

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**PROYECTO Y OBRA DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 2,3 kV
DEL CONVENTO DE LA BUENA MUERTE - CHACLACAYO**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

LUIS EDUARDO VASSALLO SALCEDO

**PROMOCIÓN
1982 – I**

**LIMA – PERÚ
2006**

**PROYECTO Y OBRA DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 2,3 KV DEL
CONVENTO DE LA BUENA MUERTE – CHACLACAYO**

*Dedico este trabajo a:
Mis padres, Luis y Julia quienes en todo momento
me apoyaron mientras estuvieron presentes.*

SUMARIO

El nuevo seminario-convento de la BUENA MUERTE de los padres de la congregación de San Camilo, ubicado en el distrito de Chaclacayo, provincia y departamento de Lima necesitaba que se le suministrase energía eléctrica para una demanda máxima 18 Kw, 220 voltios y 60 Hz; el cual encontrándose a 300 metros de la subestación eléctrica más cercana, no le era posible obtener dicha carga, sin sufrir una fuerte caída de tensión, sobrecargar la S.E. existente (100 KVA) y modificar la red de distribución secundaria que suministraba energía a los demás lotes.

Teniendo en cuenta estos inconvenientes, se realizó el diseño y tendido de una red trifásica primaria a 2300 voltios, 60 Hz y el montaje de una subestación aérea de 50 KVA, 10-2,3/0,23 Kv, en el local del seminario; obteniéndose como resultado una energía eléctrica en baja tensión más estable y de mejor calidad.

INDICE

PROLOGO	pág.
	1
CAPITULO I	
MEMORIA DESCRIPTIVA	
1.1. Generalidades	3
1.1.1. Antecedentes	3
1.1.2. Ubicación	3
1.1.3. Propietario	3
1.1.4. Objetivo de la obra	3
1.2. Alcance de la obra	3
1.3. Descripción de la obra	4
1.3.1. Red Primaria	4
1.3.2. Subestación	4
1.3.3. Demanda máxima de Potencia	4
1.4. Bases de cálculo	4
1.5. Planos de la obra	5
CAPITULO II	
ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MATERIALES	
2.1. Sistema de alimentación subterránea en 2,3kv	6
2.1.1. Cable red Primaria 2,3 kv	6
2.1.2. Cinta señalizadora	6
2.1.3. Terminal	6
2.1.4. Ducto	6
2.1.5. Tubo PVC	6
2.2. Sistema de alimentación aérea en 2,3 kv	7
2.2.1. Conductor	7
2.2.2. Postes de concreto	7
2.2.3. Crucetas	7
2.2.4. Aisladores y accesorios	7

VII

2.2.5.	Empalmes y derivaciones	9
2.2.6.	Retenidas	9
2.2.7.	Puesta a tierra de postes de 10 kv	10
2.3.	Subestación de transformación	11
2.3.1.	Estructura aérea biposte (SAB)	11
2.3.2.	Transformador de potencia	11
2.3.3.	Puesta a tierra de la subestación	12
2.3.4.	Protección y seccionamiento en 2,3 kv	13
2.3.5.	Elementos de protección	13

CAPITULO III

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MONTAJE

3.1.	Condiciones generales de montaje	14
3.2.	Transporte y almacenamiento	15
3.3.	Montaje del cable subterráneo	15
3.3.1.	Zanja	15
3.3.2.	Ductos de concreto	15
3.3.3.	Tubo de PVC	16
3.3.4.	Instalación del cable subterráneo NKY	16
3.4.	Montaje de la línea aérea	16
3.4.1.	Montaje de postes	16
3.4.2.	Montaje de las crucetas	17
3.4.3.	Montaje de la estructura aérea biposte (SAB)	17
3.4.4.	Montaje de aisladores	17
3.4.5.	Montaje de retenidas	17
3.4.6.	Puesta a tierra	18
3.4.7.	Montaje del conductor	19
3.5.	Montaje de la Subestación aérea	19
3.6.	Pruebas realizadas	20
3.7.	Recepción de la obra	20

CAPITULO IV**CALCULOS JUSTIFICATIVOS**

4.1.	Generalidades	21
4.2.	Bases de cálculo	21
4.3.	Distancias mínimas de seguridad	21
4.4.	Cálculos eléctricos	22
4.4.1.	Intensidad de corriente	22
4.4.2.	Resistencias de los conductores	23
4.4.3.	Reactancias de los conductores	23
4.4.4.	Caída de tensión	24
4.4.5.	Corriente de cortocircuito	25
4.5.	Cálculo mecánico del conductor 3-1 x 16 mm ²	28
4.5.1.	Características del conductor	28
4.5.2.	Hipótesis de cálculo	28
4.5.3.	Fórmulas empleadas	28
4.5.4.	Curvas	30
4.6.	Cálculo mecánico de los postes	34
4.6.1.	Condiciones de cálculo	34
4.6.2.	Altura de los postes	34
4.6.3.	Características de los postes	36
4.6.4.	Cálculo de la presión debido al viento(P _v)	36
4.6.5.	Poste de alineamiento (Poste “P-2”)	36
4.6.6.	Poste de ángulo (Poste “P-3”)	40
4.6.7.	Cálculo de la retenida para el poste de ángulo (P-3)	44
4.6.8.	Poste extremo de línea (Poste “P-1”)	45
4.6.9.	Cálculo de la retenida para el poste extremo de línea (P-1)	50
4.6.10.	Cimentación de postes	52

CAPITULO V**METRADO Y PRESUPUESTO**

5.1.	Objetivo	57
5.2.	Criterios básicos para el cálculo de precios	57
5.2.1.	Suministro de materiales	57
5.2.2.	Mano de obra	57

5.3.	Presupuesto de la obra	57
	CONCLUSIONES	62
	ANEXO A	63
	Vistas fotográficas actuales del sistema de utilización en 2,3 Kv del Convento de la Buena Muerte-Chaclacayo.	
	ANEXO B	72
	Cálculo mecánico del conductor 3-1x16 mm ² usando el programa de cómputo Mathcad 6.0	
	ANEXO C	84
	Plano RSU-01: Sistema de utilización primaria 2,3 KV. Recorrido del cable de 2,3KV, ubicación, cortes.	
	Plano RSU-02: Sistema de utilización primaria 2,3 KV. Detalle de estructuras 2,3KV y SAB.	
	BIBLIOGRAFIA	87

PROLOGO

Uno de los problemas que más sufren los usuarios de zonas semirústicas con sus suministros de energía eléctrica son las sobretensiones y las caídas de tensión, especialmente en las horas de punta.

En esta zona donde se encuentra el seminario-convento, existen grandes lotes de terreno, en donde los dueños han construido sus casas con todas sus comodidades, tales como pozos subterráneos que usan electrobombas para extraer el agua, thermas eléctricas, piscinas con sus implementos para recircular el agua, etc., por tal motivo a la empresa concesionaria “Luz del Sur”, no le era posible suministrar una carga en baja tensión, sin afectar al resto de usuarios.

El presente trabajo tuvo como propósito dar solución a la necesidad de energía eléctrica del seminario-convento de la BUENA MUERTE, para lo cual fue necesario diseñar una línea primaria en 2300 voltios y luego el montaje de una subestación aérea de 50 KVA.

Uno de los primeros problemas que se presentó fue como cruzar una línea aérea existente de 60 Kv, sin que implique un peligro para la línea de 2,3 Kv, por lo cual se vio conveniente hacer este cruce en forma subterránea y luego continuarla como línea aérea, para ahorrar costos.

En el lote donde se encuentra ubicado el seminario-convento se montó una subestación aérea biposte con un transformador de 50 KVA de potencia y relación de transformación a pedido de “Luz del Sur” de 10000-2300/220 voltios, conectado inicialmente en 2300 voltios y con posibilidad de pasar a 10000 voltios en el futuro.

Para el cálculo mecánico del conductor aéreo se utilizó el programa por computadora Mathcad 6.0 de Mathsoft Inc. para resolver la ecuación de tercer grado en la fórmula de Cambio de Estado de Conductores, de igual forma se ha realizado el cálculo eléctrico del tramo de la línea subterránea como de la aérea.

También se ha tenido presente que al realizar la obra se originaron ligeros cambios en el diseño, teniendo que buscar alternativas, tal como ocurrió con un electrodo de puesta a tierra, que tuvo que ser enterrado en forma horizontal debido a la dificultad del terreno.

Por todo lo mencionado anteriormente el diseño de esta línea es interesante porque abarca tanto el diseño subterráneo como el aéreo y presenta las dificultades que hubo y las soluciones

que se tomaron en cada caso.

Son cinco los capítulos en los que se ha dividido el presente trabajo.

En el CAPITULO I: Memoria Descriptiva, se describen los antecedentes que dieron origen al proyecto de la línea en 2,3 kv, su ubicación, descripción, demanda máxima, las normas en que se basa y los parámetros considerados para su cálculo.

En el CAPITULO II, se indican las especificaciones técnicas que deben tener los materiales, tanto del cable, postes, retenidas, ductos, transformador y demás accesorios utilizados en la obra.

En el CAPITULO III: Especificaciones Técnicas de Montaje, se detallan las condiciones generales de montaje, tal como los trámites seguidos ante “Luz del Sur” y la Municipalidad y las características del ingeniero residente.

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 el hincado de los postes y en la puesta a tierra.

El CAPITULO IV: Cálculos Justificativos, contiene los diferentes cálculos eléctricos y mecánicos de los conductores, postes, retenidas, etc. En el cálculo mecánico del conductor aéreo, al resolver la ecuación de Truxa, da como resultado los diferentes esfuerzos que toma el conductor en cada una de las hipótesis consideradas, los valores de tiro y flecha máxima para diferentes temperaturas y vanos.

En la cimentación de postes mediante el método de Valenci se calcula las dimensiones del macizo de concreto.

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.

CAPITULO I

MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Generalidades

1.1.1. Antecedentes

Necesitando los sacerdotes de la Congregación de San Camilo un lugar tranquilo y alejado del ruido de la ciudad, donde sus jóvenes novicios puedan seguir sus estudios sacerdotales, deciden construir un seminario-convento en un terreno semirústico que tienen en Chaclacayo, para lo cual contratan a la Empresa de proyectos y obras civiles “ROLBECSA CONTRATISTAS GENERALES”, la cual hace el proyecto y obra civil del convento.

Requiriendo para su consumo una máxima demanda de 18 Kw. de energía eléctrica y no pudiendo la empresa LUZ DEL SUR proporcionarles en Baja Tensión, deciden contratar a la empresa “ASISTEC SRL” para la elaboración del proyecto y la Obra de un sistema de utilización en 2300 voltios desde la Subestación Aérea Biposte (SAB 940) hasta el local del usuario.

1.1.2. Ubicación

El local se encuentra ubicado a la altura del Puente “Los Angeles” en la Carretera Central, Distrito de Chaclacayo, Provincia y Departamento de Lima.

1.1.3. Propietario

CONVENTO DE LA BUENA MUERTE, perteneciente a la Congregación de San Camilo, cuyo local central queda en Barrios Altos.

1.1.4. Objetivo de la obra

Diseño y construcción del sistema de utilización a 2300 voltios a partir de la SAB 940 fijada por LUZ del SUR S.A.).

Medición a 230 V al pie de la subestación particular.

1.2. Alcance de la obra

Realizar la construcción del sistema de utilización primaria 2,3 KV (preparada para funcionar posteriormente en 10KV), para alimentar las instalaciones eléctricas del

CONVENTO DE LA BUENA MUERTE y comprende lo siguiente:

- a) Dimensionamiento y detalles de la instalación de la red primaria 2,3 KV, conformado por cables NKY 3x 35 mm² en instalación subterránea y línea aérea con conductor de cobre desnudo de 16 mm² en postes de concreto, entre la SAB 940 y la subestación particular SAB proyectada por el usuario.
- b) Izado de postes y montaje electromecánico de una Subestación Aérea Biposte de 50 KVA y 10-2,3/0,23 KV.

1.3. Descripción de la obra

1.3.1. Red Primaria

Diseñada para un sistema trifásico de tres hilos, tensión nominal de 2,3 KV y una frecuencia de 60 Hz, desde la SAB 940 hasta la SAB particular ubicada en la propiedad del usuario.

En el tramo comprendido entre la SAB 940 hasta el primer poste, la alimentación es subterránea con cable NKY 3 x 35 mm²; luego el siguiente tramo es red aérea con conductor de cobre de 16 mm².

1.3.2. Subestación

Comprende una subestación aérea Biposte construida con postes de concreto centrifugado de 13 m de largo, alimentación aérea y conductor de cobre desnudo de 16 mm².

Llevará un transformador de 50 KVA de potencia con transformación de 10000-2300/230 voltios.

1.3.3. Demanda máxima de Potencia

La demanda máxima es de 18 KW.

1.4. Bases de cálculo

Los cálculos cumplen con lo prescrito en el Código Nacional de Electricidad, La Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, la Norma DGE-004-B-P-1/1984 del Ministerio de Energía y Minas y el Reglamento Nacional de Construcciones.

Parámetros considerados para los cálculos:

- Tensión nominal : 2,3 KV.
- Máxima caída de tensión : 3,5 %
- Factor de potencia : 0,85
- Frecuencia nominal : 60 Hz.
- Potencia de cortocircuito (red de LUZ DEL SUR) Sistema de

- utilización primaria 2,3 KV. : 100 MVA.
- Tiempo de actuación de la protección : 0,02 s.
 - Demanda máxima : 18 KW.
 - Potencia de diseño : 50 KVA.
 - Hipótesis para el diseño de la línea 2,3 KV

Hipótesis 1: (esfuerzo máximo)

- Temperatura ambiente : 10 °C
 Velocidad del viento : 50 Kph

Hipótesis 2: (templado del conductor)

- Esfuerzo unitario : 6 Kg/mm²
 Temperatura ambiente : 20 °C
 Velocidad del viento : Nulo

Hipótesis 3: (máxima flecha)

- Temperatura ambiente : 50 °C
 Velocidad del viento : Nulo

1.5. Planos de la obra

Forman parte de la obra los siguientes planos:

- RSU-01 Sistema de utilización primaria 2,3 KV. Recorrido del cable de 2,3 KV, ubicación, cortes.
- RSU-02 Sistema de utilización primaria 2,3 KV. Detalle de estructuras 2,3KV y SAB.

CAPITULO II

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MATERIALES

2.1. Sistema de alimentación subterránea en 2,3kv

2.1.1. Cable red Primaria 2,3 kv.

- Sección : 3 x 35 mm²
- Tipo : NKY
- Tensión de diseño : 10 KV
- Corriente nominal : 144 A.
- Norma de fabricación : ITINTEC 370.001

2.1.2. Cinta señalizadora

- Material : Polietileno de alta calidad resistente a los alcalis y ácidos.
- Ancho : 152 mm.
- Espesor : 1/10 mm.
- Inscripción : Letras negras que no pierden su color con el tiempo, recubierta de plástico.
- Elongación : 250 %.
- Color : Rojo (Red Primaria).

2.1.3. Terminal

Para cable 3 x 35 mm² - NKY con aislamiento para 10 KV, es del tipo 3M para uso exterior, con conector para puesta a tierra.

2.1.4. Ducto

Es de concreto vibrado de dos vías de 90 mm de diámetro nominal y 1 m de longitud, con uniones de espiga y enchufe de tipo normal.

2.1.5. Tubo PVC

Es de PVC tipo pesado de 4" Ø.

2.2. Sistema de alimentación aérea en 2,3 kv

2.2.1. Conductor

El cable conductor es de cobre electrolítico de 99% de conductividad, temple duro, desnudo, con las siguientes características:

- Norma de fabricación : ITINTEC 370.043
- Temple : duro
- No. de hilos : 7
- Diámetro : 5,10 mm
- Peso : 0,143 kg/m.
- Esfuerzo de rotura : 648 Kg.
- Resistencia eléctrica a 20 °C : 1,17 ohm/Km.
- Resistencia eléctrica a 35°C : 1,237 ohm/Km.
- Corriente nominal : 137 A.

2.2.2. Postes de concreto

Postes de concreto armado centrifugado y reforzado con armadura de hierro, su fabricación y pruebas deben cumplir con las normas ITINTEC 339.027.

Dimensiones y características mecánicas:

- | | | | | |
|-----------------------------|---|-----|-----|-----|
| - Longitud total (m) | : | 11 | 11 | 13 |
| - Carga de trabajo (Kg) | : | 200 | 400 | 400 |
| - Diámetro en la punta (mm) | : | 150 | 180 | 180 |
| - Diámetro en la base (mm) | : | 315 | 345 | 375 |
| - Coeficiente de seguridad | : | 2 | 2 | 2 |

2.2.3. Crucetas

a) Cruceta asimétrica

De concreto armado de 1,50 m de longitud y 250 Kg de carga de trabajo transversal. Za/1,5/0,9/250.

b) Ménsula

De concreto armado, 60 cm de longitud y 250 Kg de carga de trabajo transversal. M/0,6/250.

2.2.4. Aisladores y accesorios

a) Aislador tipo PIN

- Material : Porcelana
- Clase ANSI : 55,5

- Acabado	:	Castaño vidriado.
- Altura	:	4 7/8"
- Diámetro	:	178 mm
- Resistencia mecánica	:	1365 Kg.
- Línea de fuga	:	305,0 mm
- Tensión de servicio	:	10 KV
- Tensión de flameo		
En seco	:	85/80 KV.
Bajo lluvia	:	45 KV.

b) Aislador de Suspensión

- Material	:	Porcelana
- Clase ANSI	:	52,3
- Acabado	:	Castaño vidriado.
- Conexión	:	bola y casquillo
- Dimensiones	:	10" x 5 3/4"
- Línea de fuga	:	400 mm
- Resistencia electromecánica	:	25000 Lbs.
- Tensión crítica de impulso		
Positiva	:	125 KV.
Negativa	:	130 KV.
- Tensión de flameo a baja frecuencia		
En seco	:	80 KV.
húmedo	:	50 KV.

c) Accesorios para aislador tipo PIN

- Soporte metálico para aislador PIN

De acero galvanizado en caliente de 1" Ø x 11 1/2" de longitud con tope, cabeza emplomada de 1 3/4" y resistencia mecánica de 450 Kg, lleva arandela, tuerca y contratuerca de acero galvanizado.

Material rosca: Plomo al antimonio

- Plancha de cobre tipo J.

d) Accesorios para aislador de suspensión

Todos los accesorios son con carga de rotura mínima de 5350 Kg.

- Varilla roscada de 5/8" Ø de acero al carbono, galvanizado en caliente y

longitud de 10".

- Perno angular de 5/8" Ø de acero forjado, galvanizado en caliente y 10" de longitud y 6" de longitud roscada.
- Ojal roscado de 5/8" Ø, de acero forjado, galvanizado en caliente, longitud aproximada de 80 mm.
- Horquilla bola-paralela con cuerpo de hierro maleable galvanizado; pin de acero de alta resistencia galvanizado y pasador de acero inoxidable o bronce.

Norma de fabricación : ANSI C29.2-1971

Clase ANSI : 52.5

- Rótula ojal largo de hierro maleable galvanizado con pasador de acero inoxidable o bronce.

Norma de fabricación : ANSI C29.2-1971

Clase ANSI : 52.3 , 55.5

- Grapa de anclaje tipo puño para conductor de 16 mm² de hierro maleable y galvanizado.
- Grapa de suspensión de hierro maleable y galvanizado, con mínima carga de rotura de 5350 kg.
- Arandelas planas y curvadas cuadradas de hierro maleable ó acero galvanizado de 57 mm de lado, hueco de 17,5 mm Ø para perno de 5/8" Ø.

2.2.5. Empalmes y derivaciones

- Conector de derivación a compresión de cobre para derivación de conductor 16 mm².
- Conector tipo perno partido de material de cobre para conductor de 16 mm² (empalme en cuello muerto).

2.2.6. Retenidas

- Cable para viento

Material : Alumoweld

No. hilos : 7 No. 9 AWG

Cableado : Mano izquierda

Esfuerzo de rotura : 5680 Kg.

Longitud : 18 m.0

- Amarre preformado (para amarre cable retenida).

Material	: Alumoweld
Esfuerzo sujeción	: 5700 Kg.
No. hilos	: 7
Longitud	: 737 mm.
- Canaleta protectora	
Material	: Acero.
Acabado	: Galvanizado en caliente.
Longitud	: 2,24 m de largo.
- Perno de anclaje (roscado en ambos extremos)	
Material	: Copperweld.
Dimensiones	: 3/4" Ø x 2.40 m.
Esfuerzo rotura	: 6000 Kg.
Accesorios	: Plancha de f ^o g ^o 4"x4"x1/2" Guarda cable f ^o g ^o 1/16". Arandela tuerca y contratuerca .
- Ojal de una vía	: Enlace del cable de viento con el perno de anclaje.
Material	: Hierro forjado o maleable, galvanizado en caliente.
Hueco	: 3/4" Ø roscado.
Esfuerzo de rotura	: 5700 Kg.
- Arandela plana cuadrada	
Material	: Bronce
Resistencia al corte	: 6000 Kg
Dimensiones	: 4" x 4" x 1/2"
- Tuerca ciega con rosca de 3/4" Ø	
Material	: Bronce
Hueco roscado	: 3/4 Ø
- Zapata de concreto (preparado para albergar el perno de anclaje).	
Dimensiones	: 0,40 x 0,40 x 0,20 m
2.2.7. Puesta a tierra de postes de 10 kv	
- Electrodo para puesta a tierra.	
Material	: Copperweld.

- Dimensiones : 5/8"Ø(16mm² x 2400 mm)
- Cable desnudo de cobre recocido
- Dimensión : 16 mm² x 15 m.
- Borne conector para electrodo
- Material : Bronce con tuercas de bronce al Silicio.
- Tipo : AB
- Sal Higroscópica
- Material : Aditivo Gel para conservar baja resistividad.
- Dosis : 1

2.3. Subestación de transformación

2.3.1. Estructura aérea biposte (SAB)

- 2 postes de concreto armado centrifugado de 13/400/180/375 cada uno.
- 2 crucetas simétricas de 1.20 m cada una Z/1,2/300.
- 1 palomilla doble de concreto armado de 2,2 m de largo con embone al poste 280 mm de Ø.
- 2 plataformas de concreto armado para soporte del transformador de 1,10 m de longitud cada uno, con embone al poste de 320 mm de Ø.
- 6 aisladores tipo PIN clase 55.5 con sus respectivos soportes de acero forjado, galvanizado en caliente de 1" Ø x 11 1/2" de longitud con tope, cabeza emplomada al antimonio de 1 3/4" y resistencia mecánica de 450 Kg, llevará arandela, tuerca y contratuerca de acero galvanizado.
- 3 aisladores tipo anclaje 52.3 con sus respectivos accesorios de características similares al especificado para la línea.
- 25 m de conductor cableado de cobre tipo TW de 16 mm².
- Conectores de derivación a compresión para conductor de 16 mm².

2.3.2. Transformador de potencia

Trifásico en baño de aceite, con arrollamiento de cobre y núcleo de hierro laminado en frío, montaje exterior, enfriamiento natural con las siguientes características.

- Potencia nominal : 50 KVA
- Norma de fabricación : ITINTEC 370.002

- Relación de transformación : 10000-2300 \pm 2x2,5%/230v.
- Grupo de conexión : Dyn5
- Tensión de cortocircuito : 4%
- Frecuencia : 60 Hz.
- Altitud de trabajo : 1000 msnm.

Con sus respectivos accesorios:

- Tanque conservador con indicador visual del nivel de aceite.
- Conmutador de tomas suplementarias, con mando sobre la tapa.
- Válvula de vaciado y toma de muestras de aceite.
- Tapón de llenado.

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

- Placa de características.
- Bornes de puesta a tierra.
- Dotación de aceite.

