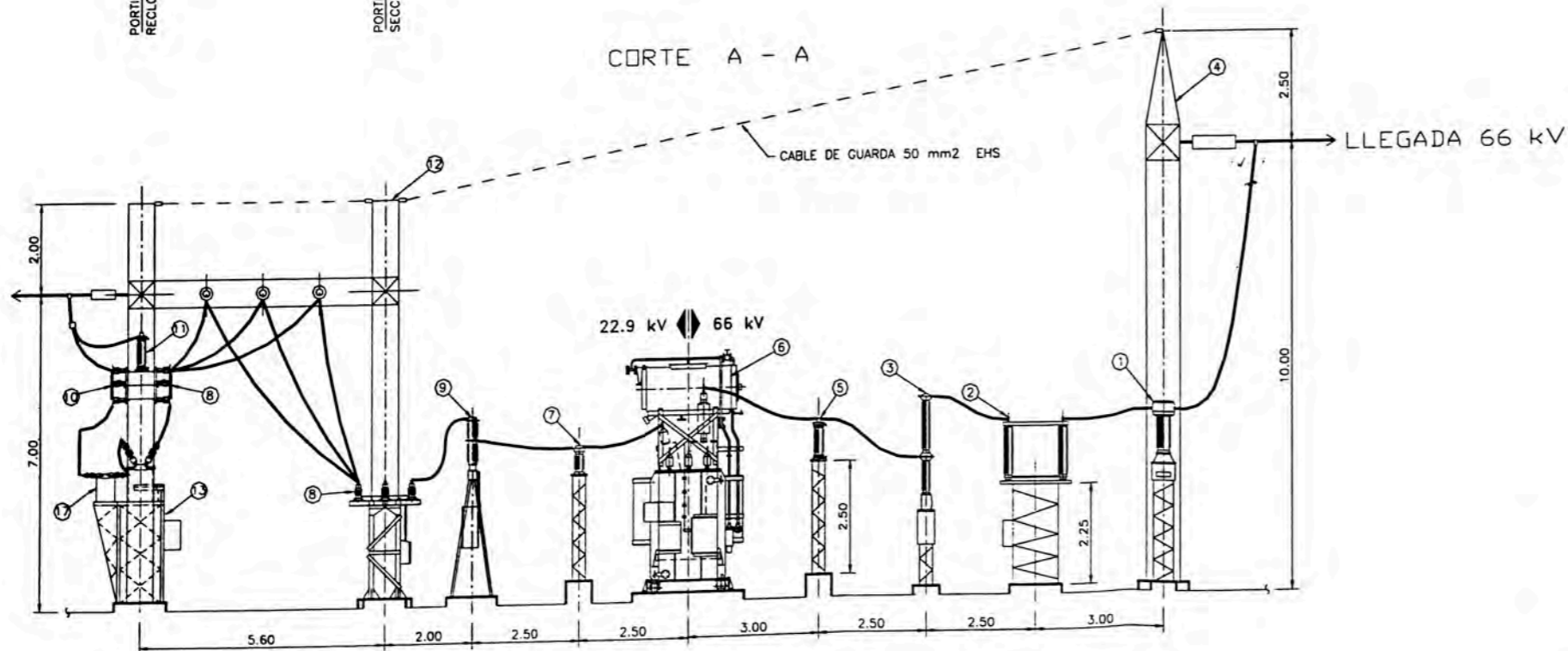
TITULO:
DISPOSICION GENERAL

SE-CG-E04 S/E

PLANTA

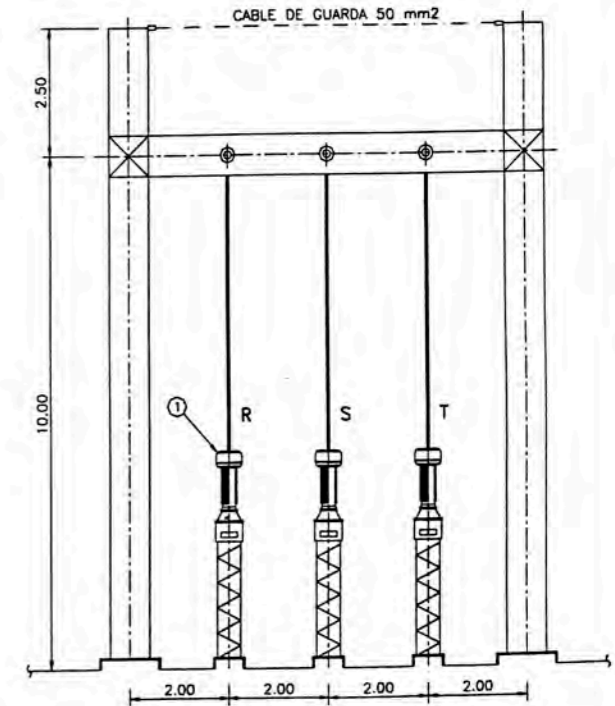


CORTE A - A



LEYENDA EQUIPOS 66 kV		LEYENDA EQUIPOS 22.9 kV	
ITEM	DESCRIPCION	ITEM	DESCRIPCION
①	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO CAPACITIVO	⑦	PARARRAYOS TIPO OXIDO-ZINC
②	SECCIONADOR DE LINEA	⑧	SECCIONADOR DE BARRA
③	INTERRUPTOR DE POTENCIA	⑨	INTERRUPTOR DE POTENCIA
④	PORTICO 66 kV	⑩	SECCIONADOR DE LINEA
⑤	PARARRAYOS TIPO OXIDO-ZINC	⑪	PARARRAYOS
⑥	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 66/22.9 kV	⑫	PORTICO 22.9 kV
		⑬	RECLOSER
		⑭	TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO
		⑮	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO CARTUCHO "CUT OUT"
		⑯	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES
		⑰	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 600/5 A

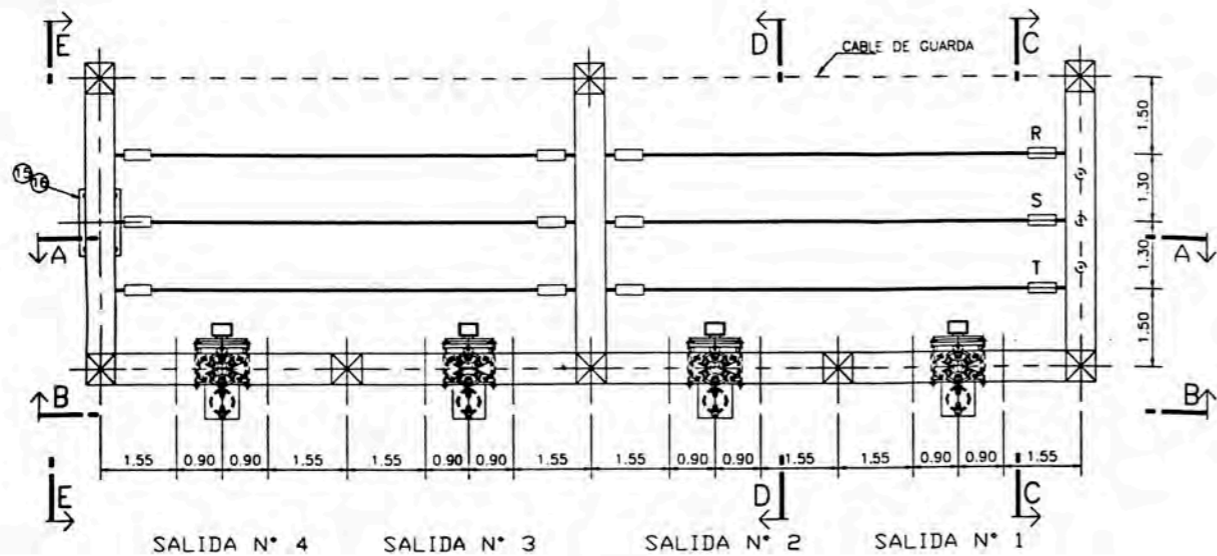
CORTE B - B



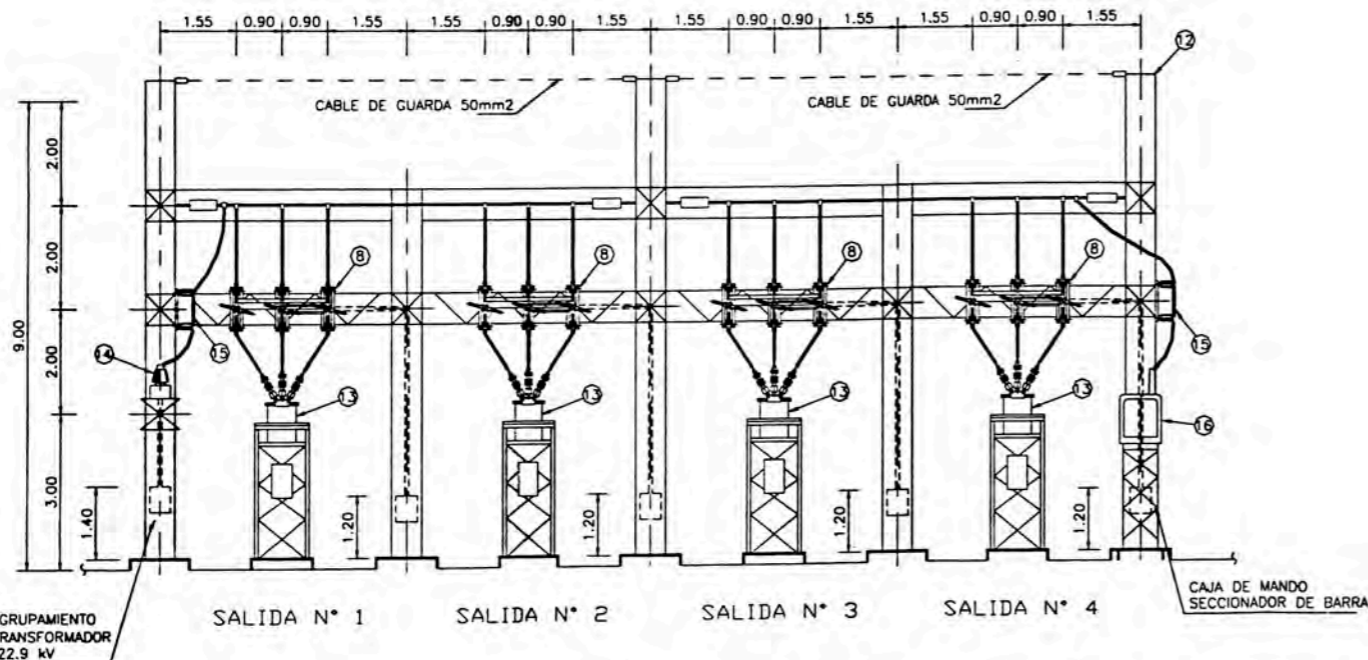
Planos de Referencia :
 * SE-CG-E01 DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL
 * SE-CG-E04 DISPOSICION GENERAL

