

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**PROYECTO DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22,9 kV DEL  
CENTRO EMPRESARIAL CAMINO REAL – SAN ISIDRO**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**CARLOS ALFONSO DAMIANI DE LA FUENTE**

**PROMOCIÓN  
1980 – I  
LIMA – PERÚ  
2006**

**PROYECTO DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22,9 KV DEL CENTRO  
EMPRESARIAL CAMINO REAL – SAN ISIDRO**

***Dedico este trabajo a:***

***Mis padres, Odilia, que llenó mi vida de amor y partió hace unos años, dejando un gran vacío en mí. Carlos cuyo ejemplo de honradez y rectitud guían mi vida***

***Mi dulce esposa Ida por su amor, paciencia y comprensión a toda prueba.***

***Mis hijos cuyo entusiasmo por superarse es un ejemplo y un estímulo para mí.  
Mis amigos Carlos Muñoz, Fernando Lázaro, Jorge Gamboa y Luis Vassallo cuya ayuda y aliento desinteresados han sido vitales para la culminación del presente trabajo.***

## **SUMARIO**

El nuevo Centro Empresarial Camino Real, en construcción por la empresa Graña y Montero Edificaciones, ubicado en el distrito de San Isidro, provincia y departamento de Lima solicitó se le suministre energía eléctrica para una demanda máxima 890 kW, en una primera etapa. Pese a su cercanía (350 metros desde el centro de carga) con la SET San Isidro, resultaba imposible suministrar la carga solicitada en la tensión de servicio de 10 KV.

Sin embargo, debido a que la SET San Isidro carecía de celdas de entrega disponibles y estando con problemas de sobrecarga en varios alimentadores y en sus transformadores, LUZ DEL SUR decide implementar el nuevo nivel de tensión de 22,9 kV que le permitirá instalar alimentadores con mayor capacidad de carga.

Debido a la carga prevista por el Centro Empresarial Camino Real, se le fijó punto de entrega en este nuevo nivel de tensión desde la SET San Isidro. Esto constituía el primer circuito en 22,9 kV en el área de concesión de LUZ DEL SUR, y a la vez el primer Sistema de Utilización a tensión de Distribución Primaria con este nivel de tensión.

El desarrollo de este proyecto en un nuevo nivel de tensión se ha tomado como referencia de la elaboración de proyectos eléctricos dentro del ámbito de la norma de procedimientos DGE 004B-P-1/1984 ELABORACION Y CONFORMIDAD DE PROYECTOS DE SISTEMAS A TENSIONES DE DISTRIBUCION PRIMARIA A CARGO DE TERCEROS, analizando dicha norma y sugiriendo mejoras y controles en el proceso.

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	pág. 1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	
1.1. Generalidades	4
1.1.1. Ubicación	4
1.1.2. Antecedentes	4
1.2. Alcances del proyecto	4
1.3. Descripción del proyecto	5
1.3.1 Demanda máxima de Potencia	5
1.3.2 Red Primaria	5
1.3.3 Subestaciones	6
1.4. Bases de cálculo	6
1.5 Aplicación de Códigos y Reglamentos	7
1.6. Planos del proyecto	8
<b>CAPITULO II</b>	
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MATERIALES</b>	
2.1. Red Primaria en 22,9 kV	9
2.1.1. Cable subterráneo de energía en 22,9 kv	9
2.1.2. Cinta señalizadora	9
2.1.3. Terminal interior para cable 24 kV	10
2.1.4. Zanjas	10
2.1.5. Tubo PVC	10
2.1.6 Ductos	10
2.2. Subestaciones 22,9 kV	11
2.2.1 Celdas de llegada en 22,9 kV	11
2.2.2. Celda de salida Subestación Matriz	11
a) Interruptor tripular en SF6 – 24 kV	12
b) Relé Primario de Máxima Corriente Tipo Interior	12
2.2.3 Celda de salida Subestación T-5	13
a) Seccionador de Potencia Tripular 24 kV	14

## VII

b)	Fusible Limitador de Corriente para Interior 22,9 kV	15
2.2.4	Celdas de Transformación en 22,9 kV/0,23 kV	16
a)	Transformadores de Potencia 22,9 / 0,23 kV	16
b)	Fusible seccionador limitador de corriente 22,9 kV:	18
c)	Seccionador Unipolar interior 22,9 kV	19
2.3	Elementos Complementarios	19
2.3.1	Barras rectangulares	19
2.3.2.	Aislador portabarra	19
2.4	Puesta a tierra de la subestación	20
2.5	Equipos de seguridad y maniobra	20
2.6	Equipos Auxiliares	21
2.6.1	Transformadores de Tensión	21
2.6..2	Transformadores de Corriente	22

### **CAPITULO III**

#### **ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MONTAJE**

3.1.	Generalidades	23
3.2.	Alcances de los Trabajos	23
3.3.	Instalación de red Subterránea	24
3.3.1	Zanjas para Cable Subterráneo 22,9 kV	24
3.3.2.	Ductos	24
3.3.3	Instalación de Cable Subterráneo M.T.	25
3.4	Montaje de Subestaciones	26
3.4.1	Montaje de Celdas	26
3.4.2	Montaje de aisladores	26
3.4.3	Montaje del Transformador	27
3.4.4	Instalación de equipos de Protección	27
3.4.5	Montaje de tablero de Distribución	27
3.5	Sistema de Tierra	27
3.5.1	Pozos de Puesta a Tierra	27
3.5.2.	Puestas a Tierra de equipos	27
3.6	Pruebas	28

### **CAPITULO IV**

#### **CALCULOS JUSTIFICATIVOS**

4.1.	Generalidades	29
4.2.	Bases de cálculo	29

## VIII

4.3.	Dimensionamiento del cable N2XSY-22,9 kV	30
4.3.1	Cálculo de la corriente de carga	30
a)	Factores de Corrección	30
b)	Corriente de Diseño	30
4.3.2	Caída de tensión	31
a).	SET San Isidro – SE Matriz	31
b)	SE Matriz – SE T5	31
c)	SE T5 – SE T11	31
4.3.3.	Cálculo por Corriente de Corto Circuito	31
4.4	Sistema de Barras	32
4.4.1	Distancias mínimas de seguridad	32
4.4.2	Cálculo de Esfuerzos Electrodinámicos	32
4.4.3	Cálculo de Esfuerzos Térmicos	35
4.4.4.	Cálculo por Resonancia	36
4.5.	Dimensionamiento del Aislador Portabarras	38
4.6.	Dimensionado de Terminales para Cables de 24 kV uso Interior	38
4.7	Cálculo de Protecciones	39
4.7.1	Cálculo del fusible limitador de corriente	36
4.7.2	Cálculo del Interruptor Termomagnético	40
4.7.3	Diseño del Transformador de Corriente	41
4.8	Cálculo del sistema de ventilación	41
4.8.1	Ventilación de S.E. T5	41
4.8.2	Ventilación de S.E. T11	42
4.9	Calculo de la Resistencia de puesta a Tierra del Pozo de Media Tensión	44

## **CAPITULO V**

### **METRADO Y PRESUPUESTO**

5.1.	Generalidades	45
5.2	Presupuesto	46
5.2.1	Materiales	46
5.2.2	Mano de obra	47
5.2.3	Consolidado	48

### **CONCLUSIONES**

49

<b>ANEXO A</b>	53
<b>Plano CM-01:</b> Sistema de Utilización en media tensión 22,9 kV (Recorrido de Red en media tensión)	
<b>Plano CM-02:</b> Sistema de Utilización en media tensión 22,9 kV (Subestación Matriz)	
<b>Plano CM-03:</b> Sistema de Utilización en media tensión 22,9 kV (Subestación T-5 )	
<b>Plano CM-04:</b> Sistema de Utilización en media tensión 22,9 kV (Subestación T-11)	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	54

## INTRODUCCION

La participación de profesionales electricistas y mecánicos electricistas independientes en la elaboración de proyectos de baja y media tensión, los mismos que una vez ejecutados en obra, pueden ser asimilados a los activos de las empresas concesionarias como parte del subsistema de distribución de energía eléctrica (en baja o en media tensión, según sea el caso), o permanecer en propiedad particular como sistemas de utilización (generalmente a tensión de distribución primaria), es regulada por normas de procedimientos emitidas por el Ministerio de Energía y Minas.

En dichas normas se describe paso a paso los procedimientos y requisitos para cada etapa, se fijan los plazos máximos de atención que el concesionario puede tomar en cada etapa del proceso y hasta en algunos casos se ha llegado a considerar modelos de documentos para que se utilicen como referencia. Igualmente dichas normas señalan los documentos que conforman el expediente técnico para cada caso (proyecto de baja o media tensión).

Las normas de procedimientos, se van actualizando a lo largo del tiempo, sin embargo, el espíritu de la norma, en lo que corresponde a la parte técnica de un proyecto o de un expediente de replanteo de ejecución de obra, permanecen casi inalterables. Se da mayor o menor precisión, pero en donde las normas cambian es en cuanto a documentación y requisitos para iniciar un proceso de electrificación. Sin embargo, es a través de la experiencia profesional que se pueden ver claramente los distintos aspectos de estos procesos, evaluar que tan eficiente resulta la norma y en donde se debe aclarar o tomar acciones nuevas para garantizar el fiel cumplimiento de los plazos así como de los requisitos establecidos para cada trámite. Así, no solo se estará garantizando mayor fluidez sino, se estará protegiendo a los interesados (dueños del predio, edificio, etc.), del abuso de dominio de la empresa concesionaria.

En este trabajo, se pretende mostrar como es el desarrollo de un proyecto inmerso dentro de la norma de procedimientos emitida por el Ministerio de Energía y Minas, que limitaciones, parámetros y problemas se encuentra el profesional en este proceso y

sugerir algunas medidas que se puede tomar para resolver dichos problemas; esas medidas involucran no solo a las dos partes interesadas (concesionaria y profesional responsable) sino que abarcan un ámbito mayor.

El presente trabajo se ha dividido en cinco capítulos.

En el CAPITULO I: Memoria Descriptiva, se describen los antecedentes que dieron origen al proyecto del Centro Empresarial Camino Real en 22,9 kV., su ubicación, antecedentes, alcances y descripción del proyecto (demanda máxima, parámetros eléctricos, tipo de cable, etc.) para cada subestación, las normas en que se basa y se indica los planos que forman parte del proyecto.

En el CAPITULO II, se indican las especificaciones técnicas que deben tener los materiales, tanto del cable, ductos, terminal interior, transformadores, equipos de protección, barras de cobre, aisladores y demás accesorios considerados en el proyecto.

En el CAPITULO III: Especificaciones Técnicas de Montaje, se detallan las condiciones generales de montaje, teniendo en cuenta los aspectos de seguridad en la obra.

También se tiene en cuenta los cuidados tomados en el transporte y manipuleo del material, el proceso seguido en la instalación del cable subterráneo, en la construcción de las celdas, instalación de los transformadores, tableros, equipos de protección y en la puesta a tierra.

El CAPITULO IV: Cálculos Justificativos, se desarrolla los diferentes cálculos eléctricos y mecánicos de los conductores, barras, ventilación de subestaciones, postes, retenidas, etc. Así como la elección de los diferentes fusibles de protección, aisladores portabarras, diseño del transformador de corriente.

El CAPITULO V: Metrado y Presupuesto de los materiales, equipos electromecánicos y la mano de obra, todo expresado en dólares americanos.

Finalmente se dan las Conclusiones del diseño de esta obra, así como los planos y la bibliografía.

Quiero agradecer muy especialmente a:

Los funcionarios de LUZ DEL SUR que facilitaron la información técnica necesaria para el desarrollo del presente trabajo.

Los funcionarios e ingenieros de Graña y Montero Edificaciones que ofrecieron todas las facilidades para el desarrollo del proyecto e hicieron esfuerzos encomiables por adaptarse a los requerimiento que se les indicaban, especialmente en lo relativo a las

áreas de las subestaciones, sacrificando zonas de estacionamiento y de otros usos; sobre todo teniendo en cuenta que por ser las primeras subestaciones en 22,9 kV, tuvieron la paciencia de esperar que, a falta de normas al respecto, el departamento de Diseño de Normas y Costos defina sus requerimientos mínimos para las áreas previstas.

El Departamento de Proyectos y Obras del Centro de Servicios Vitarte de LUZ DEL SUR, porque al estar desarrollando un proyecto similar, me apoyaron en los esfuerzos por conseguir en el mercado las especificaciones técnicas de los equipos para 22,9 kV (interruptor SF6, relé, aisladores portabarras, etc.), aun no normalizados en LUZ DEL SUR y no muy conocidos entre nuestros proveedores habituales.

Al Ingeniero Alfonso Revilla, Gerente de Ingeniería de TECSUR, por la confianza que depositó en mi persona al encargarme el desarrollo del presente proyecto.

## **CAPITULO I**

### **1.0 MEMORIA DESCRIPTIVA:**

#### **1.1 Generalidades:**

La presente memoria descriptiva se refiere al proyecto de la primera etapa de las instalaciones eléctricas del Sistema de Utilización a la tensión de distribución primaria en 22,9 kV, correspondiente al Centro Empresarial Camino Real. Una vez ejecutada la obra, las instalaciones serán entregadas a LUZ DEL SUR, a cambio de la devolución de la inversión como Aporte Reembolsable (V.N.R.)

**1.1.1 Ubicación:** A espaldas del Centro Comercial Camino Real, ubicado entre las calles Víctor Andrés Belaunde y Choquehuanca, distrito de San Isidro, provincia y departamento de Lima.

**1.1.2 Antecedentes:** Punto de alimentación fijado por LUZ DEL SUR con carta SGCH/PPTO/96/1034 del 15.11.96 en una celda de entrega y medición en 22,9 kV. de la Subestación de Transformación (SET) San Isidro ubicada en la avenida Jorge Basadre cuadra 6.

El proyecto ha sido elaborado de acuerdo a los requerimientos de potencia previstos por el Centro Empresarial Camino Real para su Primera Etapa, que consta del equipamiento básico de la subestación Matriz y equipamiento completo de la subestaciones T-5 y T-11.

#### **1.2 Alcances del Proyecto:**

Comprende:

a) Diseño del cable de alimentación subterráneo entre el punto de entrega de Luz del Sur S.A. y las subestaciones de distribución particular proyectadas en el interior del Centro Empresarial Camino Real.

b) Diseño y equipamiento de:

Celdas de llegada y salida de la subestación Matriz

Subestación de Distribución T-5.

Subestación de Distribución T-11.

### 1.3 Descripción del Proyecto:

**1.3.1 Demanda Máxima de Potencia:** La energía eléctrica requerida por el Centro Empresarial Camino Real, será proporcionada por Luz del Sur S.A., a partir del punto de entrega y medición anteriormente citado, bajo las condiciones siguientes:  
**EN UNA PRIMERA ETAPA**

Tensión de servicio	22 900 Voltios
Sistema	Trifásico, 3 hilos, neutro aislado
Frecuencia	60 Hz.
M.D. 1 <sup>era</sup> Etapa	979 kW (T5: 776 kW, T11: 203 kW)

**1.3.2 Red Primaria:** Desde el punto de entrega y medición en 22,9 kV., se instalará el alimentador troncal (cable N2XSY 3-1x120mm<sup>2</sup> - 22,9 KV) hasta la Subestación de distribución particular matriz y de allí, el alimentador lateral (cable N2XSY 3-1x50 mm<sup>2</sup> - 22,9 KV), a las subestaciones de distribución ubicadas en las Torres (T5 y T11), comprendiendo los tramos siguientes:

a) Tramo de salida de cables N2XSY 3-1x120mm<sup>2</sup> - 22,9 kV, desde la celda de entrega y medida en la SET San Isidro, hasta el ingreso a los ductos instalados en la calle Víctor Andrés Belaunde, delante de la Torre 4 del Centro Empresarial Camino Real.

b) Tramo de cable a instalar en ductos de concreto de 4 vías, entre el punto final del tramo anterior hasta la subestación matriz.

c) Tramo de cable N2XSY 3-1x50mm<sup>2</sup> - 22,9 KV, a instalar en ducto de concreto de 4 vías que va desde la celda de salida de la subestación matriz hasta la subestación ubicada en la Torre T5.

d) Tramo de cable N2XSY 3-1x50mm<sup>2</sup> - 22,9 KV, que se instalará en ducto de concreto de 4 vías que va desde la celda de salida de la subestación ubicada en la T5 hasta la subestación ubicada en la T11.

**1.3.3 Subestaciones:** Las Subestaciones de Distribución particulares del tipo convencional que serán construidas en sótano y puestas en servicio son las siguientes:

Subestación Matriz, equipada inicialmente con:

Celda de llegada del cable de alimentación en 22,9 kV con equipos de protección y maniobra.

Celda de salida.

Asimismo, se ha previsto el espacio respectivo para la implementación de dos celdas de transformación futuras y 4 celdas adicionales de salida.

Subestación T5, equipada de la siguiente manera:

- Celda de llegada del cable de alimentación en 22,9 kV.
- Celda de salida de alimentación a la subestación T11 con equipos de protección y maniobra.
- Dos celdas de transformación para transformadores de 400 kVA (22,9/0,23 kV.).

Subestación T11, que comprende:

Celda de llegada de cable de alimentación en 22,9 kV.

Celda de transformación equipada con transformador de 250 kVA (22,9/0,23 kV.).