2.3.3. Puesta a tierra de la subestación

Se instalaron dos pozos de puesta a tierra; uno de ellos para la puesta a tierra del transformador y demás equipos de media tensión y el otro para la puesta a tierra del tablero de baja tensión. Cada pozo de tierra constó:

- Electrodo para puesta a tierra.

Material : Copperweld.

Dimensiones : 5/8"Ø(16 mm²)x2400 mm.

- Cable desnudo de cobre recocido

Dimensión : 16 mm² x 15 m.

- Borne conector para electrodo

Material : Bronce con tuercas de bronce al Silicio.

Tipo : AB

- Sal Higroscópica

Material : Aditivo Gel para conservar baja su resistividad.

Dosis : 2

2.3.4. Protección y seccionamiento en 2,3 kv.

Para la protección del transformador se usaron fusibles seccionadores unipolares tipo cut-out para instalación exterior de las siguientes características:

a) Base Unipolar

- Tensión de servicio : 10 KV.
- Nivel básico de aislamiento BIL : 110KV
- Capacidad de interrupción
 - Asimétrica : 10 KA
 - Simétrica : 7,1 KA
- Corriente nominal : 100 A
- Altura de montaje : 1000 msnm

b) Fusibles

- Tipo : K (Expulsión)
- Corriente nominal : 20 K.

2.3.5. Elementos de protección

- Guantes de Jebe 12 KV.
- Pértiga aislante 12KV, para accionar los cut-out.

CAPITULO III

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MONTAJE

3.1. Condiciones generales de montaje

Para dar inicio a la ejecución de la obra, se comunicó a LUZ DEL SUR con anticipación de 15 días, contándose para ello con:

- Certificado de Contratista.
- Certificado de habilidad del Profesional Responsable (Ing. Residente).
- Copia del Proyecto aprobado (memoria descriptiva, especificaciones técnicas, cálculos justificativos, metrado y planos).
- Recibo del pago efectuado a LUZ DEL SUR.
- Cronograma de Obra.
- Cuaderno de Obra.

Simultáneamente se envió una carta a la Municipalidad pidiendo permiso para realizar la obra, comunicándole la fecha de inicio y fin, adjuntando una copia del plano donde se resaltó el recorrido del cable conductor por la vía pública, y un compromiso a dejar el terreno tal como se encontró.

Se pagó un derecho de uso de la vía pública y luego la Municipalidad emitió una carta de autorización.

Durante toda la ejecución de la obra debió observarse las prescripciones del:

- Código Nacional de Electricidad Tomos I y IV.
- Las Normas DGE 006 B-P1. 1984 Ejecución y control de obras en sistemas de utilización a tensiones de distribución primaria a cargo de terceros.
- Reglamento Nacional de Construcciones.
- La buena práctica de ingeniería.

Como Ingeniero Residente se designó a un Ingeniero Electricista, hábil para ejercer la profesión, al igual la Empresa Concesionaria del Servicio Eléctrico (LUZ DEL SUR) nombró al Ing. Supervisor con iguales características.

Todas las discrepancias entre el Proyecto aprobado y las ocurrencias que aparecieron

durante la ejecución, debieron ser absueltas por el Ing. Supervisor.

3.2. Transporte y almacenamiento

Para el transporte y manipuleo de los materiales desde su lugar de adquisición hasta su almacén provisional, y de allí al frente de trabajo se hicieron con las debidas precauciones y cuidados, a fin que los materiales queden en óptimas condiciones de servicio al ser instalados.

También se tuvo mucho cuidado que el personal que efectuó las obras electromecánicas fuese experimentado en trabajos similares, y antes del inicio de la obra la empresa Concesionaria verificó que se cumplieran los requisitos necesarios.

3.3. Montaje del cable subterráneo

3.3.1. Zanja

La zanja se realizó mediante excavación manual y fue de 0,60 x 1,10 m de profundidad.

El cable se colocó sobre una capa de tierra cernida compactada de 0,10 m de espesor; rellenándose luego con tierra cernida compactada con un espesor de 0,15 m, la tierra cernida se obtuvo con zaranda de cocada de 1/2 pulgada de diámetro; después se cubrió con una hilera de ladrillos corrientes puestos en forma de soga, luego se rellenó con una capa de tierra sin pedrones de 0,20 m, colocándose una cinta señalizadora de polietileno de color rojo con letras negras que decía “PELIGRO ALTA TENSION 10000 VOLTIOS”, rellenándose después totalmente la zanja con tierra natural compactada debidamente. (Ver detalle típico de instalación de cable en el plano RSU-01).

3.3.2. Ductos de concreto

Los ductos se colocaron sobre un solado de concreto (mezcla 1:8) de 0,05 m de altura, las uniones de los ductos se realizaron mediante mortero de concreto y fue cubierta de yute y brea para lograr hermeticidad en las mismas.

Ya instalado el ducto, se rellenó con tierra cernida compactada hasta una altura de 0,10 m por encima de él; finalmente se terminó de cubrir con tierra original de la misma zanja, pero sin pedrones; siendo compactada debidamente. (Ver detalle típico de instalación de cruzada en el plano RSU-01).

En los extremos de la cruzada se han tapado las vías con yute y brea, para impedir que se llenen de tierra o puedan entrar insectos, roedores u otro

animal.

3.3.3. Tubo de PVC

Se instaló un tubo de PVC pesado de 4" Ø, para cruzar 0,50 m por debajo de una acequia de regadío.(Ver detalle en el corte C-C del plano RSU-01).

3.3.4. Instalación del cable subterráneo NKY

El tendido se realizó utilizando polines (poleas de tendido), para no dañar el cable. Se dispuso cada 10 metros un operario para jalar, especialmente durante el paso por los ductos de concreto, donde se tuvo cuidado de no dañar su aislamiento.

3.4. Montaje de la línea aérea

3.4.1. Montaje de postes

La ubicación de los postes se ciñó lo más cercano al trazo indicado en el plano del proyecto.

En la excavación de los huecos para la cimentación de los postes, se tomaron las precauciones necesarias para evitar derrumbes durante la excavación.

Los postes de 11 m se hincaron en el terreno en un hueco de 1 m de diámetro por 1,80 m de profundidad y para el poste de 13 m fue de 1 m de diámetro y 2,0 m de profundidad.. Como base se hizo un solado de concreto ciclópeo de 0,10 m de altura, una vez hincado el poste, el terreno adyacente se rellenó con piedras y material de relleno adecuado (Ver detalle de cimentación de los postes en el plano RSU-02).

Para el hincado de los postes No. 1 y No. 2, se utilizó una grúa, la cual realizó el izado desde su centro de gravedad sin exceder los esfuerzos de diseño.

El poste No. 3 se instaló en un terreno rocoso y de difícil acceso para la grúa, por lo cual fue necesario transportarlo al lugar de su ubicación en forma manual e izarlo mediante la ayuda de tres tirfos, manejados por personal capacitado.

Los postes fueron ensamblados totalmente antes de ser izados para cimentarlos, tratando que los armados de alineamiento queden perpendiculares al eje de la línea; los postes extremo de línea y ángulo se instalaron con cierta inclinación contraria a la resultante del tiro de los conductores, para prever el efecto del mismo al producirse el templado.

Se tuvo presente que la verticalidad del eje de los postes no excedieran de 5

mm/m.

3.4.2. Montaje de las crucetas

Se instalaron de acuerdo a lo indicado en los planos y fueron selladas con concreto. Su montaje se realizó antes del izado e instalación de los postes, cuidándose de conservar la perpendicularidad, con ellos y con los conductores.

3.4.3. Montaje de la estructura aérea biposte (SAB)

Fue instalada de acuerdo a la ubicación indicada en el plano, todavía en tierra se instalaron a los postes las plataformas de concreto armado que soportan al transformador, luego fueron izadas estas estructuras por la grúa con los mismos cuidados que se tuvo con los postes del ítem anterior, teniendo presente que las plataformas se acoplen perfectamente y muestren una superficie uniforme y completamente nivelada, finalmente se instaló la palomilla doble para que soporte las bases de los cut-out.

3.4.4. Montaje de aisladores

a) Aisladores tipo PIN

Los aisladores tipo PIN, se instalaron en sus soportes antes del izado y montaje de los postes, verificándose el ajuste correcto de todos los elementos y la posición de la ranura del aislador en el sentido de la línea.

En el manipuleo se tuvo especial cuidado y se verificó antes de la instalación el buen estado de los diferentes elementos.

b) Aisladores de suspensión

El armado de los aisladores de suspensión se efectuó en forma cuidadosa, prestando especial atención que los seguros quedaran debidamente instalados.

Antes de proceder al ensamblaje se verificó que sus elementos no presentaran defectos y estén limpios.

Su instalación se realizó en el poste ya izado, y se tuvo cuidado que durante el montaje de las cadenas a su posición, no se produjeran golpes que dañaran los aisladores.

3.4.5. Montaje de retenidas

Después que se instaló el poste y antes del tendido del conductor, se procedió al montaje de las retenidas, para lo cual se abrió en el suelo los huecos

respectivos y se colocó la zapata de anclaje y la varilla respectiva, según se indica en el plano; luego se cerró la excavación, compactándose y regándose el terreno en capas no mayores de 0,20 m. Al día siguiente se procedió a instalar el cable y los otros elementos.

La varilla de anclaje se dejó sobresalir unos 0,20 m sobre el nivel normal del terreno, sin hacer ángulo con el cable de retenida.

El ajuste del cable de retenida se hizo después de verificarse el templado del cable simultáneamente con el conductor de la línea.

El templado del cable de retenida se efectuó de tal manera de inclinar ligeramente el poste en dirección contraria al eje de tiro de los conductores, para que al tensarse éstos, restituyan al poste a su posición normal al equilibrarse las fuerzas.

3.4.6. Puesta a tierra

Luego de instalados los postes, se procedió a instalar la puesta a tierra. Mediante un conductor de 16 mm² de cobre desnudo, se unió todos los elementos metálicos de la línea primaria sin tensión para así quedar unidos eléctricamente al electrodo, para hacer los empalmes o derivaciones se usaron conectores tipo perno partido.

En los postes P-1 y P-2 el conductor de tierra bajó por dentro del poste y se usó los electrodos de puesta a tierra en forma vertical, pero en el poste P-3, debido a que el canal central del poste estaba obstruido, se pasó la línea de tierra exteriormente, protegido por una tubería de PVC pesado de 1" Ø y como el terreno era pedregoso tuvo que usarse el electrodo de puesta a tierra en forma horizontal.

El hueco para los electrodos de los postes P-1 y P-2 fueron de 1 m de diámetro y 2,5 m de profundidad, se colocó y sujetó la varilla copperweld, luego se rellenó y compactó con tierra vegetal cada 0,50 m , hasta dejar 0,10 m de electrodo libre, después se aplicó la dosis de Thor-gel, siguiendo las pautas dadas por el fabricante.

En el caso del poste P-3 se usó el electrodo de puesta a tierra en forma horizontal tal como se muestra en el detalle del plano RSU-02.

La subestación aérea biposte tiene dos pozos de tierra, uno para el transformador y demás equipos de media tensión y el otro para la puesta a

tierra del tablero de baja tensión.

Ambos pozos de tierra tuvieron que ser instalados en forma horizontal debido a que el terreno era pedregoso, tal como se muestra en el detalle del plano RSU-02.

Se usaron dos dosis de Thor-Gel y un conductor de cobre desnudo en forma de espiral alrededor de la varilla de copperweld, en cada uno de los pozos se construyó buzones para su mantenimiento posterior.

3.4.7. Montaje del conductor

El tendido del conductor se efectuó de tal manera que no afecte a este de ninguna manera, evitándose que roce con el suelo o con el poste.

El tendido del conductor se efectuó usando poleas adecuadas al calibre del conductor, fijadas a los postes o a las crucetas según donde fuese necesario.

El tendido de los conductores se efectuó desde el carrete del conductor de cobre montado sobre un trípode, sin rozar el suelo ni someter la línea a tracciones peligrosas.

Durante el tendido, el conductor no sufrió dobladuras bruscas ni fue sometido a tirones que superaran el 20% de la carga de rotura.

La puesta en flecha del conductor se efectuó después de transcurrido 24 horas del tendido.

El amarre de los conductores a los aisladores tipo PIN, se realizó empleándose conductor de cobre desnudo de 16 mm^2 ; en los aisladores de suspensión, como el caso del poste P-1 se sujetó mediante grapa de anclaje tipo puño y en el caso del poste P-3 se sujeto con grapa de suspensión.

3.5. Montaje de la subestación aérea

La disposición de los diferentes elementos de la subestación y sus detalles son mostrada en el plano RSU-02.

El montaje de los seccionadores fusibles (cut-out) se realizó en el armado respectivo, verificándose antes de su instalación su correcto funcionamiento y el calibre de los cartuchos fusibles.

La derivación de los conductores de la red de M.T. al transformador se hizo mediante conectores de perno partido de 35 mm^2 .

3.6 Pruebas realizadas

Finalizada la obra se hizo pruebas de la instalación, para verificar el correcto funcionamiento del sistema.

Las pruebas fueron las siguientes:

a) Inspección general del estado de la línea.

b) Aislamiento

Se comprobó todos y cada uno de los circuitos, para obtener los valores de aislamiento requeridos por el Código Nacional de Electricidad.

c) Continuidad

Para esta prueba se puso en cortocircuito uno de los extremos de la red, y probando la continuidad en el otro extremo.

d) Puesta a tierra

La resistencia de la puesta a tierra en el lado de 2300 voltios fue menor de 25 ohm y en el pozo del lado de 230 voltios una resistencia del orden de 15 ohm.

e) Secuencia de fase

Se verificó que la posición de los conductores de cada fase fuese la correcta.

f) Prueba de tensión

Se energizó la red y se midió la tensión de salida de la subestación.

Para realizar las pruebas se le comunicó al supervisor de LUZ DEL SUR, junto con el cual se levantó un acta en la que se consignó los resultados obtenidos.

3.7. Recepción de la obra

Concluidas las pruebas se pidió al concesionario la recepción de la obra, para lo cual se adjuntó una carta de compromiso por doce (12) meses para reparar los defectos o cambiar el equipo ó material que se hubiese suministrado ó instalado defectuosamente.

CAPITULO IV CALCULOS JUSTIFICATIVOS

4.1. Generalidades

Los cálculos para el diseño y Obra cumplen con lo prescrito en los tomos I y IV del Código Nacional de Electricidad, la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, la Norma DGE-004-B-P-1/1984 del Ministerio de Energía y Minas, las Normas ITINTEC, ANSI, IEC y el Reglamento Nacional de Construcciones.

4.2. Bases de cálculo

Se ha considerado las siguientes condiciones:

- Tipo de red : Aérea y subterránea
- Potencia instalada : 50 KVA
- Demanda Máxima : 18 Kw.
- Tensión nominal : 2,3 KV (preparada para 10 Kv)
- Frecuencia Nominal : 60 Hz.
- Factor de potencia : 0,85
- Potencia de Cortocircuito : 100 MVA (Dado por el Concesionario).
- Tiempo actuación de protec : 0,02 s (Dado por el Concesionario).
- Caída de tensión máxima : 3,5%

4.3. Distancias mínimas de seguridad

Como es un circuito en disposición vertical preparado para 10 Kv, se toman las siguientes consideraciones de acuerdo al CNE, tomo IV.

a) La separación mínima entre conductores eléctricos en sus postes y en cualquier punto del vano deberá ser para tensiones inferiores o igual a 11000 voltios: 0,40 m (Se está usando una distancia en el poste entre conductores de 0,80 m).

b) La separación mínima en metros entre conductores eléctricos a la mitad del vano debe ser el valor dado por la siguiente fórmula:

Para conductores menores de 35 mm²

$$d_{\min} > 0,0076 U + 0,65 \sqrt{f - 0,60} \quad (4.1)$$

Donde “f” es la flecha máxima en metros, sin viento y “U” es la tensión de la línea en Kv.(Consideramos una máxima flecha de 1,24 m, sin viento, tensión de 10 Kv, vano de 70m y una temperatura de 50 °C), reemplazando en (4.1):

$$d_{\min} > 0,0076 \cdot 10 + 0,65 \sqrt{1,24 - 0,60}$$

$d_{\min} > 0,60\text{m}$ (La distancia entre conductores usada es 0,80m).

c) En una estructura soportada, la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y sus estructuras soportadoras no será inferior a $0,1 + U/150$ metros con un mínimo de 0,20 m, donde U es la tensión nominal en kv.

En nuestro caso: $0,1 + 10/150 = 0,17\text{m}$ (Se usó 0,20m).

d) La distancia mínima de conductores sobre la superficie del terreno para el cruce de calles ó caminos con su máxima flecha vertical según el CNE es de 6,00m para tensiones comprendidos entre 1 y 15 kv (en nuestro caso resultó 6,5m).

4.4. Cálculos eléctricos

4.4.1. Intensidad de corriente

Se usan las siguientes fórmulas:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} V \cos \phi} \quad (4.2)$$

$$I_d = \frac{I}{F_{eq}} \quad (4.3)$$

Donde:

- I : Corriente de la carga (A).
- V : Tensión nominal entre líneas = 2,3 Kv
- I_d : Corriente de diseño del cable (A)
- $\cos \phi$: Factor de potencia = 0,85
- W : Máxima demanda = 18 Kw
- F_{eq} : Factor de corrección equivalente

Para el tramo subterráneo de la obra existe un factor de corrección equivalente debido a las características de la instalación:

Factores de corrección según el CNE:

- Resistividad térmica del terreno(120⁰C -cm/W): 0,96
- Temperatura del terreno 25 ⁰C : 0,95
- Agrupamiento de cables : 1,00

- Profundidad de instalación (1 m) : 0,96

Luego:

$$F_{eq} = \text{Resistividad térmica del terreno} \times \text{Temperatura del terreno} \times \text{Agrupamiento de cables} \times \text{Profundidad de instalación} \quad (4.4)$$

Reemplazando en la ecuación (4.4):

$$F_{eq} = 0,96 \cdot 0,95 \cdot 1,00 \cdot 0,96 = 0,88$$

$$I = \frac{18}{\sqrt{3} \cdot 2,3 \cdot 0,85} = 5,32 \text{ A.}$$

$$I_d = \frac{5,32}{0,88} = 6,04 \text{ A.}$$

Para el tramo subterráneo se usó cable NKY 3 x 35 mm² donde:

$$I_n = 144 \text{ A} > I_d = 6,04 \text{ A}$$

Para el tramo aéreo se usó conductor de cobre desnudo 3-1 x 16 mm² donde:

$$I_n = 137 \text{ A} > I_d = 6,04 \text{ A}$$

4.4.2. Resistencias de los conductores

a) Para El Cable NKY 3 x 35 mm²

$$R = 0,63 \text{ ohm/km (Norma de Electrolima CD-7-010)}$$

b) Para la línea aérea 3-1 X 16 mm²

$$R_{50} = R_{20} [1 + \alpha (T_2 - 20^\circ\text{C})] \quad (4.5)$$

Donde :

R_{50} : Resistencia del conductor a la temperatura de trabajo de 50°C

R_{20} : Resistencia del conductor a 20 °C = 1,17 ohm/km (Tabla Indeco).

α : Coeficiente térmico de resistencia = 0,00382 °C⁻¹

T_2 : Temperatura de trabajo del conductor = 50 °C

Reemplazando en la fórmula (4.5) tenemos:

$$R_{50} = 1,17 [1 + 0,00382 (50 - 20)]$$

$$R_{50} = 1,304 \text{ ohm/km}$$

4.4.3. Reactancias de los conductores

a) Para el cable NKY 3x35 mm²

$$X_L = 0,120 \text{ ohm/km (Norma de Electrolima CD-7-010)}$$

b) Para la línea aérea 3-1x16 mm²

La inductancia se calcula con la fórmula:

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG} \text{ (Hr/km)} \quad (4.6)$$

$$DMG = \sqrt[3]{d \cdot d \cdot 2d} = \sqrt[3]{2} \cdot d \text{ (m)}. \quad (4.7)$$

$$RMG = 0,7788 r = 0,7788 \frac{\varnothing}{2} \text{ (mm)}. \quad (4.8)$$

Donde:

DMG : Distancia Media Geométrica (m).

RMG : Radio Medio Geométrico (m).

D : Distancia entre conductores = 0,80 m.

R : Radio del conductor (mm).

\varnothing : Diámetro del conductor = 5,10 mm.

La Reactancia se calcula con la fórmula:

$$X_L = 2 \pi F L \quad (4.9)$$

Donde:

F : Frecuencia de la red : 60 Hz.

L : Inductancia (Hr/km).

Los conductores están en disposición vertical con una separación de 0,80 m entre sí.

Reemplazando datos en (4.6), (4.7) y (4.8) :

$$DMG = \sqrt[3]{2} d = \sqrt[3]{2} \cdot 0,80 = 1,008m.$$

$$RMG = 0,7788 \frac{\varnothing}{2} = 0,7788 * \frac{5,10}{2} = 1,986 \text{ mm}.$$

$$L = 2 \cdot 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG} = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \ln \frac{1,008}{0,001986} = 12,46 \cdot 10^{-4} \frac{Hr}{km}$$

Reemplazando los resultados obtenidos en la ecuación (4.9) :

$$X_L = 2 \cdot 3,1416 \cdot 60 \cdot 12,46 \cdot 10^{-4} = 0,47 \text{ ohm/km}.$$

4.4.4. Caída de tensión

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \sqrt{3} I \cdot L (R \cos \varnothing + X_L \text{ sen} \varnothing) \text{ voltios} \quad (4.10)$$

Donde:

ΔV : Caída de tensión en el tramo (V).

I : Corriente de la carga (A) = 5,32 A.

L : Longitud del tramo (Km).

R : Resistencia del conductor del tramo (ohm/km)

X_L : Reactancia del conductor del tramo (ohm/Km)

$$\cos\theta : 0,85$$

$$\sin\theta : 0,53$$

a) Para el cable NKY 3 x 35 mm²

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (0,630 \cdot 0,85 + 0,120 \cdot 0,53)$$

$$\Delta V = 1,037 \cdot I \cdot L \text{ (Caída de tensión subterránea)}$$

b) Para la línea aérea 3-1 x 16 mm² cobre.

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (1,304 \cdot 0,85 + 0,47 \cdot 0,53)$$

$$\Delta V = 2,35 I L \text{ (Caída de tensión aérea).}$$

Calculamos la caída de tensión en cada uno de los tramos y cuyos resultados aparecen en la Tabla N^o 4.1 :

TABLA N^o 4.1 Caída de tensión

TRAMO	TIPO	I(A)	L (km)	$\Delta V(V)$
SAB 940 - Pto.1	subterráneo	5,32	0,120	0,66
Pto.1- SAB part.	aéreo	5,32	0,179	2,24
TOTAL:				2,90

Luego la caída de tensión en la SAB Particular será de 2,90 V. que es menor que 80,5 V (3,5% de 2,3 KV).

4.4.5. Corriente de cortocircuito

Condiciones:

$$P_{cc} : \text{Potencia de cortocircuito del sistema} = 100 \text{ MVA}$$

$$V : \text{Tensión nominal} = 2,3 \text{ KV}$$

$$t : \text{Duración del cortocircuito} = 0.02 \text{ s}$$

$$I_{cc} : \text{Corriente de cortocircuito permanente (A)}$$

a) **Impedancias equivalentes en cada punto del sistema:**

➤ Impedancia en la SAB No. 940:(Z_0)

$$Z_o = \frac{V^2}{P_{cc}} \text{ ohm} \quad (4.11)$$

Remplazando valores en la ecuación anterior:

$$Z_o = \frac{(2,3)^2}{100} \text{ ohm}$$

$$Z_o = j 0,053 \text{ ohm.}$$

➤ Impedancia desde SAB 940 hasta el poste No. 1:($Z_{1 \text{ eq}}$)

$$Z_1 = Z_o + Z_c \quad (4.12)$$

$$Z_1 = Z_o + (R + j X_L).L \quad (4.13)$$

Donde:

Z_C : Impedancia del cable subterráneo (ohm)

L : Longitud del tramo del cable subterráneo (Km).