1	CONFORME A OBRA	-	-	-	-
REV N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
DIS.	J.C.H.T	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA		TITULO: DISPOSICION EQUIPOS PLANTA - CORTES SE-CG-E05 S/E	
DIB.	J.C.H.T				
REV.	G.A.R				
APR.	G.A.R				
FECHA	ENE.2002				

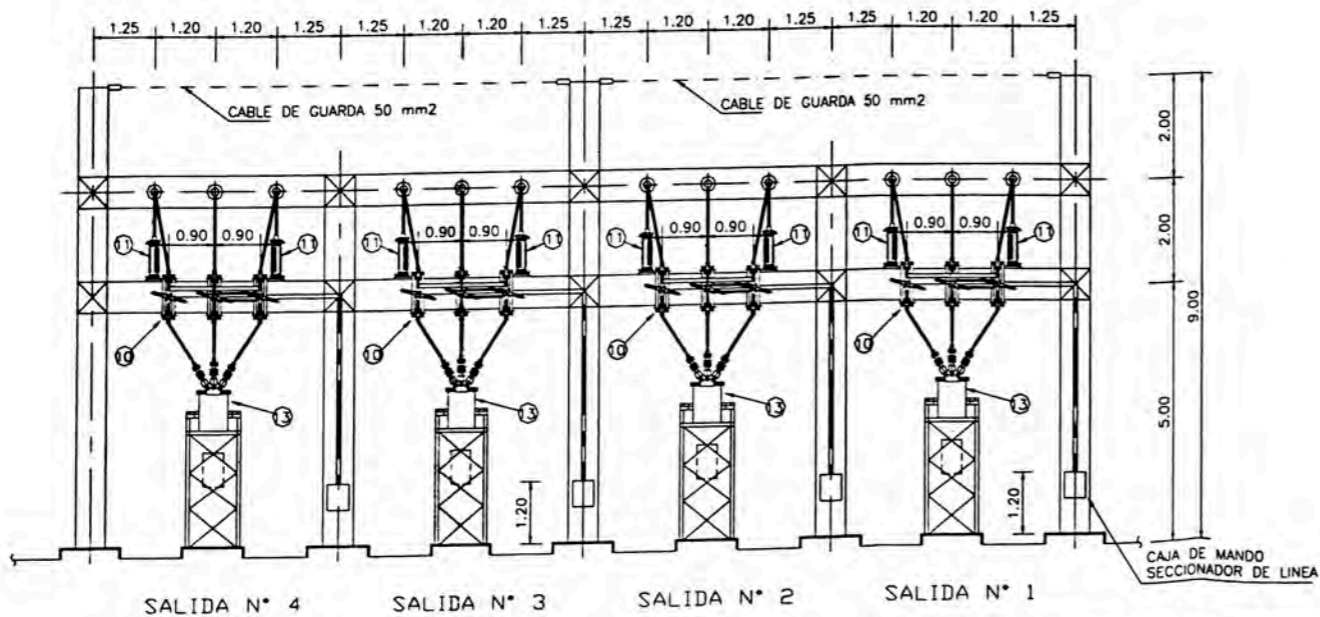
P_LANTA



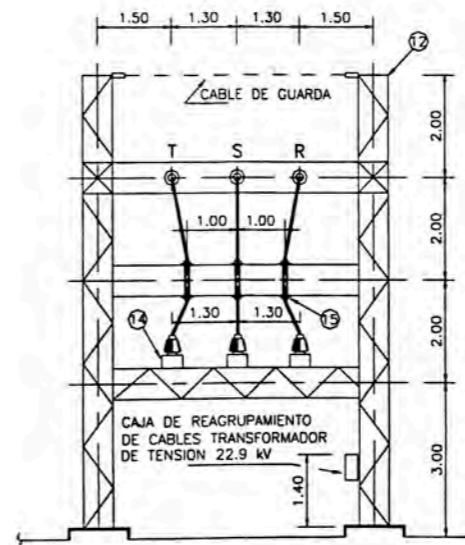
CORTE A - A



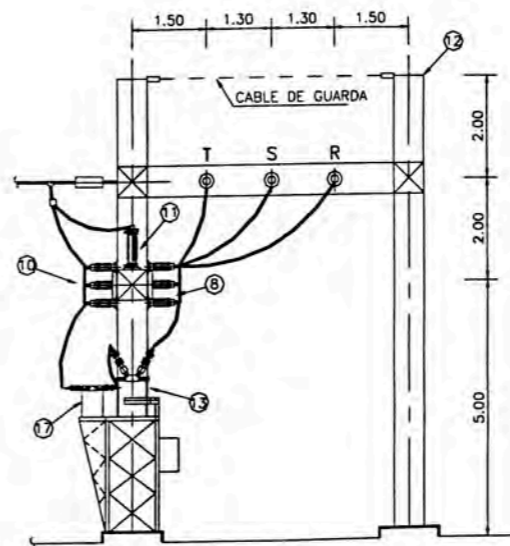
CORTE B - B



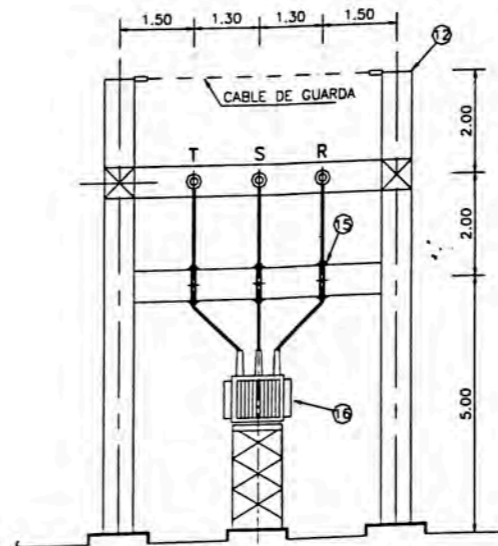
CORTE C - C



CORTE D - D



CORTE E - E



LEYENDA DE EQUIPOS 22.9 kV

ITEM	DESCRIPCION
8	SECCIONADOR DE BARRA CON MECANISMO DE MANDO MANUAL
9	SECCIONADOR DE LINEA CON MECANISMO DE MANDO MANUAL
11	PARARRAYOS TIPO OXIDO - ZINC
12	PORTICO 22.9 kV
13	RECLOSER
14	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO INDUCTIVO
15	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO "CUT OUT"
16	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES
17	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 600 / 5 A

Planos de Referencia :

- * SE-CG-E04 DISPOSICION GENERAL
- * SE-CG-E05 DISPOSICION DE EQUIPOS PLANTA - CORTES

1	CONFORME A OBRA				
REV. N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
DIS.	J.CH.T				
DIB.	J.CH.T				
REV.	G.A.R				
APR.	G.A.R				
FECHA	ENE.2002				



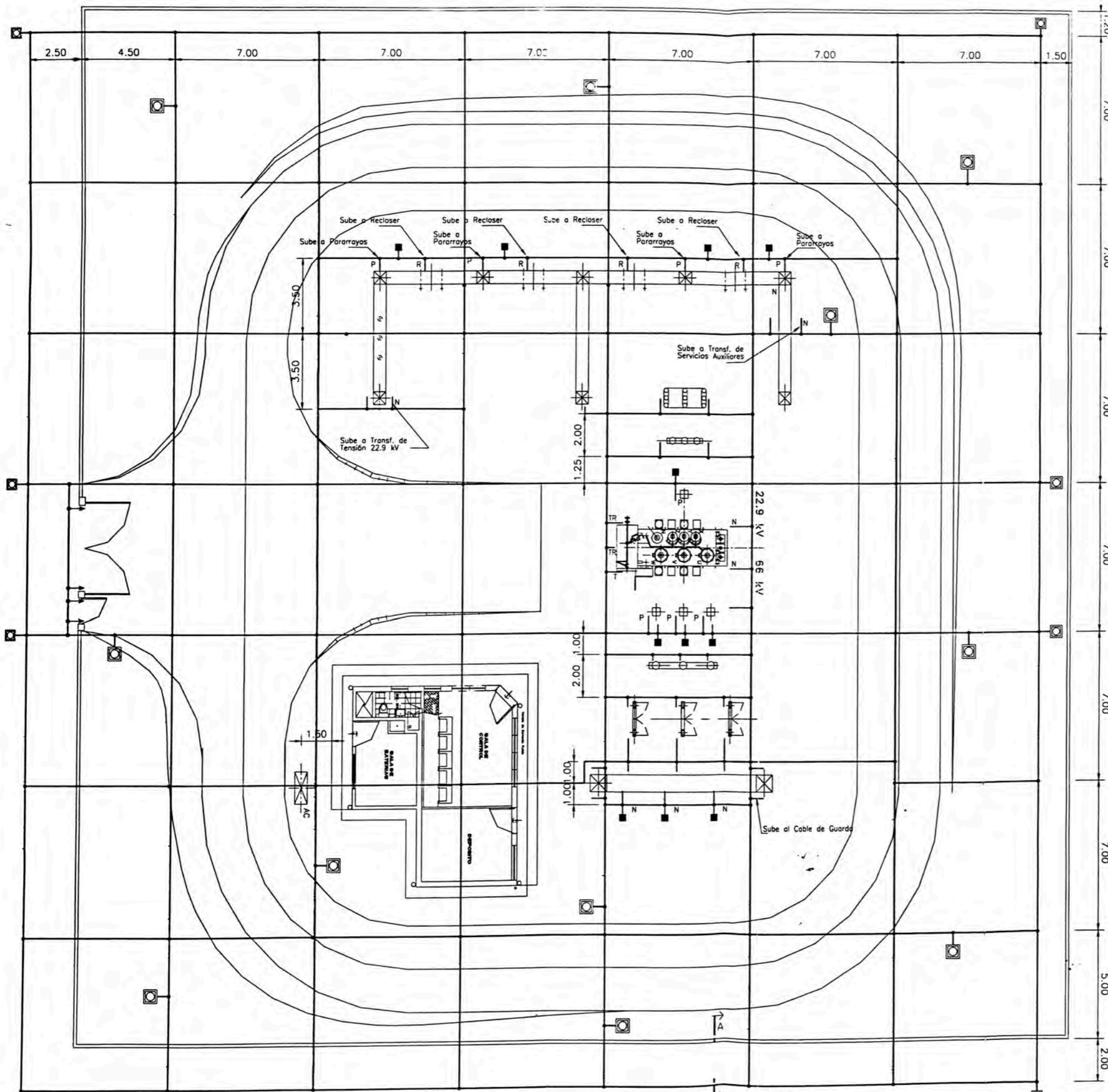
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERIA

TITULO:
DISPOSICION EQUIPOS
22.9 kV
PLANTA - CORTES

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA

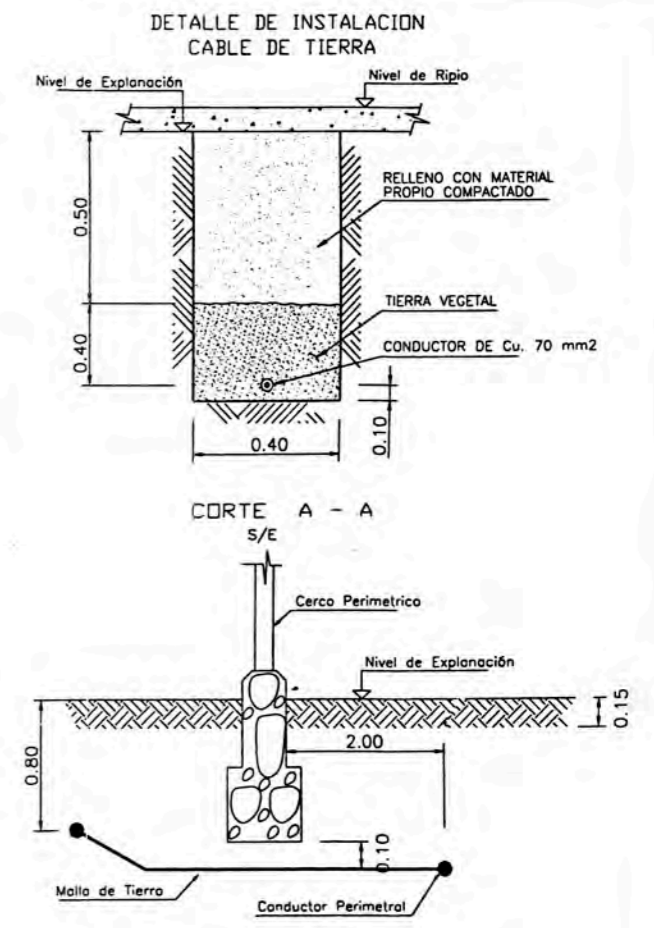
SE-CG-E06

S/E



LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CONDUCTOR DE Cu 70 mm ² A 0.80 m DE PROFUNDIDAD
	ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA (5/8"x2.4m Long.)
	SALIDA DEL CONDUCTOR DE TIERRA A CANALETA
	SALIDA DEL CONDUCTOR DE TIERRA A BASE DE EQUIPOS
	EMPALME EN CRUZ (CON SOLDADURA TIPO CADWELD)
	DERIVACION o EMPALME EN "T" (CON SOLDADURA TIPO CADWELD)
	SALIDA DEL CONDUCTOR DE TIERRA A PUERTAS METALICAS Y CERCO PERIMETRICO
	POZO DE TIERRA

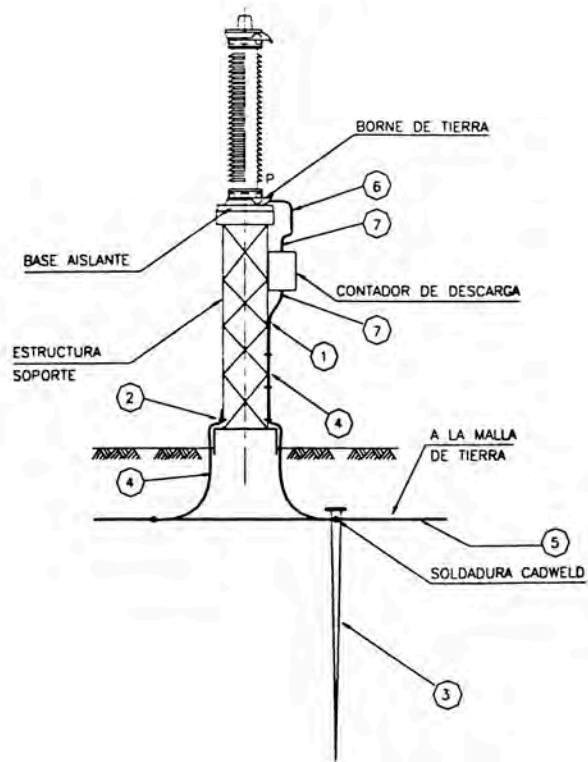


Planos de Referencia :
 * SE-CG-E04 DISPOSICION GENERAL

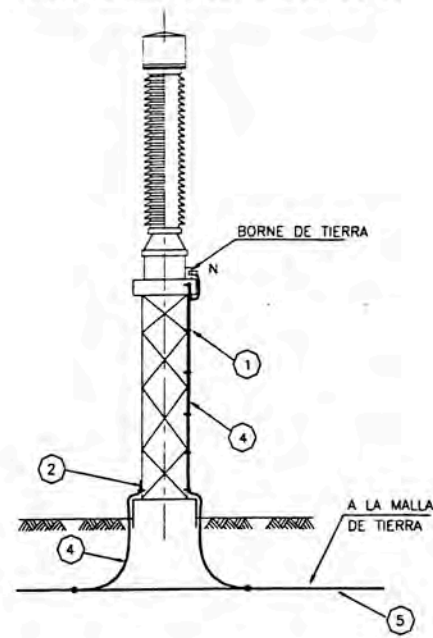
- Notas :**
- P : CONEXION A PARARRAYOS
 - N : CONEXION A NEUTRO DE TRANSFORMADORES DE MEDIDA O NEUTRO DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA
 - R : CONEXION A RECLUSER
 - TR : CONEXION A TIERRA DEL RIEL DEL TRANSFORMADOR
 - T : CONEXION A TIERRA DEL TANQUE DEL TRANSFORMADOR

1	CONFORME A OBRA	-	-	-	-
REV. N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
DIS.	J.CH.T	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		TITULO: RED DE TIERRA PROFUNDA	
DIB.	J.CH.T				
REV.	G.A.R				
APR.	G.A.R				
FECHA	ENE.2002	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA		SE-CG-E07	S/E

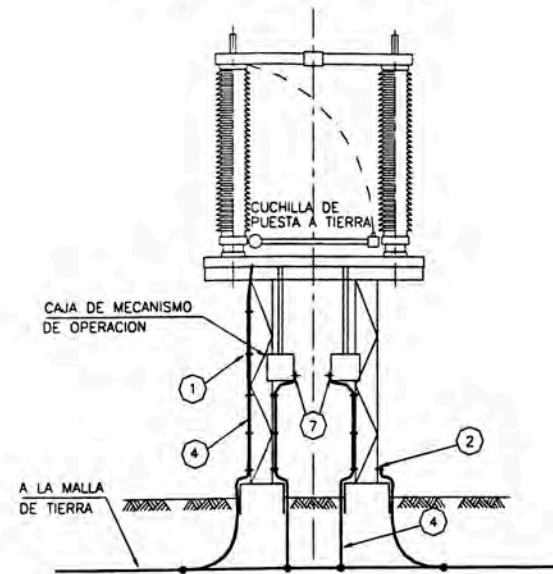
PARARRAYOS 66 kV



TRANSFORMADOR DE TENSION 66 kV



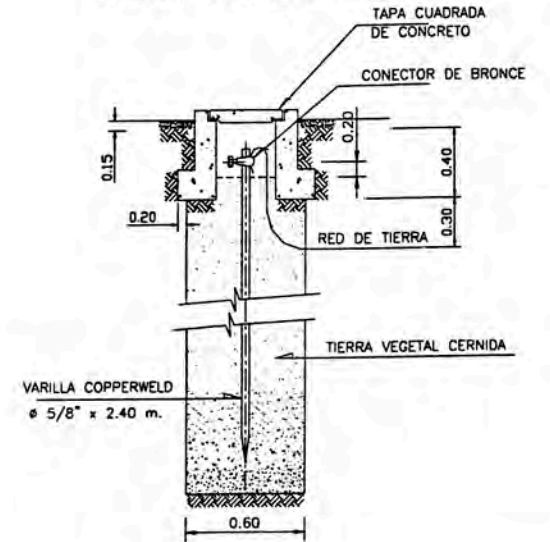
SECCIONADOR DE LINEA 66 kV



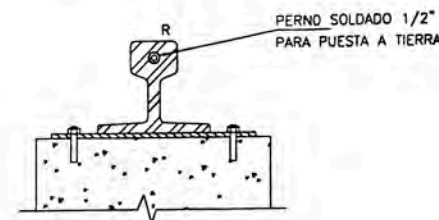
LISTA DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION
1	GRAPA DE FIJACION DEL CONDUCTOR DE Cu
2	CONECTOR DE DOBLE VIA
3	VARILLA COPPERWELD 5/8" ϕ x 6' LONGITUD
4	CONDUCTOR RED DE TIERRA SUPERFICIAL DE Cu DESNUDO DE 70mm2
5	CONDUCTOR RED DE TIERRA PROFUNDA DE Cu DESNUDO DE 70mm2
6	CONDUCTOR DE Cu FORRADO DE 70mm2 - THW
7	TERMINAL DE COBRE ESTANADO