#### **1.4 Bases de Cálculo:**

El diseño se ha efectuado de conformidad con las prescripciones de la Ley de Concesiones eléctricas N° 25844, del Código Nacional de Electricidad, la norma

DGE-004B-P-1/1984 del Ministerio de Energía y Minas, aprobada por Resolución Directoral 029-84 EM/DGE y el Reglamento Nacional de Construcciones,

Los equipos se instalarán en un sistema de distribución de tres conductores. De acuerdo con los requerimientos de potencia las principales bases y parámetros de cálculo son los siguientes:

-	Máxima Demanda de Diseño integral	: 8,20 MW
-	Máxima Demanda de Diseño 1 <sup>era</sup> etapa	: 979,00 kW
-	Factor de Potencia de Diseño	: 0,85
-	Tensión Nominal	: 22,9 kV.
-	Tensión máxima primaria	: 24 kV.
-	Tensión nominal secundaria	: 230 V
-	Frecuencia	: 60 Hz
-	Potencia de cortocircuito en el punto de entrega y medición de Luz del Sur	: 374 MVA
-	Tiempo de apertura de la protección	: 0,2 seg.
-	Tipo de Cable tipo N2XSY	: Polietileno Reticulado
-	Sección de cable alimentador (mm <sup>2</sup> )	: 3-1x120 y 3-1x50

### 1.5 Aplicación de Código y Reglamentos

El diseño se ha realizado de conformidad con:

- Las prescripciones de la Ley de Concesiones eléctricas N° 25844 y su Reglamento.
- El Código Nacional de Electricidad Tomo IV.
- La norma DGE-004B-P-1/1984 del Ministerio de Energía y Minas, aprobada por Resolución Directoral 029-84 EM/DGE.
- El Reglamento Nacional de Construcciones.
- Normas de LUZ DEL SUR vigentes sobre la materia en la fecha de ejecución de la obra.
- Lista de Materiales Técnicamente Aceptables por Luz del Sur S.A (LIMAT), vigente.

- Las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y la Organización Internacional de Normalización (ISO).
- Las Normas del ITINTEC.

### **1.6 Planos del Proyecto**

Forman parte del presente proyecto los siguientes planos:

**CM-01:** Sistema de Utilización en media tensión 22,9 kV (Recorrido de Red en media tensión)

**CM-02:** Sistema de Utilización en media tensión 22,9 kV (Subestación Matriz)

**CM-03:** Sistema de Utilización en media tensión 22,9 kV (Subestación T-5 )

**CM-04:** Sistema de Utilización en media tensión 22,9 kV (Subestación T-11)

Lima, setiembre de 2006

## CAPITULO II

### 2.0 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS Y MATERIALES

#### 2.1 Red Primaria 22,9 KV:

##### 2.1.1 Cable Subterráneo de Energía en 22,9 KV

Los cables alimentadores correspondientes a la línea de alimentación subterránea, entre el punto de entrega y medición en 22,9 kV de Luz del Sur S.A. y la Subestación de Distribución del Centro Empresarial Camino Real, serán de las características siguientes:

\* Conductores de cobre electrolítico de 99,9% de pureza y 96,7% de conductividad IACS a 20 °C, temple blando, unipolares de 120 mm<sup>2</sup> y 50 mm<sup>2</sup> de sección, fabricados de acuerdo a las normas IEC-228 - Conductor of Insulated Cables y la Norma DGE-013-CS-1 del Ministerio de Energía y Minas.

\* Aislamiento del cable unipolar tipo N2XSY, constituido sucesivamente por una pantalla semiconductora, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), capa semiconductora, cinta de cobre y cubierta exterior de policloruro de vinilo (PVC) de color rojo, resistente a las grasas, aceites y abrasivos.

\* Fabricados para tensión nominal de 22,9 kV., de acuerdo a las normas IEC-502/1978, Extruded Solid Dielectric Insulated Power Cables for Bater Voltages from 1 to 30 kV.

##### 2.1.2 Cinta señalizadora

- Material : Cinta de polietileno de alta calidad y resistente a los ácidos y álcalis.
- Ancho : 5 pulgadas y espesor 1/10 mm.
- Color : Rojo
- Inscripción : Letras negras que no pierden su color con el tiempo recubiertas con plástico.

- Elongación : 250 %

### 2.1.3 Terminal para Cables 24 KV:

Los terminales serán del tipo termocontraible, clase 1 según la IEEE-48, es decir poseen sellos que soportan las 30 lb/pulg<sup>2</sup> durante una hora según exige la norma correspondiente.

Clase de voltaje	: 25 KV.
Tipo de instalación	: Interior
A.C. Resistencia, 1 min.	: 65 KV.
D.C. Resistencia, 15 min.	: 105 KV.
Resistencia al impulso 1,2 x 50 µs	: 150 KV.
Resistencia en humedad, 10 s	: 60 KV.
Resistencia en seco, 6 horas	: 55 KV.
Línea de fuga mínima	: 500 mm

### Normas de fabricación

IEEE-48	: Clase 1
---------	-----------

### 2.1.4 Zanjas para cables:

Las zanjas para estos cables se harán a la profundidad indicada en el plano proyecto (1,10 m) y de 0,60 m. de ancho.

### 2.1.5 Tubo PVC:

Los cables de la red de alimentación en 22,9 kV., se instalarán a través de tubos PVC TP SAP de 4", uno por fase, En todo su recorrido por la vía pública

### 2.1.6 Ductos:

Para la instalación del cable alimentador en las zonas de tránsito vehicular, se utilizará cruzadas de concreto de 4 vías existentes, cuyo uso ha sido autorizado por LUZ DEL SUR.

En el interior de las instalaciones del Centro Empresarial Camino Real, el cable irá en ductos instalados existentes instalados por la empresa constructora del complejo comercial.

## 2.2 Subestaciones

Las tres subestaciones (S.E. Matriz, S.E. T-5 y S.E. T-11) contarán con celdas de llegada y salida. Además la S.E. T-5 tendrá dos celdas de transformación y la S.E. T-11 contará con una celda de transformación.

### 2.2.1 Celdas de llegada en 22,9 KV:

Se instalarán celdas del tipo autosoportado, de ejecución modular, fabricadas en estructura de perfil de 2" x 2" x 3/16". Constituidas de puerta frontal con cerraduras, protección lateral e intermedia, ejecutadas con plancha de hierro laminada en frío de 2 mm de espesor, decapada mecánicamente con granalla de acero mediante chorro a presión y pintada inmediatamente con dos capas de imprimante anticorrosivo epóxico y dos de acabado de color gris mate.

Tendrán las siguientes dimensiones:

Ancho	: 1,40 m
Profundidad	: 1,50 m
Altura	: 2,50 m

Todas las llegadas a las subestaciones serán con barra directa.

Estarán equipadas con:

Seccionadores Unipolares

Se instalarán tres seccionadores unipolares para apertura en vacío (sin carga) y accionamiento frontal mediante pértiga, serán de las siguientes características:

Tensión Nominal: 30 kV

Intensidad Nominal: 400 A

Distancia entre fases: 35 cm.

### 2.2.2 Celda de salida Subestación Matriz

Se instalarán celdas del tipo autosoportado, de ejecución modular, fabricadas en estructura de perfil de 2" x 2" x 3/16". Constituidas de puerta frontal con cerraduras, protección lateral e intermedia, ejecutadas con plancha de hierro laminada en frío de 2 mm de espesor, decapada mecánicamente con granalla de acero mediante chorro a presión y pintada inmediatamente con dos capas de imprimante

anticorrosivo epóxico y dos de acabado de color gris mate. En esta primera etapa se considera la construcción de solo una de estas celdas.

Tendrán las siguientes dimensiones:

- Ancho : 1,40 m
- Profundidad : 1,50 m
- Altura : 2,50 m

Equipada de la siguiente manera:

**a). Interruptor Tripolar en SF6 - 24 KV**

Se instalará en el interior de la subestación matriz, en la celda de salida a la subestación T5. Está previsto para operar con carga y proteger al circuito, con el auxilio de relés primarios de máxima corriente, por ello el interruptor está previsto para trabajar con tres relés, primarios de máxima corriente.

**Características Eléctricas:**

Tensión nominal	: 24 kV
Corriente nominal (mínima)	: 250 A
Potencia de ruptura a tensión nominal	: 374 MVA
Tensión nominal para propósito de control	: 24 kV
Corriente de cortocircuito máxima durante 1 segundo	: 30 kA (valor eficaz)
Corriente de retención (falla back) en función de I Amp. de opera. regulada	: 90%
Potencia de ruptura simétrica, (mínima)	: 374 MVA
Tensión auxiliar para propósito de control	: 24 V D.C. $\pm$ 10%
Tensión nominal del sistema	: 22,9 kV
Capacidad de ruptura mínima	: 8 kA
Tensión máxima de operación	: 24 V D.C.
Medio de extensión del arco	: SF6
Tipo de montaje	: Fijo
Frecuencia nominal	: 60 Hz
Tensión nominal del dispositivo de control	: 24 V D.C.
Tensión de ensayo con onda de impulso	

Bloqueo de funcionamiento por presión mínima del SF6 : Si  
 Contador de operaciones : Si

### **Normas de Fabricación:**

CEI - 56

Dimensiones referenciales:

Ancho : 650mm  
 Altura : 950mm

### **Características de Diseño y Fabricación:**

Está previsto para el montaje de dos relés, directos de sobrecorriente marca BBC, tipo HB, o similares y provistos de varillas de accionamiento y pletinas correspondientes en la fase R y T.

Los bornes superiores de las fases R y T tienen pletinas de cobre que permiten que un operador pueda modificar la calibración con ayuda de una pértiga aislada desde la puerta frontal de la celda. Tiene un contador de operaciones.

El interruptor estará equipado con bobina de cierre y de apertura, y con seis contactos auxiliares (3 normales abiertos y 3 normales cerrados), cuyos circuitos estarán conectados a una bornera destinada para tal fin. La tapa o cubierta metálica de la caja de mecanismos de mando no tiene ningún agujero. Esto con el fin de evitar el ingreso de polvo y elementos extraños al mecanismo de apertura y cierre.

Todos los componentes pertinentes serán del tipo tropicalizado.

### **b). Relé Primario de Máxima Corriente Tipo Interior:**

Los relés de 24 kV serán adecuados para instalarse en el interruptor, sin que sea necesario efectuar cambios en el sistema.

### **Condiciones de operación:**

Tensión nominal del sistema : 22,9 kV  
 Tensión máxima del sistema : 24,0 kV  
 Frecuencia : 60 Hz

### **Características Eléctricas:**

Corriente nominal : 300 A  
 Rango de regulación continua de mínima corriente de operación : 1,2 - 2,0 IN

Temporización del relés, instantánea y además, regulación continua entre	: 0,4 - 2,4 s.
Corriente de cortocircuito máx. durante 1 s.	: 30 kA (valor eficaz)
Corriente de retención (falla back) en función de la corriente de operación regulada	: 90%
La regulación del tiempo será independiente de la corriente	: tiempo definido

#### **Normas de Fabricación Y Pruebas:**

CEI - 50 (16)	: para la terminología
CEI - 255	: diseño, fabricación y pruebas

#### **2.2.3 Celda de Salida Subestacion T-5**

Se instalará una celda del tipo autosoportado, de ejecución modular, fabricada en estructura de perfil de 2" x 2" x 3/16". Constituida de puerta frontal con cerradura, protección lateral e intermedia, ejecutada con plancha de hierro laminada en frío de 2 mm de espesor, decapada mecánicamente con granalla de acero mediante chorro a presión y pintada inmediatamente con dos capas de imprimante anticorrosivo epóxico y dos de acabado de color gris mate.

Tendrá las siguientes dimensiones:

Ancho	: 1,40 m
Profundidad	: 1,50 m
Altura	: 2,50 m

Equipada de la siguiente manera:

##### **a). Seccionador de Potencia Tripolar 24 KV:**

Para instalación en el interior de la subestación T5, en la celda de salida a la subestación T11. Se instaló 3 fusibles limitadores de corriente, de operación silenciosa y sin emisión de gases. El fusible tendrá un elemento de disparo que acciona el mecanismo de apertura del seccionador fusible de potencia.

#### **Características Eléctricas:**

Tensión nominal	: 24 kV
-----------------	---------

Corriente nominal (mínima)	: 400 A
Potencia de ruptura a tensión nominal	: 300 MVA
Tensión nominal para propósito de control	: 24 kV
Corriente de cortocircuito máxima durante 1 segundo	: 12,5 kA (valor eficaz)
Corriente de retención (falla back) en función de la corriente de operación regulada	: 90%
Tensión nominal del sistema	: 22,9 kV
Tipo de montaje	: Fijo
Frecuencia nominal	: 60 Hz

#### **Normas de Fabricación:**

CEI - 56

Dimensiones referenciales:

Ancho: 650mm

Altura : 950mm

#### **Características de Diseño y Fabricación:**

El seccionador operará como aparato de maniobra tripolar, para montaje interior, con mecanismo de mando independiente de la fuerza del operador, equipado con sistema de extinción de arco, mediante soplo de aire para la apertura y cierre bajo plena carga.

El seccionador funcionará automáticamente sobre los tres polos, accionado por un mecanismo de disparo que actúa al fundir cualquiera de los fusibles, pero también puede accionarse manualmente por medio de un mecanismo de palanca (manivela) y varilla desde el exterior frontal de la celda.

El seccionador estará equipado con contactos principales fijos y móviles, contactos secundarios para extinción de arcos y pantalla de separación entre fusibles.

#### **b). Fusible Limitador de Corriente para Interior de 22,9 KV:**

##### **Características Eléctricas:**

Tensión nominal de operación	: 22,9 KV.
Capacidad de corte	: 30 kA (valor eficaz)
Identificación de intercambiabilidad	: E
Corriente nominal	: 30 A

**Condiciones de Operación:**

Tensión nominal del sistema	: 22,9 kV.
Tensión máxima del sistema	: 24,0 kV.
Frecuencia	: 60 Hz

**Normas de Fabricación:**

Comisión Electrotecnia Internacional: CEI - 282 - 1

**Características de Diseño y Fabricación:**

Estos fusibles son para instalarse en el seccionador fusible de potencia tripolar tipo interior, de 24 kV. Son para proteger contra sobrecargas, y son de desconexión automática a la fusión.

**2.2.4 Celdas de Transformación en 22,9 KV. / 0,23 KV:**

Del tipo autosoportado, de ejecución modular, fabricadas en estructura de perfil de 2" x 2" x 3/16". Constituidas de puerta frontal de una hoja con cerraduras y cubierta superior, protección laterales, ejecutada con malla de fierro de 1/2" de cocada, alambre de 2mm diámetro mínimo, decapada mecánicamente con granalla de acero mediante chorro a presión y pintada inmediatamente con dos capas de imprimante anticorrosivo epóxico y dos de acabado de color gris mate.

**Dimensiones:**

Ancho	: 1,90 m
Profundidad	: 1,50 m
Altura	: 2,50 m

**Equipadas con:**

**a). Transformador de Potencia Trifásico de Distribución 22,9 / 0,23 KV de 250 Y 400 KVA**

**Características Generales de Diseño y Construcción:**

Los transformadores a instalar serán auto refrigerados en baño de aceite con arrollamiento de cobre de 99.8%, sección circular y núcleo de planchas de hierro

silicoso de grano orientado laminado en frío para montaje interior en celdas y enfriamiento por circulación natural de aire (tipo ONAN), según lo siguiente:

Tipo de enfriamiento	: ONAN
Sobreelevación de temperatura en el punto más caliente de los devanados	: 65 °C
Sobreelevación de temperatura del aceite en la parte superior del tanque	: 60 °C
Sobrepresión que soporta el tanque	: 1,0 atm.

### Características Eléctricas:

Subestación	: T-5	T-11
Potencia nominal (kVA)	: 400	250
Cantidad	: 2	1
Número de fases		3
Tipo de instalación		: Convencional
Tensión nominal primaria entre fases		: 22,9 KV.
Tensión máxima de servicio		: 24,0 kV
Frecuencia		: 60 Hz
Número de terminales en el primario		: 4
Tensión nominal secundaria en vacío		: 230V
Número de terminales en el secundario		: 3
Regulación		: $\pm 2 \times 2,5\%$
Grupo de conexión		: YNd5
Tensión de cortocircuito a 75 °C		: 4 %
BIL en 22,9 KV.		: 125 KV.

### Condiciones de Operación:

Tensión nominal del sistema	: 22,9 KV.
Tensión máxima del sistema	: 24,0 kV
Frecuencia nominal	: 60 Hz
Nivel de potencia de cortocircuito	: 300 MVA

### Normas de Diseño y Fabricación:

ITINTEC - 370.002	: diseño, fabricación y pruebas
IEC - 76	: diseño, fabricación y pruebas

IEC - 354 : capacidad de sobrecarga  
 IEC - 296 : para aceites aislantes

Los transformadores tendrán todos los accesorios necesarios y además garantizarán un buen comportamiento durante su vida útil. Deberán presentar:

Placa de características

Identificación de fases gravadas en alto ó bajo relieve

Conmutador con mando exterior de 5 posiciones

Ganchos de izamiento para levantar la parte activa o el transformador completo.

Identificación de nivel de aceite

Válvula de vaciado de aceite

Perno para puesta a tierra

Termómetro con indicación de máximo

Ruedas orientables a planos perpendiculares

Tanque conservador de aceite

Dotación de aceite

Válvula de seguridad para escape de presión

#### **b). Fusible Seccionador Limitador de Corriente para Interior de 22,9 KV:**

##### **Características Eléctricas:**

Tensión nominal de operación : 22,9 KV.  
 Capacidad de corte : 30 kA (valor eficaz)  
 Identificación de intercambiabilidad : 20E (Trafo 250 kVA)  
 40E (Trafo 400 kVA)

##### **Condiciones de Operación:**

Tensión nominal del sistema : 22,9 kV.  
 Tensión máxima del sistema : 24,0 kV.  
 Frecuencia : 60 Hz

##### **Normas de Fabricación:**

ANSI C.37.40 :Definiciones, condiciones generales  
 ANCI C.37.41 : Pruebas  
 ANSI C.37.46 : Diseño y fabricación  
 ANSI C.37.47 : Diseño y fabricación

**Características de Diseño y Fabricación:**

Estos fusibles son para portafusible seccionador unipolar tipo interior, de 24 kV. Son para proteger al transformador contra corrientes de cortocircuito, y tienen un elemento señalador de fusión.