R : Resistencia del cable subterráneo (ohm/km)

X_L : Reactancia del cable subterráneo (ohm/Km)

Las características del cable subterráneo en este tramo son:

Sección : NKY 3 x 35 mm²

R : 0,630 ohm/Km

X_L : 0,120 ohm/Km

L : 0,120 Km

Reemplazando:

$$Z_1 = j 0,053 + (0,630 + j 0,120) 0,120$$

$$Z_1 = 0,0756 + j 0,0674$$

$$Z_{1eq.} = \sqrt{(Z_{1X})^2 + (Z_{1Y})^2} \quad (4.14)$$

Luego : $Z_{1eq.} = \sqrt{(0,0756)^2 + (0,0674)^2}$

$$Z_{1eq.} = 0,10128 \text{ ohm.}$$

➤ Impedancia desde el Poste No.1 hasta la SAB Particular : (Z_{2eq})

$$Z_2 = Z_1 + Z_{\text{línea aérea}} \quad (4.15)$$

$$Z_2 = Z_1 + (R + j X_L).L \quad (4.16)$$

Las características de la línea aérea en este tramo son:

Sección : 3-1 x 16 mm²

R : 1,304 ohm/Km

X_L : 0,47 ohm/Km

L : 0,179 Km

Reemplazando:

$$Z_2 = 0,0756 + j 0,0674 + (1,304 + j 0,47) 0,179$$

$$Z_2 = 0,0756 + j 0,0674 + (0,233 + j 0,084)$$

$$Z_2 = 0,3086 + j 0,1514$$

Luego : $Z_{2eq.} = \sqrt{(0,3086)^2 + (0,1514)^2}$

$$Z_{2eq} = 0,3437 \text{ Ohm.}$$

b) Corriente de cortocircuito trifásico en cada uno de los puntos importantes del sistema

$$\text{De:} \quad I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} V} \quad (4.17)$$

$$\text{y} \quad P_{cc} = \frac{V^2}{Z_{eq}} \quad (4.18)$$

$$\text{resulta :} \quad I_{cc} = \frac{V}{\sqrt{3} Z_{eq}} \quad (4.19)$$

Con $V = 2,3 \text{ kv}$ y Z_{eq} en cada uno de los puntos tenemos la Tabla N^o 4.2 :

TABLA N^o 4.2 Corriente de cortocircuito en puntos importantes.

EN PUNTO	CONDUCTOR	Z_{eq} (ohm)	I_{cc} (KA)
SAB No.940	-----	0,053	25,05
Poste No. 1	NKY - 3 x 35mm ²	0,101	13,15
SAB Cliente	Línea 3-1x16mm ²	0,3437	3,86

c) Corrientes de cortocircuito térmicamente admisibles que soportan los conductores

Para cable NKY:

$$I_k = \frac{0,110 S}{\sqrt{t}} \quad (4.20)$$

Para línea de cobre 3-1x16 mm² :

$$I_L = \frac{0,1383 S}{\sqrt{t}} \quad (4.21)$$

Donde:

I_k, I_L : Corriente de cortocircuito térmicamente
admisible por el conductor. : A.

S : Sección del conductor : mm².

t : Duración del cortocircuito : 0,02 s

Luego las corrientes que soportan los conductores serán los indicados en la Tabla N^o 4.3.

De los valores obtenidos vemos que los conductores seleccionados soportarán la corriente de falla 3Ø del sistema.

TABLA N^o 4.3 Corriente de cortocircuito de los conductores

S (mm ²)	I _k ó I _L (KA)
NKY - 3 x 35	27,22
Línea 3 - 1 x 16	15,65

4.5. Cálculo mecánico del conductor 3-1 x 16 mm²

4.5.1. Características del conductor

- Material : Cu electrolítico, duro
- Sección nominal : 16 mm²
- Diámetro nominal : 5,10 mm
- No. de hilos : 7
- Peso : 0,143 Kg/m
- Carga de rotura mínima : 648 Kg.
- Módulo de elasticidad : 12660 Kg/mm².
- Coeficiente de dilatación térmica : 17 x 10⁻⁶ °C⁻¹

4.5.2. Hipótesis de cálculo

Se ha tenido en cuenta tres hipótesis de cálculo:

Hipótesis I: (esfuerzo máximo)

- Temp. ambiente : 10 °C
- Veloc. del viento : 50 Kph

Hipótesis II: (Templado)

Para el tensado del conductor se utilizó los siguientes valores:

- Esfuerzo diario : 6 Kg/mm² (15% de su carga de rotura)
- Temp. ambiente : 20 °C
- Veloc. del viento : Nulo

Hipótesis III: (Flecha máxima)

- Temp. ambiente : 50 °C
- Veloc. del viento : Nulo

4.5.3. Fórmulas empleadas

- La ecuación de cambio de estado del conductor:

$$\sigma_n^2 \left[\sigma_n + \alpha E (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{W_c^2 a^2 E}{24 A^2 \sigma_0^2} \right] = \frac{W_{rn}^2 a^2 E}{24 A^2} \quad (4.22)$$

Donde:

σ_0	: 6 Kg/mm ²	(Esfuerzo diario del conductor)
σ_n	: Kg/mm ²	(Esfuerzo del conductor en la hipótesis “n”)
A	: 16 mm ²	(Sección del conductor)
T ₀	: 20 ⁰ C	(Temperatura ambiente en el estado inicial)
T _n	: ⁰ C	(Temperatura en la hipótesis “n”).
a	: M	(Longitud del vano)
W _c	: 0,143 Kg/m	(Peso unitario del conductor)
W _m	: Kg/m	(Carga resultante unitaria del conductor en la hipótesis “n”).
α	: 17.10 ⁻⁶ °C ⁻¹	(Coeficiente de dilatación lineal del cobre)
E	: 12,66 .10 ³ Kg/mm ²	(Módulo de elasticidad del cobre)

Ecuaciones Complementarias:

- La fórmula para calcular la carga unitaria debido al viento sobre el conductor es:

$$W_v = 0,0042 V^2 \frac{\emptyset}{1000} \quad (4.23)$$

Donde:

W _v	: Kg/m	(Carga unitaria debido al viento sobre el conductor)
V	: 50 km/h	(Velocidad del viento)
\emptyset	: 5,10 mm	(Diámetro exterior del conductor)

- La fórmula para calcular la carga resultante unitaria del conductor es:

$$W_{rn} = \sqrt{W_c^2 + W_v^2} \quad (4.24)$$

Donde:

W _m	: Kg/m	(Carga resultante unitaria del conductor en la hipótesis “n”)
W _c	: 0,143 Kg/m	(Peso propio unitario del conductor)

- La fórmula para calcular la flecha del conductor para vanos hasta de 300 m ó con flechas inferiores al 5% del vano y desnivel h/a menor a 0,2 es:

$$f_n = \frac{W_m a^2}{8 \sigma_n A} \quad (4.25)$$

Donde:

f _n	: m	(Flecha del conductor en la hipótesis “n”)
----------------	-----	--

h	:	m	(desnivel entre apoyos)
a	:	m	(Longitud del vano)

4.5.4. Curvas

a) Curvas de Cambio de Estado

Tomando como condición inicial la hipótesis II (templado del conductor) y considerando el vano “a” como variable, reemplazamos en la ecuación de cambio de estado (fórmula 4.22), la hipótesis I (esfuerzos máximos) y la hipótesis III (flecha máxima), resulta la Tabla N^o 4.4, con el cual se puede trazar las curvas de cambio de estado (Fig. 4.1), el cual indica los diferentes esfuerzos que toma el conductor al cambiar las condiciones de temperatura y acción del viento, en cada una de las hipótesis consideradas.

Así tenemos:

$$V = 50 \text{ km/hr (hipótesis I)}$$

$$T_n = 10 \text{ }^{\circ}\text{C (hipótesis I)}$$

$$T_0 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C (hipótesis II)}$$

Calculamos con la fórmula 4.23 :

$$W_v = 0,0042 (50)^2 \frac{5,10}{1000}$$

$$W_v = 0,05355 \text{ kg/m}$$

Luego reemplazando valores en la fórmula 4.24 :

$$W_m = \sqrt{0,143^2 + 0,05355^2}$$

$$W_m = 0,153 \text{ kg/m}$$

Para un vano : a = 70 m

Reemplazando estos valores en la ecuación de cambio de estado (fórmula 4.22) del conductor resulta:

$$\sigma_n = 7,094 \text{ kg/mm}^2$$

La flecha del conductor se calcula con la fórmula 4.25 :

$$f_n = \frac{0,153 (70)^2}{8 (7,094) (16)}$$

$$f_n = 0,82 \text{ m}$$

NOTA: La solución de la ecuación de cambio de estado del conductor (fórmula 4.22) se ha resuelto usando el software Mathcad 6.0 de Mathsoft

TABLA N° 4.4 Cambio de estado para las diferentes hipótesis al cambiar las condiciones de temperatura y acción del viento.

Vano (m)	Hipótesis I 10°C 50 km/hr		Hipótesis II 20°C sin viento		Hipótesis III 50°C sin viento	
	σ (Kg/mm ²)	f (m)	σ (Kg/mm ²)	f (m)	σ (Kg/mm ²)	f (m)
41	7,5875	0,26	6,00	0,31	3,4674	0,54
43	7,5475	0,29	6,00	0,34	3,5525	0,58
45	7,508	0,32	6,00	0,38	3,6341	0,62
60	7,2391	0,59	6,00	0,67	4,1476	0,97
62	7,2068	0,64	6,00	0,72	4,2049	1,02
64	7,1778	0,68	6,00	0,76	4,2599	1,07
66	7,1488	0,73	6,00	0,81	4,3128	1,13
68	7,1211	0,77	6,00	0,86	4,3636	1,18
70	7,094	0,82	6,00	0,91	4,4125	1,24

TABLA N° 4.5 Tabla de templado(tiro y flecha para diferentes temperaturas y vanos).

Temp. (°C)	15 (s/v)		20 (s/v)		25 (s/v)		30 (s/v)	
	t (Kg)	f (m)	t (Kg)	f (m)	t (Kg)	f (m)	t (Kg)	f (m)
41	107,05	0,28	96	0,31	86,27	0,35	77,90	0,39
43	106,65	0,31	96	0,34	86,65	0,38	78,60	0,42
45	106,25	0,34	96	0,38	87,02	0,42	79,26	0,46
60	103,64	0,62	96	0,67	89,28	0,72	83,42	0,77
62	103,33	0,66	96	0,72	89,54	0,77	83,88	0,82
64	103,06	0,71	96	0,76	89,78	0,82	84,31	0,87
66	102,79	0,76	96	0,81	90,01	0,87	84,72	0,92
68	102,53	0,81	96	0,86	90,22	0,92	85,12	0,97
70	102,28	0,86	96	0,91	90,43	0,97	85,49	1,02

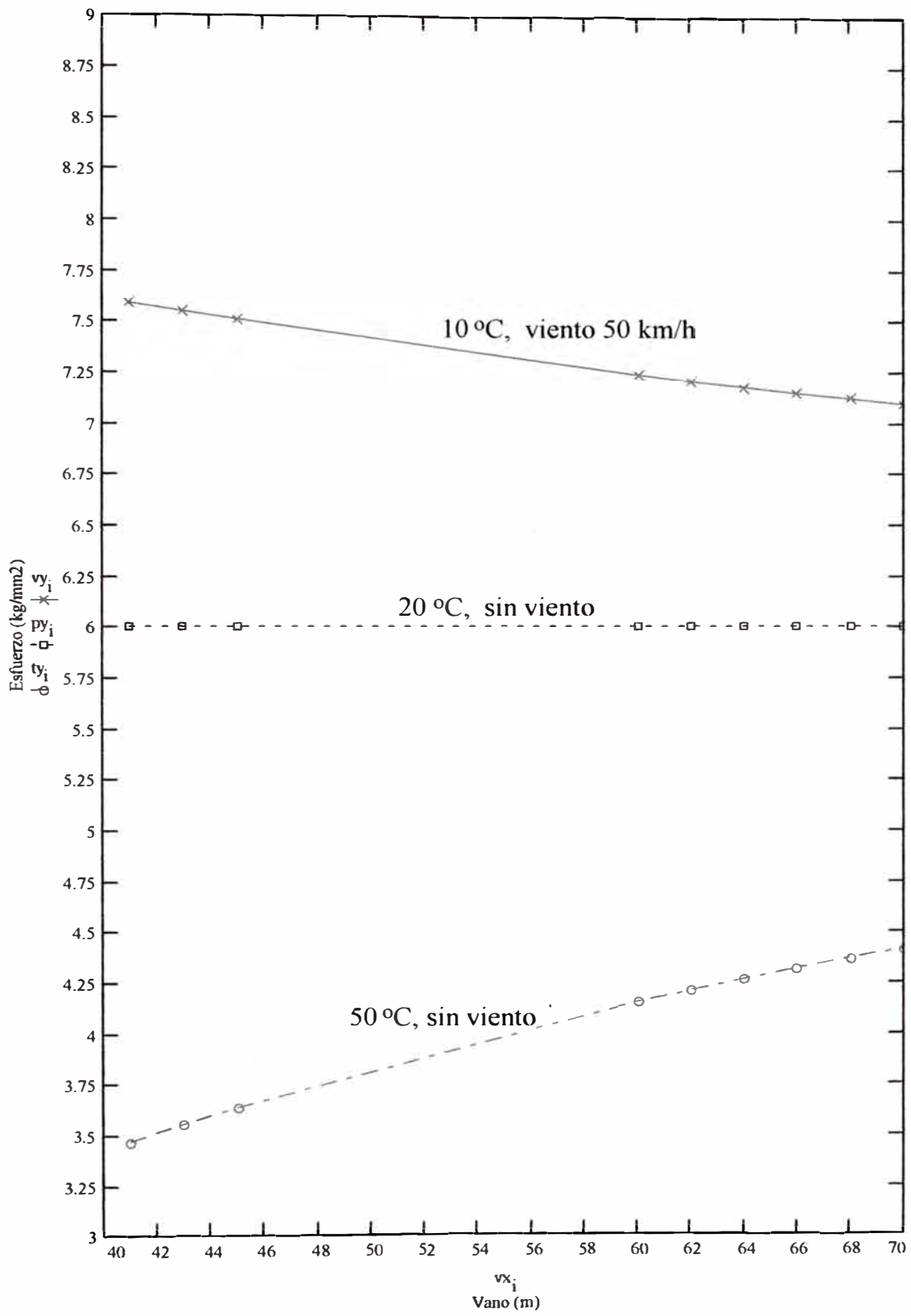


Fig.: 4.1 Curva de Cambio de estado

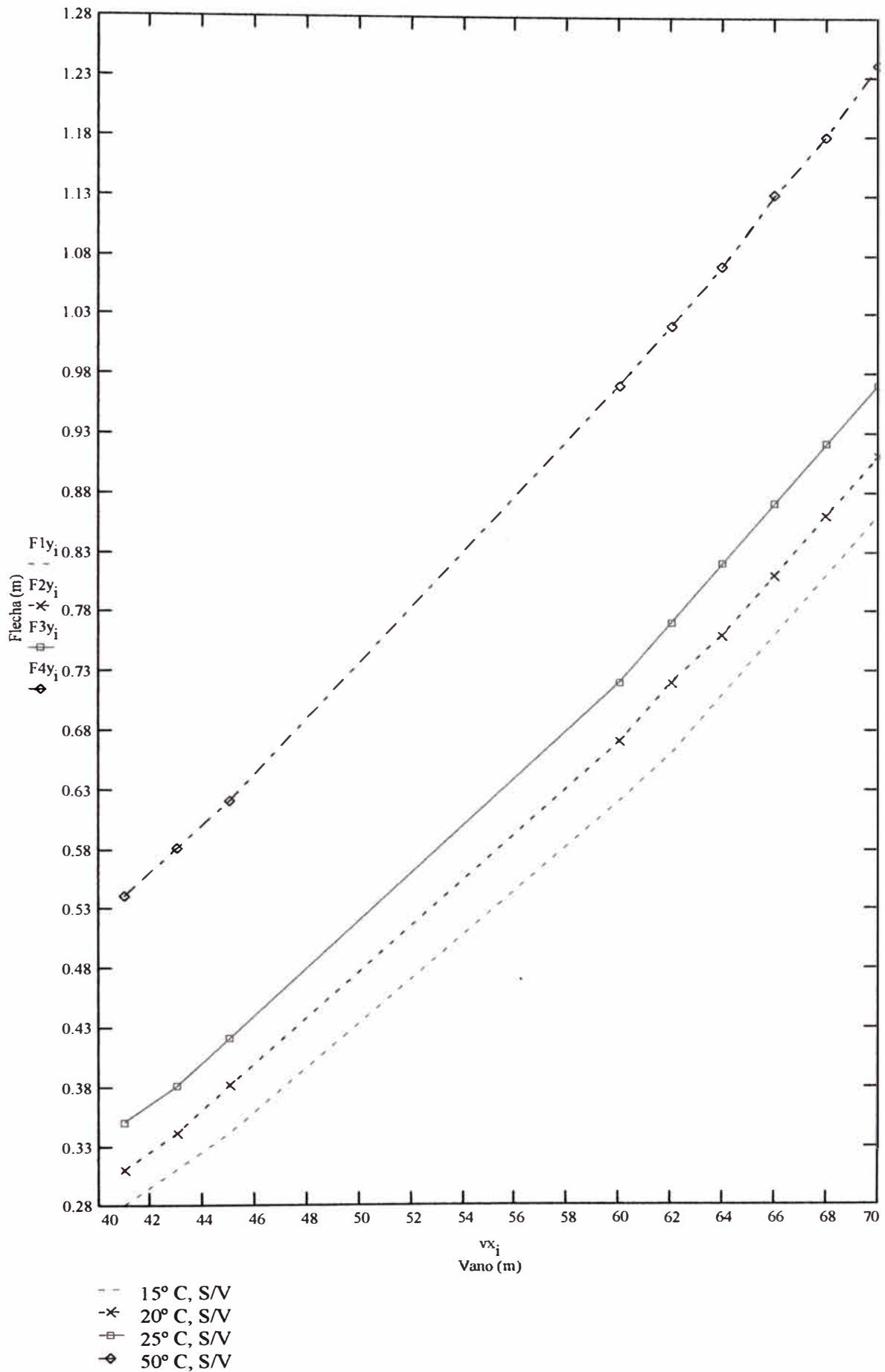


Fig.: 4.2 Curva de Tensado

Inc., para lo cual se plantean dos ecuaciones y variando el vano “a” se encuentran los valores del esfuerzo en dicho estado. De igual forma se procede en el caso de la hipótesis III.

b) Curvas de tensado del conductor

Las flechas respectivas (f_n) se calcularon con su fórmula (fórmula 4.25), sin tener en cuenta la acción del viento y tomando como referencia la hipótesis II (templado del conductor) y el cambio de esfuerzos en el conductor a otras temperaturas, mediante la ecuación de cambio de estado (fórmula 4.22).

Las curvas se utilizaron para el tensado del conductor de acuerdo a la temperatura ambiente existente durante la instalación de la línea. Según el vano los conductores deberán tensarse hasta alcanzar la flecha indicada ó desarrollar el tiro de tensado correspondiente controlándolo con un dinamómetro adecuado, de acuerdo a la Tabla 4.5 y la figura 4.2 .

c) Curva de flecha máxima

La curva se determina tomando los esfuerzos mínimos de la curva esfuerzos vs vanos. La curva de flecha máxima debe ser considerada para el control de la distancia mínima de separación entre conductores.(Tabla 4.5 y la figura 4.2).

4.6. Cálculo mecánico de los postes

4.6.1. Condiciones de cálculo

El cálculo mecánico de los postes se realiza considerando los requerimientos detallados en el Código Nacional de Electricidad, para altitudes de 0 a 3000 m.s.n.m y cumpliendo con las hipótesis de cálculo de la tabla 2-XVI del CNE.

4.6.2. Altura de los postes

Para el vano de 70 m la flecha máxima es 1,24m con una separación entre fases de conductores de 0,80 m

De la fig. 4.3 tenemos:

$$H = (0,10 + 0,80 + 0,80) + f_{max} + h_L + \left(\frac{H}{10} + 0,60 \right) \quad (4.26)$$

$$H = 2,3 + f_{max} + h_L + \frac{H}{10} \quad (4.27)$$

Donde:

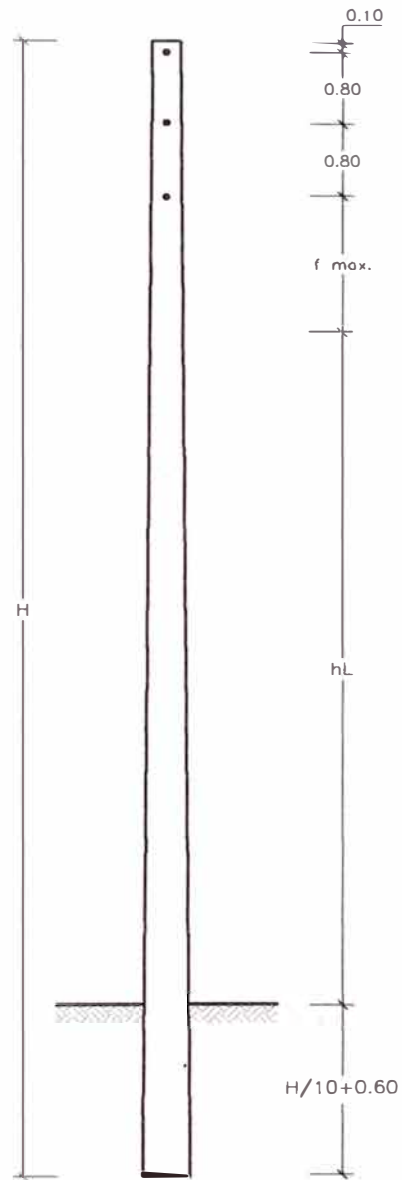


Fig.:4.3 ALTURA DE LOS POSTES

H	:	m	(altura del poste)
h_l	:	6,00 m	(Cruce de calles(Tabla 2-XX, tomo IV - CNE))
f_{max}	:	1,24 m	(flecha máxima)

Reemplazando estos valores tenemos en la fórmula (4.27) tenemos:

$$H = 10,60\text{m}$$

Se utilizaron postes de 11/200/150/315; 11/400/180/345 y 13/400/180/375 de acuerdo a los lugares por donde pasó la línea.

4.6.3. Características de los postes

En la Tabla 4.6 se muestra las principales características de los postes de concreto usados:

TABLA N^o 4.6 Características de los postes

Denominación del poste	P-2	P-1	P-3
Altura del poste: H (m)	11	11	13
Esfuerzo en la punta (Kg)	200	400	400
Diámetro en la punta: d_1 (mm)	150	180	180
Diámetro en la base: d_2 (mm)	315	345	375

4.6.4. Cálculo de la presión debido al viento (P_v)

Se considera que el viento actúa en forma horizontal y perpendicularmente sobre la superficie batida del conductor y poste. La presión del viento sobre los elementos constituyentes de la red fue obtenida por la siguiente expresión:

$$P_v = K \cdot V^2 \quad (4.28)$$

Donde:

P_v	:	kg/m^2	(Presión del viento)
K	:	0,0042	(Coeficiente para superficies cilíndricas)
V	:	50 km/hr	(Velocidad del viento)

Luego reemplazando estos valores en la fórmula (4.28):

$$P_v = 10,5 \text{ kg/m}^2$$

4.6.5. Poste de alineamiento (Poste "P-2")

En el cálculo del poste de alineamiento se ha tomado en cuenta la acción del viento sobre las cargas permanentes, tales como el área del poste, los conductores, aisladores, ménsulas, etc.