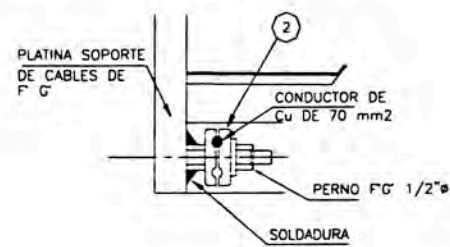
DETALLE DE POZO DE TIERRA



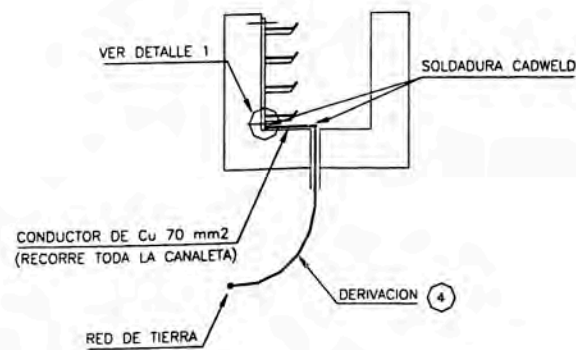
DETALLE RIEL



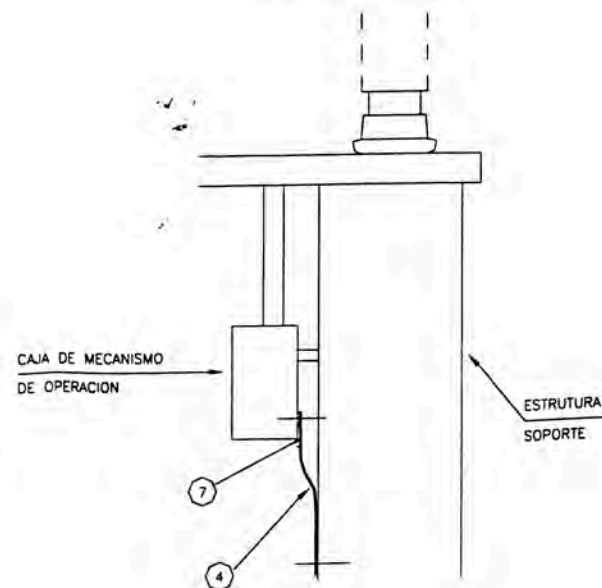
DETALLE 1



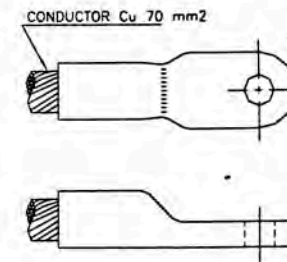
CANALETA TIPICA



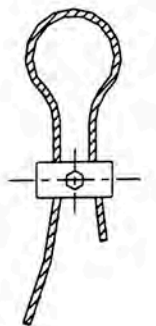
CAJA DE MECANISMO



DETALLE CONECTOR DE COMPRESION



DETALLE CONECTOR CU. DOBLE VIA



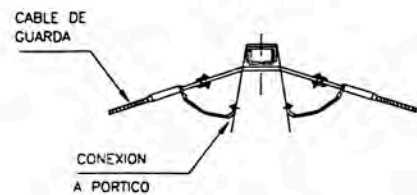
Notas :

- P : CONEXION A PARARRAYOS
- N : CONEXION A PUNTO NEUTRO
- R : CONEXION A RIEL

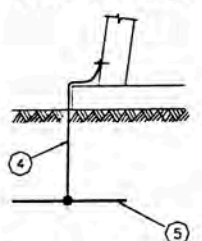
Planos de Referencia :

- * SE-CG-E07 RED DE TIERRA PROFUNDA

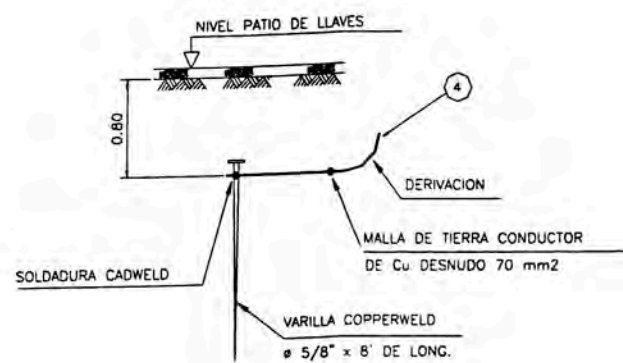
PORTICOS



PATA PORTICO



ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

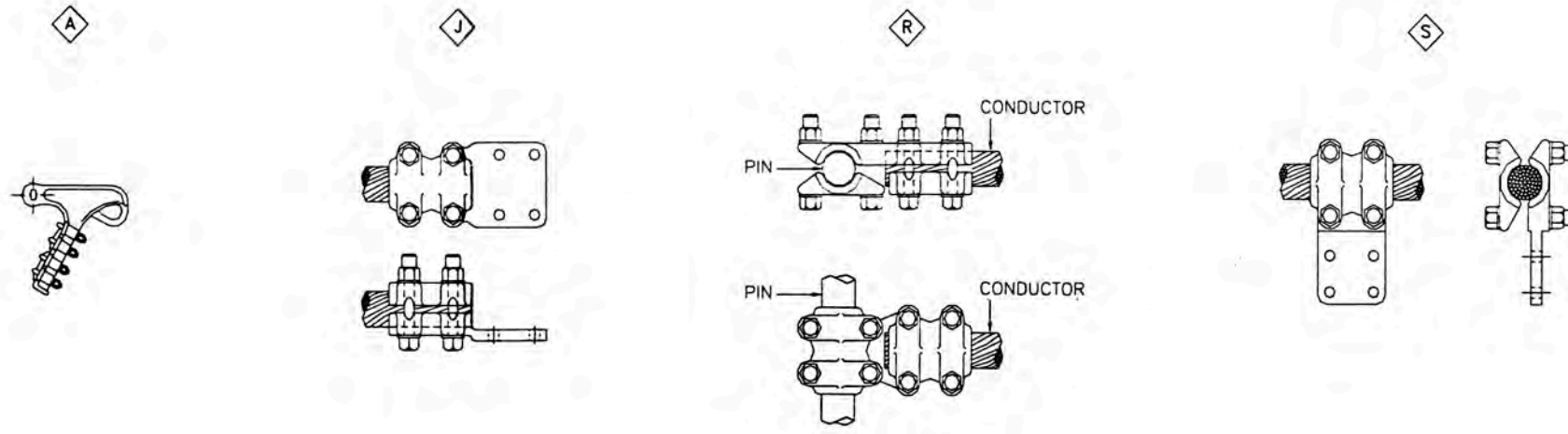


LEYENDA EQUIPOS 66 kV

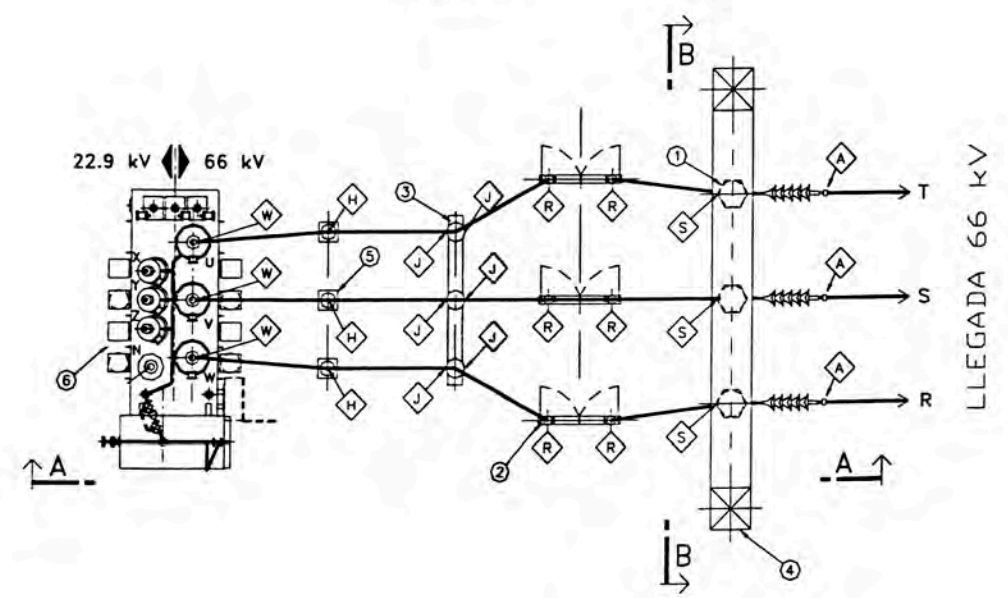
ITEM	DESCRIPCION
①	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO CAPACITIVO
②	SECCIONADOR DE LINEA
③	INTERRUPTOR DE POTENCIA
④	PORTICO 66 kV
⑤	PARARRAYOS TIPO OXIDO-ZINC
⑥	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 66/22.9 kV

LEYENDA DE CONECTORES DE EQUIPOS 66 kV

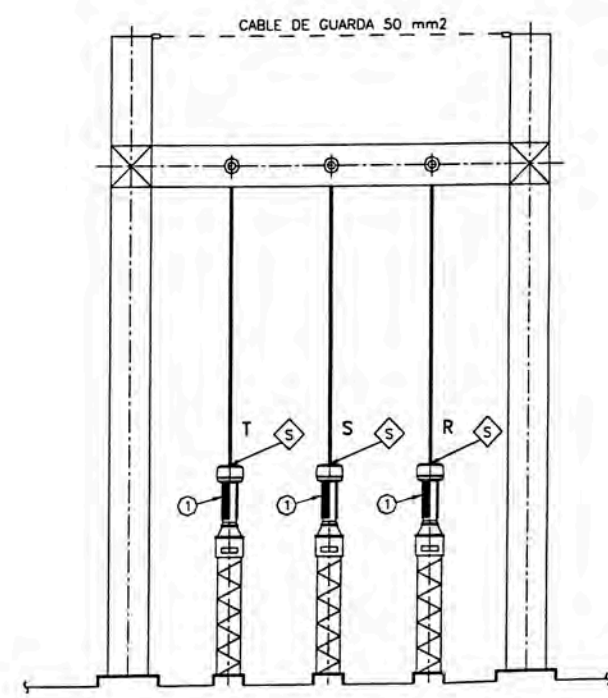
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	PROCEDENCIA	CANT.
Ⓐ	GRAMPA DE ANCLAJE	ENERGYS	ARGENTINA	3
Ⓗ	SUMINISTRADO CON EL PARARRAYOS	COOPER	USA	3
Ⓓ	CONECTOR TIPO "T" TUBO - CONDUCTOR (CONDUCTOR 120 mm ² - AAAC)	ENERGYS	ARGENTINA	6
Ⓙ	CONECTOR TIPO PLACA - CONDUCTOR (CONDUCTOR 120 mm ² - AAAC)	ENERGYS	ARGENTINA	6
Ⓢ	CONECTOR TIPO "T" CONDUCTOR - PLACA (CONDUCTOR 120 mm ² - AAAC)	ENERGYS	ARGENTINA	3
Ⓦ	INCLUIDO CON EL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	-	-	3