**c). Seccionador Unipolar Interior 24 KV:****Características Eléctricas:**

Tensión nominal	: 24 KV
Corriente nominal	: 200 A
Corriente de cortocircuito admisible	: 16 kA (valor eficaz)
Capacidad de cierre	: 40 kA (valor pico)

**Características de Diseño y Fabricación:**

Diseñado para montarse verticalmente en la parte inferior de la barra de 24 kV de la subestación. Esta prevista para apertura y cierre sin carga, mediante mando manual con una pértiga aislada.

Sus aisladores serán de porcelana o poliméricos de 125 KV. de BIL y 408 mm de línea de fuga como mínimo.

**2.3 Elementos Complementarios****2.3.1 Barras Rectangulares:**

Serán de cobre electrolítico de 99,9% de pureza mínima y sección rectangular 50mm x 5 mm; de alta conductividad y alta resistencia a la corrosión. Se instalarán en posición horizontal para el lado de mayor dimensión.

En la tabla N° 1, se muestran las características mecánicas y eléctricas de las barras para diferentes secciones.

Las barras serán cortadas en frío y pintadas con esmalte verde, blanco y rojo (fases R, S y T respectivamente).

Según la norma de fabricación: ASTM

**2.3.2 Aislador Portabarra:**

Se utilizarán en el interior de las subestaciones, para soportar y separar barras de cobre en las celdas.

**Características Eléctricas:**

$V_{\text{Operación}}$	: 22,9 kV.
$V_{\text{máx}}$	: 24,0 kV.
$V_{\text{Impulso}}$	: 125 kV.
$V_{\text{frec. Industrial (1 minuto)}}$	: 50 kV.

**Características de Diseño y Construcción:**

Tipo	: J4 - 125
Material	: polimérico ó porcelana
Color y/o acabado	: rojo ó castaño
Línea de fuga mínima	: 408 mm
Carga mínima de rotura	: 4 000 N
Tipo de instalación	: Interior

**Norma Técnica:**

IEC - 273

Los aisladores instalados tendrán un acabado superficial brillante y sin imperfecciones.

**2.4 Sistema de Puesta a Tierra de la Subestación**

Todas las partes metálicas no eléctricas serán conectadas a tierra.

Características de los pozos de tierra:

⊗	Dimensiones	: 0,80 m Ø x 2,50 m de profundidad
⊗	Relleno	: Sal industrial en grano : Bentonita sódica
⊗	Electrodo	: Cooperweld, 5/8" Ø x 2,4 m
⊗	Borne conector	: Tipo AB, bronce al silicio con tuerca
⊗	Conductor de cobre	: Tipo TW de 70 mm <sup>2</sup>

**2.5 Equipos de Seguridad y Maniobra**

- ⊗ Par de guantes aislantes N° 10, Clase III para 26,5 kV. Norma de fabricación ASTM D-120, IEC-60903.
- ⊗ Pértiga de maniobra: 1,80 m de longitud, aislamiento para 30 kV.
- ⊗ Banco de maniobras con aislamiento para 24 kV.

- ⊗ Placas de señalización "Peligro Riesgo Eléctrico" en letras de color blanco, fondo gris oscuro.
- ⊗ Revelador de tensión, señal audible y luminosa.

## 2.6 Equipos Auxiliares:

### 2.6.1 Transformadores de tensión:

#### Características Eléctricas:

Aplicación	: Medición
Montaje	: Interior
Clase de precisión	: 0,5
Potencia de salida para la clase de precisión solicitada	: 25 VA
Tensión nominal de aislamiento	: 24kV
Relación de transformación	: 22 900/100V
Rango de variación de tensión (sin variar la clase de precisión)	: $\pm 20\%$ VN
Número de arrollamientos en el secundario	: 1
Aislante	: Resina sintética
Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 1 minuto	: 50 kVrms
Tensión de ensayo con onda de impulso 1.2/50 $\mu$ s	: 125 KV
Tensión máxima de servicio	: 24kV
Tensión de impulso	: 125 KV
Tensión aplicada a 60 Hz por 1 min.	: 50 kV

#### NORMA TÉCNICA:

IEC - 186

ITINTEC - 370.026

#### Características de diseño y Construcción:

Los terminales de conexión utilizados en el lado secundario serán para conductor de cobre de sección máxima de 6 mm<sup>2</sup>.

La polaridad relativa de los devanados, se identificará claramente con indicación indeleble.

### **2.6.2 Transformador de Corriente:**

#### **Condiciones de Operación:**

Aplicación	: Medición
Montaje	: Interior
Clase de precisión	: 0,5
Potencia de salida para la clase de precisión solicitada	: 30 VA
Tensión nominal de aislamiento	: 24 kV
Frecuencia nominal	: 60 Hz
Corriente nominal del primario	: 400 A
Corriente nominal del secundario	: 5A
Sobrecarga continua sin variar la clase de precisión	: 130 % IN
Corriente limite térmica	: 100 IN
Corriente limite dinámica	: 250 IN
Número de arrollamiento del secundario	: 1
Aislante	: resina sintética

#### **NORMA TÉCNICA:**

IEC -185

ITINTEC -370.026

#### **Características de Diseño y Construcción:**

Los terminales de conexión en el lado primario se han previsto para conectar pletinas de 30 x 5 mm de sección máxima. La polaridad relativa de los devanados se identificará claramente con una indicación indeleble.

Lima, setiembre de 2006

## **CAPITULO III**

### **ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MONTAJE**

#### **3.1 Generalidades.**

Las presentes especificaciones técnicas de montaje se han elaborado de acuerdo a lo establecido por el Código Nacional de Electricidad, las normas del Ministerio de Energía y Minas y las normas del buen arte en el montaje.

Lo no establecido en estas especificaciones quedarán a criterio del que realiza el montaje, respaldando con experiencias anteriores de resultados aceptados como buenos fehacientemente demostrados.

Los trabajos deberán ser efectuados por personal debidamente capacitado y respetando en todo momento la seguridad del personal.

El contratista debe efectuar los trabajos con estricta sujeción a los planos suministrados, cualquier cambio que a criterio considere debe ser ejecutado para mejorar la concepción básica, deberá ser sometido previamente a la aprobación del ingeniero supervisor de obra y solo podrá proceder después de la autorización escrita.

#### **3.2 Alcance de los Trabajos**

El alcance de la ejecución de la obra, cubre básicamente lo siguiente:

Retiro y transporte de los materiales hasta el lugar de su montaje.

Instalación electromecánica según las especificaciones técnicas

Reparación de veredas, Retiro de desmonte .

Pruebas, recepción y puesta de servicio de la obra.

### **3.3 Instalación de red Subterránea**

#### **3.3.1 Zanjas para Cable Subterráneo 22,9 kV**

La instalación de cables directamente enterrados, se efectuará en terreno de dominio público, bajo las veredas de acuerdo al contrato de LUZ DEL SUR S.A.A. con el Consejo Municipal. En caso necesario se podrá ocupar el subsuelo de los jardines, parques y calzadas previa licencia del Concejo.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud al límite de la propiedad, cuando sea necesario hacer curvas, éstas deberán tener radio suficientemente grande como para evitar daño al cable.

Debe evitarse trazos a través de un suelo inestable como lodo, tierras movedizas, suelos corrosivos u otros obstáculos naturales, si la colocación de cables en terrenos de esa naturaleza es necesaria, los cables deben ser adecuadamente instalados, de tal manera que no sean afectados por estos riesgos. Estas medidas de protección deberán ser compatibles con otras instalaciones del área.

Debe evitarse la instalación de cables longitudinalmente debajo de las superficies transitadas de calles y autopistas.

La instalación de cables subterráneos directamente enterrados tiene dos tipos:

- Instalación bajo vereda sin construir. - Instalación bajo vereda construida.

El espesor de la vereda generalmente es 10 cm.

Los cables subterráneos se mantendrán debajo de las aceras a una distancia no menor de 50 cm de la línea de propiedad y una profundidad no menor de 60 cm.

Norma de distribución

CI-1-002

#### **3.3.2 Ductos,**

Se utilizarán ductos de cruzadas existentes (su uso fue autorizado por LUZ DEL SUR) para el cruce de calles tanto a la salida de la SET San Isidro como en todos los cruces de calle a lo largo del recorrido por la vía pública, así como dentro del predio del Centro

Empresarial Camino Real, donde la empresa constructora ha instalado un sistema de ductos. Con la finalidad de dar mayor protección mecánica y facilitar el tendido y mantenimiento de los cables subterráneos de distribución, así como ofrecer facilidad para su futuro reemplazo.

Los ductos son de Concreto

En la utilización de los ductos se deberá tener en cuenta lo siguiente:

**Entradas y salidas de los ductos,** Las salidas, como las entradas de los ductos, deben ser taponadas para evitar. El ingreso de los roedores, material extraño al ducto y filtraciones. Deben estar emboquillados, evitando aristas o perfiles afilados para evitar dañar el cable durante su instalación y/o movimientos de contracción o dilatación.

**Sujeción del cable en el ducto,** Para que el cable tenga libertad de dilatarse y contraerse durante los cables cíclicos de temperatura, debe utilizarse un anillo de yute sin alquitranar (u otro material adecuado) alrededor del cable y rellenarse con masilla plástica o material alternativo que permanezca elástica a través del tiempo.

Empalme de cables, No existirá ninguna conexión o empalme de cables en el interior de los ductos.

En las cruzadas se preverán las reservas mínimas en la siguiente forma:

1 a 3 vías de cables	1 vía
4 a 6 vías de cable	2 vías.

### **3.3.3 Instalación del Cable Subterráneo M.T.**

Abierta la zanja y apisonado el fondo, se colocará los tubos de PVC TP SAP de 4". Los mismos que se instalarán sobre un solado de concreto de 0,60 m. de ancho por 0,05 m. de espesor. La mezcla de solado de concreto será preparada en proporción de 1:4:8 utilizándose piedra no mayor de 3 cm. de diámetro. Se pondrá una capa de tierra cernida de 0,1 m. de espesor, protegidos por una capa de tierra cernida de 0,15 m., un ladrillo guía y una segunda capa de tierra cernida de 0,20 m., sobre la cual se colocará la cinta señalizadora roja.

Por encima de la cinta señalizadora, se rellenará la zanja con tierra natural compactada, el relleno de la misma se efectuará con regado simultáneo hasta el nivel de terreno.

La tierra cernida se obtendrá con zaranda de cocada de 1/2".

### **3.4 Montaje de subestaciones**

#### **3.4.1 Montaje de las Celdas.**

Previa al inicio de la construcción de las celdas, el inspector deberá verificar la adecuada construcción por parte de los interesados de las rampas de acceso para los transformadores desde la puerta de ingreso de las subestaciones.

La construcción de las celdas deberá efectuarse respetando lo indicado en el plano proyecto, especialmente en lo correspondiente a las dimensiones. Todos los trabajos metal mecánicos para los perfiles de las celdas se deberán realizar de preferencia en el terreno para optimizar el tiempo y asegurarse de la precisión de las medidas.

En todo momento se deberá respetar las normas de seguridad e higiene industrial. Las instalaciones provisionales (taller, soldadoras, etc.) deberán ubicarse de manera adecuada para que no estorben la libre circulación del personal en el área de trabajo. No se permitirá el desorden, herramientas o residuos de material (perfiles metálicos, trozos de cable, varillas de soldar, etc.) en el piso; los cables eléctricos de las herramientas deberán ubicarse de manera tal que no estorben el libre paso a la zona de trabajo.

#### **3.4.2 Montaje de Aisladores.**

Antes de proceder a la instalación de los aisladores portabarras, se deberá comprobar que se encuentren completamente limpios y libres de polvo, de materiales adheridos durante el embalaje, etc.

A continuación será necesario que el Contratista practique una Inspección cuidadosa de todas las partes, de tal modo que sea posible constatar que el material a emplearse en el montaje, se encuentre en perfectas condiciones.

Es absolutamente necesario cuidar que durante la instalación no sean dañados los aisladores y que la ferretería y los accesorios no sean martillados ó golpeados.

Se tendrá especial cuidado en el cumplimiento de las distancias de seguridad indicadas en el plano del proyecto.

### **3.4.3 Montaje del Transformador.**

Será montado en la celda de transformación, cuidando que los aisladores estén completamente limpios y no presente daños que afecten a su aislamiento.

Todas las partes metálicas serán puestas a tierra rigurosamente, se verificará el nivel de aceite en el tanque y se hará la medición del aislamiento respectivo en cada una de las fases, en media y baja tensión, debiendo alcanzar los niveles permitidos por el Código Nacional de Electricidad y las Normas del ITINTEC.

### **3.4.4.- Instalación de Equipos de Protección**

La instalación de los equipos de protección como seccionador de potencia, interruptor, relés, transformadores de medida, etc. deberá ser realizada por personal especializado. El supervisor deberá estar presente en todo el proceso y deberá asegurarse que previa a la instalación se ha tomado en cuenta todas las indicaciones dadas por el fabricante para su adecuada instalación y funcionamiento.

Deberá tenerse mucho cuidado con el cumplimiento de las distancias de seguridad, las mismas que se deberán verificar previamente a la instalación del equipo respectivo.

### **3.4.5 Montaje de Tablero de Distribución**

La conexión entre los bornes de salida del transformador y el tablero de distribución se hará con cable de energía tipo NYY de 185mm<sup>2</sup> (trafo de 250 kVA) y 300 mm<sup>2</sup> (trafo de 400 kVA) de sección, según norma CD-1-011 de LUZ DEL SUR. El montaje del tablero se realizará de acuerdo al plano aprobado por el Concesionario.

## **3.5 Sistemas de Tierra.**

### **3.5.1 Pozos de Puesta a Tierra**

La instalación del Sistema de Puesta a Tierra, se llevará a cabo de acuerdo a los planos del Proyecto, y se recomienda especial atención con la conexión de la varilla de Cooperweld y la dosificación de los componentes del pozo de tierra (Bentonita y Sal). Se deberá comprobar los resultados midiendo la resistencia de cada pozo

### **3.5.2 Puestas a Tierra de Equipos**

El equipo metálico del sistema, será puesto a tierra, para una mayor estabilidad y protección, previamente se comprobará la resistencia del terreno, midiéndose los valores

de ohmios aceptables por la Norma, que indica como máximo 5-10 ohmios, en los pozos de tierra.

### **3.6 Pruebas**

Al concluir el trabajo de construcción y montaje, se realizarán las pruebas eléctricas, en presencia del Ingeniero Supervisor, quien dirigirá el proceso y hará las observaciones a que hubiere lugar.

El Contratista efectuará las correcciones observadas por el Ingeniero Supervisor.

Las pruebas a efectuarse serán:

Determinación de la Secuencia de Fases.

Prueba de Continuidad y Resistencia Eléctrica.

Prueba de aislamiento por Fases.

Lima, setiembre 2006

## CAPITULO IV

### 4.- CALCULOS JUSTIFICATIVOS:

**4.1.- Generalidades:** Para el desarrollo de los cálculos del presente proyecto se ha tenido muy en cuenta que una vez ejecutada la obra, las instalaciones serán entregadas a LUZ DEL SUR, por lo que resulta necesario, no sólo utilizar los equipos y materiales técnicamente aceptados por el concesionario sino también utilizar sus normas de distribución, con sus parámetros y criterios de cálculo.

**4.2.- Bases de Cálculo:** Los cálculos del presente proyecto se han efectuado tomando como base los siguientes datos iniciales:

$P_i$ (Potencia inicial a transmitir)	: 979,00 kVA
$P_t$ (Potencia total)	: 8 200,00 kVA
$V_n$ (Tensión de Servicio)	: 22,90 kV
$\cos \varnothing$ (Factor de Potencia)	: 0,85
$S_o$ (Potencia de Corto Circuito)	: 374,00 MVA
tact (Tiempo de actuación de protección)	: 0,20 sg
$T^t$ (Temperatura del terreno)	: 25 °C
Profundidad de instalación del cable	: 1,10 m
Resistividad térmica del terreno	: 20 °C - cm/W
<b>Tramo SET SAN ISIDRO - SE MATRIZ</b>	
$S$ (Sección de cable)	: 120 mm <sup>2</sup>
Tipo de cable a utilizar	: N2XS Y
Longitud	: 525,00 m
$T_{operación}$	: 80,00 °C
frecuencia de la red	: 60,00 Hz

**Tramo SE MATRIZ - SE T5**

<b>S</b> (Sección de cable lateral)	: 50 mm <sup>2</sup>
Longitud	: 190,00 m
<b>P<sub>2</sub></b> (Potencia a transmitir)	: 979,00 kVA

**Tramo SE T5 - SE T11**

<b>S</b> (Sección de cable lateral)	: 50,00 mm <sup>2</sup>
Longitud	: 122,00 m
<b>P<sub>3</sub></b> (Potencia a transmitir)	: 203,00 kVA

**4.3.- Dimensionamiento del Cable N2XSY - 22,9 kV****4.3.1 Calculo de Corriente de Carga**

a) Factores de corrección: [ 1 ]

Resistividad térmica del terreno	: 1,090 fr
Temperatura del terreno	: 1,000 ft
Profundidad de Instalación	: 0,945 fp
Por ubicación en ductos	: 0,90 fd (*)

Este factor no se contempla en las normas de LUZ DEL SUR, se asumió comparando las capacidades de corriente declaradas por el fabricante [ 2 ] con las del Concesionario

$$F_{eq} = fr \times ft \times fp \quad (4.1)$$

$$F_{eq} = 0,927$$

$$I_c = P / (\sqrt{3} \times V) \quad (4.2)$$

Hasta la Subestación Matriz, se calcula con la carga total:

$$I_{cT} = 206,74 \text{ A}$$

Hasta la Subestación T5, se calcula con la carga inicial:

$$I_{T5} = 29,04 \text{ A}$$

Hasta la Subestación T11, se calcula con la carga prevista para la T11:

$$I_{T11} = 6,02 \text{ A}$$

**b) Corriente de diseño**

$$I_d = I_c / F_{eq} \quad (4.3)$$

$$I_{dT} = 223,01 \text{ A}$$

De la Norma de cables de LUZ DEL SUR, [ 1 ] vemos que la sección mínima para 22,9 kV es 50 mm<sup>2</sup> y su corriente nominal es mucho mayor a la corriente de carga de las subestaciones T5 y T11.