Condiciones generales:

Vano	: 70 m
Velocidad del viento	: 50 km/h
Poste	: 11/200/150/315
Carga de trabajo	: 200 Kg
Carga de rotura	: 400 Kg
Coefficiente de seguridad	: 2

a) Fuerzas producidas por el viento

a1) Fuerza del viento sobre el poste(F_{vp})

La fuerza del viento sobre el poste tendrá que ver con la presión del viento sobre la superficie del poste expuesta.

Fórmulas usadas:

$$F_{vp} = P_v \cdot A_p \quad (4.29)$$

$$A_p = \frac{1}{2} \left(\frac{d_0 + d_1}{1000} \right) h \quad (4.30)$$

$$d_0 = \frac{h}{H} (d_2 - d_1) + d_1 \quad (4.31)$$

$$h = H - \left(\frac{H}{10} + 0,60 \right) \quad (4.32)$$

Donde de la Fig. 4.4 tenemos:

F_{vp}	: kg	(Fuerza del viento sobre el poste)
P_v	: 10,50 kg/m ²	(Presión del viento)
A_p	: m ²	(Area del poste sometido a la acción del viento)
d_1	: 150 mm	(Diámetro en la punta del poste)
d_2	: 315 mm	(Diámetro en la base del poste)
d_0	: mm	(Diámetro a nivel de empotramiento del poste)
H	: m	(Altura libre del poste)
H	: 11 m	(Altura total del poste)

Reemplazando valores en las fórmulas (4.29), (4.30), (4.31) y (4.32):

$$h = 9,3 \text{ m}$$

$$d_0 = 289,5 \text{ mm}$$

$$A_p = 2,043 \text{ m}^2$$

$$F_{vp} = 21,45 \text{ kg}$$

Punto de aplicación de la fuerza del viento (Z):

Como la sección longitudinal del poste es un trapecio, la distancia desde el terreno al punto donde se aplica la fuerza F_{VP} tiene por valor:

$$Z = \frac{h}{3} \left(\frac{d_0 + 2d_1}{d_0 + d_1} \right) \quad (4.33)$$

Reemplazando los valores de d_0 , d_1 y h del poste en la fórmula (4.33) resulta:

$$Z = 4,158 \text{ m}$$

a2) Fuerza del viento sobre los conductores (F_{vc})

$$F_{vc} = \frac{a \cdot \emptyset}{1000} P_v \quad (4.34)$$

Donde:

- A : 70 m (Vano)
- \emptyset : 5,1 mm (Diámetro del conductor de 16 mm²)
- P_v : 10,5 Kg/m² (Presión del viento)

Reemplazando en la ecuación (4.34) tenemos:

$$F_{vc} = 3,75 \text{ kg}$$

a3) Fuerza del viento sobre el aislador (F_a)

$$F_a = A_a \cdot P_v \quad (4.35)$$

Donde:

- A_a : 0,01468 m² (Sección longitudinal del aislador clase ANSI 55.5)
- P_v : 10,5 Kg/m² (Presión del viento)

Reemplazando estos valores en la fórmula (4.35) se tiene:

$$F_a = 0,1541 \text{ Kg}$$

a4) Fuerza del viento sobre la ménsula (F_{ME})

Es aproximadamente de 1,00 Kg.

$$F_{ME} = 1,00 \text{ Kg}$$

b) Fuerza resultante sobre la cabeza del aislador (F_c)

Es la suma de todas las fuerzas anteriores.

$$F_c = F_{vc} + F_a + F_{ME} \quad (4.36)$$

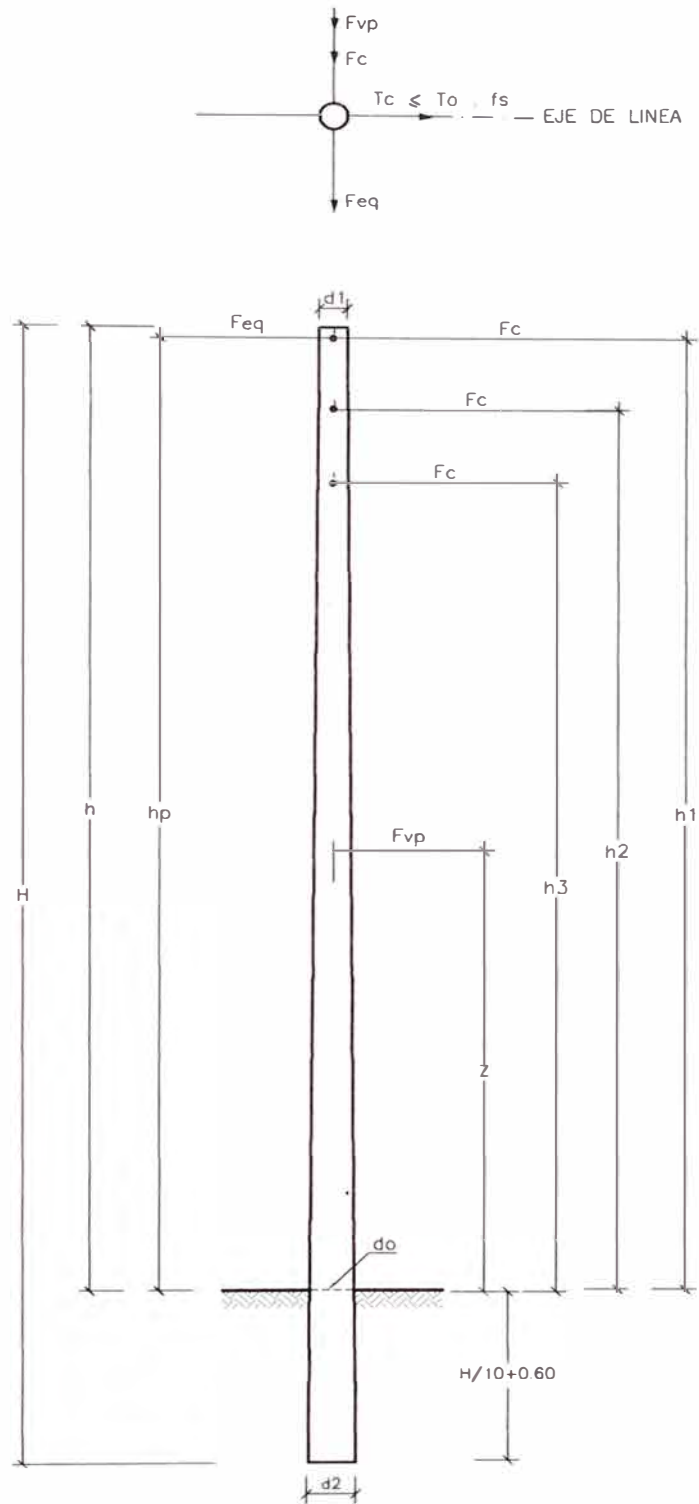


Fig.:4.4 DIAGRAMA DE FUERZAS PARA EL POSTE DE ALINEAMIENTO (POSTE P-2)

Reemplazando los valores en la fórmula (4.36) resulta:

$$F_c = 3,75 + 0,1541 + 1,00$$

$$F_c = 4,9041 \text{ kg}$$

c) Momento flector (M_F)

Tomando el momento de las fuerzas con respecto a la superficie del suelo, tenemos de la Fig. 4.4

$$M_F = F_c (h_1 + h_2 + h_3) + F_{vp} \cdot Z \quad (4.37)$$

Donde:

F_c : 4,904 kg (Fuerza sobre la cabeza del aislador)

h_p : 9,2 m (Altura del nivel del piso hasta 0,10m de la punta del poste)

h_1 : 9,2 m (Altura del piso al primer aislador)

h_2 : 8,4 m (Altura del piso al segundo aislador)

h_3 : 7,6 m (Altura del piso al tercer aislador)

F_{vp} : 21,45 kg (Fuerza del viento sobre el poste)

Z : 4,158 m (Punto de aplicación de la fuerza sobre el poste)

Reemplazando los datos en la fórmula (4.37) tenemos:

$$M_F = 212,7749 \text{ kg.m}$$

d) Fuerza equivalente a 0,10 m de la punta del poste(F_{eq}).

$$F_{eq} \cdot h_p = M_F \quad (4.38)$$

Reemplazando datos en la fórmula (4.38) tenemos:

$$F_{eq} = 23,1277 \text{ kg}$$

Resultado:

El poste "P-2" de 11m y 200 kg de esfuerzo en la punta puede ser usado como poste de alineamiento, con un coeficiente de seguridad de 8,6

4.6.6. Poste de ángulo (Poste "P-3")

En el cálculo del poste de ángulo se emplean las mismas fórmulas que el poste de alineamiento, pero teniendo presente que la situación más desfavorable ocurre cuando el tiro de los conductores sobre el poste, tiene la misma dirección que las fuerzas que ejerce el viento.

Condiciones generales:

Vano 70 m

Velocidad del viento 50 km/h

Poste	:	13/400/180/375
Carga de trabajo	:	400 Kg
Carga de rotura	:	600 Kg

a) Fuerzas debido al viento

a1) Fuerza del viento sobre el poste(F_{vp})

Usando la fórmula:

$$F_{vp} = P_v \frac{1}{2} \left(\frac{d_0 + d_1}{1000} \right) h \quad (4.39)$$

$$d_0 = \frac{h}{H} (d_2 - d_1) + d_1 \quad (4.40)$$

Donde:

F_{vp}	kg	(Fuerza del viento sobre el poste)
d_0	mm	(Diámetro a nivel de empotramiento del poste)
P_v	10,50 kg/m ²	(Presión del viento)
d_1	150 mm	(Diámetro en la punta del poste)
d_2	: 315 mm	(Diámetro en la base del poste)
h	: 9,3 m	(Altura libre del poste)
H	: 11 m	(Altura total del poste)

Reemplazando en las fórmulas (4.39) y (4.40) da como resultando:

$$d_0 = 346,50 \text{ mm}$$

$$F_{vp} = 30,68 \text{ kg}$$

Punto de aplicación de la fuerza del viento(Z):

$$Z = \frac{h}{3} \left(\frac{d_0 + 2d_1}{d_0 + d_1} \right) \quad (4.41)$$

Reemplazando valores en la fórmula (4.41) resulta:

$$Z = 4,9649 \text{ m}$$

a2) Fuerza del viento sobre los conductores (F_{vc})

De la Fig. 4.5 podemos deducir:

$$F_{vc} = \frac{a \emptyset}{1000} P_v \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (4.42)$$

Donde:

a	: 70 m	(Vano)
\emptyset	: 5,1 mm	(Diámetro del conductor de 16 mm ²)

P_v : 10,5 Kg/m² (Presión del viento)

α : (Angulo de la línea en grados sexagesimales)

Reemplazando en (4.42) tenemos:

$$F_{VC} = 3,75 \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (4.43)$$

Como $\alpha = 30^0$, entonces:

$$F_{VC} = 3,622 \text{ Kg}$$

a3) Fuerza del viento sobre el aislador (F_a)

Al igual que el poste de alineamiento se tiene: (ver fórmula 4.35)

$$F_a = 0,1541 \text{ Kg} \quad (4.44)$$

b) Tiro del conductor sobre el poste (T_C)

Es una fuerza para las condiciones de máximo esfuerzo:

De la Fig. 4.5 tenemos:

$$T_c = 2 T \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (4.45)$$

Siendo:

$$T = \sigma_1 A \quad (4.46)$$

Donde:

T : kg (Tiro en las condiciones de máximo esfuerzo hipótesis I)

σ_1 : 7,5475 Kg/mm² (Esfuerzo unitario del conductor en condiciones de máximo esfuerzo en la hipótesis I)

A : 16 mm² (Sección del conductor)

Reemplazando en la fórmula (4.46):

$$T = 120,76 \text{ Kg}$$

Luego reemplazando este valor en la fórmula (4.45):

$$T_c = 241,52 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (4.47)$$

Como $\alpha = 30^0$, entonces reemplazando en la fórmula anterior:

$$T_C = 62,5053 \text{ Kg}$$

c) Fuerza resultante sobre la cabeza del aislador (F_c)

Es la suma de todas las fuerzas anteriores.

$$F_C = F_{VC} + F_a + T_C \quad (4.48)$$

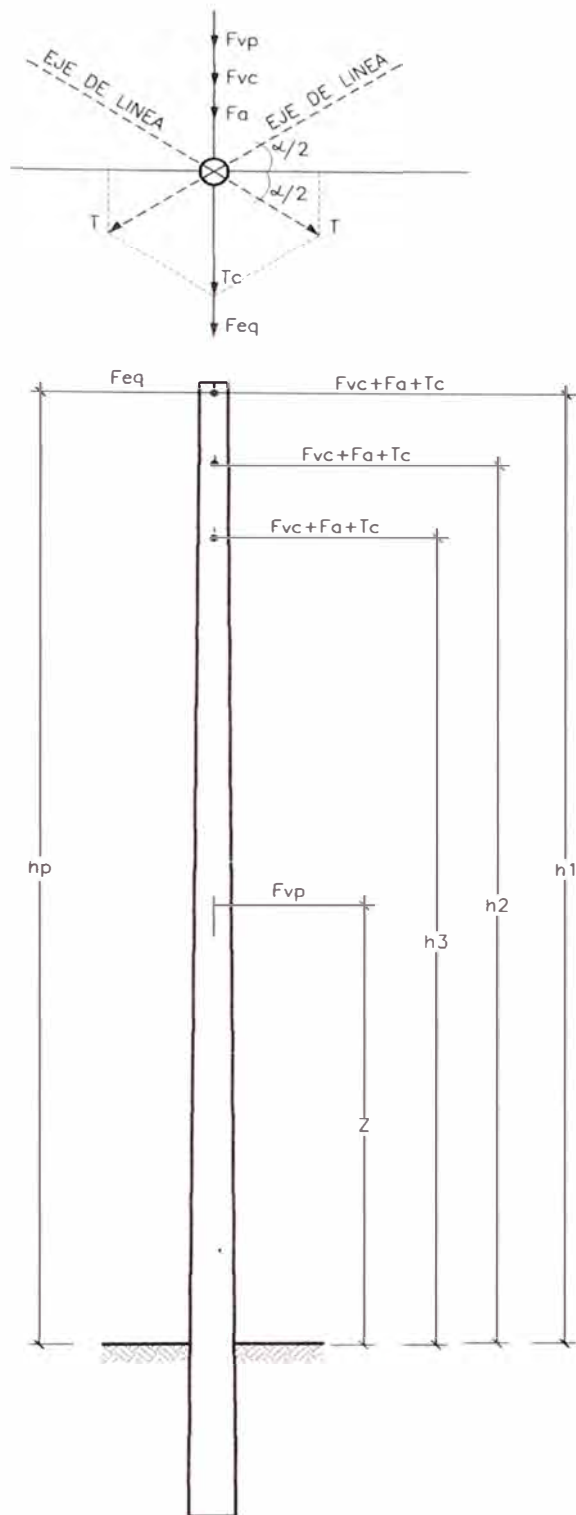


Fig.:4.5 DIAGRAMA DE FUERZAS PARA EL POSTE DE ANGULO (POSTE P-3)

Reemplazando los resultados anteriores en la fórmula (4.48):

$$F_C = 3,622 \text{ kg} + 0,1541 \text{ kg} + 62,5053 \text{ kg}$$

$$F_C = 66,2814 \text{ kg}$$

d) Momento flector (M_F)

Tomando el momento de las fuerzas de los conductores y aisladores con respecto a la superficie del suelo, tenemos en la Fig. 4.5:

$$M_F = F_c (h_1 + h_2 + h_3) + F_{VP} \cdot Z \quad (4.49)$$

Donde:

F_c	: 66,2814kg	(Fuerza sobre la cabeza del aislador)
h_p	: 11,0 m	(Altura del nivel del piso hasta 0,10m de la punta del poste)
h_1	11,0 m	(Altura del piso al primer aislador)
h_2	10,2 m	(Altura del piso al segundo aislador)
h_3	9,4 m	(Altura del piso al tercer aislador)
F_{VP}	: 30,68 kg	(Fuerza del viento sobre el poste)
Z	: 4,9649 m	(Punto de aplicación de la fuerza sobre el poste)

Reemplazando los datos en la fórmula (4.49):

$$M_F = 66,2814(11 + 10,2 + 9,4) + 30,68 \times 4.9649$$

Tenemos finalmente:

$$M_F = 2180,5339 \text{ kg.m}$$

e) Fuerza equivalente a 0,10 m de la punta del poste(F_{eq}).

$$F_{eq} \cdot h_p = M_F \quad (4.50)$$

Reemplazando datos:

$$F_{eq} = 198,23 \text{ kg}$$

Luego:

El poste "P-3" de 13 m y 400 kg de esfuerzo en la punta puede ser usado como poste de ángulo, pero con una retenida por tener solo un coeficiente de seguridad de 2,01 .

4.6.7. Cálculo de la retenida para el poste de ángulo(P-3)

a) Características de la retenida:

- Material	Alumoweld
- No. hilos	7 No. 9 AWG
- Esfuerzo de rotura	5680 kg

b) Cálculo de la fuerza de la retenida (Q)

Este elemento debe aportar una situación de equilibrio, luego por momentos podemos calcular el tiro que posee.

De la Fig. 4.6 tenemos:

$$Q_H \cdot h_p = F_{eq} \cdot h_p \quad (4.51)$$

Resolviendo :

$$Q_H = 198,23 \text{ kg}$$

$$Q = Q_H \sqrt{1 + \left(\frac{h_p}{L}\right)^2} \quad (4.52)$$

Donde:

Q : kg (Tiro de rotura del cable de retenida)

Q_H : kg (Componente horizontal de Q)

h_p : 11,0 m (Altura del nivel del piso hasta 0,10m de la punta del poste)

L : m (distancia horizontal desde el pie del poste al pie de la retenida)

Nota: Según Norma de Electrolima LD-7-330, "L" mínimo debe ser 6m, para postes de 13m de longitud.

Calculando Q para diferentes valores de "L", se obtiene la Tabla 4.7:

TABLA N^o 4.7 Tensiones que soporta la retenida

L (m)	6,00	6,50	6,80
Q (kg)	413,97	389,66	376,99

El cable de retenida de alumoweld de 7 hilos No. 9 AWG tiene una tensión de rotura de 5680 kg, y podemos considerar distancias mayores de 6 m, con un coeficiente de seguridad de 13,7

4.6.8. Poste extremo de línea (Poste "P-1")

Tenemos que calcular el caso más desfavorable en que las fuerza debido al viento y las fuerzas de tiro de los conductores son perpendiculares entre sí. (Ver la Fig. 4.7).

Condiciones generales:

Vano 70 m

Velocidad del viento 50 km/h

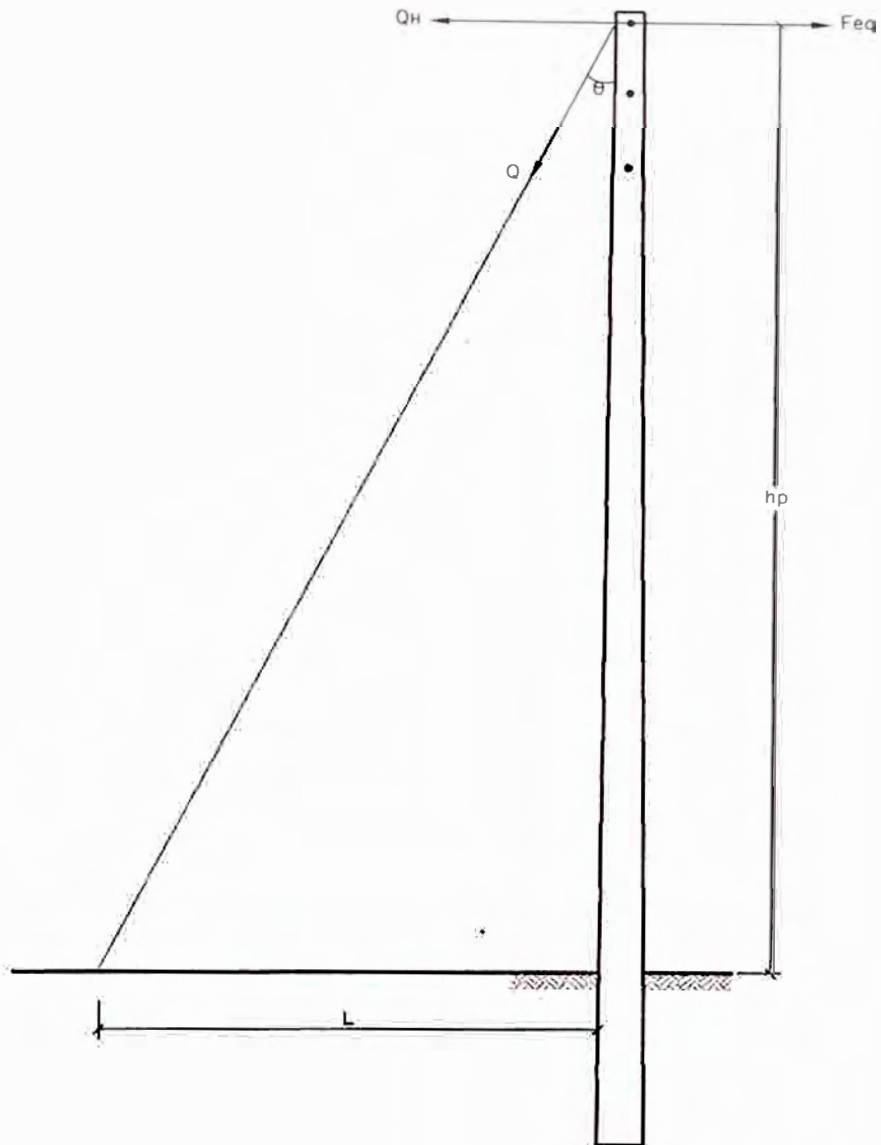


Fig.:4.6 DIAGRAMA DE RETENIDA DE POSTE DE ANGULO (POSTE P-3)

Poste	11/400/180/345
Carga de trabajo	400 Kg
Carga de rotura	400 Kg

a) Fuerzas debido al viento

a1) Fuerzas del viento sobre el poste (F_{VP})

$$F_{VP} = P_v \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{d_0 + d_1}{1000} \right) h \quad (4.53)$$

Donde:

F_{VP}	kg	(Fuerza del viento sobre el poste)
P_v	: 10,5 kg/m ²	(Presión del viento)
d_1	: 180 mm	(Diámetro en la punta del poste)
d_0	: 319,5 mm	(Diámetro a nivel de empotramiento del poste)
h	: 9,3 m	(Altura libre del poste)

Reemplazando valores en la fórmula (4.53):

$$F_{VP} = 24,39 \text{ kg}$$

Siendo el punto de aplicación de esta fuerza en:

$$Z = \frac{h}{3} \left(\frac{d_0 + 2d_1}{d_0 + d_1} \right) \quad (4.54)$$

Reemplazando en la fórmula (4.54), resulta:

$$Z = 4,217 \text{ m}$$

a2) Fuerza del viento sobre los conductores (F_{VC})

Como es un poste extremo de línea solo se considera para el cálculo el semivano.

$$F_{VC} = P_v \frac{\emptyset}{1000} \cdot \frac{a}{2} \quad (4.55)$$

Donde:

a	70 m	(Vano).
\emptyset	5,1 mm	(diámetro del conductor de 16 mm ²)
P_v	10,50 Kg/m ²	(Presión del viento)