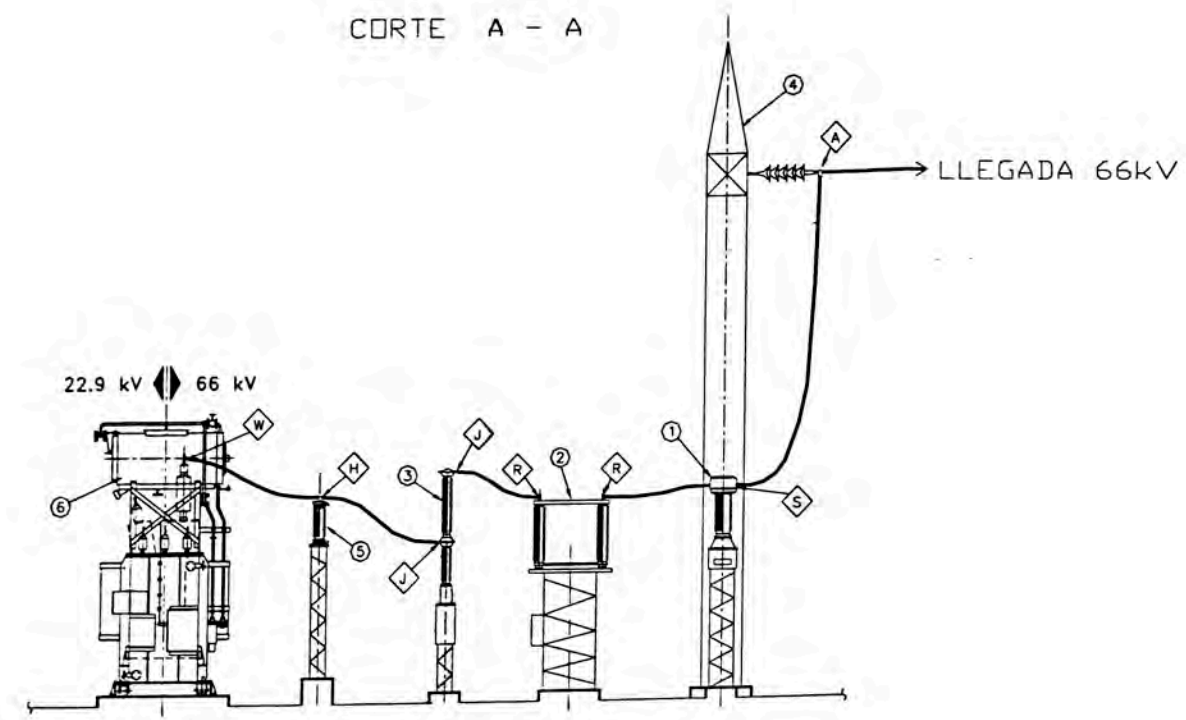
PLANTA



CORTE B - B



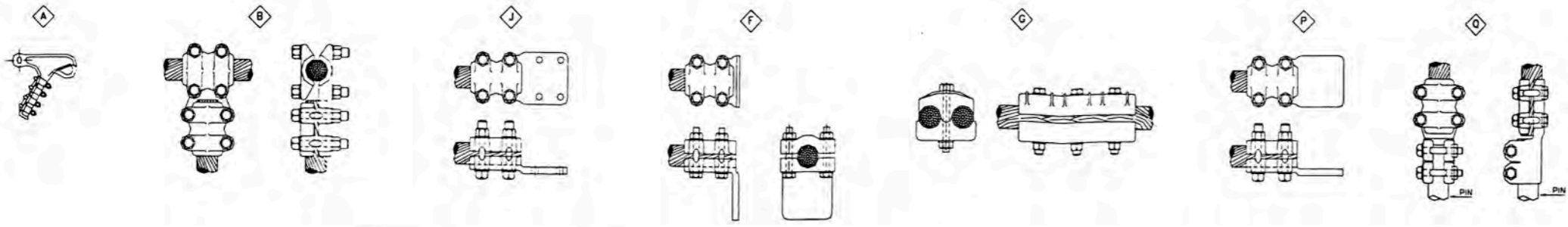
CORTE A - A



Plano de Referencia :
 * SE-CG-E05 DISPOSICION DE EQUIPOS PLANTA - CORTES

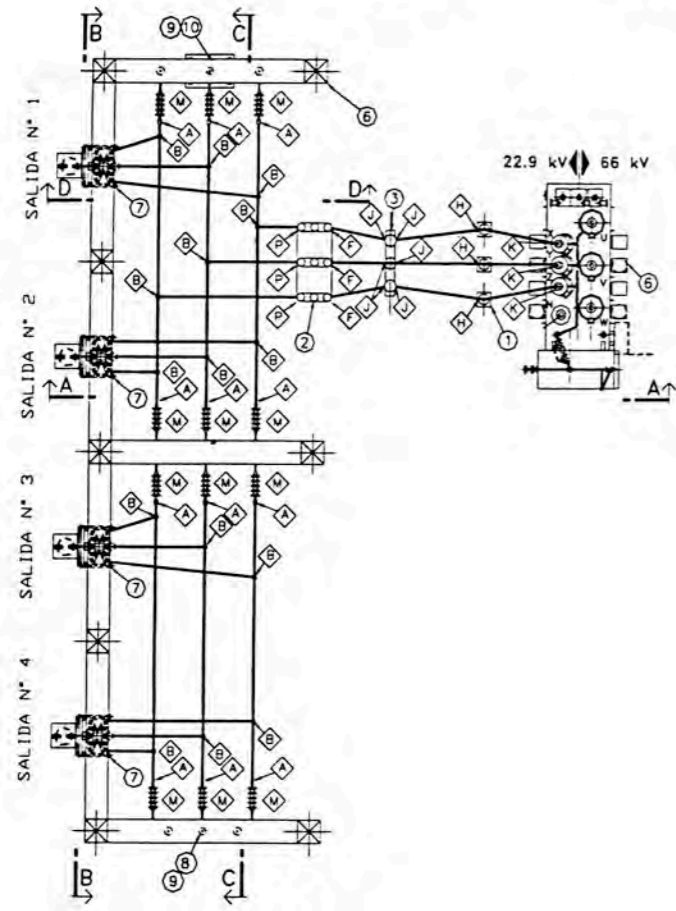
REV. N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
1	CONFORME A OBRA	-	-	-	-

DIS.	J.C.H.T	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	TITULO: DETALLE DE CONECTORES PATIO DE 66 kV
DIB.	J.C.H.T		
REV.	G.A.R		
APR.	G.A.R		

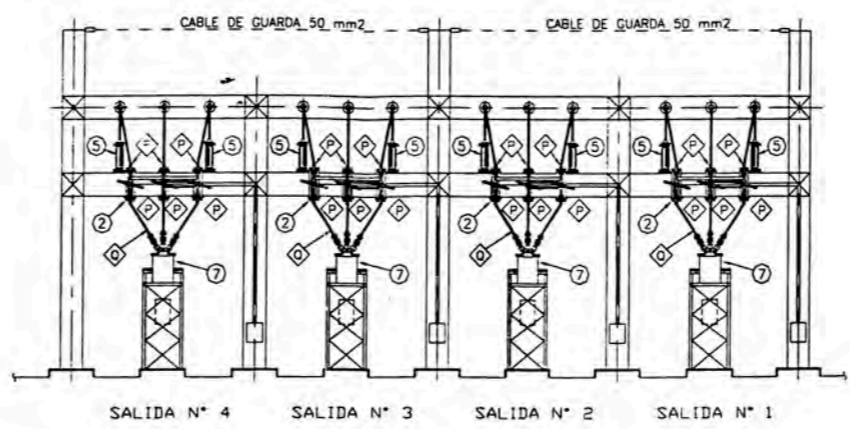


LEYENDA EQUIPOS 22.9 kV	
ITEM	DESCRIPCION
①	PARARRAYOS TIPO OXIDO-ZINC
②	SECCIONADOR DE BARRA
③	INTERRUPTOR DE POTENCIA
④	SECCIONADOR DE LINEA
⑤	PARARRAYOS
⑥	PORTICO 22.9 kV
⑦	RECLOSER
⑧	TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO
⑨	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO "CUT OUT"
⑩	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES
⑪	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 600/5 A