En este caso, según la norma de cables de LUZ DEL SUR, el factor por profundidad de instalación del cable de 50 mm<sup>2</sup> es:

$f_p = 0,93$

El nuevo Factor de corrección será:  $F_{eq2} = 0,912$

Las corrientes de diseño son:

$I_{dT5} = 31,84 \text{ A}$

$I_{dT11} = 6,60 \text{ A}$

#### 4.3.2 Cálculo por Caída de Tensión

##### Haremos el cálculo por tramos

Considerando las corrientes calculadas y las longitudes respectivas de cada tramo:

##### a) SET San Isidro - S.E. Matriz

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times (r \cos \phi + x \sin \phi)}{1000,00} \quad (4.4)$$

$$\Delta V = 59,69 \text{ V}$$

##### b) SE Matriz - SE T5

De la norma de cables:

Calibre de cable 50 mm<sup>2</sup>

Resistencia cond. 0,495  $\Omega$ /km

Inductancia cond. 0,2763  $\Omega$ /km

Capacidad de corriente 198,00 A

$$\Delta V_{T5} = 5,92 \text{ V}$$

##### c) SE T5 - SE T11

$$\Delta V_{T11} = 0,79 \text{ V}$$

$$\Delta V_T = \Delta V + \Delta V_{T5} + \Delta V_{T11}$$

$$\Delta V_T = 66,4 \text{ V}$$

$$\Delta V_T \% = 0,26\% < 3,5\%$$

#### 4.3.3 Cálculo por Corriente de Cortocircuito

Según las normas, los cables tienen una capacidad limitada de Corriente de Cortocircuito. Esta capacidad depende de la sección del cable y del tiempo de apertura de la protección.

La fórmula que define esta capacidad es [1]:

$$I_{km} = 0,14356 \text{ S}/\sqrt{t} \quad (4.5)$$

Dicha capacidad de corriente de cortocircuito del cable debe ser mayor a la corriente de cortocircuito del sistema ( $I_{cc}$ ):

$$I_{cc} = P_{cc} / ((\sqrt{3}) V_n) \quad (4.6)$$

Para la S.E. Matriz:

$$P_{cc} = 374 \text{ mVA}$$

$$V_n = 22,9 \text{ kV}$$

$$I_{cc} = 9,43 \text{ kA}$$

Lo que aplicado a nuestro caso nos da los resultados indicados en la Tabla 4.1

Sección (mm <sup>2</sup> )	T (sg)	I <sub>km</sub> (kA)
120	0,2	38,52
50	0,02	50,76

**TABLA 4.1**

Como en ambos casos (120 y 50 mm<sup>2</sup>), I<sub>km</sub> > I<sub>cc</sub>; se cumple la condición.

Las secciones escogidas cumplen con todas las exigencias de las normas técnicas vigentes.

#### 4.4 Sistema de Barras:

Datos generales del sistema:

$$V_N = 22,90 \text{ kV}$$

Sistema estrella puesto sólidamente a tierra BIL = 125 kV.

##### 4.4.1 Distancias mínimas de seguridad [ 3 ]:

a) Separación mínima de partes bajo tensión: Para una tensión de 22,9 kV será:

$$10 \text{ cm} + 1 \text{ cm/kV} \quad (4.7)$$

$$= 10 \text{ cm} + 1 \text{ cm/kV} \times 22,90 \text{ kV} = 32,90 \text{ cm}$$

Tomamos 35 cm

b) Separación mínima de partes bajo tensión y masa:

Para una tensión de 22,9 kV será:

$$8 \text{ cm} + 0,60 \text{ cm/kV} \quad (4.8)$$

$$= 8 \text{ cm} + 0,60 \text{ cm/kV} \times 22,90 \text{ kV} = 21,74 \text{ cm}$$

Tomamos 25 cm

c) Verificación de distancias según BIL requerido:

Según IEEE-27 ANSI C37.20 para un BIL de 125 kV se requiere de una distancia de partes bajo tensión de 26,60 cm y entre partes bajo tensión y masa de 19,00 cm, lo cual cumple sobradamente con las distancias escogidas en los puntos a) y b).

Estas distancias de seguridad son válidas para las tres subestaciones

#### 4.4.2 Cálculo de Esfuerzos Electrodinámicos:

Primero calculamos la Potencia de Cortocircuito en la Subestación Convencional Matriz en 22,90/0,23 kV. :

Impedancia del conductor:

Datos del sistema:

$$R_{20}^{\circ} c = 0,1530 \text{ Ohm/Km}$$

$$L = 525 \text{ m}$$

$$S = 120 \text{ mm}^2$$

Según la norma de LUZ DEL SUR [ 1 ]:

$$R_C = 0,1951 \text{ Ohm/Km}$$

$$X_c = j0,2440 \text{ Ohm/km}$$

Impedancia del transformador:

Datos del sistema:

$$S_0 = 374 \text{ MVA}$$

$$V_N = 22,9 \text{ kV}$$

$$Z_0 = V^2/S_0 \quad (4.9)$$

$$Z_0 = j1,4022 \text{ Ohm}$$

Impedancia total del sistema:

$$Z_T = (0,1951 + j0,2440) \times L + j1,4022$$

$$Z_T = 1024 + j1,281 + j1,4022 \text{ Ohm}$$

$$Z_T = 1,5336 \text{ Ohm}$$

Potencia de cortocircuito:

$$S_{cc} = \frac{V^2}{Z_T} = \frac{(22,9)^2}{1,53} \quad (4.10)$$

$$S_{CC} = 342,75 \text{ MVA}$$

La corriente permanente de cortocircuito será:

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{(3)^{1/2} \times V_N} = \frac{342,75}{(3)^{1/2} \times 22,9} \quad (4.11)$$

$$I_{CC} = 8\,641,60 \text{ A}$$

La corriente máxima de cortocircuito será:

$$I_{Ch} = 2,55 I_{CC}$$

$$I_{Ch} = 22,036 \text{ kA}$$

La fuerza entre dos barras (al presentarse el cortocircuito), será:

$$F = \frac{2,042}{n} \times (I_{Ch})^2 \times \frac{L}{d} \times (10)^{-8} \text{ Kg.} \quad (4.12)$$

Donde:

$I_{Ch}$  : Corriente máxima de cortocircuito

$d$  : Distancia entre ejes de barras

$L$  : Distancia entre apoyos

$n$  : N° de pletinas por fase

$$F = \frac{2,042}{1} \times (22,036)^2 \times \frac{190}{35} \times (10)^{-8} \text{ Kg} = 53,82 \text{ Kg}$$

Para las barras colectoras, el momento máximo que se produce, será:

$$M_b = \frac{F \times L}{8} = \frac{53,82 \times 190}{8} \quad (4.13)$$

$$M_b = 1\,278,41 \text{ Kg-cm}$$

El esfuerzo máximo admisible del cobre es:

$$K_b = 1\,000 \text{ a } 1\,200 \text{ Kg/cm}^2$$

Tomamos el más desfavorable ( $K_b = 1\,000 \text{ Kg/cm}^2$ )

El momento resultante  $W'b$  será:

$$W'_b = Mb / K_b \quad (4.14)$$

$$W'_b = 1\,278,41 / 1000$$

$$W'_b = 1,27841 \text{ cm}^3$$

Este momento resultante ( $W'_b$ ) no debe ser mayor que el momento propio de las barras de cobre ( $W_b$ ); o sea, debe cumplirse que:  $W_b > W'_b$

El momento propio de las barras de cobre será (considerando una barra de 50 mm x 5 mm, en posición horizontal):

$$W_b = (b)^2 \times h / 6 \quad (4.15)$$

Reemplazando en (4.15):

$$\frac{(5)^2 \times 0,5}{6} \quad W_b = 2,0833 \text{ cm}^3$$

Debe cumplirse que:  $W_b > W'_b$

**2,0833 > 1,27841 ES DECIR CUMPLE LA CONDICIÓN**

Por lo tanto, para un nivel de cortocircuito en la subestación de 342,75 MVA debemos utilizar barras de cobre de 50 mm x 5 mm.

#### 4.4.3 Cálculo de Esfuerzos Térmicos:

La elevación de temperatura de una barra, debido a una corriente de cortocircuito permanente ( $I_{cc}$ ), durante un tiempo "t", se calcula de la manera siguiente [4]:

$$C = (k / q^2) \times I_{cc}^2 \times (\Delta t + t), \text{ en } ^\circ\text{C} \quad (4.16)$$

Donde:

$$k : \text{constante del material (cobre)} = 0,0058$$

$$q : \text{sección de la barra en mm: } 40\text{mm} \times 5\text{mm} = 250 \text{ mm}^2$$

$$t : \text{tiempo total de apertura de los dispositivos de protección y maniobra} = 3 \text{ seg.}$$

En realidad el tiempo de apertura es menor a 3 seg., pero se considera dicho tiempo para sobreprotegerse.

En la fórmula se aumenta un  $\Delta t$ , para incluir el calentamiento de choque y se calcula como sigue:

$\Delta t \rightarrow T$  ; Donde , T vale:

0,3 a 0,15 para cortocircuito tripolar

0,6 a 0,25 para cortocircuito bipolar

Se ha considerado el valor más desfavorable (0,6)

Según lo indicado se procede a calcular "C" reemplazando datos en (4.16):

$$C = \frac{0,0058}{250^2} \times (8641,60)^2 \times (3+0,6) = 24,94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

24,94<sup>o</sup>C es la sobreelevación de temperatura en la barra, a este valor de temperatura se le suma la temperatura de funcionamiento de la barra (50<sup>o</sup>C) obteniéndose la temperatura de la barra en el momento de cortocircuito:

$$T_{\text{barra}} = 24,94 + 50 = 74,95 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El cobre desnudo admite una elevación de temperatura hasta 200 <sup>o</sup>C, por lo tanto:

200 <sup>o</sup>C > 74,95 <sup>o</sup>C **ES DECIR CUMPLE LA CONDICIÓN**

#### 4.4.4 Cálculos por Resonancia:

La frecuencia natural de la barra, se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_n = 112 \times (E \times J / G \times L^4)^{1/2} \quad (4.17)$$

Donde:

**E** = Modulo de elasticidad del cobre = 1,25 x 10<sup>6</sup> Kg/cm<sup>2</sup>

**J** = Momento de inercia de la barra =  $\frac{b^3 \times h}{12}$  (4.18)

**J** = 5<sup>3</sup> x 0,5 /12 = 5,208 cm<sup>4</sup>

**G** = Peso de la barra = 0,02225 Kg/cm

**L** = Longitud de la barra entre apoyos = 190 cm

Reemplazando valores:

$$f_n = 112 \times (1,25 \times 10^6 \times 5,208)^{1/2} / (0,0222 \times 190^4)^{1/2} \quad (4.19)$$

$$f_n = 53,13 \text{ Hz}$$

Para evitar el fenómeno de resonancia, la frecuencia (**fn**) con que vibran las barras no debe tener un valor alrededor de  $\pm 10\%$  de la frecuencia eléctrica (**fe**) de la red (60Hz), o del doble de ella (120 Hz). Esta resonancia solo es importante en barras planas. Es por esto que ha sido necesario calcular la frecuencia natural y verificar que se cumpla:

$$f_n > 1,10 f_e$$

$$\text{ó } f_n < 0,90 f_e$$

$$\text{ó } f_n > 1,10 (2f_e)$$

$$\text{ó } f_n < 0,90 (2f_e)$$

Para este análisis 53,13Hz no está incluido en dichos rangos:

#### **LUEGO CUMPLE LA CONDICIÓN**

Siguiendo los mismos criterios para las otras subestaciones, se obtiene los resultados indicados en la TABLA 4.2

SUBESTACION	PCC(MVA)	BARRAS	T <sub>barra</sub> (°C)	F (kg)
MATRIZ	342,75	50x5	74,95	53,82
T-5	330,10	50x5	73,14	49,8
T-11	323,02	50x5	72,16	47,8

**TABLA 4.2**

#### 4.5 Dimensionamiento del Aislador Portabarras:

El esfuerzo de ruptura en la punta del aislador, será producido por la máxima fuerza entre apoyos calculada anteriormente ( $F = 23,92 \text{ Kg}$ ), dividida entre un coeficiente de seguridad (0,3).

$$F' = F / 0,3 \quad (4.20)$$

Reemplazando en (4.20):

$$\frac{53,82}{0,30} = 179,4 \text{ Kg}$$

$$K = L_{fuga} / V_{m\acute{a}x} \quad (4.21)$$

Según Norma Británica BS-137:

$$K = 1,7 \text{ — } 2,5 \text{ cm/kV} \quad : \text{ para zona de contaminación moderada}$$

Datos del Sistema:

$$V_{nom} = 22,90 \text{ kV}$$

$$V_{max} = 24,00 \text{ kV}$$

Despejando  $L_{fuga}$  en (4.21)

$$L_{fuga} = K \times V_{m\acute{a}x} = 1,7 \times 24,00 = 40,80 \text{ cm}$$

$$L_{fuga} = 408 \text{ mm}$$

Según Tomo IV C.N.E.

$$BIL = 125 \text{ kV}$$

Segun Norma IEC 273, Escogemos Aislador portabarra tipo J4-125

#### 4.6 Dimensionado de Terminales para Cables de 24 kV uso Interior:

Datos del sistema:

$$V_{m\acute{a}x} = 24 \text{ kV}$$

Uso Interior  
 Altura menor a 1 000 m.s.n.m.

$$L_{fuga} = ?$$

$$L_{fuga} = V \times K_f(\text{mm})$$

$$K_f = 25 \frac{\text{cm}}{\text{kV}} \quad \text{Según IEC - 815}$$

$$L_{fuga} = 24 \times 25 = 600 \text{ mm (mínimo)}$$

BIL: 125 kV: El terminal a usarse será CLASE 25 kV [ 3 ]

#### 4.7 Cálculo de protecciones

##### 4.7.1 Cálculo del Fusible Limitador de Corriente:

Datos del sistema: Sub-Estación T11

$$S_N = 250 \text{ KVA}$$

$$V_N = 22,9 \text{ kV}$$

Corriente Nominal del Primario:

$$I_N = \frac{P_N}{(3)^{1/2} \times V_N} \quad (4.22)$$

$$I_N = \frac{250}{(3)^{1/2} \times 22,9} = 6,3 \text{ Amp.}$$

La corriente de diseño de la protección ( $I_d$ ), se calcula multiplicando la  $I_N$  por un factor de seguridad que definimos como 1,2.

$$I_d = I_N \times 1,2 = 7,56 \text{ A} \quad (4.23)$$

La corriente de inserción será:

$$12I_d = 90,76 \text{ A} \implies t = 0,1 \text{ seg.}$$

La corriente máxima admisible de cortocircuito será:

$$20I_d = 151,2 \text{ A} \implies t = 2 \text{ seg.}$$

Con estos dos puntos vamos al gráfico de máximos y mínimos de las curvas tiempo-corriente para fusibles tipo "E" (22,9 kV), determinando un rango de curvas para luego seleccionar el fusible limitador de corriente (20E), en coordinación con el interruptor Termomagnético, de B.T. de 800 Amp. Ver gráficos N° 1 y N° 2.

#### 4.7.2 Cálculo del Interruptor Termo magnético:

**Datos del sistema: Sub-Estación T11**

$$S_N = 250 \text{ KVA}$$

$$V_N = 0,23 \text{ kV}$$

$$I_{NS} = \frac{S_N}{(3)^{1/2} \times V_N} \quad (4.24)$$

$$I_{NS} = \frac{250}{(3)^{1/2} \times 0,23} = 627,55 \text{ Amp.}$$

La corriente de diseño considerando un 20% de sobrecarga será, según (4.23)

$$I_d = 1,2 \times I_N \quad I_d = 1,2 \times 627,55$$

$$I_d = 753,07 \text{ Amp.}$$

Escogemos un Interruptor Termomagnético de 800 A.

Con un criterio similar se calcula los demás elementos de protección, tal como se muestra en la TABLA 4.3:

TRAFO P <sub>N</sub> (KVA)				RANGO DE FUSIBLES (A)		FUSIBLE ELEGIDO	UBICACIÓN	INT. TERMOMAG
	I <sub>D</sub>	12I <sub>D</sub>	20I <sub>D</sub>	MIN	MAX			
250	7,53	90,36	150,6	7	40	20	TRAFO	800
						30	SEC.POT.	
400	12,1	145,2	242	13	50	40	TRAFO	1200

**TABLA 4.3**

El relé será calibrado e instalado por LUZ DEL SUR

### 4.7.3 Diseño del Transformador de Corriente

El transformador de corriente, a semejanza de los fusibles debe cumplir con la condición de que la corriente de falla máxima no debe superar 20 veces la  $I_n$  del transformador.