Reemplazando los datos en la fórmula (4.55):

$$F_{VC} = 1,874 \text{ kg}$$

a3) Fuerza del viento sobre el aislador (F_a)

$$F_a = A_a \cdot P_v \quad (4.56)$$

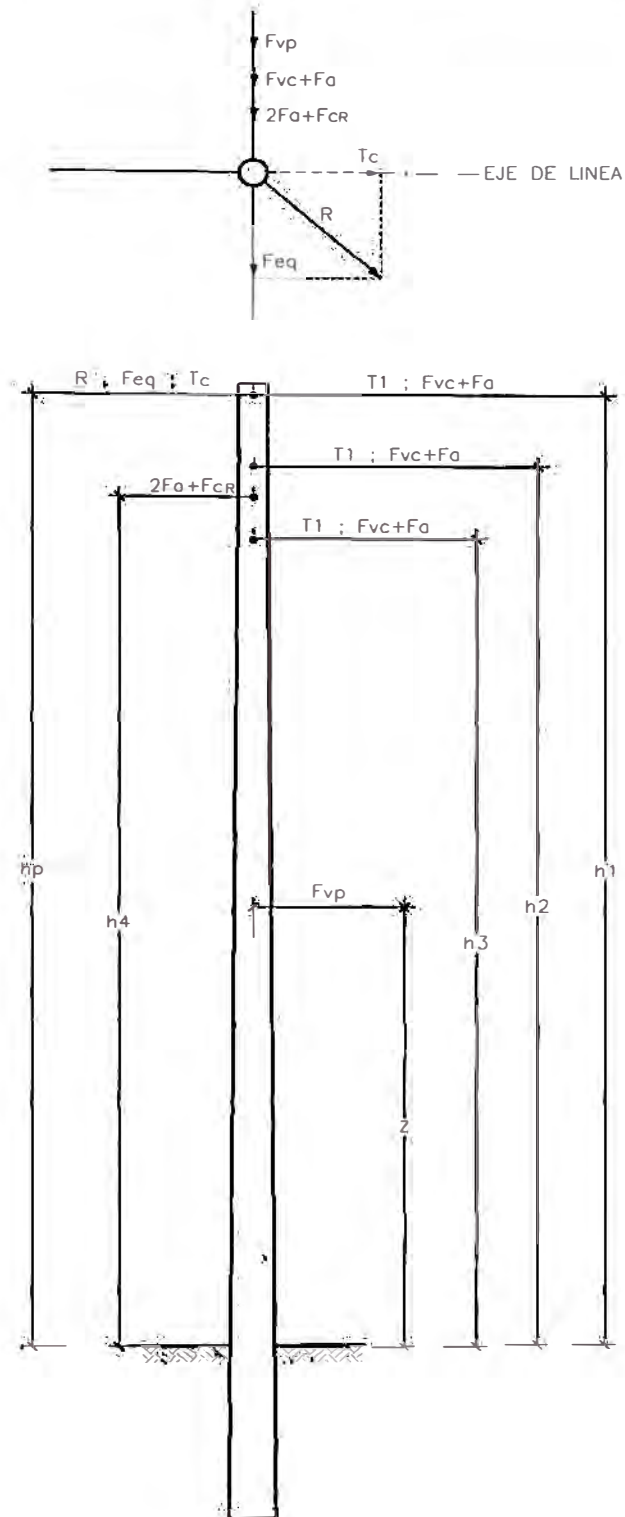


Fig.:4.7 DIAGRAMA DE FUERZAS PARA EL POSTE EXTREMO DE LINEA (POSTE P-1)

Donde:

$$A_a = 0,01468 \text{ m}^2 \quad (\text{Sección longitudinal del aislador})$$

$$P_v = 10,5 \text{ Kg/m}^2 \quad (\text{Presión del viento})$$

Reemplazando se tiene:

$$F_a = 0,1541 \text{ Kg}$$

a4) Fuerza del viento sobre la cruceta asimétrica (F_{CR})

Se considera una fuerza promedio de:

$$F_{CR} = 1,00 \text{ kg}$$

b) Fuerza equivalente a 0,10m de la punta del poste (F_{eq})

Tomando el momento de las fuerzas de los conductores, aisladores, crucetas, etc, respecto a la superficie del suelo, tenemos:

$$F_{eq} \cdot h_p = (F_{VC} + F_a) \cdot (h_1 + h_2 + h_3) + (2 \cdot F_a + F_{CR}) \cdot h_4 + F_{VP} \cdot Z \quad (4.57)$$

Donde:

F_{eq}	kg	Fuerza equivalente a 0,10m de la punta del poste
h_p	: 9,20 m	Altura del nivel del piso hasta 0,10m de la punta del poste (m).
h_1	: 9,20 m	Altura del piso al primer aislador (m).
h_2	: 8,40 m	Altura del piso al segundo aislador (m).
h_3	: 7,60 m	Altura del piso al tercer aislador
h_4	: 8,00 m	Altura del piso a la cruceta asimétrica
Z	: 4,217m	Punto de aplicación de F_{VP}

Reemplazando los datos en la fórmula (4.57):

$$F_{eq} = 17,87 \text{ kg}$$

c) Tiro del conductor en el punto de amarre(T_1)

Es una fuerza para las condiciones de máximo esfuerzo.

Siendo:

$$T_1 = \sigma_1 A \quad (4.58)$$

Donde:

T_1	: kg	(Tiro en condiciones de máximo esfuerzo hipótesis I)
σ_1	: 7,5475 Kg/mm ²	(Esfuerzo unitario del conductor en condiciones de máximo esfuerzo)
A	: 16 mm ²	(Sección del conductor)

Reemplazando datos en (4.58):

$$T_1 = 120,76 \text{ Kg}$$

d) Tiro de los conductores equivalente a 0,10m de la punta del poste (T_C)

De la Fig. 4.7 tenemos:

$$T_C \cdot h_p = T_1 \cdot (h_1 + h_2 + h_3) \quad (4.59)$$

Reemplazando:

$$T_C = 330,77 \text{ kg}$$

e) Fuerza total a 0,10 m de la punta del poste (r)

Se calcula con la fórmula:

$$R = \sqrt{T_{eq}^2 + T_C^2} \quad (4.60)$$

Reemplazando datos:

$$R = 331,25 \text{ kg}$$

El poste de extremo de línea (P-1) será de 11m y 400 kg de esfuerzo en la punta, con retenida adicional.

4.6.9. Cálculo de la retenida para el poste extremo de línea (P-1)

Debe soportar una situación de equilibrio, luego por momentos podemos calcular el tiro que posee.

De la Fig. 4.8 tenemos:

$$Q_{H1} \cdot h_p = R \cdot h_p \quad (4.61)$$

Resolviendo

$$Q_{H1} = 331,25 \text{ kg}$$

$$Q = Q_{H1} \sqrt{1 + \left(\frac{h_p}{L}\right)^2} \quad (4.62)$$

Donde:

Q	kg	(Tiro de rotura del cable de retenida)
Q_{H1}	kg	(Componente horizontal de Q)
h_p	: 9,20 m	(Altura del nivel del piso hasta 0,10m de la punta del poste)
L	m	(distancia horizontal desde el pie del poste al pie de la retenida)

Reemplazando:

Donde:

Q	kg	(Tiro de rotura del cable de retenida)
---	----	--

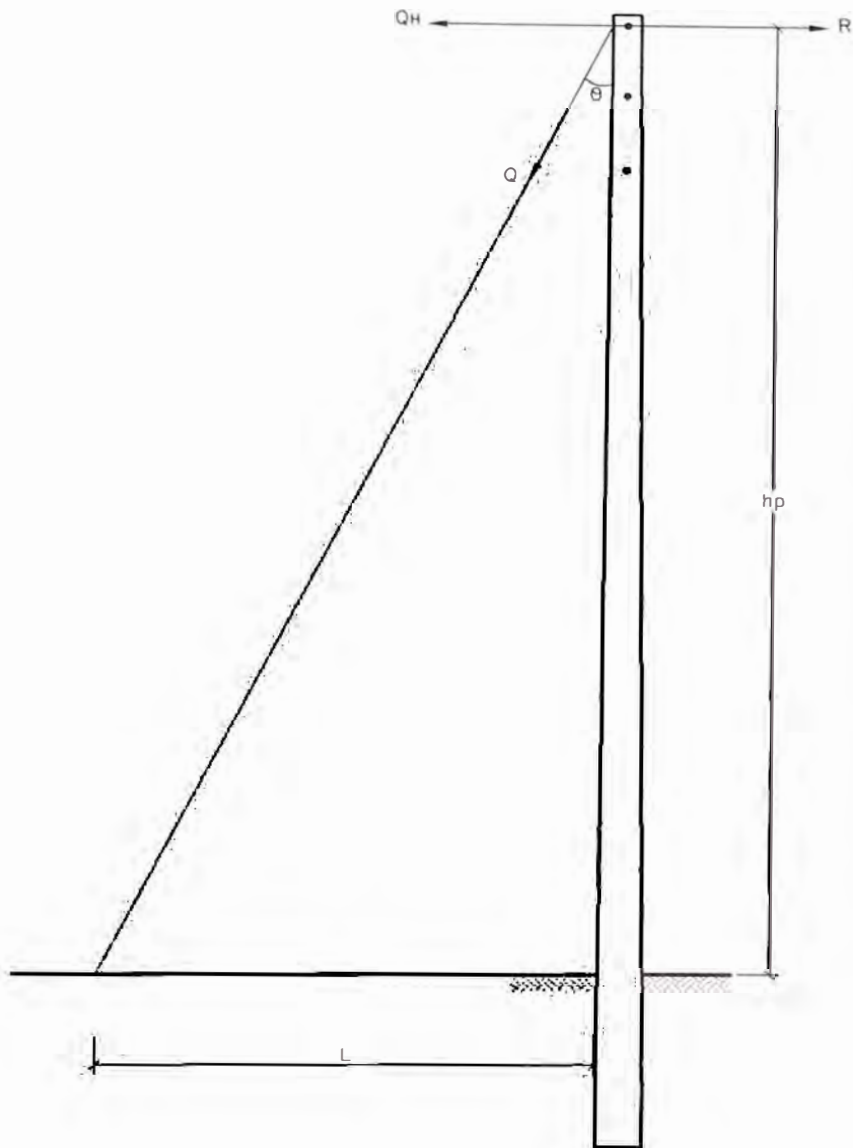


Fig.:4.8 DIAGRAMA DE RETENIDA DE POSTE EXTREMO DE LINEA (POSTE P-1)

Q_H	kg	(Componente horizontal de Q)
h_p	: 9,20 m	(Altura del nivel del piso hasta 0,10m de la punta del poste)
L	m	(distancia horizontal desde el pie del poste al pie de la retenida)

Reemplazando:

Según Norma de Electrolima LD-7-330, “L” mínimo debe ser 5m, para postes de 11m de longitud.

Calculando Q para diferentes valores de “L”, se obtiene la Tabla N° 8.:

TABLA N° 8 Tensiones que soporta la retenida

L (m)	5,00	5,50	5,80
Q (kg)	693,69	645,55	621,13

El cable de retenida de alumoweld de 7 hilos No. 9 AWG tiene una tensión de rotura de 5680 kg, y podemos considerar distancias mayores de 5m, con un coeficiente de seguridad de 8,18

4.6.10. Cimentación de postes

Se usó el método francés o de Valenci para el cálculo de la cimentación de los postes.

El cálculo del macizo debe cumplir la siguiente condición de equilibrio:

$$\text{Momento resistente } (M_R) \geq \text{Momento actuante } (M_A)$$

Siendo:

$$M_R = \frac{p}{2} \left(a - \frac{4p}{3b\sigma} \right) + C b t^3 \quad (4.63)$$

$$M_A = F \cdot (h+t) \quad (4.64)$$

Factor de seguridad (f_s):

$$f_s = \frac{M_R}{M_A} \quad (4.65)$$

Donde de la Fig. 4.9 tenemos:

M_R Momento resistente (kg.m).

M_A Momento actuante (kg.m).

p Peso total (macizo, poste y accesorios). (kg).

F Fuerza actuante a 0,10m de la punta del poste (m).

h Altura libre del poste (m).

- t : Altura del macizo (m).
 a : Ancho del macizo (m).
 b : Largo del macizo (m).
 σ : Presión máxima admisible del terreno (Kg/m^2).
 C : Coeficiente de compresibilidad del terreno (kg/m^3).
 ρ_C : Peso específico del concreto (kg/m^3).
 F_S : Factor de seguridad.

Como el tipo de terreno es: tierra de fácil trabajo, fuerte, según la tabla 2-VIII del CNE se tiene:

$$\sigma = 3 \text{ kg/cm}^2 = 3 \times 10^4 \text{ Kg/m}^2$$

$$C = 3000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_C = 2200 \text{ Kg/m}^3$$

Se tiene los siguientes valores en la Tabla N^o 4.9 y Tabla N^o 10 :

TABLA N^o 4.9 Peso de postes(Norma LD-7-310 de Electrolima)

	DESIGNACIÓN DEL POSTE		
	11/200/150/315	11/400/180/345	13/400/180/375
Peso(Kg)	870	1200	1345

TABLA N^o 4.10 Peso de crucetas y ménsulas(Norma LD-7-310 de Electrolima)

	Designación	
	Z _a /1,5/0,9/250	M/0,6/250
Peso(kg)	90	35

Cálculo del peso total (p):

$$p = P_M + P_{\text{poste}} + \text{accesorios.} \quad (4.66)$$

Peso del macizo de concreto (P_M):

$$P_M = a \cdot b \cdot t \cdot \rho_C - P_{TCP} \quad (4.67)$$

$$P_{TCP} = \frac{P_{\text{POSTE}}}{H} \left(\frac{H}{10} - 0,60 \right) \quad (4.68)$$

Donde:

- P_M : Peso del macizo de concreto(kg).
 P_{POSTE} : Peso del poste (kg).
 P_{TCP} : Peso tronco cónico del poste enterrado(kg).

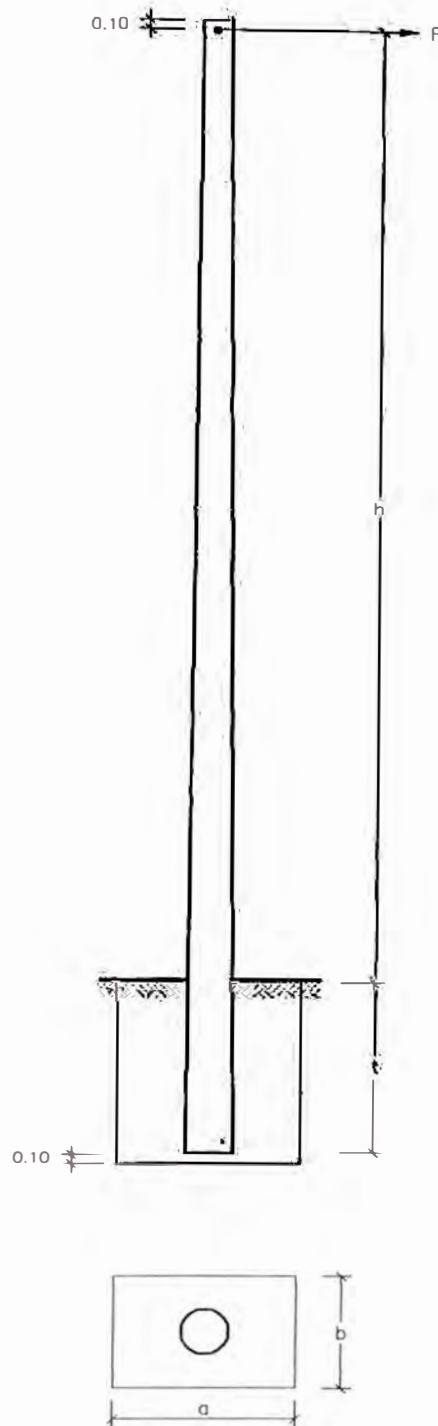


Fig.:4.9 DIAGRAMA DE CIMENTACION DE POSTES

H : Altura del poste (m).

Asumimos los siguientes valores de “a”, “b” y “t” en la Tabla N° 4.11:

TABLA N° 4.11 Valores de “a”, “b” y “t”

	POSTES		
	P ₁	P ₂	P ₃
	11/200	11/400	13/400
a (m)	1,00	1,00	1,00
b (m)	1,00	1,00	1,00
t (m)	1,80	1,80	2,00

Reemplazando los datos en las fórmulas 4.68, 4.67 y 4.66 calculamos el peso total de cada poste y tenemos los resultados en la Tabla N° 4.12:

TABLA N° 4.12 Cálculo del peso total

Poste	P ₁	P ₂	P ₃
Característica	11/400	11/200	13/400
H (m)	11	11	13
P _{POSTE} (kg)	1200	870	1345
Z _a /1,5/0,9/250 (kg)	90	--	--
M/0,6/250 (kg)	--	105	--
P _{TCP} (kg)	186	134	197
P _M (kg)	3774	3826	4203
Accesorios (kg)	35	21	25
p (kg)	5099	4822	5573

Luego reemplazando en las fórmulas 4.63 y 4.64 podemos calcular el Momento Resistente y el Momento actuante de cada tipo de poste según se muestra en la Tabla N° 4.13

TABLA N° 4.13 Resultados de cimentación de postes

	POSTES		
	P ₁	P ₂	P ₃
	11/200	11/400	13/400
p (kg)	5099	4822	5573
F (kg)	200	400	400
h (m)	9,2	9,2	11
M _R (kg.m)	19467	19390	26096
M _Λ (kg.m)	2200	4400	5200
F _s	8,84	4,40	5,02

Finalmente se tendrá:

- Poste de alineamiento (denominado P-2)
Será de concreto de 11/200/150/315
Cimentación: a= 1,00m b= 1,00m t= 1,80m
- Poste de ángulo (denominado P-3)
Será de concreto de 13/400/180/375
Cimentación: a= 1,00m b= 1,00m t= 2,00m
Retenida para el poste: h_p = 11,00m L > 6,00m
- Poste extremo de línea (denominado P-1)
Será de concreto de 11/400/180/345
Cimentación: a= 1,00m b= 1,00m t= 1,80m
Retenida para el poste: h_p = 9,20m L > 5,00m

CAPITULO V METRADO Y PRESUPUESTO

5.1. Objetivo

El presente metrado y presupuesto ha sido realizado, con la finalidad de establecer el costo del sistema de utilización en 2,3 kv del Convento de la Buena Muerte-Chaclacayo.

5.2 Criterios básicos para el cálculo de precios

5.2.1. Suministro de materiales

Se han tomado en cuenta las cotizaciones de los diferentes proveedores de materiales y equipos electromecánicos, y los precios están actualizados en dólares americanos del mes de mayo del 2006.

En el metrado de los materiales está incluido los excesos por pérdida.

5.2.2. Mano de obra

El costo de la mano de obra de la red de distribución primaria, la subestación aérea biposte y la red de distribución subterránea en 220 V, han sido elaborados en base a los precios unitarios de los diferentes trabajos realizados, excepto la dirección técnica, gastos generales, utilidades y el IGV, que son un porcentaje del costo directo de la obra y están incluidos en el Resumen General.

5.3. Presupuesto de la obra

El presupuesto de la obra está en las siguientes Tablas.

- Tabla 5.1: Presupuesto de obra de red de distribución primaria 2,3 Kv.
- Tabla 5.2: Presupuesto de obra de subestación aérea biposte.
- Tabla 5.3: Presupuesto de obra de red de distribución subterránea en 220V.
- Tabla 5.4: Resumen General.

TABLA 5.1: PRESUPUESTO DE OBRA DE RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA-2,3 KV

CLIENTE : CONVENTO DE LA BUENE MUERTE
OBRA : SISTEMA DE UTILIZACION 2,3 KV
UBICAC : CHACLACAYO
FECHA : Mayo 2006

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
				US (\$)	US (\$)
I	RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA - 2,3 KV				
1	MATERIALES				
1.01	Cable tipo NKY 1x35 mm ² - 10 KV	m	120	8.25	990.00
1.02	Terminal exterior para cable NKY 3x35 mm ² 10 KV	Kit	1	210.00	210.00
1.03	Tubo PVC - P 3" Ø (3 m)	u	2	14.00	28.00
1.04	Cinta bandit 3/4"	m	4	1.60	6.40
1.05	Hebillas 3/4"	m	4	0.40	1.60
1.06	Ladrillo corriente	u	400	0.25	100.00
1.07	Ductos de concreto de 2 vias	m	10	11.00	110.00
1.08	Cinta señalizadora color roja	m	100	0.21	21.00
1.09	Poste de concreto 11/200/180/345	u	1	220.00	220.00
1.10	Poste de concreto 11/400/180/345	u	1	250.00	250.00
1.11	Poste de concreto 13/400/180/375	u	1	280.00	280.00
1.12	Conductor de Cu temple duro 7 hilos 1x16 mm ²	m	575	0.90	517.50
1.13	Estructura P2	Glb	1	132.00	132.00
1.14	Estructura P1	Glb	1	310.00	310.00
1.15	Estructura P3	Glb	1	210.00	210.00
1.16	Retenida simple	Glb	2	110.00	220.00
1.17	Puesta a tierra estructuras de media tension	u	3	120.00	360.00
	SUB TOTAL MATERIALES			(US \$)	3 966.50
2	MANO DE OBRA				
2.01	Excavación y cierre de zanja 0.70x1.00	m	100	8.00	800.00
2.02	Tendido de cable N2XSY - 1x25 mm ²	m	120	2.00	240.00
2.03	Montaje terminal exterior kit QT II 25 mm ² N2XSY 10 KV	Kit	1	2.00	2.00
2.04	Inst. de cruzada (Incluy. zanja 1.05x0.80)	m	10	23.00	230.00
2.05	Transporte y coloc. Poste de media tension	u	3	205.00	615.00
2.06	Inst. de Estructura P2	u	1	155.00	155.00
2.07	Inst. de Estructura P1	u	1	210.00	210.00
2.08	Inst. de Estructura P3	u	1	125.00	125.00
2.09	Inst. del conductor de Cu 7 hilos 16 mm ²	m	575	3.50	2 012.50
2.10	Inst. de Retenida	u	2	82.00	164.00
2.11	Ejecucion de pozo de tierra	u	3	90.00	270.00
	SUB TOTAL MANO DE OBRA			(US \$)	4 823.50
	TOTAL (I)			(US \$)	8 790.00

TABLA 5.2: PRESUPUESTO DE OBRA DE SUBESTACIÓN AEREA BIPOSTE

CLIENTE : CONVENTO DE LA BUENE MUERTE
OBRA : SISTEMA DE UTILIZACION 2,3 kV
UBICAC : CHACLACAYO
FECHA : Mayo 2006

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P. UNIT. US (\$)	P. TOTAL US (\$)
II	SUBESTACION AEREA BIPOSTE				
1	MATERIALES				
1.01	Poste concreto 13/400/180/375	u	2	280.00	560.00
1.02	Cruceta simetrica de concreto Z/1.2/300	u	2	28.00	56.00
1.03	Varilla roscada 5/8" x 10 " long	u	2	3.50	7.00
1.04	Arandela curvada	u	6	0.55	3.30
1.05	Plancha de cobre	u	6	4.00	24.00
1.06	Palomilla CAV 2.2m -280mm	u	1	42.00	42.00
1.07	Plataforma C.A.V. 1.10 m -320 mm dia. embone	u	2	55.00	110.00
1.08	Seccionador unipolar Cut-Out de 100A 15 kV	u	3	115.00	345.00
1.09	Fusible tipo 15K - 10kV	u	3	10.50	31.50
1.10	Cable de cobre TW 1x35 mm2	m	21	1.90	39.90
1.11	Aislador tipo Pin porcelana + soporte	u	6	25.00	150.00
1.12	Transformador 50 kVA, Dyn5 10-2,3/0,23 kV	u.	1	2 450.00	2 450.00
1.13	Tubo PVC - P 4" Ø (3 m)	u	2	14.00	28.00
1.14	Codo 4" dia PVC-SAP 90°	u	1	16.00	16.00
1.15	Cinta bandit 3/4"	m	4	1.60	6.40
1.16	Hebillas 3/4"	m	4	0.40	1.60
1.17	Pozo de tierra	u	2	180.00	360.00
1.18	Cable de cobre desnudo suave 35 mm2	m	35	2.10	73.50
1.19	Conector tipo perno partido 25 mm2	u	12	3.50	42.00
1.20	Conductor de Cu temple duro 7 hilos 1x25 mm2	m	18	0.90	16.20
	SUB TOTAL MATERIALES			US (\$)	4 362.40
2	MANO DE OBRA				
2.01	Transporte y coloc. SAB (incluy cruceta asim. y plataf.)	GI	1	1 200.00	1 200.00
2.02	Inst. de ferreteria en SAB	u	1	750.00	750.00
2.03	Transporte y montaje de TRANSFORMADOR en SAB	u	1	520.00	520.00
2.04	Inst. de secc. unipolar Cut-Out de 100A 15 kV + fusibles	u	3	30.00	90.00
2.05	Inst. de tubo PVC - P 4" Ø (3 m)	u	4	12.00	48.00
2.06	Ejecucion de pozo de tierra	u	1	90.00	90.00
2.07	Puesta en servicio TRANSFORMADOR y equipos	u	1	600.00	600.00
	SUB TOTAL MANO DE OBRA			US (\$)	3 298.00
	TOTAL (II)			US (\$)	7 660.40