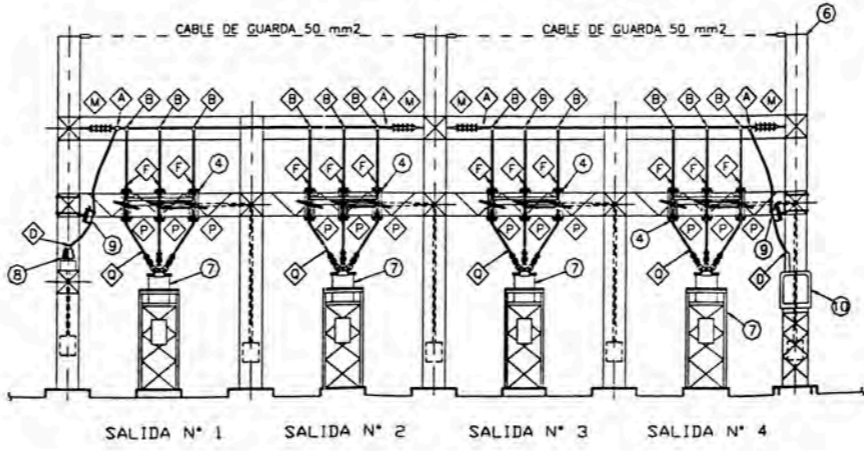
PLANTA



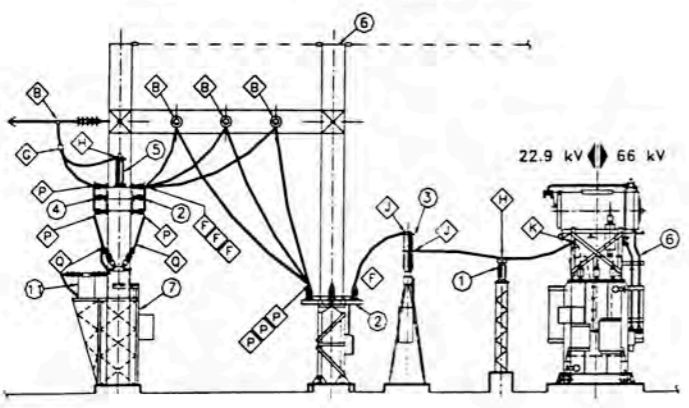
CORTE B - B



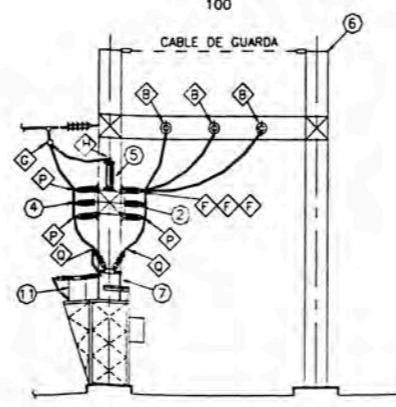
CORTE C - C



CORTE A - A



CORTE D - D



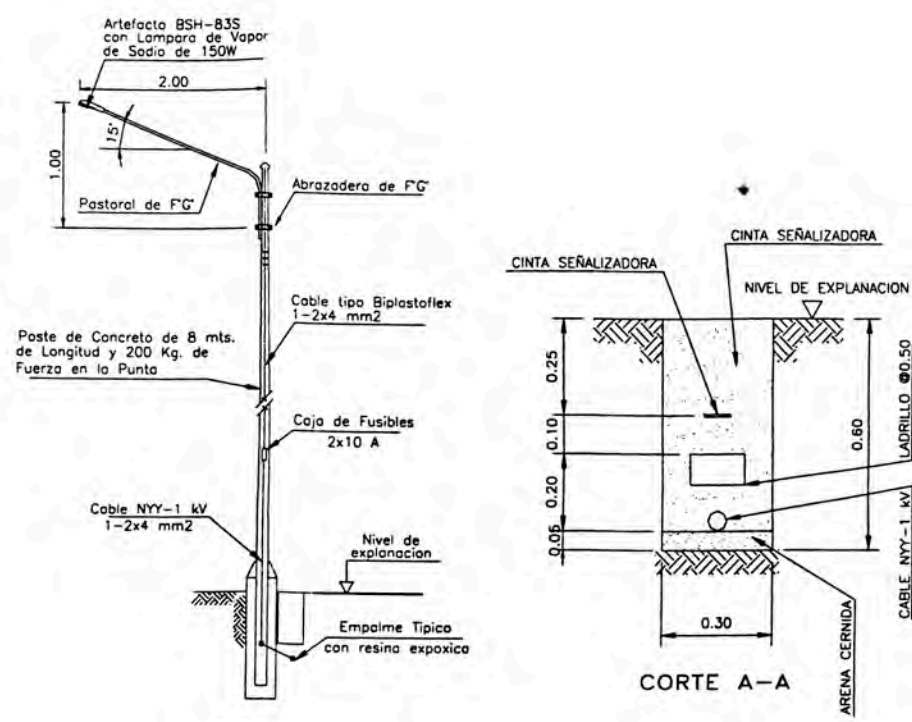
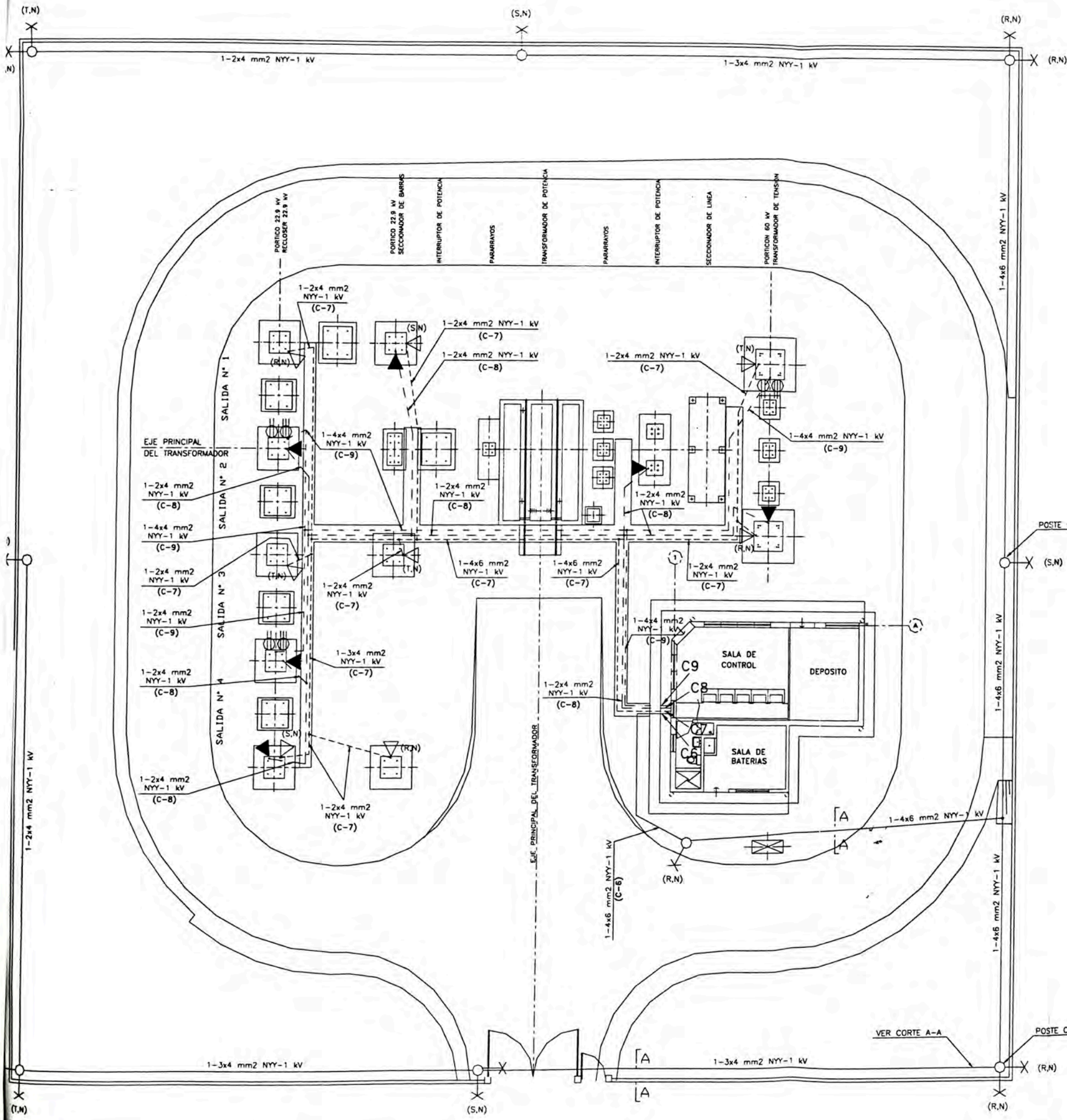
LEYENDA DE CONECTORES DE EQUIPOS 22.9 kV				
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	PROCED.	CANT.
Ⓐ	GRAMPA DE ANCLAJE	ENERGYS	ARGENTINA	12
Ⓑ	CONECTOR TIPO "T" CONDUCTOR - CONDUCTOR	ENERGYS	ARGENTINA	27
Ⓒ	CONECTOR TIPO PLACA - CONDUCTOR CON PLACA A 90°	ENERGYS	ARGENTINA	15
Ⓓ	CONECTOR DE VIAS PARALELAS	ENERGYS	ARGENTINA	12
Ⓗ	SUMINISTRADO CON EL PARARRAYOS	COOPER	USA	15
Ⓙ	CONECTOR TIPO PLACA - CONDUCTOR	ENERGYS	ARGENTINA	6
Ⓚ	INCLUIDO CON EL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	-	-	3
Ⓛ	CADENAS DE AISLADORES	SANTANA	BRASIL	12
Ⓞ	CONECTOR CONDUCTOR - PIN (ROSCADO) INCLUIDO EN EL SUMINISTRO DEL RECLOSER	-	-	24
Ⓟ	CONECTOR TIPO PLACA - CONDUCTOR	ENERGYS	ARGENTINA	39

Plano de Referencia :
 ■ SE-CG-E05 DISPOSICION GENERAL PLANTA-CORTE

REV. N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
1	CONFORME A OBRA	-	-	-	-

DIS.	J.CH.T		TITULO: DETALLE DE CONECTORES PATIO DE 22.9 kV
DIB.	J.CH.T		
REV.	G.A.R		
APR.	G.A.R		
FECHA	ENE.2002		

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA		SE-CG-E10	S/E
--	--	-----------	-----