En este caso la potencia de corriente de falla corresponde a la que se presentaría en la Subestación Matriz, es decir 8,64 kA; lo cual nos da:

$$I_n = 8,64 \text{ kA} / 20 = 432 \text{ A} \quad (4.25)$$

La capacidad de sobrecarga de nuestro transformador de corriente será de 30%; lo cual nos lleva a definir nuestro Transformador de corriente con una relación de transformación de 400/5 A

Con este transformador, la relación de transformación será de  $400/5 = 80$ .

En caso de falla, la  $I_f$  de 432 A nos daría una corriente en el secundario de  $432/80 = 5,4 \text{ A}$ , dentro del rango del 30% de sobrecarga. Es decir en el caso de falla. el transformador tendrá una corriente secundaria de 5,4 A.

### 4.8 Cálculo del Sistema de Ventilación:

El diseño del sistema de ventilación se ha realizado de tal manera que asegure la adecuada refrigeración de los transformadores instalados en las subestaciones.

Condiciones del diseño:

La temperatura de entrada del aire es la temperatura ambiente  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Cuando el aire entra en contacto con la superficie del transformador, eleva su temperatura en  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , por lo que la temperatura de salida será de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ . (TOMO IV C.N.É).

#### 4.8.1 Ventilación de Subestación T-5:

La Subestación T-5 tiene las siguientes características especiales:

Se ha proyectado para ser instalada en el sótano que corresponde a playa de estacionamiento de la Torre 5 del Centro Empresarial Camino Real.

No se ubicará en un área cerrada, puesto que, tanto el frente de acceso a la subestación como la zona que da al estacionamiento vehicular se han previsto

íntegramente de malla metálica y no pared de concreto como es usual en una subestación.

La mencionada playa de estacionamiento fue diseñada para evacuar los gases calientes del escape de los vehículos, los ingenieros del cliente (Graña y Montero Edificaciones) nos aseguran que de acuerdo a sus cálculos, el calor generado en los transformadores es menor al que disipan los vehículos que estuvieran ubicados en esa área, por lo que el sistema de ventilación de la playa de estacionamiento es suficiente para mantener los transformadores a temperatura adecuada.

Por lo tanto se tendrá una eficiente ventilación natural.

#### 4.8.2 Ventilacion de Subestacion T-11:

##### Parámetros Generales

Pérdida Transformador 250 kVA: 4,5 kW

La resistencia que ofrece el camino a la corriente de aire es:

$$R = R_1 + m^2 R_2 \quad (4.26)$$

Donde  $R_1$  y  $R_2$  son los coeficientes de aceleración y resistencia en los canales de entrada y salida respectivamente.

$m$  es la relación entre las secciones ( $A_1$ ) del canal de entrada y ( $A_2$ ) del canal de salida.

Según el Manual de Instalaciones de Distribución de Energía Eléctrica (BBC) [ 7 ], tenemos:

$R_1$  a la entrada del aire:

Aceleración	1,00
Rejilla de lámina	2,50
Rejilla de alambres	0,70
Aumento de sección	0.90
Cambio de dirección	0,30
<b><math>R_1</math></b>	<b>5,40</b>

$R_2$  a la salida del aire:

Aceleración	1,00
Codo rectangular	1,50
Rejilla de lámina	2,50

$R_2$ 

5,00

Si el canal de salida de aire se hace 10% más grande que el canal de entrada, será

$$m = \frac{A_1}{A_2} \quad A_2 \times m = A_1 = (1/1,1) = 0,91 \quad (4.27)$$

Reemplazando valores:

$$R = 5,40 + (0,91) \times 5,00$$

$$R = 9,95$$

La ecuación de equilibrio para la circulación de aire es:

$$H \times tu^3 = \frac{13,2 p^2 \times R}{A_1^2} \quad (4.28)$$

Despejando  $A_1$  en (4.28):

$$A_1^2 = \frac{13,2 p^2 \times R}{H \times tu^3}$$

Donde:

P Pérdida total del transformador 4,4 kW

H Altura columna de aire en m: 3,00 m

tu Calentamiento de la columna de aire en  $^{\circ}\text{C} = 15^{\circ}\text{C} (T_2 - T_1)$ .

R Resistencia del flujo de aire entre el ducto de entrada y punto medio de la ventana de salida = 9,95

$A_1$ : Sección del canal de entrada =?  $\text{m}^2$  Luego:

$$A_1 = 0,47 \text{ m}^2$$

$$\text{Por lo tanto } A_2 = 1,10 \times 0,47 = 0,517 \text{ m}^2$$

La subestación ha sido diseñada con:

$$A_1 = 1,00 \text{ m}^2 \text{ (ingreso)} \quad A_2 = 1,35 \text{ m}^2 \text{ (Salida)}$$

No se requiere ventilación forzada.

#### 4.9 Cálculo de la Resistencia de puesta a Tierra del Pozo de Media Tensión

Electrodo vertical:

$$\left[ R = 0,366 \left( \frac{\rho}{L} \right) \log \frac{2L}{d} \sqrt{\frac{(4h+3L)}{(4h+L)}} \right] \quad (4.29)$$

Donde:

$\rho = 30 \Omega\text{-m}$  (resistividad específica) debido a la adición de: bentonita y sal industrial.

$L = 2,40 \text{ m}$  (longitud de la varilla)

$d = 0,0159 \text{ m}$  (diámetro de la varilla)

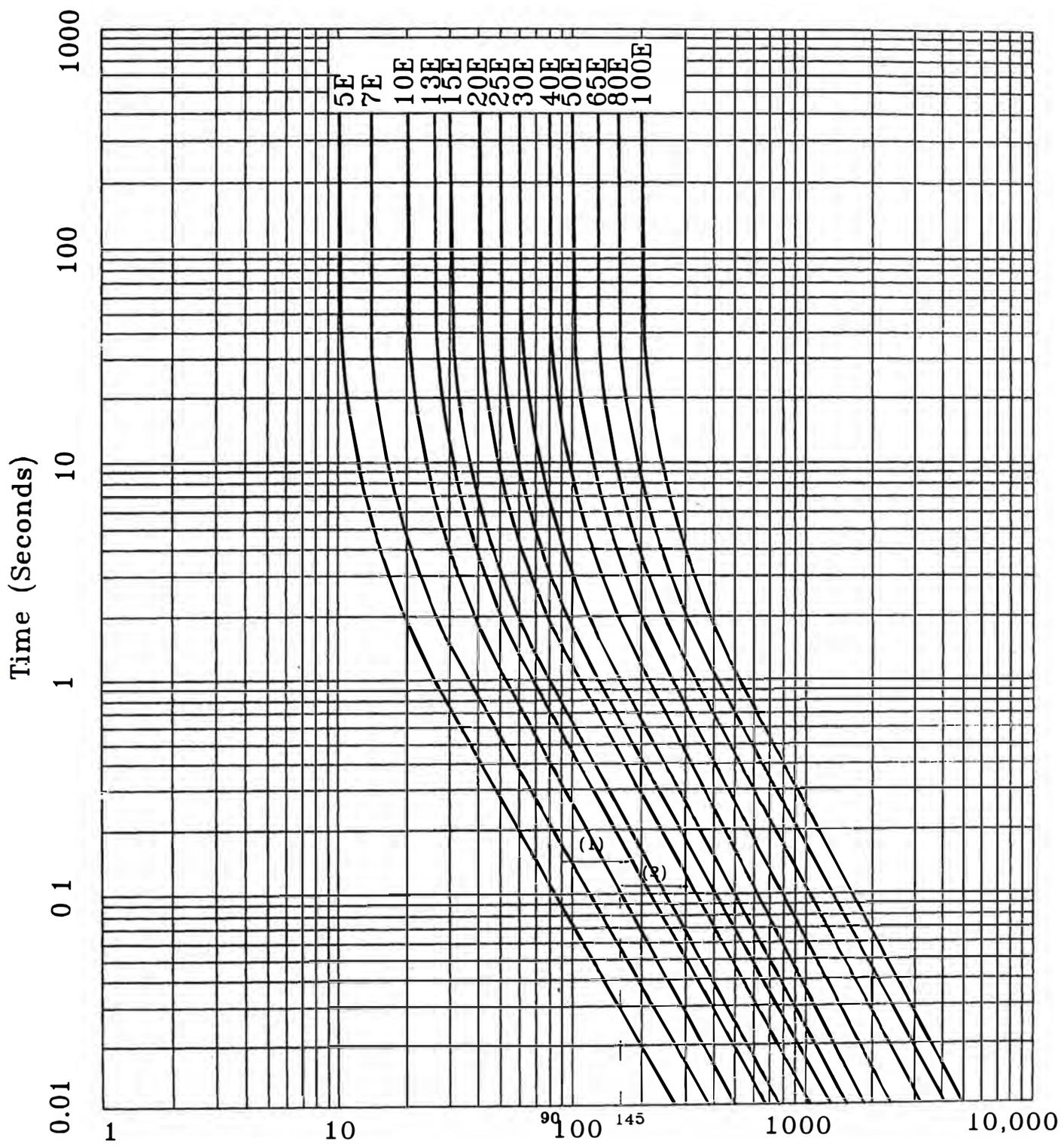
$h = 0,5 \text{ m}$  (enterrado a profundidad)

Reemplazando en fórmula tenemos:

$$R = 0,366 \times \left( \frac{30}{2,40} \right) \log \left[ \frac{2 \times 2,40}{0,015} \sqrt{\frac{4 \times 0,5 + 3 \times 2,4}{4 \times 0,5 + 2,4}} \right]$$

$$R = 12,2 \Omega$$

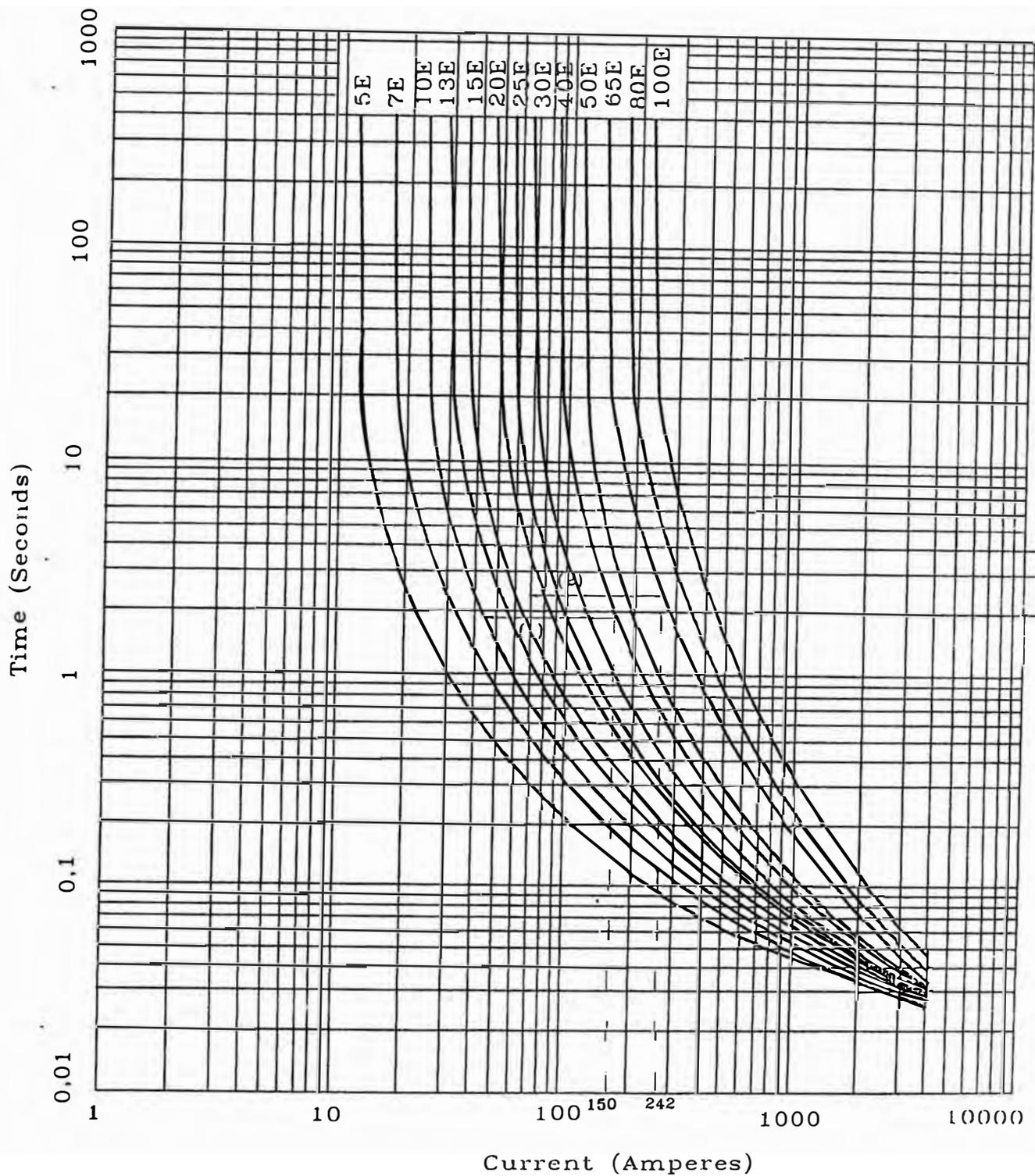
Lima, setiembre de 2006



Current (Amperes)  
 Minimun melt characteristics of E-rated fuses

- (1) CURVAS QUE CUMPLEN LA CONDICION (TRAFO DE 250)
- (2) CURVAS QUE CUMPLEN LA CONDICION (TRAFO DE 400)

GRAFICO N° 1



Total clearing time characteristics of E-rated fuses (Source: S&C Electric Company TCC# 153-4-6-5)

- (1) CURVAS QUE CUMPLEN LA CONDICION (TRAFO DE 250)
- (2) CURVAS QUE CUMPLEN LA CONDICION (TRAFO DE 400)

## GRAFICO N° 2

## CAPITULO V

### 5.- METRADO Y PRESUPUESTO:

**5.1 Generalidades:** La cotización de los materiales y equipos para 22,9 kV, fue un trabajo difícil debido a la escasez de los mismos en el mercado nacional, no abastecido habituado aun.

En algunos casos se tuvo que contactar directamente con los fabricantes extranjeros para definir características técnicas, precios y plazos de entrega.

Los precios de la mano de obra se han calculado en función de la Hora Hombre, parámetro utilizado por LUZ DEL SUR para definir precios unitarios por actividad. En este caso se considera:

1 H.H. = S/. 15,00

Todos los precios están en Dólares Americanos, especialmente porque la mayor parte de los equipos (transformadores, equipos de protección, etc.) fueron cotizados en dicha moneda por los proveedores.

\$ 1,00 = S/. 2,50 (tipo de cambio vigente en la fecha del proyecto).

Los altos precios de los equipos se deben precisamente a su poca oferta en el mercado.

El presupuesto se muestra en las páginas siguientes.