TABLA 5.3: PRESUPUESTO DE OBRA DE RED DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEA 230 V

CLIENTE : CONVENTO DE LA BUENE MUERTE
OBRA : SISTEMA DE UTILIZACION 2,3 kV
UBICAC : CHACLACAYO
FECHA : Mayo 2006

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
				US (\$)	US (\$)
III	RED DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA EN 220 V				
1	MATERIALES				
1.01	Cable tipo NYY 3-1x16 mm2	m	15	2.00	30.00
1.02	Cinta señalizadora color amarilla	m	5	0.20	1.00
	SUB TOTAL MATERIALES			(US \$)	31.00
2	MANO DE OBRA				
2.01	Excavación y cierre de zanja 0.70x1.00	m	5	7.00	35.00
2.02	Tendido de cable NYY	m	15	3.00	45.00
2.03	Conexión a Tablero Electrico	Glb	1	30.00	30.00
	SUB TOTAL MANO DE OBRA			(US \$)	110.00
	TOTAL (III)			(US \$)	141.00

TABLA 5.4: RESUMEN GENERAL

CLIENTE : CONVENTO DE LA BUENE MUERTE
OBRA : SISTEMA DE UTILIZACION 2,3 kV
UBICAC : CHACLACAYO
FECHA : Mayo 2006

I	RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA - 2,3 kV	US \$	8 790.00
	1.1 SUMINISTRO DE MATERIALES	3 966.50	
	1.2 MANO DE OBRA	4 823.50	
II	SUBESTACION AEREA BIPOSTE	US \$	7 660.40
	3.1 SUMINISTRO DE MATERIALES	4 362.40	
	3.2 MANO DE OBRA	3 298.00	
III	RED DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA EN 220 V	US \$	141.00
	3.1 SUMINISTRO DE MATERIALES	31.00	
	3.2 MANO DE OBRA	110.00	
	COSTO DIRECTO DE OBRA	US \$	16 591.40
	GASTOS GENERALES (8 %)		1 327.31
	UTILIDADES (4 %)		663.66
	SUB TOTAL		18 582.37
	I.G.V. (18%)		3 344.83
	TOTAL GENERAL	US \$	21 927.19

CONCLUSIONES

- El Seminario-convento de la Buena Muerte logró su independencia de los demás usuarios vecinos, puesto que tiene su propio sistema primario en 2300 voltios.
- Se obtuvo en el secundario del transformador un suministro eléctrico trifásico en 220 V y 60 Hz, más estable y sin sufrir las grandes caídas de tensión que tenían sus vecinos durante las horas punta.
- El suministro eléctrico es más seguro, puesto que cruza la línea aérea de 60 KV en forma subterránea, estando a salvo de atentados o de alguna caída fortuita de dicha línea.
- Tiene un transformador trifásico de 50 KVA, con relación de transformación de 10000-2300/220 V, el cual está conectado en el primario inicialmente a 2300 V, pero con la posibilidad de pasar a 10000 V en un futuro próximo.
- Ahorro en el costo de la obra, puesto que solo se utilizó cable subterráneo en el tramo inicial (cruce de la línea de 60 KV) y luego se la continuó con conductor aéreo, evitándose de esta forma tener que cavar una zanja en terreno pedregoso y pagar el triple por el cable subterráneo.
- Posibilidad de aumentar el consumo, puesto que inicialmente tiene una máxima demanda de 18 Kw, pero tiene instalado un transformador de 50 KVA.
- Fue necesario contar con un personal técnico calificado, puesto que en el poste P-3 fue necesario izarlo en forma manual con ayuda de tirfos.

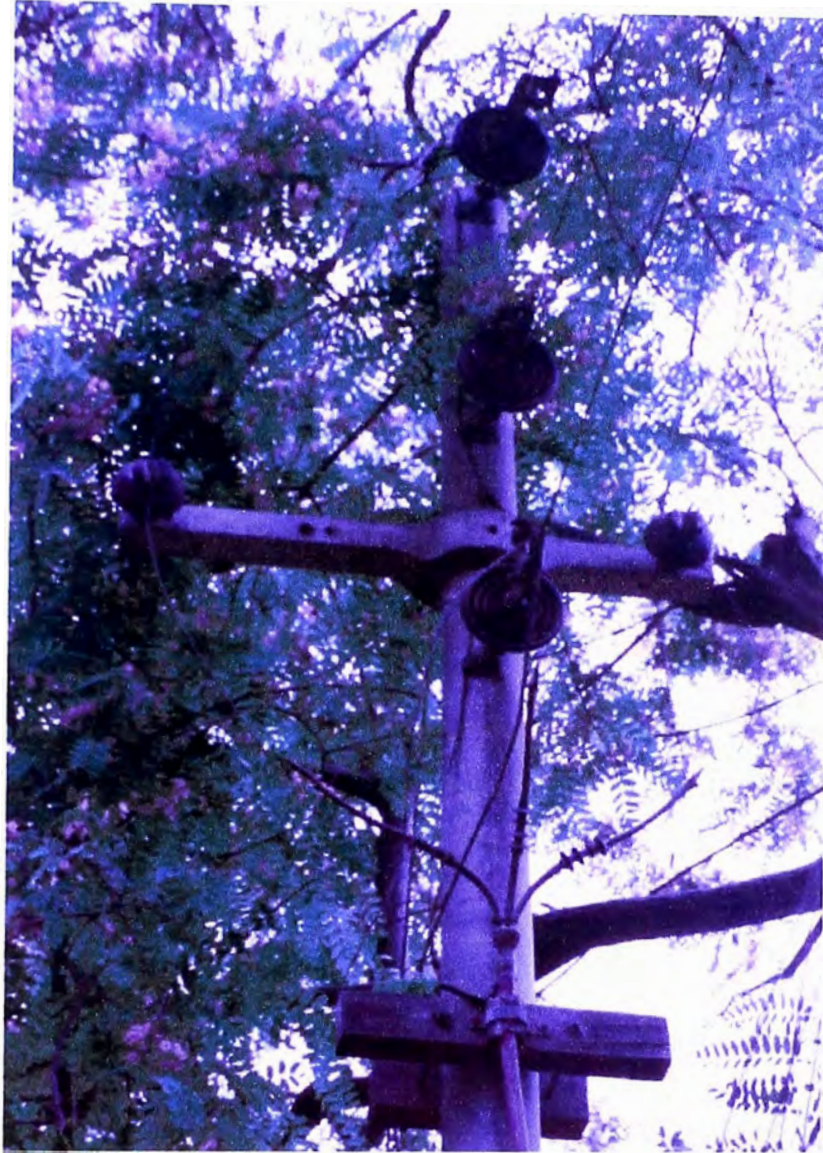
Los electrodos de puesta a tierra de los postes P-1 y P-2 fueron puestos en forma vertical, pero el electrodo de la puesta a tierra del poste P-3 tuvo que ser puesto en forma horizontal debido a la dificultad que presentó el terreno pedregoso.

ANEXO A

**Vistas fotográficas actuales del sistema de utilización en 2,3 Kv
del Convento de la Buena Muerte-Chaclacayo.**



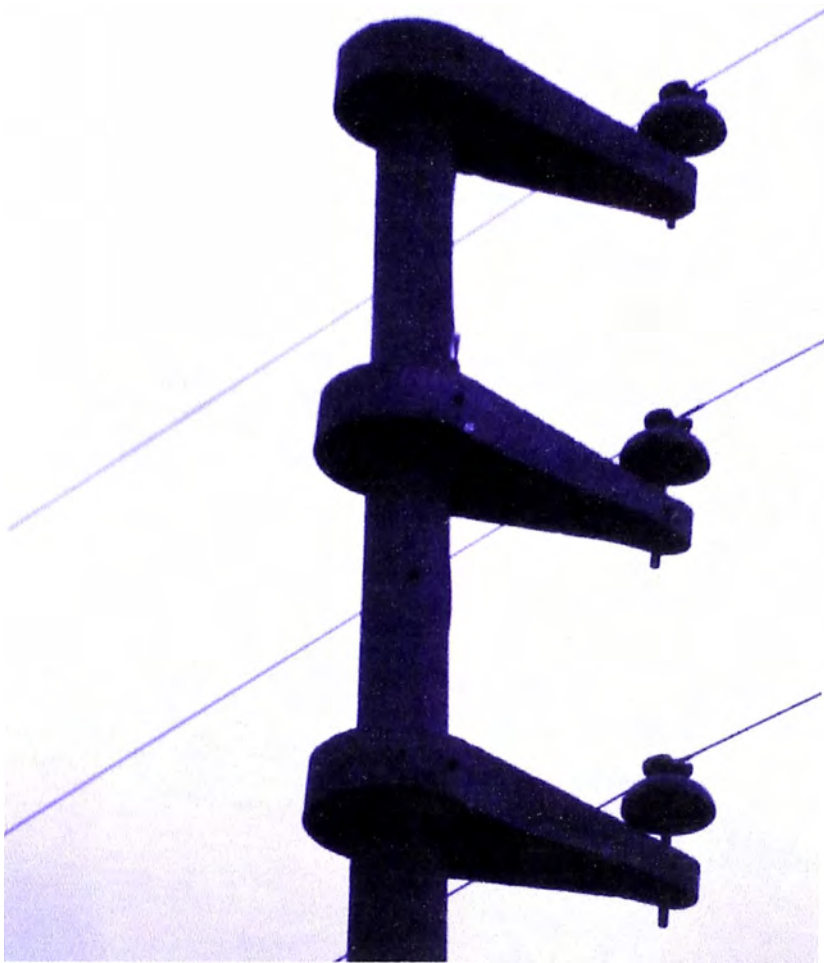
Vista general poste extremo de línea (Poste P-1)



Vista localizada poste extremo de línea (Poste P-1)



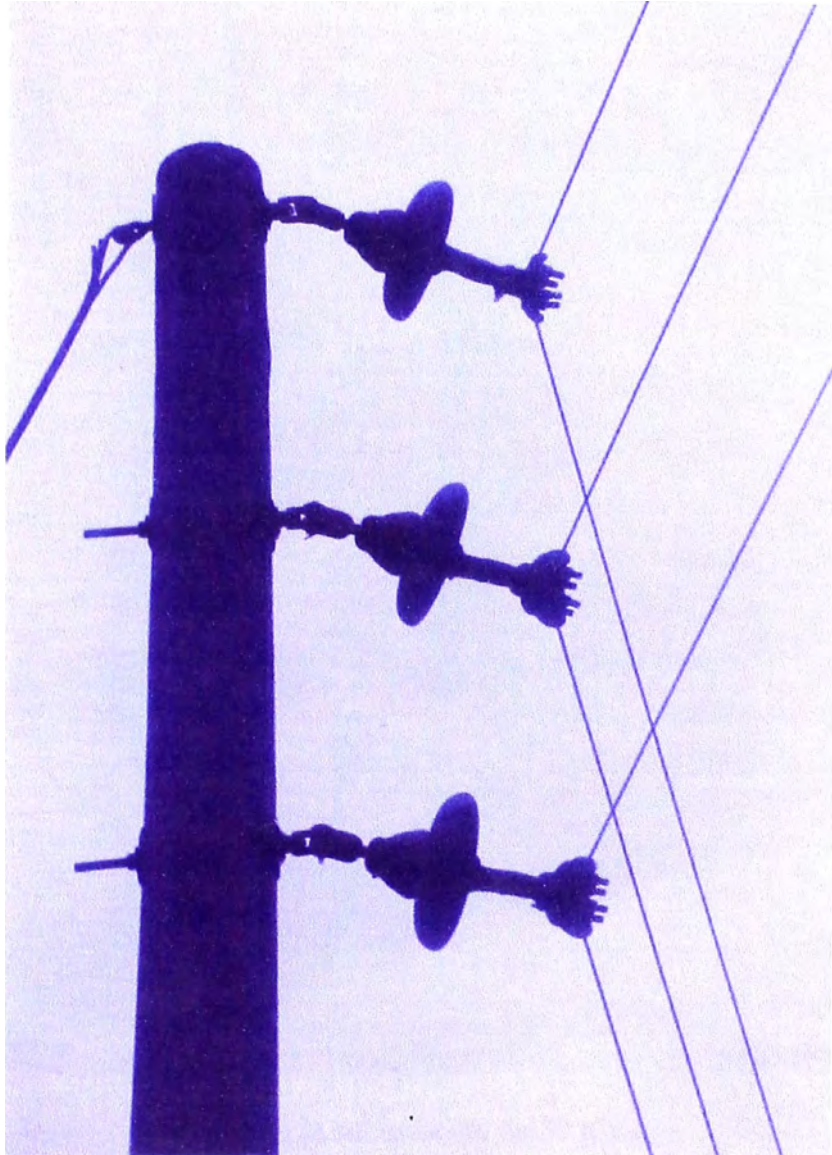
Vista general del poste de alineamiento (Poste P-2)



Vista localizada del poste de alineamiento (Poste P-2)



Vista general del poste de ángulo (Poste P-3)



Vista localizada del poste de ángulo (Poste P-3)



Llegada a la subestación de 50 KVA



Llegada a la subestación de 50 KVA (Vista de detalle)

ANEXO B

**Cálculo mecánico del conductor 3-1x16 mm²
usando el programa de cómputo Mathcad 6.0**

CALCULO MECANICO DEL CONDUCTOR 3-1 X 16 mm²

METODO: Usando el MATHCAD 6.0 de MathSoft Inc., se plantean dos ecuaciones y variando el vano "a" se encuentran los valores para el **ESFUERZO MAXIMO** " σ_n " del conductor.

a := 50 (-----> Primera ecuación)

$$(\sigma_n)^2 \cdot \left[\sigma_n + \alpha \cdot E \cdot (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{(W_c)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot (\sigma_0)^2} \right] - \frac{(W_m)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2} = 0 \quad (\text{Segunda ecuación})$$

Donde :

$\sigma_0 := 6 \text{ kg/mm}^2$: Esfuerzo unitario inicial del conductor

$\sigma_n = ?$: Esfuerzo del conductor en la hipótesis de esfuerzo máximo

A := 16 mm² : Sección del conductor

$W_c := 0.143 \text{ kg/m}$: Peso propio unitario del conductor

$W_m = \text{ kg/m}$: Carga resultante unitaria del conductor en la hipótesis de esfuerzo máximo

$\alpha := 17 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$: Coeficiente de dilatación lineal del material

E := 12.66 · 10³ kg/mm² : Módulo de elasticidad del material

$T_0 := 20 \text{ } ^\circ\text{C}$: Temperatura en el estado inicial

$T_n := 10 \text{ } ^\circ\text{C}$: Temperatura en la hipótesis de esfuerzo máximo.

V := 50 km/hr : Velocidad del viento en esfuerzo máximo

$\phi := 5.10 \text{ mm.}$: Diámetro exterior del conductor.

$W_v = \text{ Kg/m}$: Carga unitaria debido al viento sobre el conductor en esfuerzo máximo

CALCULO DE LA CARGA RESULTANTE UNITARIA DEL CONDUCTOR EN LA HIPOTESIS DEL ESFUERZO MAXIMO (W_m) :

$$W_v := 0.0042 \cdot V^2 \cdot \frac{\phi}{1000}$$

$$W_m := \sqrt{(W_c)^2 + (W_v)^2}$$

$$W_m = 0.153 \text{ kg/m}$$

CALCULO DE σ_n PARA : vano := 41 metros.

Estimación inicial de la variable σ_n .

$$\sigma_n := 5$$

given

$$a = \text{vano} \quad (\sigma_n)^2 \cdot \left[\sigma_n + \alpha \cdot E \cdot (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{W_c^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot (\sigma_0)^2} \right] - \frac{(W_m)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2} = 0$$

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} := \text{find}(a, \sigma_n)$$

RESULTADO :

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 41 \\ 7.5875 \end{pmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{m.} \quad \text{---> Vano} \\ \text{kg/mm}^2 \quad \text{-----> Esfuerzo máximo del conductor.} \end{array}$$

CALCULO DE LA FLECHA DEL CONDUCTOR: (f)

$$\text{Sea } \sigma_n := \sigma_{\text{raiz}} \quad a := \text{vano}$$

$$f := \frac{W_m \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_n \cdot A}$$

$$f = 0.26 \text{ m.}$$

RESULTADO: Para un vano de $a = 41$ m. la flecha es: $f = 0.26$ m.

CALCULO DE σ_n PARA : vano := 43 metros.

Estimación inicial de la variable σ_n .

$$\sigma_n := 5$$

given

$$a = \text{vano} \quad (\sigma_n)^2 \cdot \left[\sigma_n + \alpha \cdot E \cdot (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{W_c^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot (\sigma_0)^2} \right] - \frac{(W_m)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2} = 0$$

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} := \text{find}(a, \sigma_n)$$

RESULTADO :

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 43 \\ 7.5475 \end{pmatrix} \quad \text{m.} \quad \text{---> Vano} \\ \text{kg/mm}^2 \quad \text{-----> Esfuerzo máximo del conductor.}$$

CALCULO DE LA FLECHA DEL CONDUCTOR: (f)

$$\text{Sea } \sigma_n := \sigma_{\text{raiz}} \quad a := \text{vano}$$

$$f := \frac{W_m \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_n \cdot A}$$

$$f = 0.29 \text{ m.}$$

RESULTADO: Para un vano de $a = 43$ m. la flecha es: $f = 0.29$ m.

CALCULO DE σ_n PARA : vano := 45 metros.

Estimación inicial de la variable σ_n .

$$\sigma_n := 5$$

given

$$a := \text{vano} \quad (\sigma_n)^2 \cdot \left[\sigma_n + \alpha \cdot E \cdot (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{W_c^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot (\sigma_0)^2} \right] - \frac{(W_m)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2} = 0$$

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} := \text{find}(a, \sigma_n)$$

RESULTADO :

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 45 \\ 7.508 \end{pmatrix} \quad \text{m.} \quad \text{---> Vano} \\ \text{kg/mm}^2 \quad \text{-----> Esfuerzo máximo del conductor.}$$

CALCULO DE LA FLECHA DEL CONDUCTOR: (f)

$$\text{Sea } \sigma_n := \sigma_{\text{raiz}} \quad a := \text{vano}$$

$$f := \frac{W_m \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_n \cdot A}$$

$$f = 0.32 \text{ m.}$$

RESULTADO: Para un vano de $a = 45$ m. la flecha es: $f = 0.32$ m.

CALCULO DE σ_n PARA : vano := 60 metros.

Estimación inicial de la variable σ_n .

$$\sigma_n := 5$$

given

$$a = \text{vano} \quad \left(\sigma_n \right)^2 \cdot \left[\sigma_n + \alpha \cdot E \cdot (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{W_c^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot (\sigma_0)^2} \right] - \frac{(W_m)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2} = 0$$

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} := \text{find}(a, \sigma_n)$$

RESULTADO :

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60 \\ 7.2391 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} \text{m.} & \text{---> Vano} \\ \text{kg/mm}^2 & \text{-----> Esfuerzo máximo del conductor.} \end{matrix}$$

CALCULO DE LA FLECHA DEL CONDUCTOR: (f)

$$\text{Sea } \sigma_n := \sigma_{\text{raiz}} \quad a := \text{vano}$$

$$f := \frac{W_m \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_n \cdot A}$$

$$f = 0.59 \text{ m.}$$

RESULTADO: Para un vano de $a = 60$ m. la flecha es: $f = 0.59$ m.

CALCULO DE σ_n PARA : vano := 62 metros.

Estimación inicial de la variable σ_n .

$$\sigma_n := 5$$

given

$$a = \text{vano} \quad \left(\sigma_n \right)^2 \cdot \left[\sigma_n + \alpha \cdot E \cdot (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{W_c^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot (\sigma_0)^2} \right] - \frac{(W_m)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2} = 0$$

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} := \text{find}(a, \sigma_n)$$

RESULTADO :

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 62 \\ 7.2078 \end{pmatrix} \quad \text{m.} \quad \text{---> Vano} \\ \text{kg/mm}^2 \quad \text{-----> Esfuerzo máximo del conductor.}$$

CALCULO DE LA FLECHA DEL CONDUCTOR: (f)

$$\text{Sea } \sigma_n := \sigma_{\text{raiz}} \quad a := \text{vano}$$

$$f := \frac{W_m \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_n \cdot A}$$

$$f = 0.64 \text{ m.}$$

RESULTADO: Para un vano de $a = 62$ m. la flecha es: $f = 0.64$ m.

CALCULO DE σ_n PARA : vano := 64 metros.

Estimación inicial de la variable σ_n .

$$\sigma_n := 5$$

given

$$a = \text{vano} \quad \left(\sigma_n \right)^2 \cdot \left[\sigma_n + \alpha \cdot E \cdot (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{W_c^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot (\sigma_0)^2} \right] - \frac{(W_m)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2} = 0$$

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} := \text{find}(a, \sigma_n)$$

RESULTADO :

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 64 \\ 7.1778 \end{pmatrix} \quad \text{m.} \quad \text{---> Vano} \\ \text{kg/mm}^2 \quad \text{-----> Esfuerzo máximo del conductor.}$$

CALCULO DE LA FLECHA DEL CONDUCTOR: (f)

$$\text{Sea } \sigma_n := \sigma_{\text{raiz}} \quad a := \text{vano}$$

$$f := \frac{W_m \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_n \cdot A}$$

$$f = 0.68 \text{ m.}$$

RESULTADO: Para un vano de $a = 64$ m. la flecha es: $f = 0.68$ m.

CALCULO DE σ_n PARA : vano := 66 metros.

Estimación inicial de la variable σ_n .

$$\sigma_n := 5$$

given

$$a = \text{vano} \quad (\sigma_n)^2 \cdot \left[\sigma_n + \alpha \cdot E \cdot (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{W_c^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot (\sigma_0)^2} \right] - \frac{(W_m)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2} = 0$$

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} := \text{find}(a, \sigma_n)$$

RESULTADO :

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 66 \\ 7.1488 \end{pmatrix} \quad \text{m.} \quad \text{---> Vano} \\ \text{kg/mm}^2 \quad \text{-----> Esfuerzo máximo del conductor.}$$

CALCULO DE LA FLECHA DEL CONDUCTOR: (f)

$$\text{Sea } \sigma_n := \sigma_{\text{raiz}} \quad a := \text{vano}$$

$$f := \frac{W_m \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_n \cdot A}$$

$$f = 0.73 \text{ m.}$$

RESULTADO: Para un vano de $a = 66$ m. la flecha es: $f = 0.73$ m.