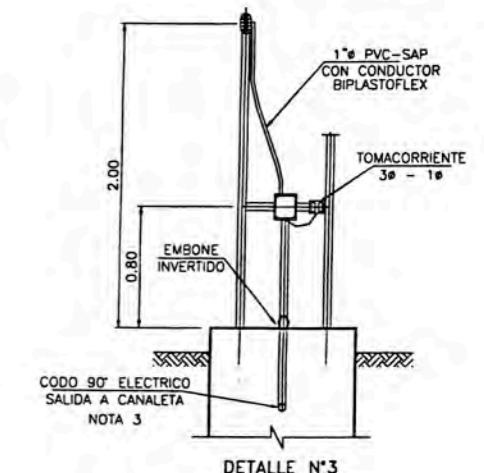
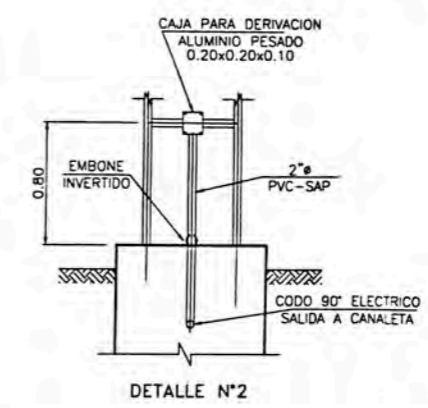
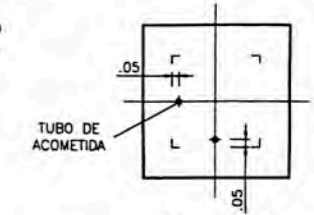
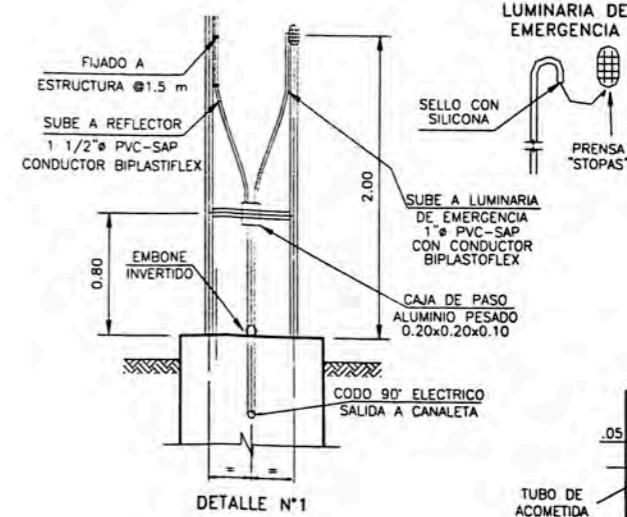
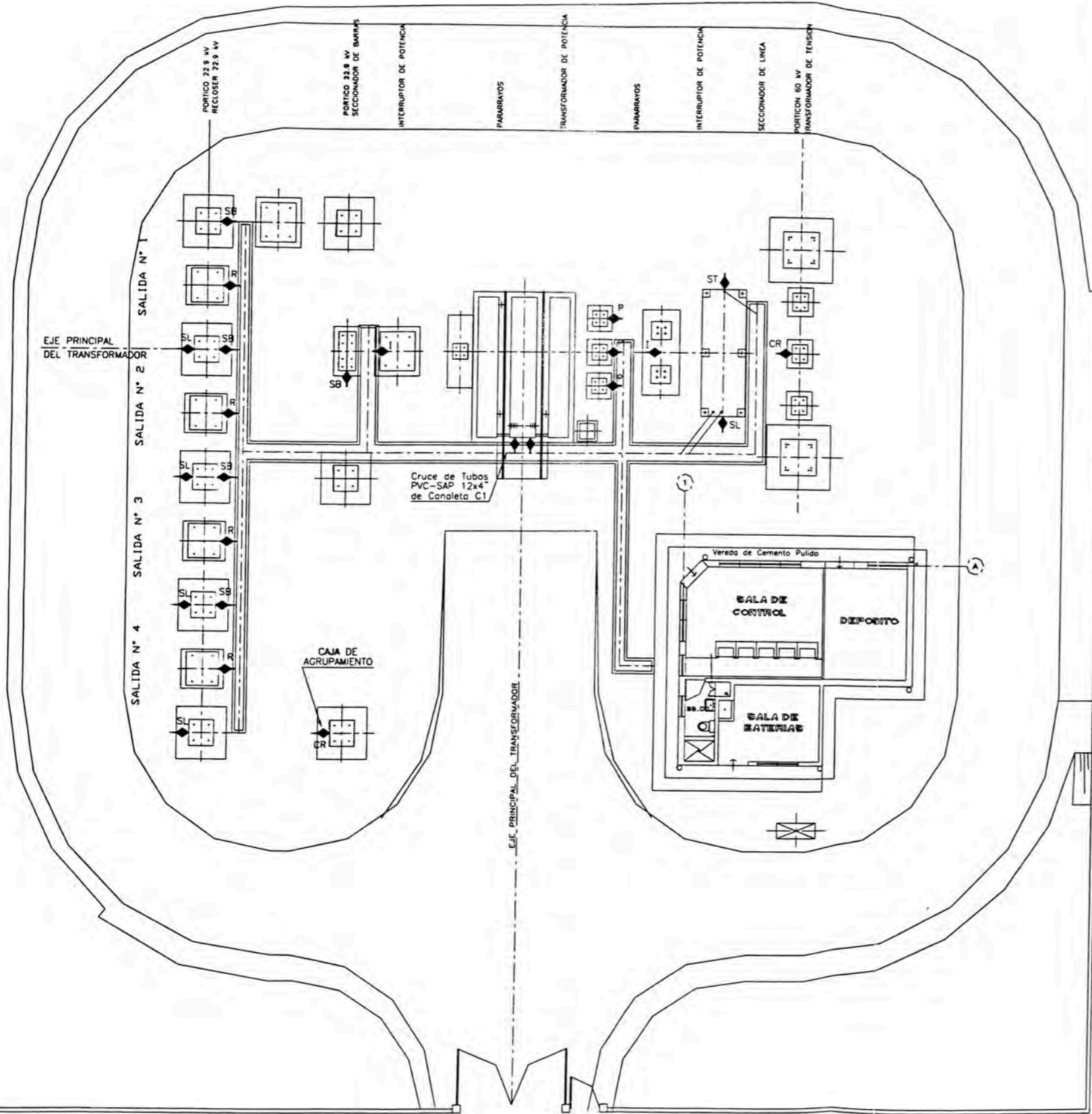
DETALLE DEL POSTE DE ALUMBRADO

LEYENDA

SIM.	DESCRIPCION	CANT.
○	POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO DE 8.0 m. DE ALTURA DE 200 kg. DE FUERZA DE TRABAJO	7
○	POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO DE 8.0 m. DE ALTURA DE 200 kg. DE FUERZA DE TRABAJO	2
⊗	PASTORAL DE FeC' DE 2" CON DOS ABRAZADERAS Y LUMINARIA EQUIPADA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION 150 W-220 Vac Y EQUIPO DE ENCENDIDO INCORPORADO, MODELO ECOMT-PHILIPS	14
▲	EQUIPO DE ILUMINACION DE EMERGENCIA EQUIPADO CON LAMPARA DE 100 W. MODELO AL FH-110 DE JOSFEL	6
⊙	REFLECTOR DE HAZ ANCHO, MODELO HL432 DE PHILIPS EQUIPADO CON UNA LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 400 W-220 Vca, CON UN EQUIPO DE ENCENDIDO	8
⊕	TOMACORRIENTE MONOFASICO CON TAPA PARA INSTALACION A TEMPERIE DE 32A, A PRUEBA DE AGUA	3
⊕	TOMACORRIENTE TRIFASICO CON NEUTRO, CON TAPA PARA INSTALACION A TEMPERIE DE 60A, A PRUEBA DE AGUA	3

- C-6 : CIRCUITO DE ILUMINACION PERIMETRAL
- C-7 : CIRCUITO DE ILUMINACION CON REFLECTORES
- C-8 : CIRCUITO DE ILUMINACION DE EMERGENCIA
- C-9 : CIRCUITO DE TOMACORRIENTES

1	CONFORME A DBRA	-	-	-	-
REV. N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
DIS.	J.CH.T		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	TITULO:	
DIB.	J.CH.T			SISTEMA DE ILUMINACION	
REV.	G.A.R			X TOMACORRIENTES EXTERIORES	
APR.	G.A.R			FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
FECHA	ENE.2002			ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA	
		SE-CG-E11	S/E		

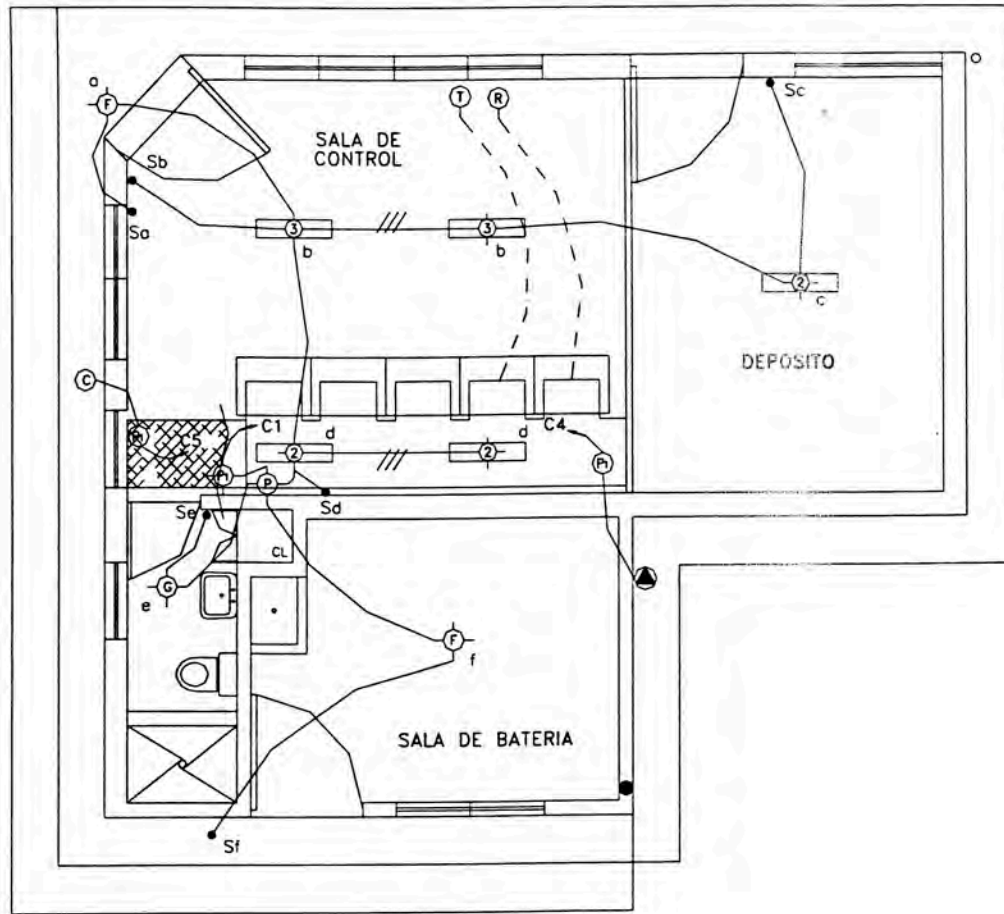


- NOTA :
- ◆ DIRECCION O SENTIDO DE APERTURA DE LA PUERTA DE CAJA DE MANDO, LECTURA DE EQUIPO O MANDO MANUAL
 - ◆ I MANDO INTERRUPTOR DE POTENCIA
 - ◆ ST MANDO CUCHILLA DE TIERRA
 - ◆ R MANDO DE RECLOSER
 - ◆ SB MANDO DE SECCIONADOR DE BARRA
 - ◆ SL MANDO DE SECCIONADOR DE LINEA
 - ◆ CR CAJA DE AGRUPAMIENTO DE CABLES
 - ◆ P CONTADOR DE DESCARGA DEL PARARRAYO