## 5.2 Presupuesto

### 5.2.1 Materiales

Descripción	Unid	Metrado	MATERIALES	
			UNITARIO	TOTAL
<b>Obras preliminares</b>				
<b>Red subterránea 22,9 kV</b>				
Tendido de conductor 3-1x 120 mm <sup>2</sup> N2XSY 22,9 kV	m	1 575,00	30,46	47 974,50
<b>SE Matriz</b>				
Terminal termorest. tipo interior p/cable N2XSY 1 X 50 mm <sup>2</sup>	kit	2,00	215,10	430,20
Terminal termorest. tipo interior p/cable N2XSY 1 X 120 mm <sup>2</sup>	kit	2,00	500,00	1 000,00
Accesorios y aparellaje	Und	1,00	1 500,00	1 500,00
Interruptor automático tripolar en SF6 - 22,9 kV	Und	1,00	2 307,50	2 307,50
Relé	Und	1,00	2 000,00	2 000,00
Seccionador fusible para transformador de 630 A	Und	0,00	400,00	0,00
Seccionadores Unipolares	Und	3,00	280,00	840,00
Celdas convencionales	Und	3,00	5 742,00	17 226,00
<b>SE T5</b>				
Instalación de cable 3-1x50 mm <sup>2</sup> N2XSY 22,9 kV en ducto	m	300,00	11,43	3 429,00
Terminal termorest. tipo interior p/cable N2XSY 1 X 50 mm <sup>2</sup>	Und	2,00	215,10	430,20
Accesorios y aparellaje	Und	1,00	1 500,00	1 500,00
Transformador convencional 22,9/0,23 kV - 400 kVA	Und	2,00	12 000,00	24 000,00
Seccionador de Potencia	Und	1,00	2 307,50	2 307,50
Fusibles para el seccionador de potencia	Und	3,00	175,00	525,00
Seccionador fusible para transformador de 630 A	Und	6,00	400,00	2 400,00
Seccionadores Unipolares	Und	3,00	280,00	840,00
Celdas convencionales	Und	4,00	5 742,00	22 968,00
Empalme derecho para cable N2XSY 1 X 50	kit	1,00	300,00	300,00
<b>SE T11</b>				
Instalación de cable 3-1x50 mm <sup>2</sup> N2XSY 22,9 kV en ducto		360,00	11,43	4 114,80
Accesorios y aparellaje	Und	1,00	1 500,00	1 500,00
Transformador convencional 22,9/0,23 kV - 250 kVA	Und	1,00	10 000,00	10 000,00
Seccionador fusible para transformador de 630 A	Und	3,00	400,00	1 200,00
Seccionadores Unipolares	Und	3,00	280,00	840,00
Celdas convencionales	Und	3,00	5 742,00	17 226,00

**Total Materiales:**

**\$ 166 858,70**

## 5.2.2 Mano de obra

Descripción	Unid	Metrado	H.H.		TOTAL M.O.
			UNITARIAS	Total	
<b>Obras preliminares</b>					
<b>Red subterránea 22,9 kV</b>					
Rotura y reparación de veredas	m	255,00	6,20	581,00 <sup>1</sup>	13 280,40
Apertura y cierre de zanja	m	255,00	1,29	328,95	2 763,18
Tendido de conductor 3-1x 120 mm <sup>2</sup> N2XSY 22,9 kV	m	1 575,00	0,18	283,50	2 381,40
<b>SE 1371 ( Matriz)</b>					
Terminal termorest. tipo interior p/cable N2XSY 1 X 50 mm <sup>2</sup>	kit	2,00	8,00	16,00	134,40
Terminal termorest. tipo interior p/cable N2XSY 1 X 120 mm <sup>2</sup>	kit	2,00	8,00	16,00	134,40
Empalme derecho para cable N2XSY 1 X 120	kit	2,00	6,50	13,00	109,20
Accesorios y aparellaje	Und	1,00	350,00	350,00	2 940,00
Transformador convencional 22,9/0,23 kV - 630 kVA	Und	0,00	45,00	0,00	0,00
Interruptor automático tripolar en SF6 - 22,9 kV	Und	1,00	15,00	15,00	126,00
Relé	Und	1,00	10,00	10,00	84,00
Seccionadores Unipolares	Und	3,00	3,00	9,00	232,50
Celdas convencionales	Und	3,00	69,15	207,45	1 742,58
<b>SE 1372 (TORRE REAL5)</b>					
Instalación de cable 3-1x50 mm <sup>2</sup> N2XSY 22,9 kV en ducto	m	300,00	0,14	42,00	352,80
Terminal termorest. tipo interior p/cable N2XSY 1 X 50 mm <sup>2</sup>	Und	2,00	8,00	16,00	134,40
Empalme derecho para cable N2XSY 1 X 50	kit	1,00	6,50	6,50	54,60
Accesorios y aparellaje	Und	1,00	350,00	350,00	2 940,00
Transformador convencional 22,9/0,23 kV - 400 kVA	Und	2,00	45,00	90,00	756,00
Seccionador fusible para transformador de 630 A	Und	6,00	10,00	60,00	504,00
Seccionador de Potencia	Und	1,00	15,00	15,00	126,00
Fusibles para el seccionador de potencia	Und	3,00	1,00	3,00	25,20
Seccionador fusible para transformador de 630 A	Und	6,00	10,00	60,00	504,00
Seccionadores Unipolares	Und	3,00	3,00	9,00	232,50
Celdas convencionales	Und	3,00	69,15	207,45	1 742,58
<b>SE 1373 (TORRE REAL 11)</b>					
Instalación de cable 3-1x50 mm <sup>2</sup> N2XSY 22,9 kV en ducto		360,00	0,14	50,40	423,36
Empalme derecho para cable N2XSY 1 X 50	kit	1,00	6,50	6,50	54,60
Accesorios y aparellaje	Und	1,00	350,00	350,00	2 940,00
Transformador convencional 22,9/0,23 kV - 250 kVA	Und	1,00	45,00	45,00	378,00
Seccionador fusible para transformador de 630 A	Und	3,00	10,00	30,00	252,00
Seccionadores Unipolares	Und	3,00	3,00	9,00	232,50
Celdas convencionales	Und	3,00	69,15	207,45	1 742,58

Total Mano de Obra

\$ 37 323,18

## OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

### Observaciones

1. LUZ DEL SUR, al aplicar este sistema dio el primer paso para resolver dos graves problemas en sus redes de media tensión:
  - Exceso de caída de tensión en circuitos muy largos de las zonas rurales.
  - Entrega de grandes cargas con alimentadores de mayor capacidad.
2. La norma de procedimientos del Ministerio de Energía y Minas, en líneas generales, cumple con estipular los lineamientos mínimos para llevar adelante un adecuado proceso, definiendo claramente las responsabilidades de todas las partes que participan de un proceso de electrificación.
3. Se ha observado que no existe un método adecuado para el cálculo de la demanda Máxima, especialmente en edificios. Esto genera problemas en el diseño de las redes.
4. En el caso de edificios, las empresas constructoras no dan importancia a los requerimientos técnicos indicados en el documento de factibilidad de suministro. Lo cual genera dificultades sobre todo cuando la concesionaria requiere áreas de terreno para subestaciones.
5. El profesional responsable del proyecto debe tener claro que va a trabajar bajo ciertos parámetros que reducen la libertad para escoger los equipos y materiales; independientemente del proceso lógico matemático que implica el diseño. Estas limitaciones definidas por el concesionario son:
  - Nivel de tensión, debido al voltaje de distribución existente o previsto en la zona.
  - Selección del material y su instalación. En este caso el concesionario limita la variedad de materiales y equipos a utilizar mediante sus propias normas de distribución; esto le da las siguientes ventajas:

- Facilidad de mantenimiento
- Reducción del espacio de almacén
- Menor capital inmovilizado.
- Obtención de mejores precios
- Especialización de la mano de obra calificada.

- El punto de diseño, que el concesionario fija, no siempre en coordinación con el interesado como indica la norma, a veces no cumple las expectativas de éste, y además señala condiciones técnicas que se deberán cumplir para que se apruebe el proyecto.

6. No existe control del cumplimiento de los procesos (en tiempo real) indicados en la norma (factibilidad de suministro, fijación de puntos de alimentación, revisión y aprobación de proyectos, etc.) que impida el incumplimiento de plazos establecidos en la norma, evitar que se den exigencias fuera de lugar o abusos por parte de la concesionaria. Los procedimientos de reclamo establecidos por **Osinerg**, no son adecuados para estos casos debido a que implican plazos muy largos y varias instancias.
7. La concesionaria no respeta la vigencia de los proyectos aprobados, aplica la retroactividad a sus normas sin importarle que el proyecto se encuentre vigente y que generalmente, al inicio de las obras, estos ya cuentan con un presupuesto aprobado.
8. Es muy común que la concesionaria, incumpliendo la norma DGE 004B-P-1/1984, no disponga de Ingenieros electricistas o mecánicos electricistas colegiados como personal responsable de los procesos de revisión y aprobación de proyectos ni para la supervisión de las obras. Esto genera que a veces la falta de criterio técnico de dicho personal entrampe el proceso o genere soluciones técnicas inadecuadas.
9. Las empresas concesionarias, están incurriendo en competencia desleal para el proyectista, primero y para la contratista ejecutora de obras posteriormente al ofrecer al cliente sus servicios de elaboración de proyecto y ejecución de obra en plazo corto y con facilidades de pago, abusando de su situación privilegiada, y lo

hacen incluso cuando el cliente ya tiene un profesional especialista trabajando el tema.

Este último punto es importante resaltarlo porque la empresa ofrece como ventajas al cliente:

- Menores plazos de atención.
- Mejor precio de ejecución de obras.
- Financiamiento.
- Pago en mensualidades incluidas en su recibo de consumo de energía.

La competencia desleal viene porque los menores plazos de atención se deben a que la empresa actúa en estos casos como juez y parte, obviando pasos contemplados en la norma y de obligatorio cumplimiento para los proyectistas y empresas contratistas particulares. Esto puede derivar a que los incumplimientos en los plazos por parte de la concesionaria, sean parte de un proceso para desalentar al cliente dilatando el tiempo para empujarlo a tomar los servicios de la concesionaria y dejar de lado al profesional o empresa contratista que venía trabajando el caso.

Es importante resaltar además que los mejores precios ofrecidos por las concesionarias no solo se deben a su acceso a precios muy bajos en el mercado por las compras masivas que realizan, sino porque al contar con muchos materiales y equipos usados y de recupero, resulta muy barato realizar un mantenimiento y pintado a dichos equipos e instalarlos como nuevos; esto es muy conocido sobre todo en el caso de equipos como Transformadores de potencia, seccionadores de potencia, interruptores en media tensión, etc. Al ser juez y parte, se eximen del requisito indicado por la norma de procedimientos referido a la presentación de las facturas de los equipos instalados.

La progresiva eliminación de la competencia (proyectistas y ejecutores de obra) por estos medios puede terminar en la apropiación del mercado (monopolio) y la imposición de precios y condiciones a criterio de la concesionaria.

## Recomendaciones

Como ente encargado de la fiscalización de las empresas concesionarias de distribución de energía eléctrica, las recomendaciones en este caso van dirigidas a Osinerg, quien:

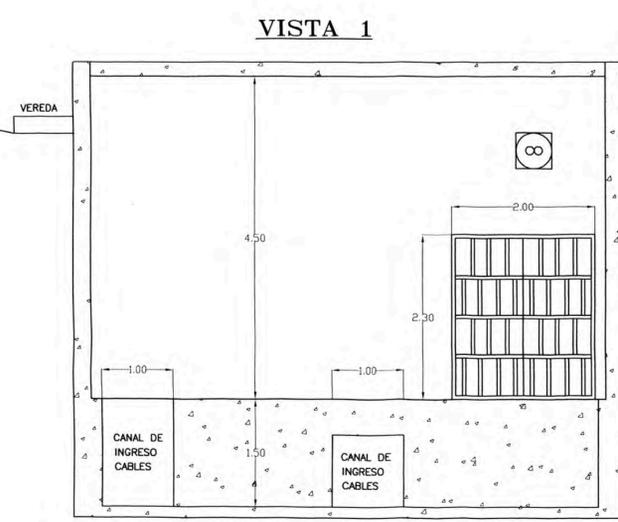
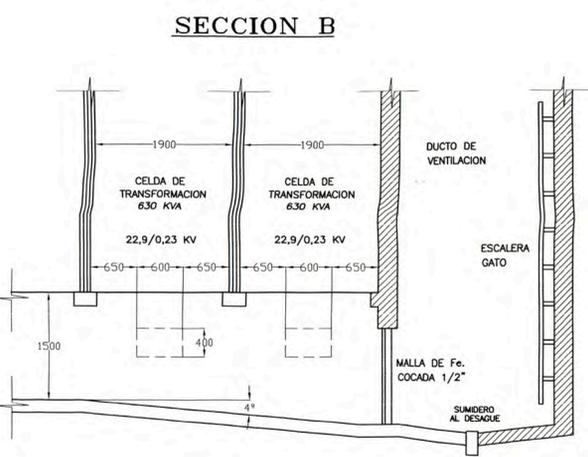
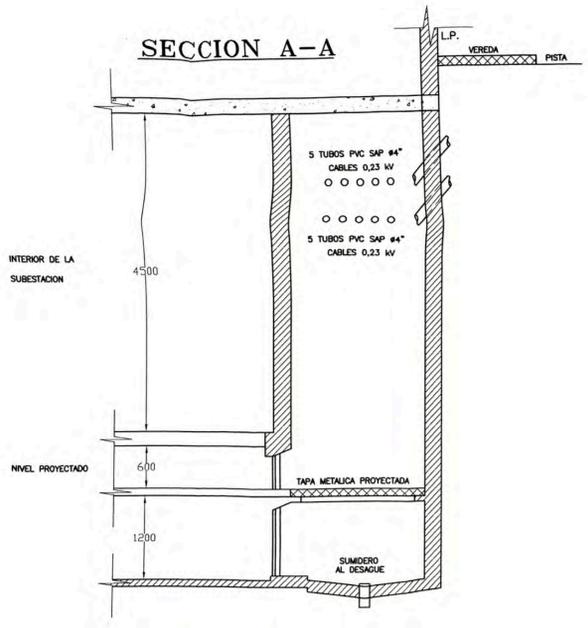
1. Debería establecer un método correcto y realista para la determinación de Demanda Máxima, que considere criterios modernos y adecuados a la realidad de nuestro país.
2. Destacar un ingeniero electricista o mecánico electricista de su plantel de profesionales como en las concesionarias, con suficiente autoridad como para definir reclamos y solucionar problemas sin mayores trámites, plazos e instancias.
3. Obligar a las empresas concesionarias a:
  - Cumplir la norma, disponiendo de profesionales colegiados idóneos para desempeñar la labor de revisores y supervisores.
  - Respetar la vigencia de los proyectos aprobados, definiendo la no retroactividad de las normas.
4. Estudiar los mecanismos que permitan evitar que las empresas concesionarias, a través de ellas mismas o de empresas de su propiedad, elaboren proyectos y ejecuten obras de sistemas de distribución y utilización, labor que no les corresponde por ser concesionarias de Distribución.

## **ANEXO A**

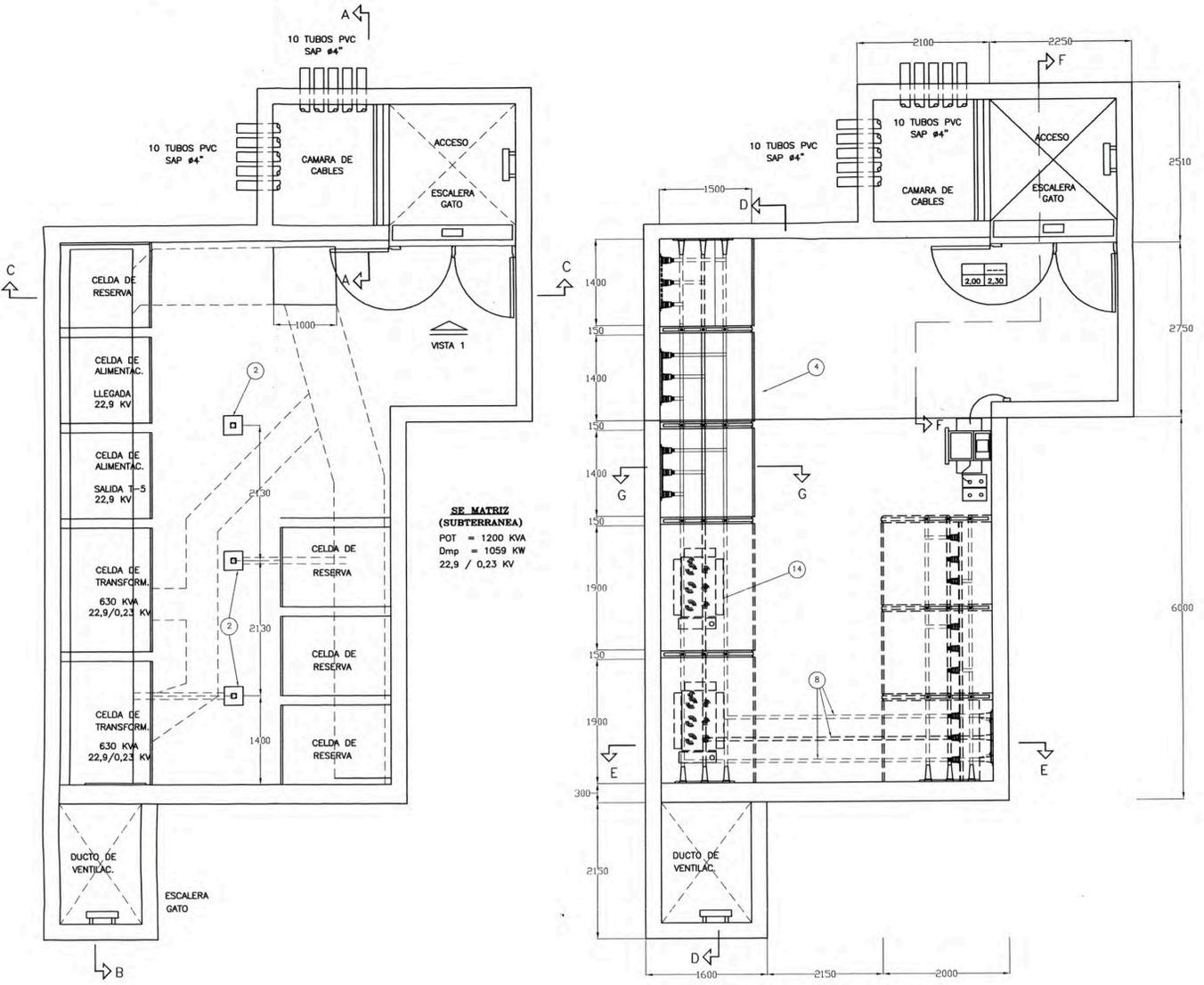
PLANO 01



PLANO 02



SECCION C-C  
CANALAS DE INGRESO DE CABLES M.T. Y B.T.