CALCULO DE σ_n PARA : vano := 68 metros.

Estimación inicial de la variable σ_n .

$$\sigma_n := 5$$

given

$$a = \text{vano} \quad (\sigma_n)^2 \cdot \left[\sigma_n + \alpha \cdot E \cdot (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{W_c^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot (\sigma_0)^2} \right] - \frac{(W_m)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2} = 0$$

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} := \text{find}(a, \sigma_n)$$

RESULTADO :

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 68 \\ 7.1211 \end{pmatrix} \quad \text{m. ---> Vano} \\ \text{kg/mm}^2 \text{ -----> Esfuerzo máximo del conductor.}$$

CALCULO DE LA FLECHA DEL CONDUCTOR: (f)

$$\text{Sea } \sigma_n := \sigma_{\text{raiz}} \quad a := \text{vano}$$

$$f := \frac{W_m \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_n \cdot A}$$

$$f = 0.77 \text{ m.}$$

RESULTADO: Para un vano de $a = 68$ m. la flecha es: $f = 0.77$ m.

CALCULO DE σ_n PARA : vano := 70 metros.

Estimación inicial de la variable σ_n .

$$\sigma_n := 5$$

given

$$a = \text{vano} \quad (\sigma_n)^2 \cdot \left[\sigma_n + \alpha \cdot E \cdot (T_n - T_0) - \sigma_0 + \frac{W_c^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2 \cdot (\sigma_0)^2} \right] - \frac{(W_m)^2 \cdot a^2 \cdot E}{24 \cdot A^2} = 0$$

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} := \text{find}(a, \sigma_n)$$

RESULTADO :

$$\begin{pmatrix} \text{araiz} \\ \sigma_{\text{raiz}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 70 \\ 7.0944 \end{pmatrix} \quad \text{m. ---> Vano} \\ \text{kg/mm}^2 \text{ -----> Esfuerzo máximo del conductor.}$$

CALCULO DE LA FLECHA DEL CONDUCTOR: (f)

$$\text{Sea } \sigma_n := \sigma_{\text{raiz}} \quad a := \text{vano}$$

$$f := \frac{W_m \cdot a^2}{8 \cdot \sigma_n \cdot A}$$

$$f = 0.82 \text{ m.}$$

RESULTADO: Para un vano de $a = 70$ m. la flecha es: $f = 0.82$ m.

CURVA DE CAMBIO DE ESTADO ,usando el programa MATHCAD 6.0

Siendo:

vx : Valores de los vanos en m.

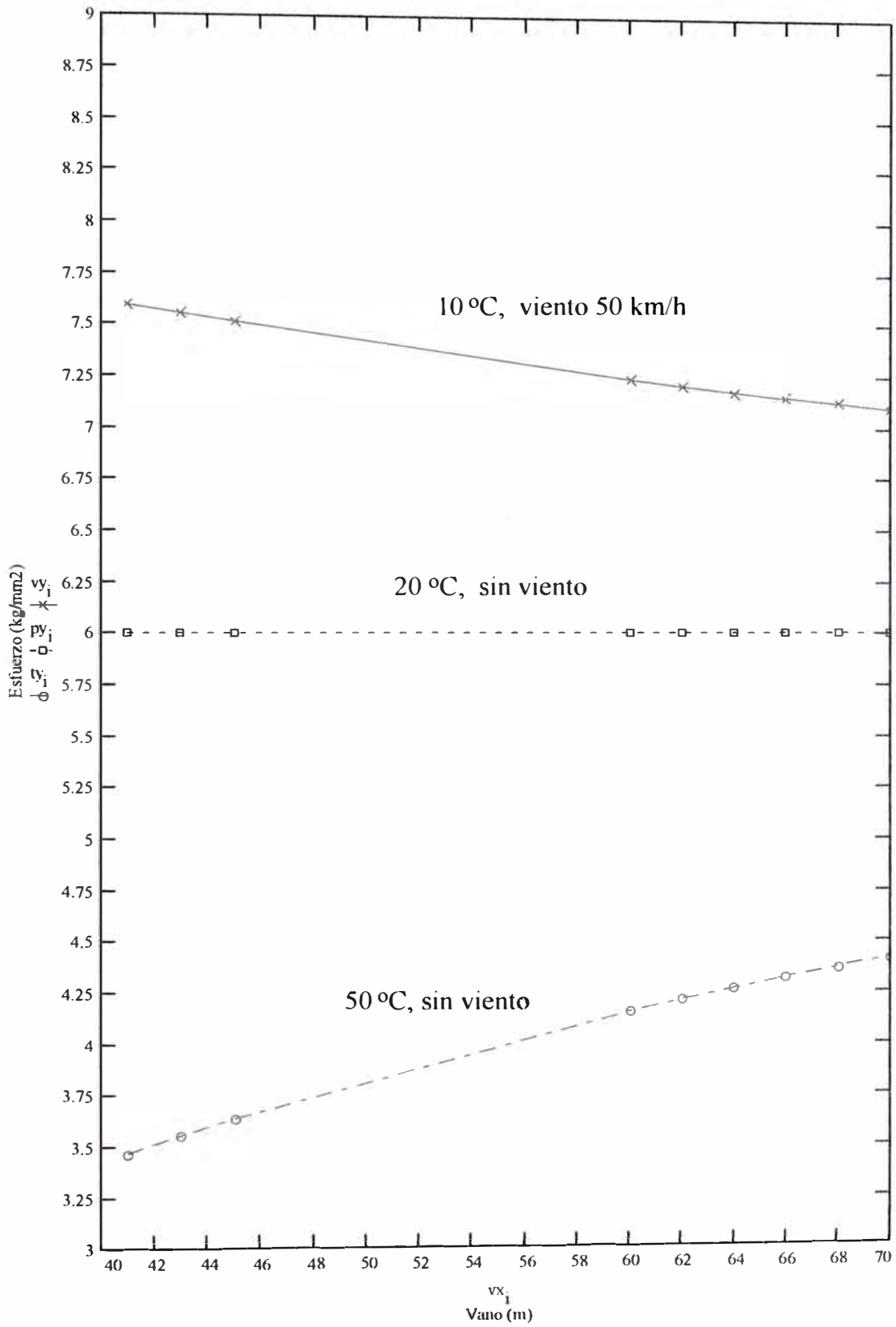
vy : Esfuerzos en hipótesis I (10 C , 50 km/h)

py : Esfuerzos en hipótesis II (20 C, sin viento)

ty : Esfuerzos en hipótesis III (50 C, sin viento)

vx :=	41	vy :=	7.5875	py :=	6	ty :=	3.4674
	43		7.5475		6		3.5525
	45		7.508		6		3.6341
	60		7.2391		6		4.1476
	62		7.2068		6		4.2049
	64		7.1778		6		4.2599
	66		7.1488		6		4.3128
	68		7.1211		6		4.3636
	70		7.094		6		4.4125

i := 0.. 8



Curva de Cambio de estado

CURVA DE TENSADO ,usando el programa MATHCAD 6.0

Siendo:

vx : Valores de los vanos en m.

F1y : Flecha a 15 C , sin viento.

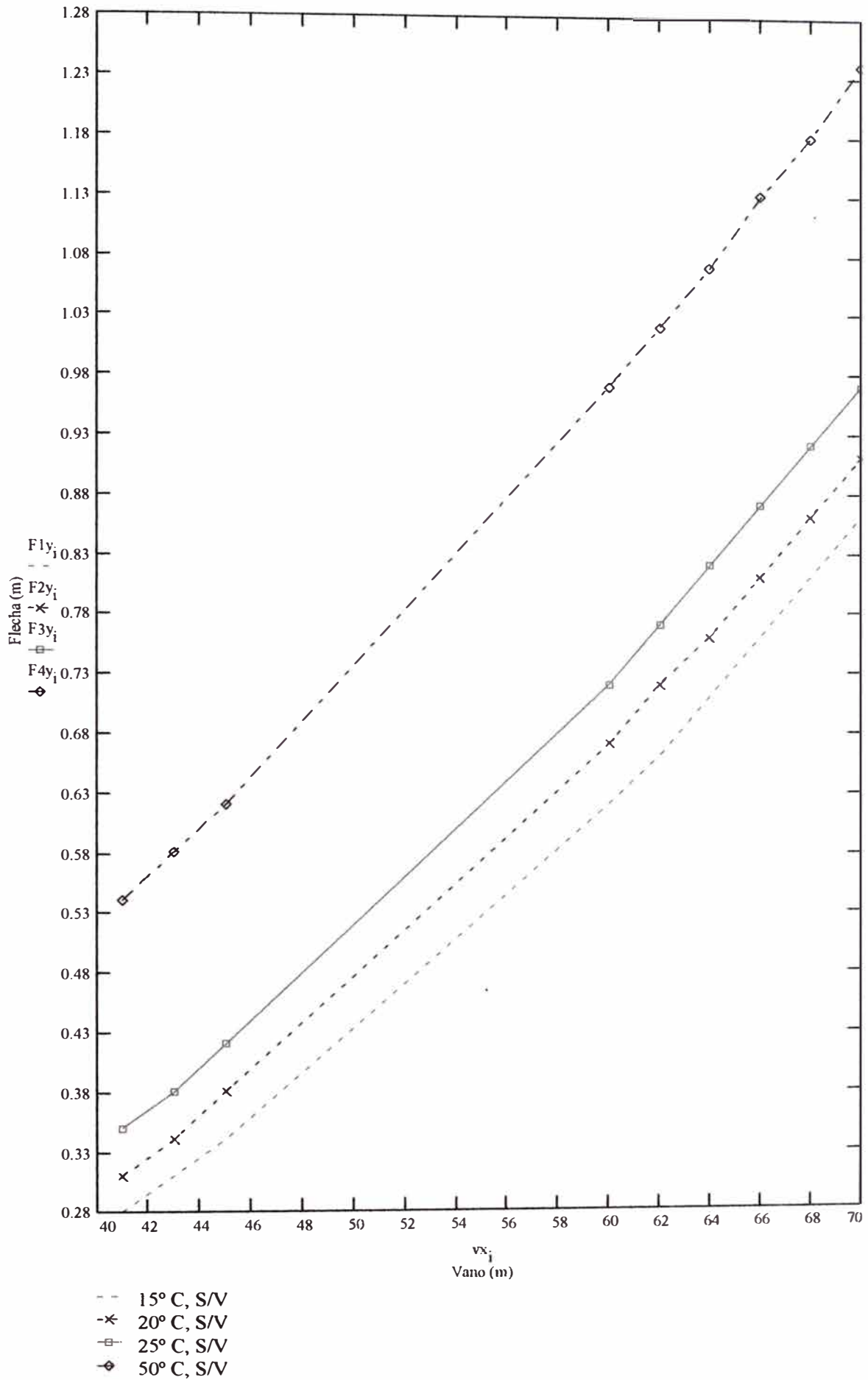
F2y : Flecha a 20 C , sin viento.

F3y : Flecha a 25 C , sin viento.

F4y : Flecha a 50 C , sin viento

vx :=	$\begin{bmatrix} 41 \\ 43 \\ 45 \\ 60 \\ 62 \\ 64 \\ 66 \\ 68 \\ 70 \end{bmatrix}$	F1y :=	$\begin{bmatrix} 0.28 \\ 0.31 \\ 0.34 \\ 0.62 \\ 0.66 \\ 0.71 \\ 0.76 \\ 0.81 \\ 0.86 \end{bmatrix}$	F2y :=	$\begin{bmatrix} 0.31 \\ 0.34 \\ 0.38 \\ 0.67 \\ 0.72 \\ 0.76 \\ 0.81 \\ 0.86 \\ 0.91 \end{bmatrix}$	F3y :=	$\begin{bmatrix} 0.35 \\ 0.38 \\ 0.42 \\ 0.72 \\ 0.77 \\ 0.82 \\ 0.87 \\ 0.92 \\ 0.97 \end{bmatrix}$	F4y :=	$\begin{bmatrix} 0.54 \\ 0.58 \\ 0.62 \\ 0.97 \\ 1.02 \\ 1.07 \\ 1.13 \\ 1.18 \\ 1.24 \end{bmatrix}$
-------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--

i := 0..8



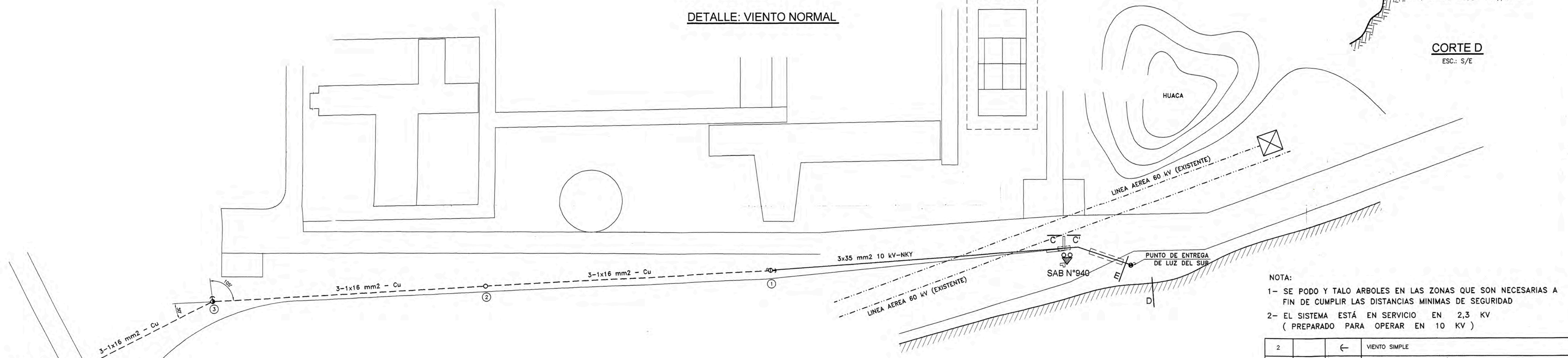
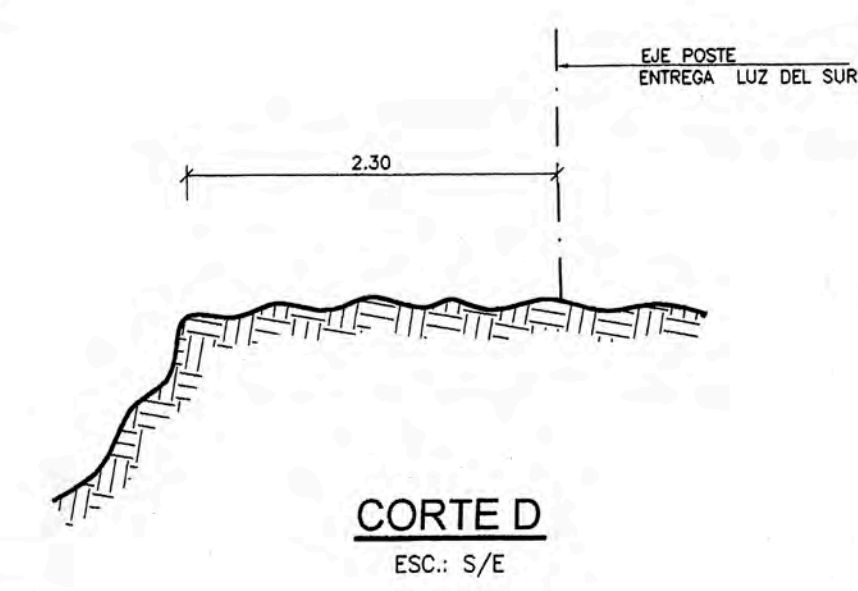
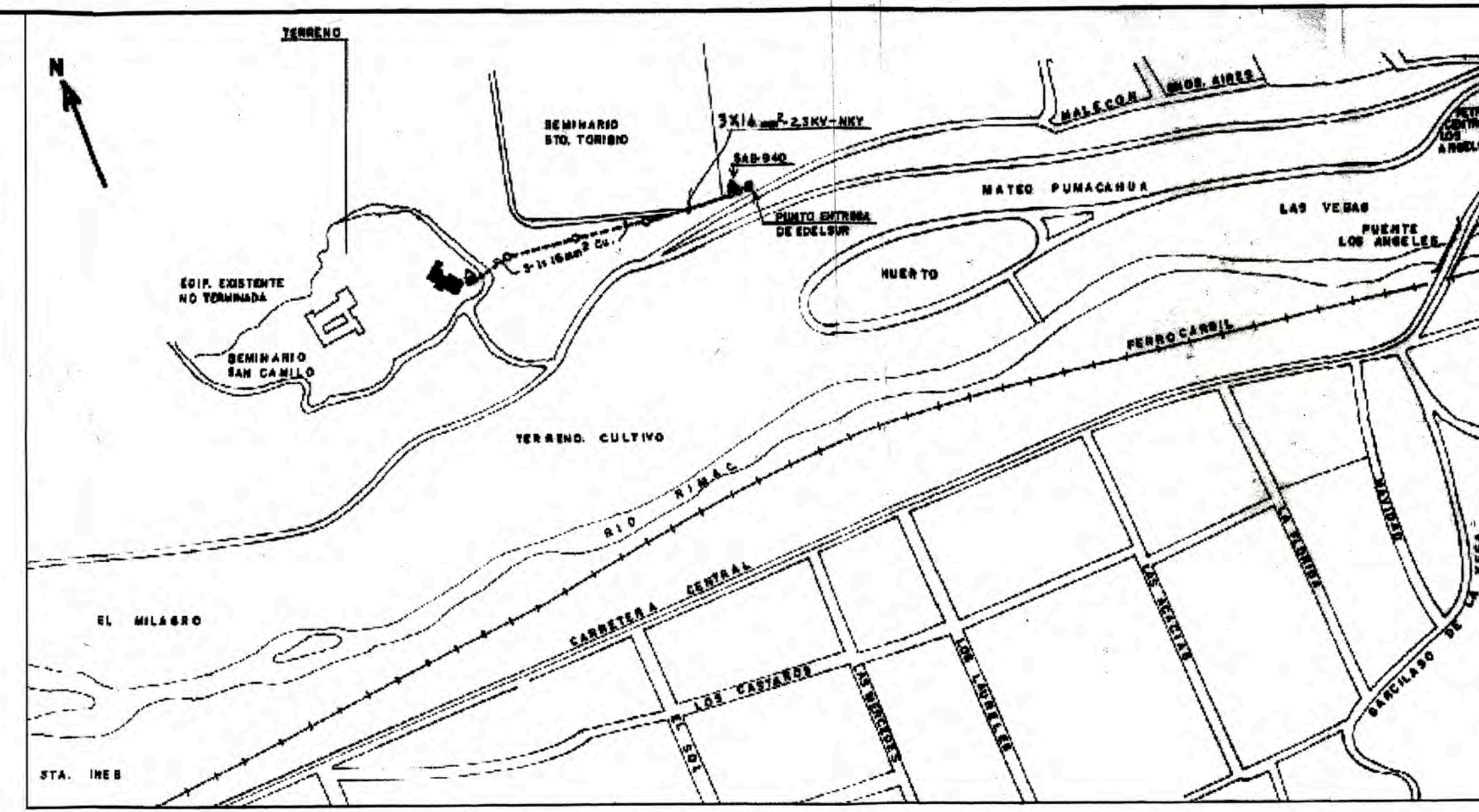
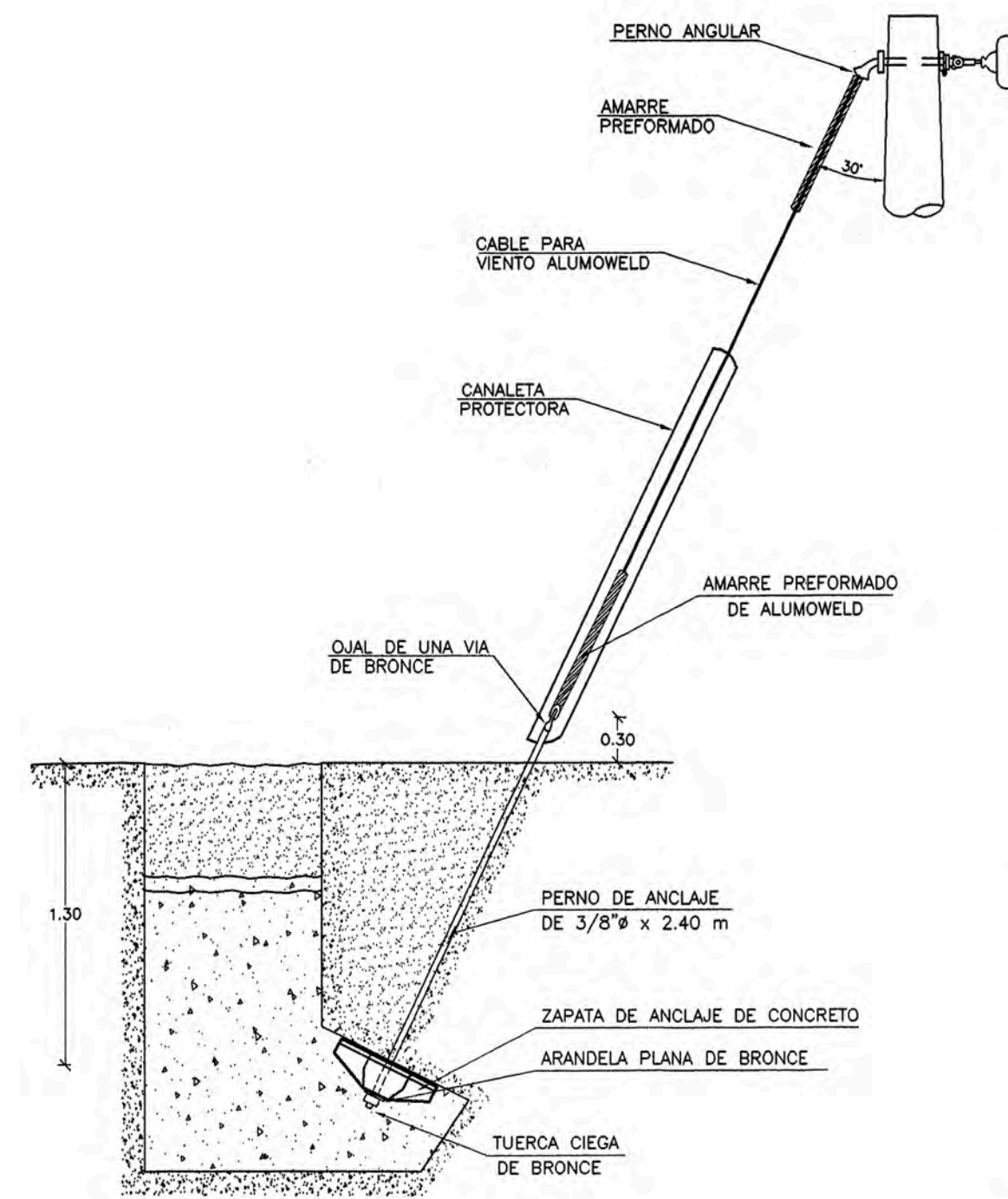
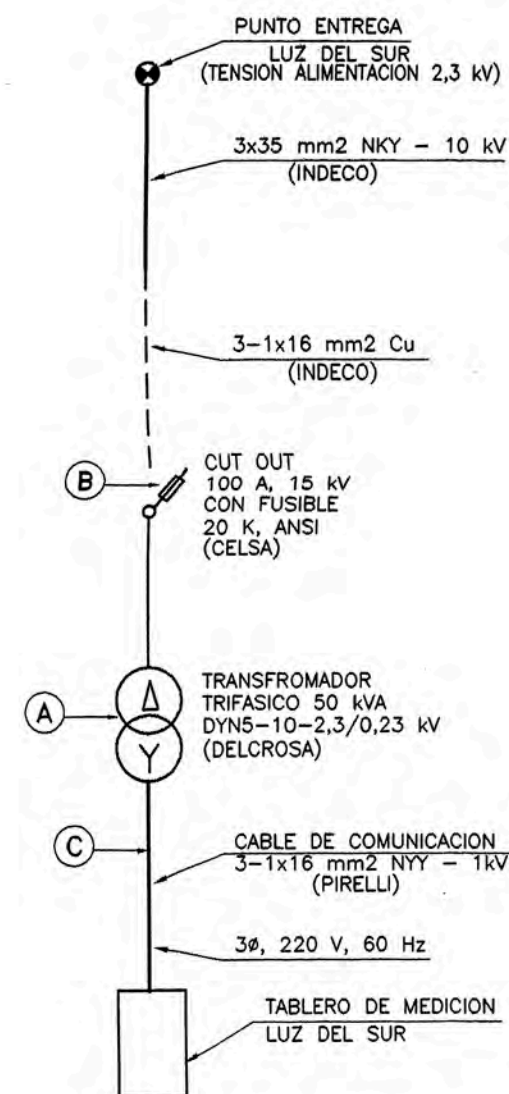
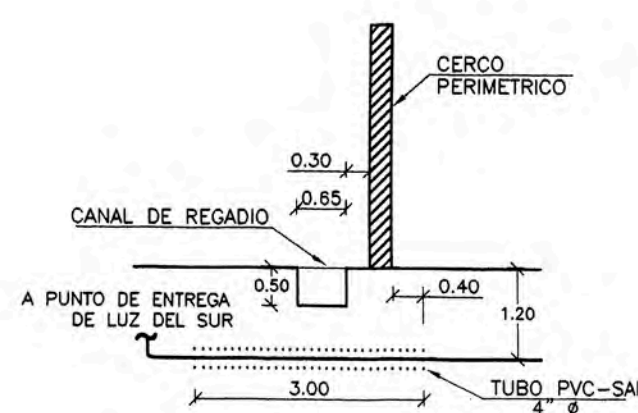
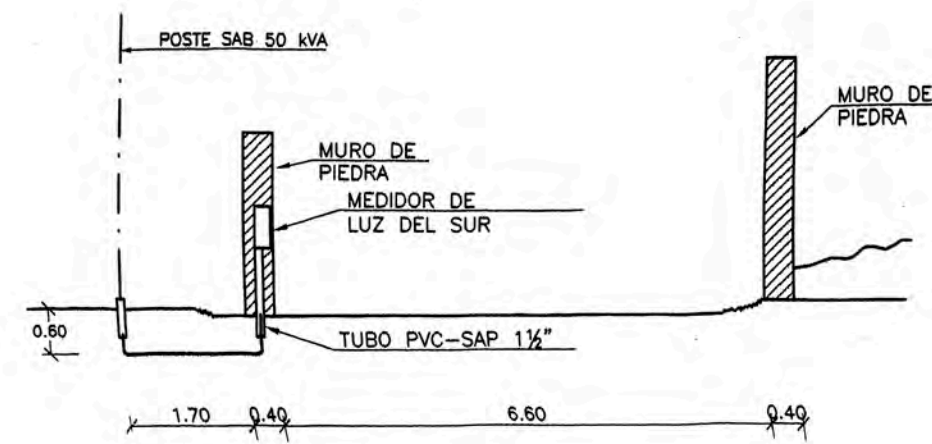
Curva de Tensado