CONFORME A OBRA					
REV. N°1	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
DIS.	J.CH.T				
DIB.	J.CH.T				
REV.	G.A.R				
APR.	G.A.R				
FEC-A	ENE.2002				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	TITULO:
	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA	UBICACION DE CAJAS DE CONTROL
	SE-CG-E12	S/E

SISTEMA DE ILUMINACION NORMAL

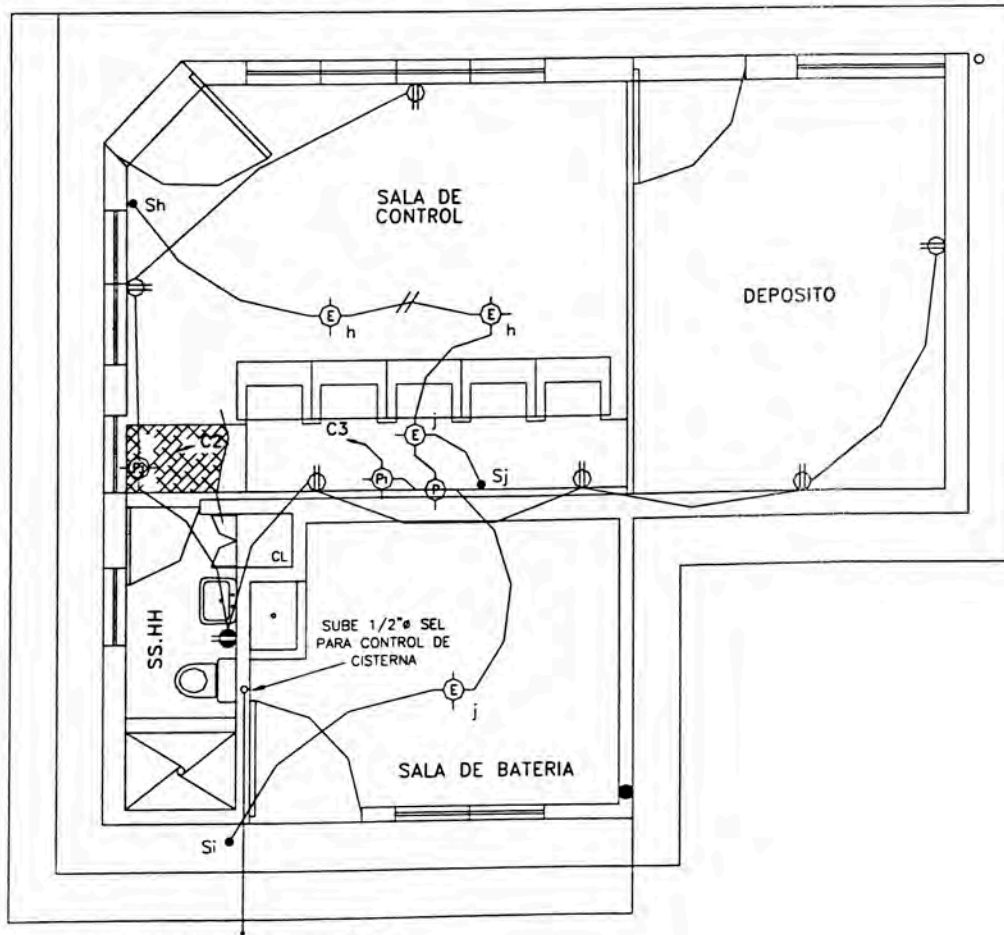


LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION	INSTALACION	CANTIDAD	TIPO CAJA
	ARTEFACTO TIPO FANAL, EQUIPADO CON LAMPARA INCANDESCENTE DE 100 W, MODELO FR-110 DE JOSFEL	FIJADO EN PARED A 2.80 m.s.n.p.t	2	CAJA OCTOGONAL 100 mm
	ARTEFACTO PARA ILUMINACION NORMAL CON DIFUSOR DE VIDRIO TIPO GLOBO EQUIPADO CON LAMPARA INCANDESCENTE DE 50 W JOSFEL, MODELO GVS.	FIJADO EN EL TECHO	1	CAJA OCTOGONAL 100 mm
	ARTEFACTO PARA ILUMINACION DE EMERGENCIA, DE TIPO MARINO, PARA INSTALACION VERTICAL, EQUIPADO CON LAMPARA DE 100 W MODELO FV-110 DE JOSFEL	FIJADO EN EL TECHO	4	CAJA OCTOGONAL 100 mm
	ARTEFACTO PARA ILUMINACION NORMAL EQUIPADO CON DOS LAMPARAS FLUORESCENTE DE 20 W Y EQUIPO DE ENCENDIDO, MODELO: S y L PROOF, SYLVANA	FIJADO EN EL TECHO	3	CAJA OCTOGONAL 100 mm
	ARTEFACTO PARA ILUMINACION NORMAL EQUIPADO CON DOS LAMPARAS FLUORESCENTE DE 40 W C/U Y EQUIPO DE ENCENDIDO, MODELO S y L PROOF, SYLVANA	FIJADO EN EL TECHO	2	CAJA OCTOGONAL 100 mm
	SALIDA ESPECIAL PARA CELULA FOTOELECTRICA, SIMILAR A SALIDA Y SALIDA DE TELEFONO	FIJADO EN PARED A 2.50 m.s.n.p.t	1	CAJA RECTANGULAR 100x50 mm
	SALIDA PARA CABLE COAXIAL DE RADIO VHF	INSTALADO EN PARED A 0.40 m.s.n.p.t	1	CAJA RECTANGULAR 100x50 mm
	SALIDA PARA CABLE DE TELEFONO	INSTALADO EN PARED A 0.40 m.s.n.p.t	2	CAJA RECTANGULAR 100x50 mm
	SALIDA PARA CONTROL DEL EXTRACTOR DE AIRE.	INSTALADO EN PARED A 2.00 m.s.n.p.t	1	CAJA CUADRADA 100x100 mm
	CAJA DE PASE OCTOGONAL INSTALADO EN PARED DE CANALETA PARA CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES O ILUMINACION	INSTALADO EN CANALETA A 0.30 m.s.n.p.t	4	CAJA OCTOGONAL 100 mm
	CAJA DE PASE OCTOGONAL INSTALADO EN PARED EMPLEADO COMO DISTRIBUIDOR DE CABLES DE ILUMINACION NORMAL O EMERGENCIA	INSTALADO EN PARED A 2.20 m.s.n.p.t	2	CAJA OCTOGONAL 100 mm
	CIRCUITO EMBUTIDO EN TECHO O PARED, DE PVC-SEL #1/2" QUE TIENE DOS CABLES DE 4mm2 TIPO TW PARA CIRCUITOS DE ILUMINACION NORMAL, ILUMINACION DE EMERGENCIA, TOMACORRIENTES, ETC	-	-	-
	CIRCUITO EMBUTIDO EN PISO PVC-SEL #1/2" QUE TIENE DOS CABLES DE 4mm2 TIPO TW PARA CIRCUITOS DE ILUMINACION, TOMACORRIENTES, ETC	-	-	-
	CIRCUITO EMBUTIDO EN PISO PVC-SEL #3/4" PARA CIRCUITO DE RADIO O TELEFONO	-	-	-
	INTERRUPTOR UNIPOLAR	FIJADO EN PARED A 1.20 m.s.n.p.t	10	-
	TOMACORRIENTE TICINO UNIVERSAL DOBLE DE 20 AMPERIOS	INSTALADO EN PARED A 0.40 m.s.n.p.t	6	CAJA RECTANGULAR 100x50 mm
	TOMACORRIENTE TICINO UNIVERSAL DOBLE DE 20 AMPERIOS	INSTALADO EN PARED A 1.20 m.s.n.p.t	1	CAJA RECTANGULAR 100x50 mm

- C-1 : CIRCUITO DE ILUMINACION NORMAL (INTERIOR SALA DE CONTROL)
- C-2 : CIRCUITO DE TOMACORRIENTES (INTERIOR SALA DE CONTROL)
- C-3 : CIRCUITO DE ILUMINACION DE EMERGENCIA (INTERIOR SALA DE CONTROL)
- C-4 : CIRCUITO DE FUERZA EXTRACTOR DE AIRE (SALA DE BATERIA)
- C-5 : CIRCUITO DE CONTROL DE CELULA FOTOELECTRICA

SISTEMA DE TOMACORRIENTES ILUMINACION DE EMERGENCIA



A TANQUE CISTERNA EN TUBERIA 2" SAP

REV. N°	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	APR.	FECHA
1	CONFORME A DBRA	-	-	-	-

DIS.	J.C.H.T	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESPECIALIDAD MECANICA ELECTRICA	TITULO: SISTEMA DE ALUMBRADO Y TOMACORRIENTES SALA DE CONTROL	
DIB.	J.C.H.T			
REV.	G.A.R			
APR.	G.A.R			
FECHA	ENE.2002			

SE-CG-E13	S/E
-----------	-----