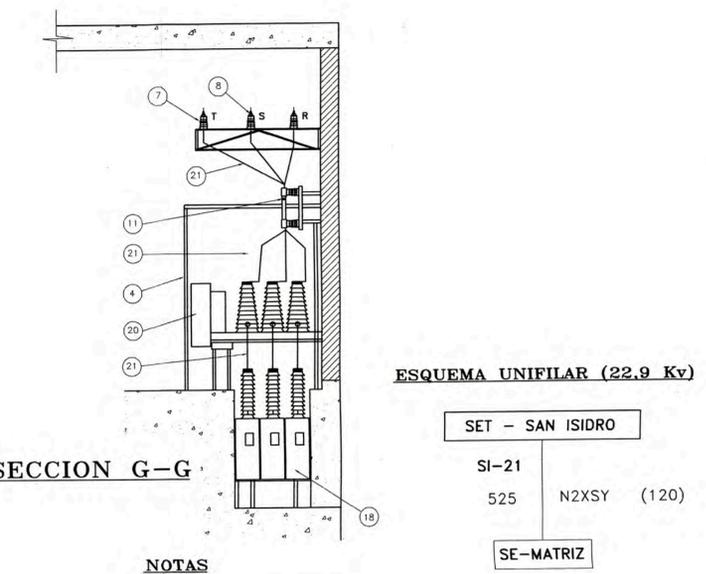
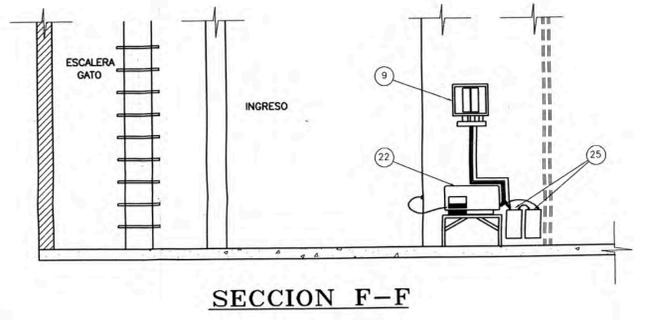
**SIMBOLOGIA**

- INTERRUPTOR AUTOMATICO
- SECCIONADOR
- FUSIBLE SECCIONADOR DE POTENCIA
- TRANSFORMADOR

**CUADRO 1**

PARA ZONAS DONDE EL NIVEL DE CORTO CIRCUITO (Pcc) SEA <300 MVA

BARRA 40 x 5 mm



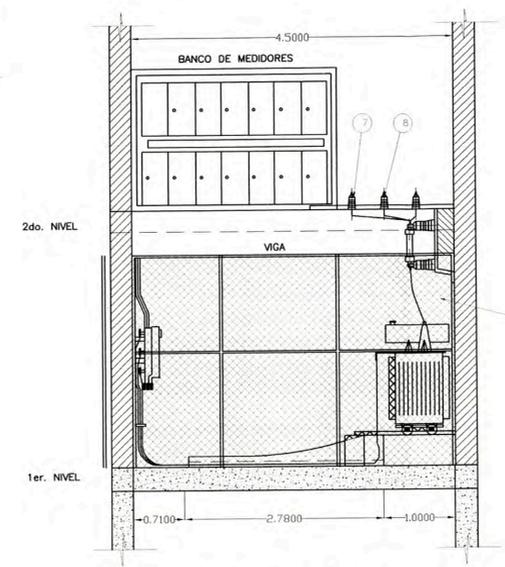
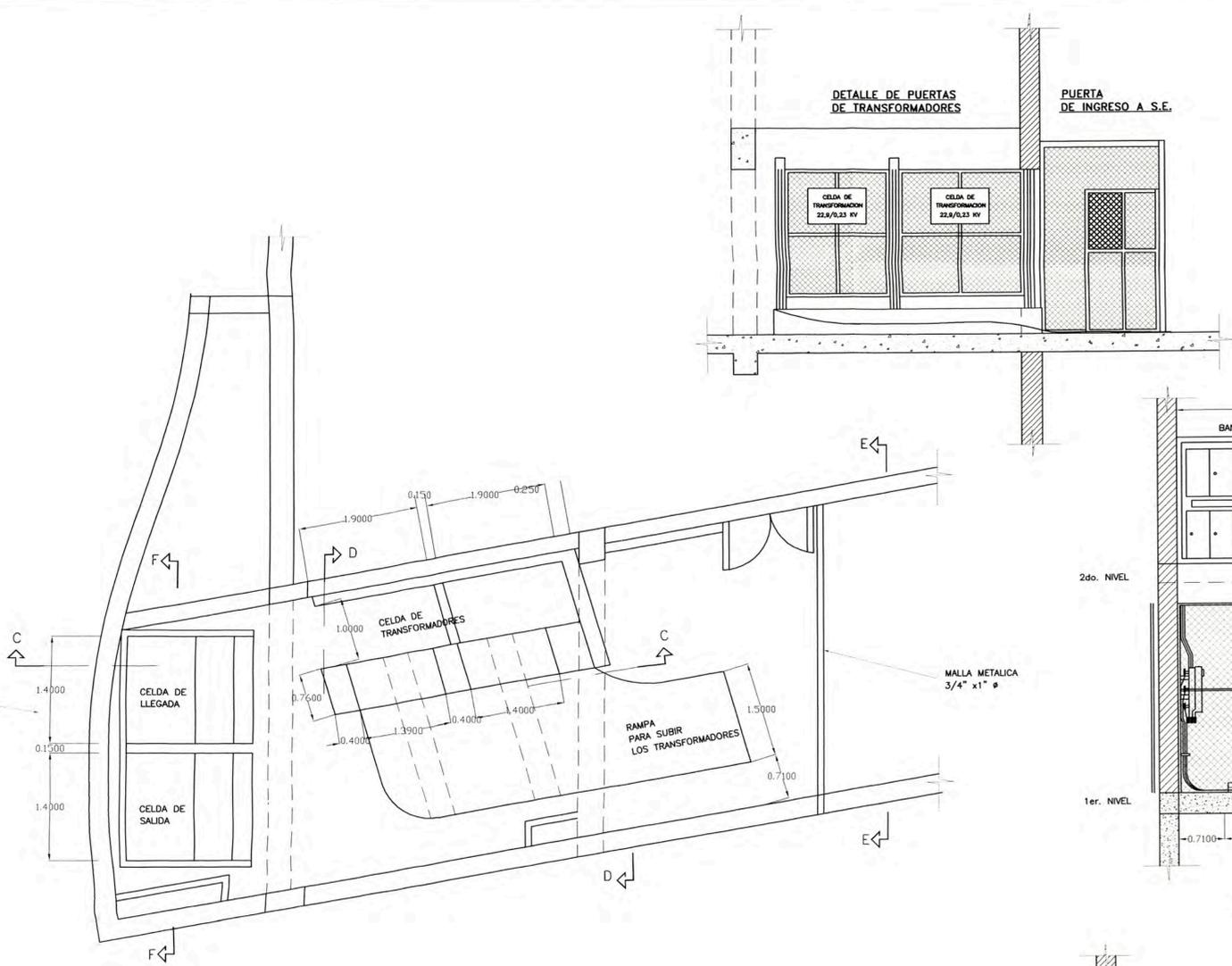
- NOTAS**
- DISTANCIA MINIMA PARA 22.9 kv  
ENTRE FASES = 350mm.  
ENTRE FASE Y TIERRA = 250mm.
  - TODAS LAS PARTES METALICAS, INCLUYENDO LA CUBIERTA METALICA DE LOS CABLES M.T. ESTAN SOLIDAMENTE CONECTADOS A UN POZO DE TIERRA
  - TODOS LOS CABLES ESTAN ENCINTADOS Y LAS BARRAS PINTADAS CON LOS COLORES CORRESPONDIENTES A SUS RESPECTIVAS FASES:  
COLOR VERDE = FASE R o U  
COLOR BALANCO = FASE S o V  
COLOR ROJO = FASE T o W
  - LA CELDA PARA CLIENTE EN 22.9 kv ESTA EQUIPADA DE ACUERDO A LA POTENCIA CONTRATADA, CON INTERRUPTOR AUTOMATICO TRIPOLAR EN SF6

POSIC.	CANTID.	UNIDAD	DESCRIPCION
24	2	N°	BATERIA ALIMENTADOR DC 12 VOLT. C/U 5 AMP.
23	6	m	CABLE PARA EL NEUTRO DE TRANSFORMADOR
22	1	N°	RECTIFICADOR DE BATERIA
21	Seq. Req.	m	PLETINA Cu ELECTROLITICO 50x5mm
20	1	N°	INTERRUPTOR AUTOMATICO TRIPOLAR SF6 22.9 kv
19	Seq. Req.	N°	PERFIL ANGULAR 1 1/2"x1 1/2"x3/162"(PWA SOPORTE INTERRUPT.)
18	3	N°	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE PARA PROTECC. 400/5A-22.9 kv
17	6	N°	FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE TIPO IHI PARA PROTECCION DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA
16	5	m	CONDUCTOR TIPO TW CABLEADO 70 mm2
15	2	N°	VIGA SOPORTE PARA TRANSFORMADOR
14	2	N°	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL TRIFASICO 630 KVA -22.9 kv
13	60	m	CONDUCTOR DESNUDO 70 mm2 ( LINEA DE TIERRA SUPERF.)
12	2	JOO	TERMINAL TERMORREGISTRANTE INTERIOR 25 kv 120/50 mm2
11	6	N°	SECCIONADOR UNIPOLAR 22.9
10	3	N°	FUSIBLE SECCIONADOR UNIPOLAR 22.9 kv- BASE
9	1	N°	RELE PROTECCION DE SOBRECORRIENTE
8	60	m	PLETINA Cu ELECTROLITICO 5x5mm <300 MVA
7	12	N°	ISOLADOR PORT. 22.9 kv +1 ARANDELA* 1 FRENIO + PORTABAR. 22.9 kv 50 mm + TORNILLO ADAPT. PARA PORTABARRA
6	2	N°	SOPORTE TERMINAL 22.9 kv
5	1	N°	FUERTAS PARA CELDAS TRANSF. SECCIONADORES E INTERRUPTORES.
4	4	N°	ESTRUCTURAS DE CELDAS
3	5	N°	PLETINA Cu ESTANADO P° PUESTA A TIERRA + 4 PERNOS DE ANCLAJE 3/4"x3" + 4 ANCLAJES P.L.A. 3/8"
2	3	JOO	POZO DE PUESTA A TIERRA
1	1	N°	SE CONVENCIONAL DE SUPERFICIE (BARRA CHAL.)+1 PUERTA DE Hd +REJA BARROTE +REJA PISO P. ASE

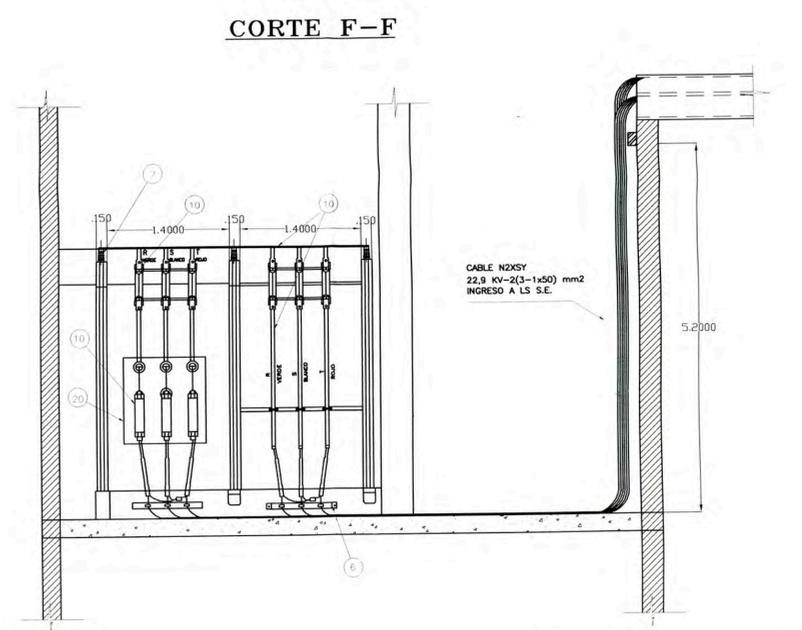
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**

DISEÑO CARLOS DAMIAN DE LA F	PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO ELECTRICISTA	<b>CM-02</b>
REVISOR	CENTRO EMPRESARIAL CAMINO REAL DISTRITO SAN ISIDRO PROVINCIA LIMA DEPARTAMENTO LIMA	
FECHA SEPTIEMBRE 2006	PROYECTO SISTEMA DE UTILIZACION PRIMARIA 22.9 kv SUBESTACION MATRIZ	ESCALA S/E

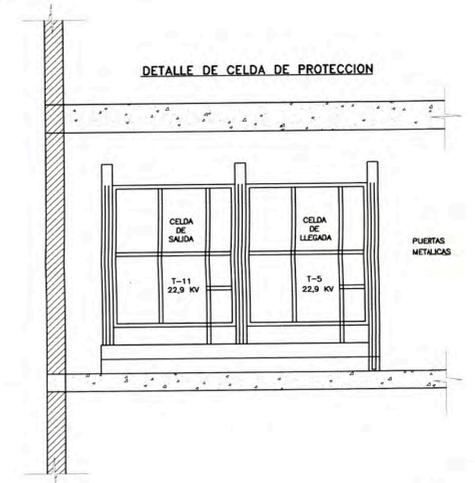
PLANO 03



CORTE E-E



CORTE F-F

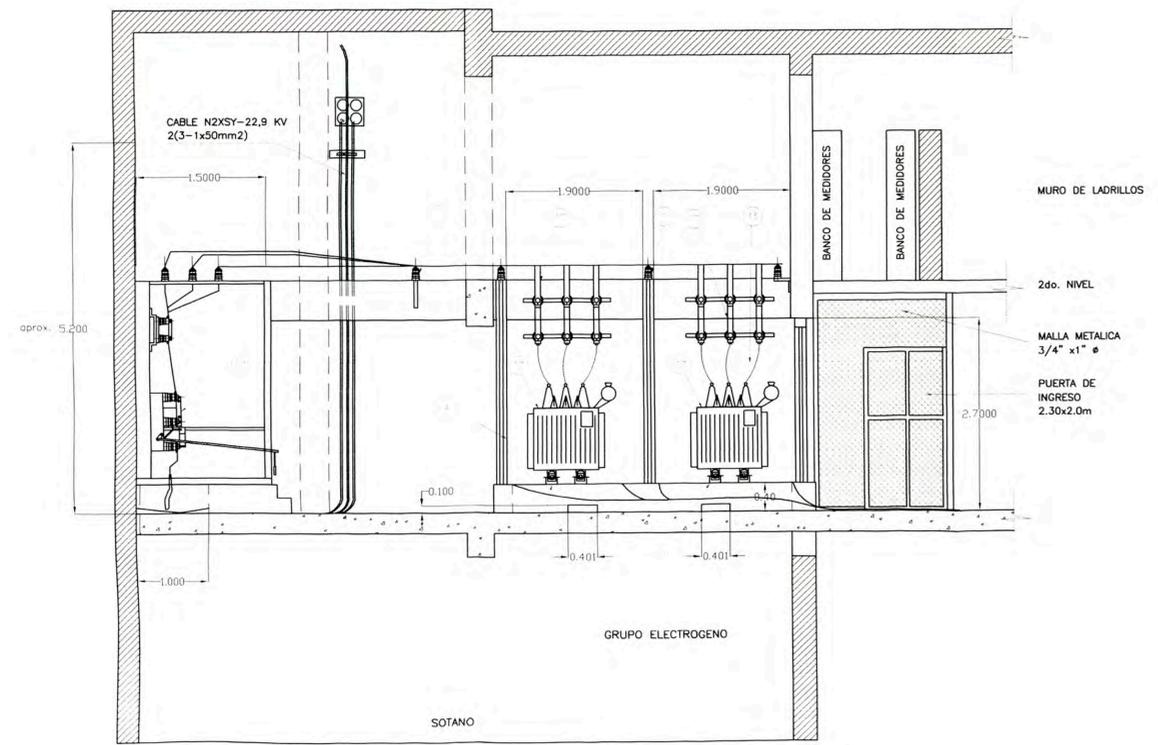
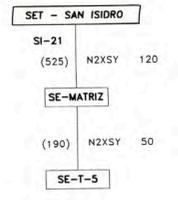


DETALLE DE CELDA DE PROTECCION

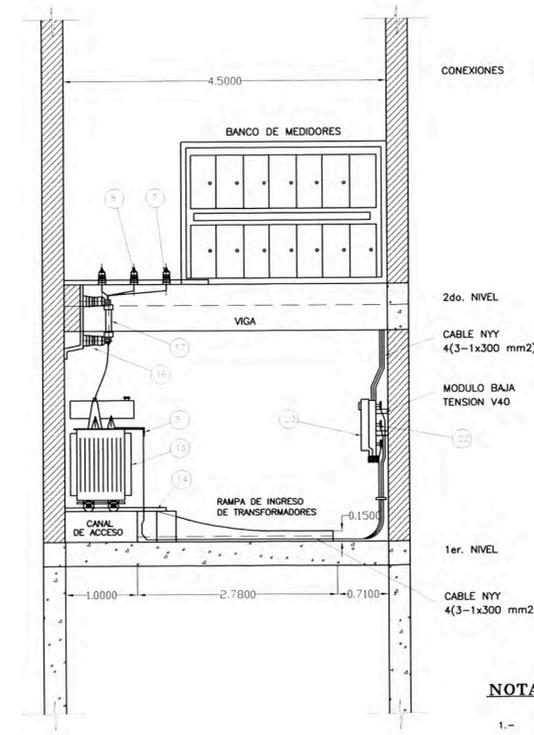
**SIMBOLOGIA**

- INTERRUPTOR AUTOMATICO
- SECCIONADOR
- FUSIBLE SELECCIONADOR DE POTENCIA
- TRANSFORMADOR

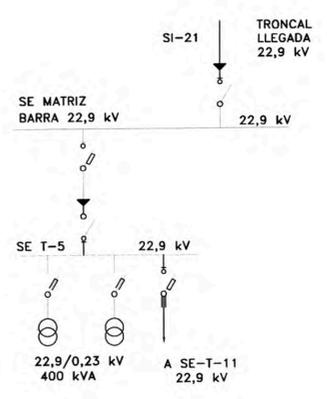
ESQUEMA UNIFILAR (22.9 Kv)



CORTE C-C



CORTE D-D



**NOTAS**

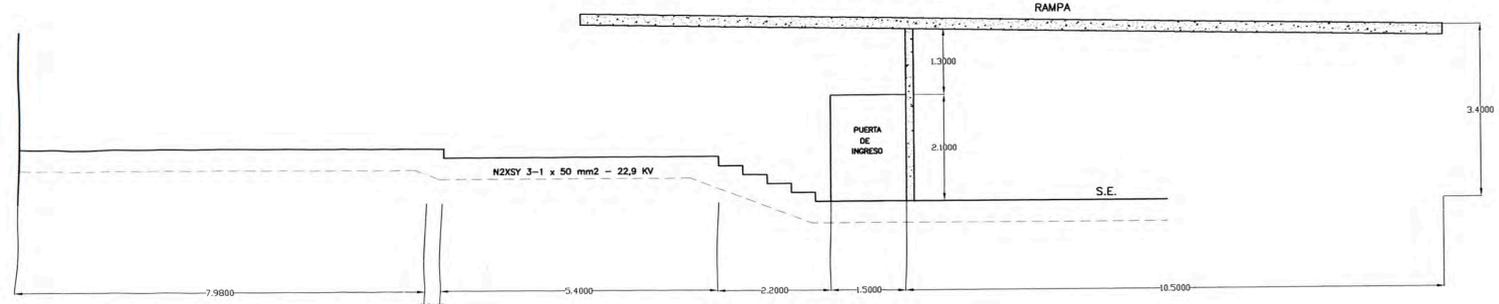
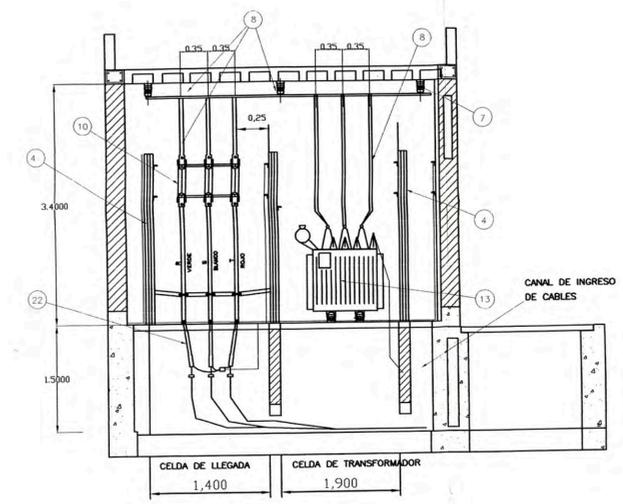
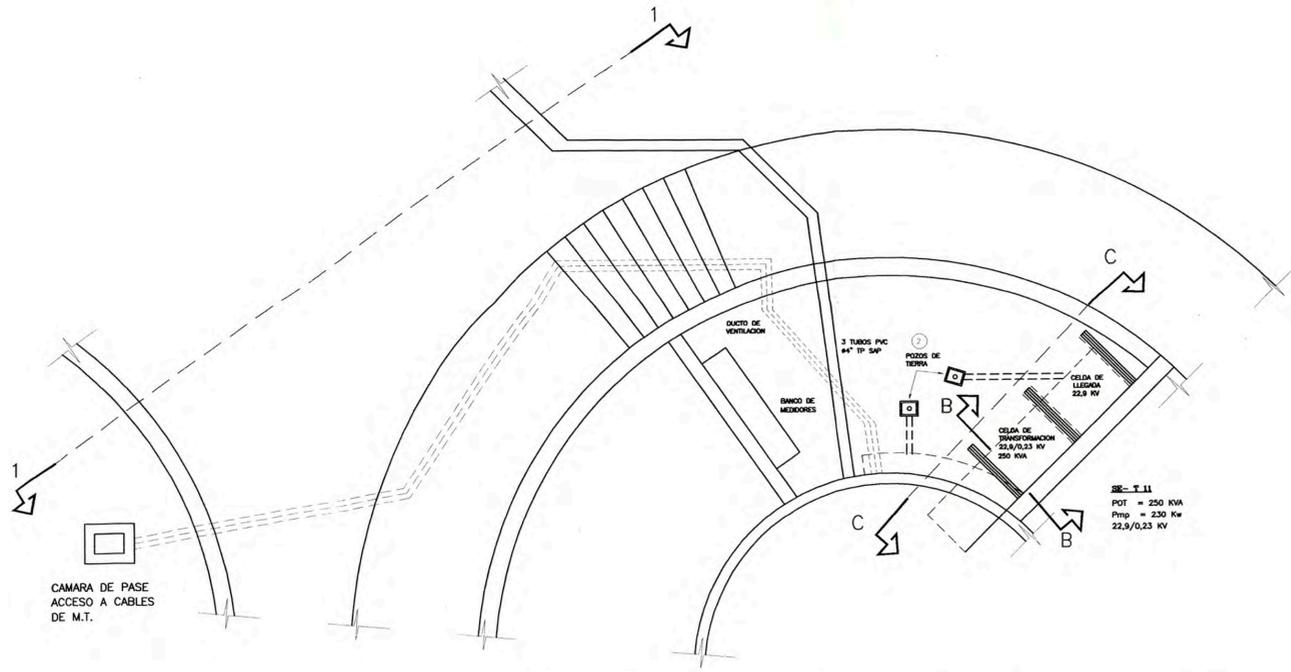
- 1.- DISTANCIA MINIMA PARA 22,9 KV  
ENTRE FASE Y TIERRA = 250mm.  
ENTRE FASES = 350mm.
- 2.- TODAS LAS PARTES METALICAS, INCLUYENDO LA CUBIERTA METALICA DE LOS CABLES MT, ESTAN SOLDADAMENTE CONECTADOS A UN POZO DE TIERRA. EL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DEBERA COLOCARSE A UN POZO DE TIERRA INDEPENDIENTE.
- 3.- TODOS LOS CABLES ESTAN ENCINTADOS Y LAS BARRAS PINTADAS CON LOS COLORES CORRESPONDIENTES A SUS RESPECTIVAS FASES:  
COLOR VERDE = FASE R o U  
COLOR BALANCO = FASE S o V  
COLOR ROJO = FASE T o W
- 4.- DE EXISTIR AFECTACION DE REDES ELECTRICAS, EL RESPECTIVO COSTO SERA ASUMIDO POR EL INTERESADO
- 5.- EL MANTENIMIENTO Y/O REPOSICION DE LOS MATERIALES CONTENIDOS EN EL PRESENTE PROYECTO, SERAN RESPONSABILIDAD DE LOS INTERESADOS

POSIC.	CANTID.	UNIDAD	DESCRIPCION
23	4		SECCIONADOR POTENC. TRIPOLAR NH VERTICAL V40
22	6		PLETINA Cu ELECTROLITICO 80x8mm
21	6		CABLE PARA EL NEUTRO DE TRANSFORMADOR
20	2,7	m <sup>2</sup>	PLETINA Cu ELECTROLITICO 50x5mm
19	1	N°	SECCIONADOR DE POTENCIA TRIPOLAR 24 kv
18	32	N°	PERFIL ANGULAR 1 1/2"x1 1/2"x3/162(PARA SOPORTE INTERRUPTOR MAG. DE BT.)
17	3	N°	CARTUJO FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE CLASE E ANSI
16	6	N°	FUSIBLE SECCIONADOR LIMITADOR DE CORRIENTE
15	5	m	CONDUCTOR TIPO TW CABLEADO 70 mm <sup>2</sup>
14	4	N°	VIGA SOPORTE PARA TRANSFORMADOR
13	2	m	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL 400 kVA, 22,9/0,23 kv
12	60	m	CONDUCTOR DESNUDO 70 mm <sup>2</sup> ( LINEA DE TIERRA SUPERF.)
11	56	J00	ARMADILLA PLANA 1/2" PERNO 1/2"x1 - 1/2"
10	6	N°	SECCIONADOR UNIPOLAR 22,9 kv
9	6	N°	FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE UNIPOLAR 22,9 kv - BASE
8	60	m	PLETINA Cu ELECTROLITICO 50x5mm
7	27	N°	ASELADOR PORT. 22,9 kv + 1 ARMADILLA* 2 PERNO + PORTABAR. 22,9 kv 50 mm + TORILLO ADAPT. PARA PORTABARRA
6	2	N°	SOPORTE TERMINAL 22,9 kv
5	1	5	PUERTAS PARA CELDAS TRANS. SECCIONADORES E INTERRUPTORES.
4	6	N°	ESTRUCTURAS DE CELDAS
3	5	N°	PLETINA Cu ESTANADO P° PUERTA A TIERRA + 4 PERNOS DE ANCLAJE 3/8"x3/4" + 4 ARMADILLAS PLA. 3/8"
2	3	J00	TERMINAL TERMOPRESTRINTENTE INTERIOR 25 kv
1	1	N°	SE CONVENCIONAL DE SUPERFICIE (CORA CIVIL)+1 PUERTA DE Ho +REJA BARROTE +REJA PISO P. ARE.

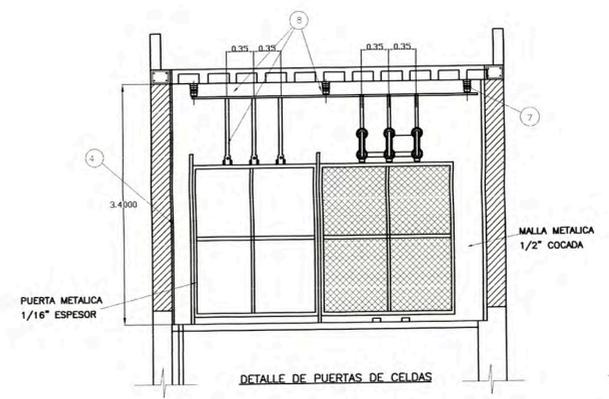
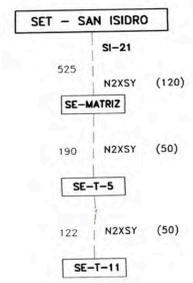
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

DISEÑO CARLOS DAMIANI DE LA P.	PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO ELECTRICISTA	<b>CM-03</b> ESCALA S.E.
REVISADO	CENTRO EMPRESARIAL CAMINO REAL DISTRITO SAN ISIDRO PROVINCIA LIMA DEPARTAMENTO LIMA	
FECHA SEPTIEMBRE 2006	PROYECTO SISTEMA DE UTILIZACION PRIMARIA 22,9 kv SUBSTACION T-5	

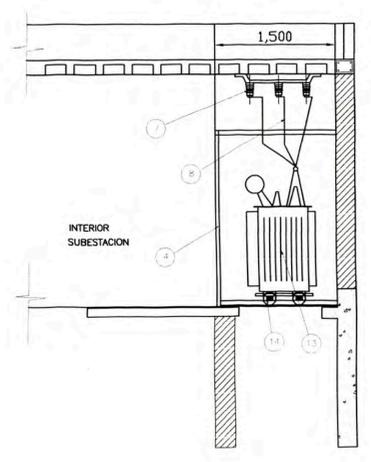
PLANO 04



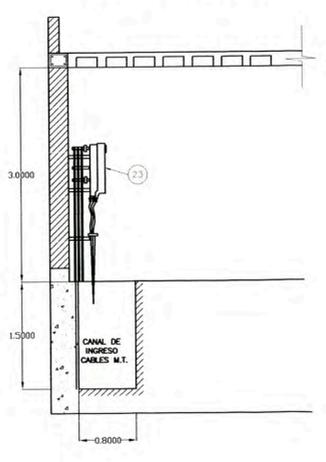
ESQUEMA UNIFILAR (22.9 Kv)



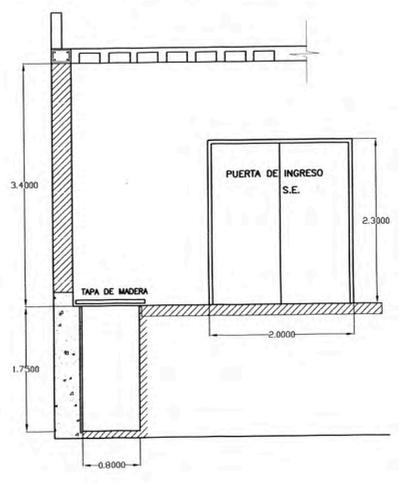
SECCION B-B



SECCION A-A



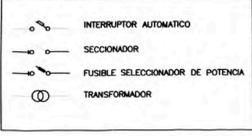
SECCION D-D



NOTAS

- DISTANCIA MINIMA PARA 22.9 kv  
 ENTRE FASE Y TIERRA = 250mm.  
 ENTRE FASES = 350mm.
- TODAS LAS PARTES METALICAS, INCLUYENDO LA CUBIERTA METALICA DE LOS CABLES M.T. ESTAN SOLIDAMENTE CONECTADOS A UN POZO DE TIERRA. EL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DEBERA COLOCARSE A UN POZO DE TIERRA INDEPENDIENTE.
- TODOS LOS CABLES ESTAN ENCINTADOS Y LAS BARRAS PINTADAS CON LOS COLORES CORRESPONDIENTES A SUS RESPECTIVAS FASES:  
 COLOR VERDE = FASE R o U  
 COLOR BALANCO = FASE S o V  
 COLOR ROJO = FASE T o W
- DE EXISTIR AFECTACION DE REDES ELECTRICAS, EL RESPECTIVO COSTO SERA ASUMIDO POR EL INTERESADO
- EL MANTENIMIENTO Y/O REPOSICION DE LOS MATERIALES CONTENIDOS EN EL PRESENTE PROYECTO, SERAN RESPONSABILIDAD DE LOS INTERESADOS

SIMBOLOGIA



POSIC.	CANTID.	UNIDAD	DESCRIPCION
23	1	N°	SECCIONADOR POTENC. TRIPOLAR P. FUSIBLE NH VERTICAL 630 AMP. V10
22	1	N°	TERMINAL TERMORRESISTENTE INT.25 kv 50mm2
21	2,7	N°	CONECTOR TERMINAL COMPRESION PARA CABLE 120 mm2
20	1	N°	SECCIONADOR POTENC. TRIPOLAR P. FUSIBLE NH VERTICAL 630 AMP. V10
19	2	N°	PLETINA Cu ELECTROLITICO 60 x 8 mm
18	3	N°	CABLE PARA NEUTRO DEL TRANSFORMADOR
17	6	N°	PLETINA Cu ELECTROLITICO 50 x 5 mm
16	5	N°	PERFIL ANGULAR 1 1/2"x1 1/2"x3/16"(PARA SOPORTE INTERRUPTOR TERMOMAG. DE BT.)
15	6	m	TERMINAL DE 1 HUECO 70 mm2, PERNO 3/8"x1 1/2" CON TUERCA, ARANDELA PLANA 3/8"
14	2	N°	VIGA SOPORTE PARA TRANSFORMADOR
13	1	m	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL
12	180	JGO	CONDUCTOR DESNUDO 70 mm2 ( LINEA DE TIERRA SUPERF.)
11	38	N°	ARANDELA PLANA 1/2"
10	3	N°	SECCIONADOR UNIPOLAR 22.9
9	6	N°	TAPA DE MADERA
8	60	m	PLETINA Cu ELECTROLITICO 50x5mm
7	12	N°	ASLADOR PORT. 22.9 kv 50 mm + ARANDELA'S 1 PERNO + PORTABARRA 22.9 kv 50 mm + TORNILLO ADAPTO. PARA PORTABARRA
6	1	N°	SOPORTE TERMINAL 22.9 kv
5	1 5	N°	PUERTAS PARA CELDAS TRANS. SECCIONADORES E INTERRUPTORES.
4	2	N°	ESTRUCTURAS DE CELDAS
3	5	N°	PLETINA Cu ESTANADO P' PUERTA A TIERRA + 4 PERNOS DE ANCLAJE 3/8"x3/4" + 4 ARANDELAS PLA. 3/8"
2	1	JGO	TERMINAL TERMORRESISTENTE INTERIOR 25 kv
1	1	N°	SE CONVENCIONAL DE SUPERFICIE (OBRA CIVIL)+1 PUERTA DE Hc +REJA BARROTE +REJA PISO P. AIRE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

DISEÑO CARLOS DAMARI DE LA P.	PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO ELECTRICISTA	<b>CM-04</b>
REVISO	PROPIETARIO CENTRO EMPRESARIAL CAMINO REAL	
FECHA SEPTIEMBRE 2006	PROYECTO SISTEMA DE UTILIZACION PRIMARIA 22.9 kv SUBESTACION T-11	

## BIBLIOGRAFÍA

- [ 1 ] Normas de Distribución de LUZ DEL SUR
- [ 2 ] Catálogo de Cables INDECO
- [ 3 ] "Código Nacional de Electricidad, Tomo IV : Sistema de Distribución", Ministerio de Energía y Minas – Perú, 1978.
- [ 4 ] Gaudencio Zoppetti Júdez, "Redes Eléctricas", Editorial Gustavo Gili S.A. , Sexta edición – Barcelona , España, 1978.
- [ 5 ] Otto Guthmann y otros, "Manual de las Instalaciones de Distribución de Energía Eléctrica.", Brown Boveri & CIE Aktiengesellschaft Mannheim- Essen - Primera edición española de la Séptima edición alemana 1983.
- [ 6 ] "Código Nacional de Electricidad, Tomo I : Prescripciones Generales", Ministerio de Energía y Minas – Perú, 1978.
- [ 7 ] Norma DGE-004-B-P-1/1984 del Ministerio de Energía y Minas