ANEXO C

**Plano RSU-01: Sistema de utilización primaria 2,3 KV.
Recorrido del cable de 2,3KV, ubicación, cortes.**

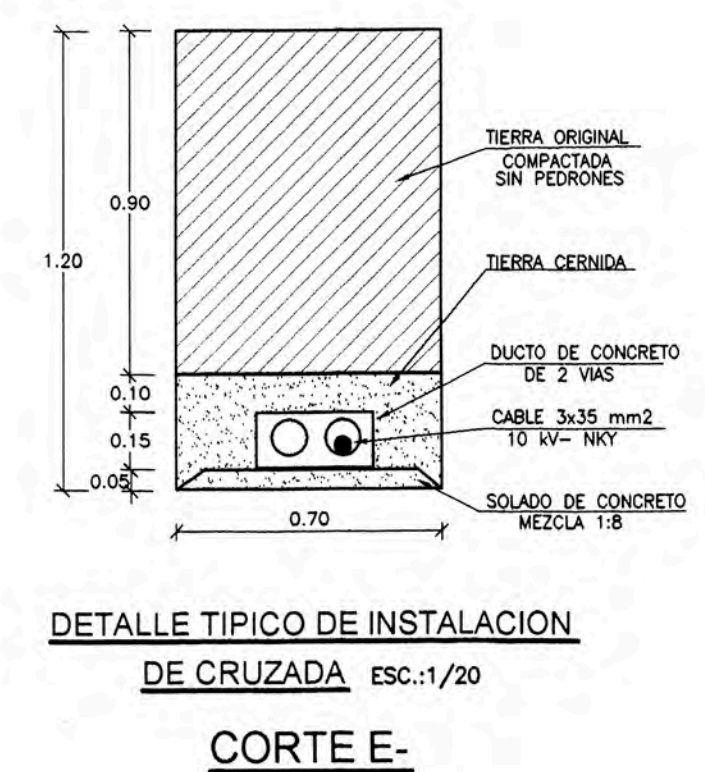
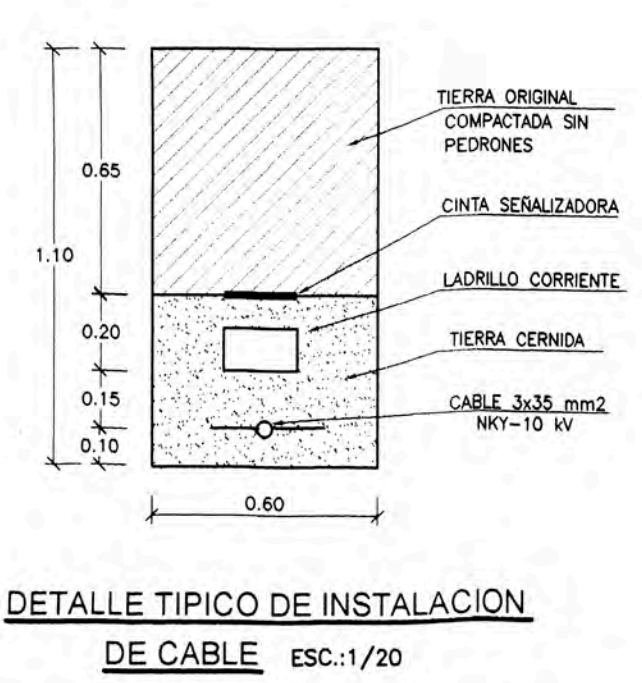
**Plano RSU-02: Sistema de utilización primaria 2,3 KV.
Detalle de estructuras 2,3KV y SAB.**

PLANO 01



CALCULO, UBICACION Y CARACTERISTICAS DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PARA LA INSTALACION DE LINEA 2,3 KV
CONDUCTOR 3-1x16 mm² Cu. TEMP. AMBIENTE 20°C, SIN VIENTO

N° DE POSTE	PUNTO DE ENTREGA	1	2	3	S.A.B.
VANO (mts)		70	66	43	
ANGULO DE LINEA			0°	30°	
ESFUERZO (Kg/mm ²)	50° C	4.42	4.32	3.50	
	10° C MAX.	6.99	7.02	7.50	
FLECHA	20° C EDN	0.92	0.80	0.35	
	50° C MAX.	1.25	1.13	0.55	
ESTRUCTURA	TIPO	P-1	P-2	P-3	SAB
	CARACTERISTICA	11/400	11/200	13/400	13/400
AISLADOR	DIST. AL SUELO	6.35	6.35	9.15	
	PIN	X	X		
N° DE VIENTOS	ANCLAJE				
	SUSP.	X		X	
CIMENTACION (*)		1	1	1	
		C	C	C	



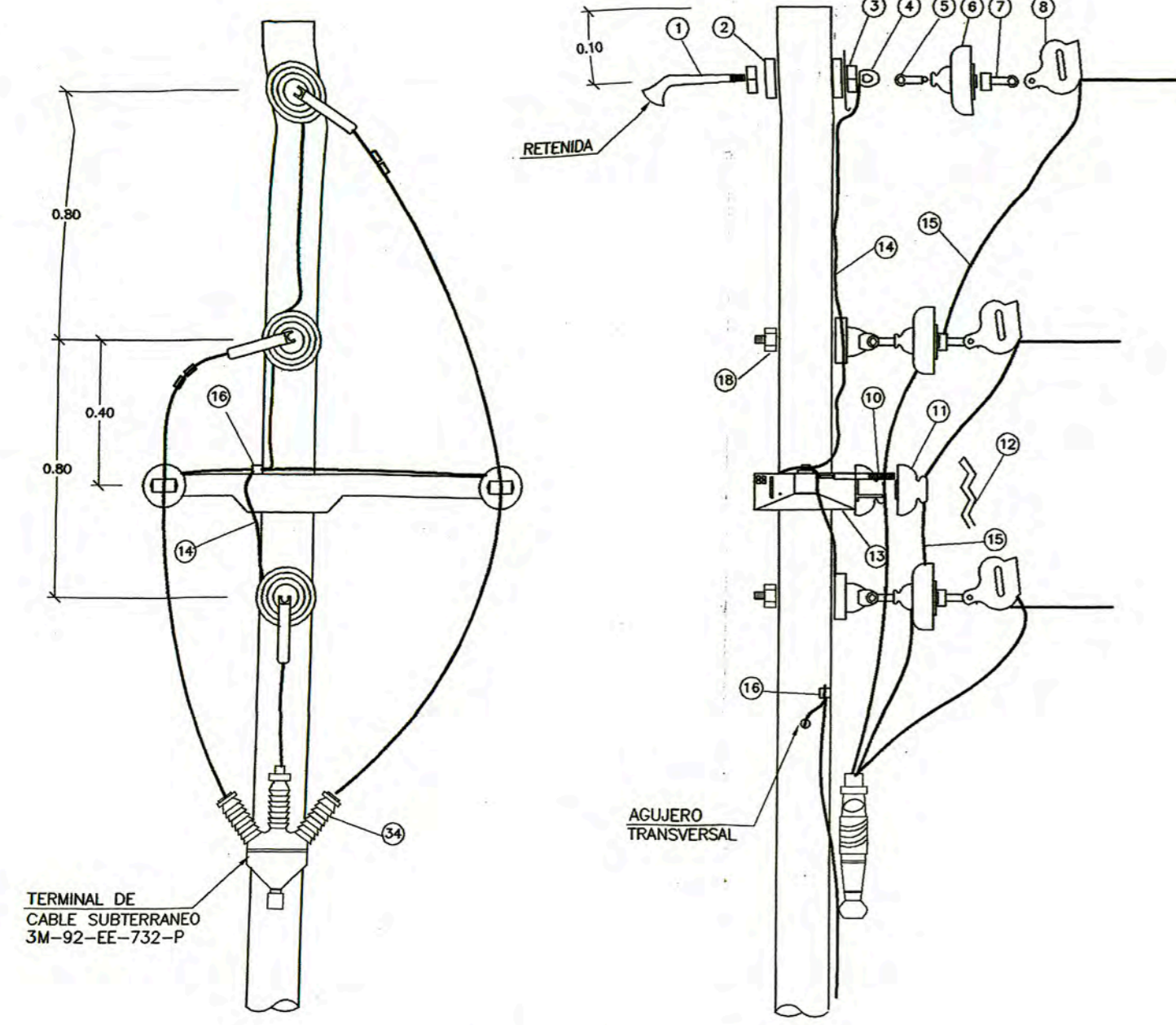
- NOTA:
- SE PODO Y TALO ARBOLES EN LAS ZONAS QUE SON NECESARIAS A FIN DE CUMPLIR LAS DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD
 - EL SISTEMA ESTÁ EN SERVICIO EN 2,3 KV (PREPARADO PARA OPERAR EN 10 KV)

CANT.	EXISTENTE	EJECUTADO	DESCRIPCION
2			VIENTO SIMPLE
		●	POSTE DE ENTREGA DE LUZ DEL SUR
10 m		□	CRUZADA DE CONCRETO DE 2 VIAS
1		○	POSTE DE C.A.C. 11/400/180/345
		○	SUBIDA DE CABLE SUBTERRANEO
1		○	POSTE DE C.A.C. 11/200/150/315
1		○	POSTE DE C.A.C. 13/400/180/375
		---	LINEA AEREA 60 KV (EXISTENTE)
3 m		---	TUBO DE PVC-SAP 4"
535 m		---	LINEA AEREA 10 KV CON CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO DURO 3-1x16 mm ²
115 m		---	CABLE NKY - 10 KV DE 3x35 mm ²
1		⊕	SUBSTACION AEREA BIPOSTE PARTICULAR DE 50 KVA
		⊕	SUBSTACION AEREA BIPOSTE N°940 DE LUZ DEL SUR

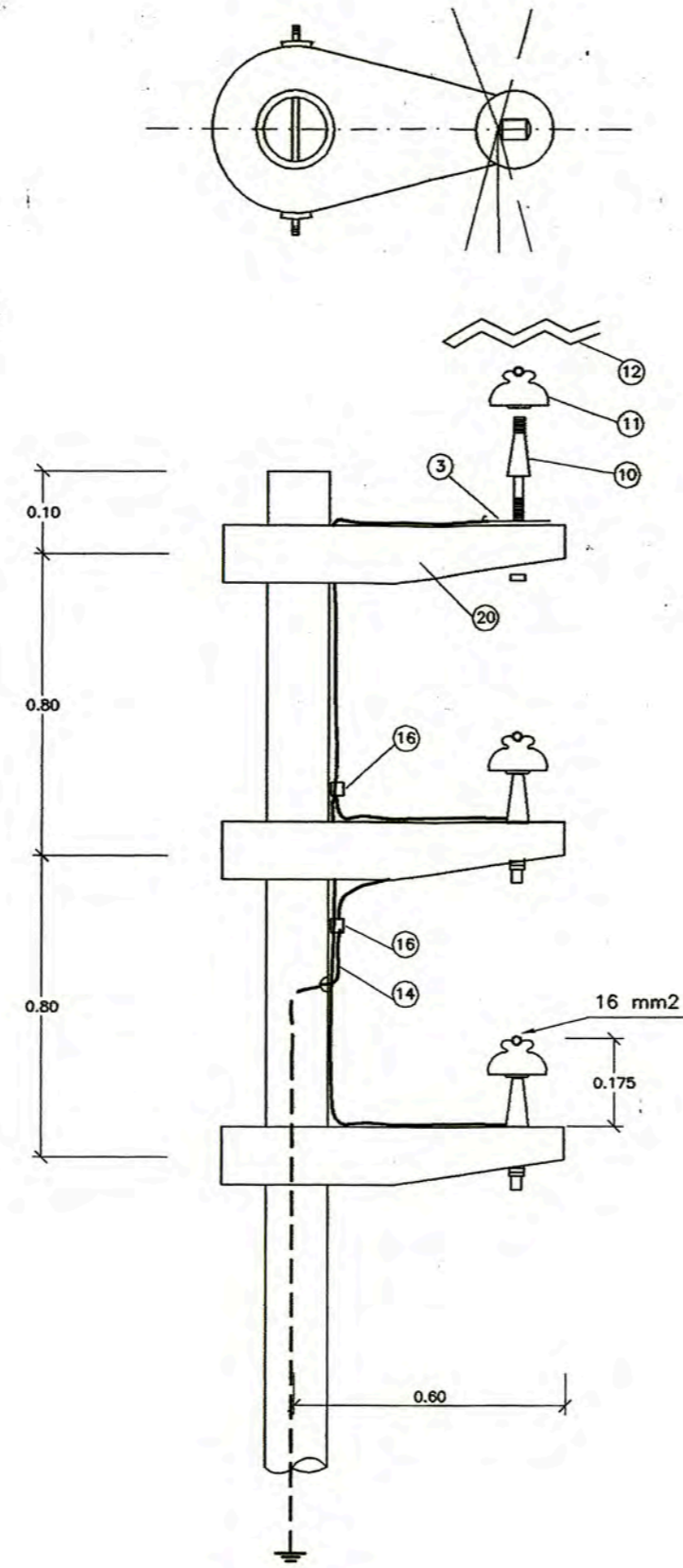
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

DISEÑO: LUIS VASSALLOS
 REVISO:
 FECHA: JUNIO 2008
 PROPIETARIO: CONVENTO DE LA BUENA MUERTE DISTRITO: CHACACAYO PROV: LIMA DPTO. LIMA
 OBRA: SISTEMA DE UTILIZACION PRIMARIA 2,3 KV RECORRIDO DEL CABLE 2,3 KV, UBICACION, CORTES
 PLANO N°: RSU-01
 ESCALA: 1/500

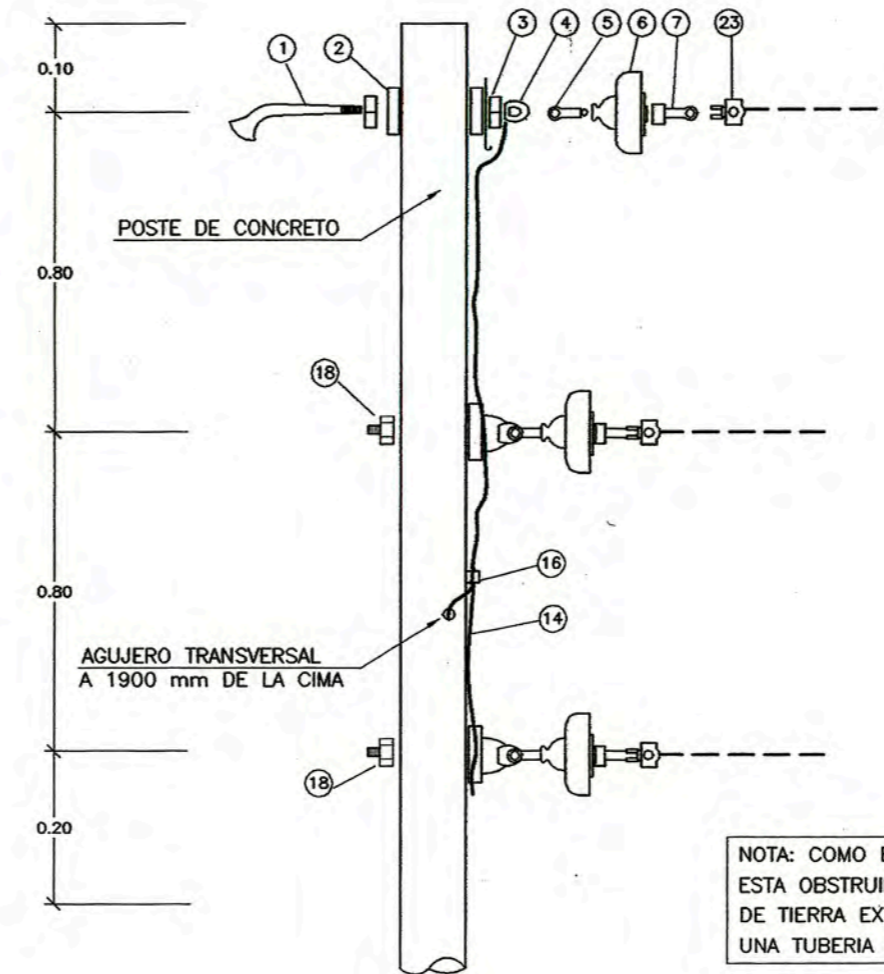
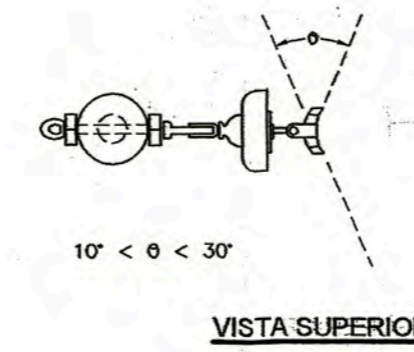
PLANO 02



P-1

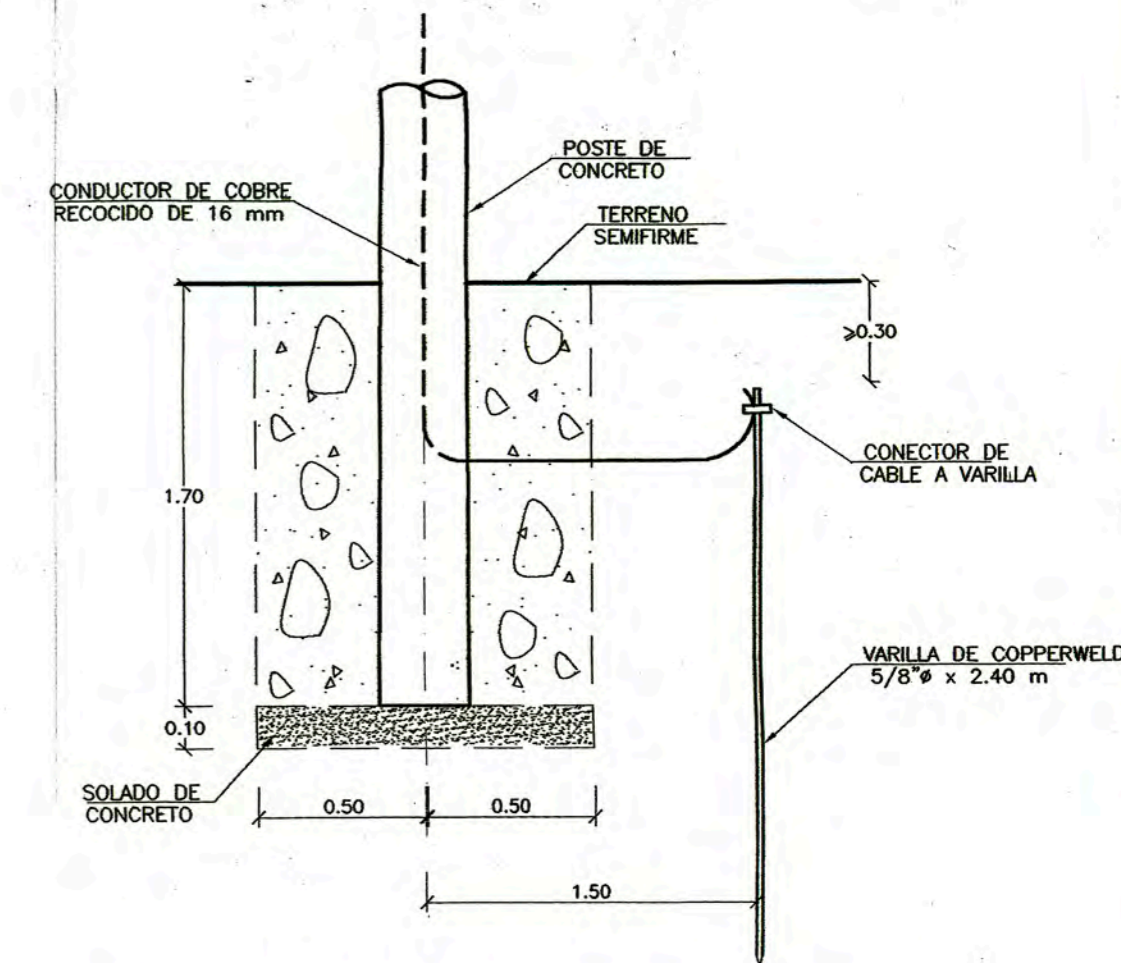


P-2



P-3

NOTA: COMO EL CANAL CENTRAL DEL POSTE ESTA OBSTRUIDO, SE HA PASADO LA LINEA DE TIERRA EXTERIORMENTE, PROTEGIDA CON UNA TUBERIA DE PVC-SAP 1"

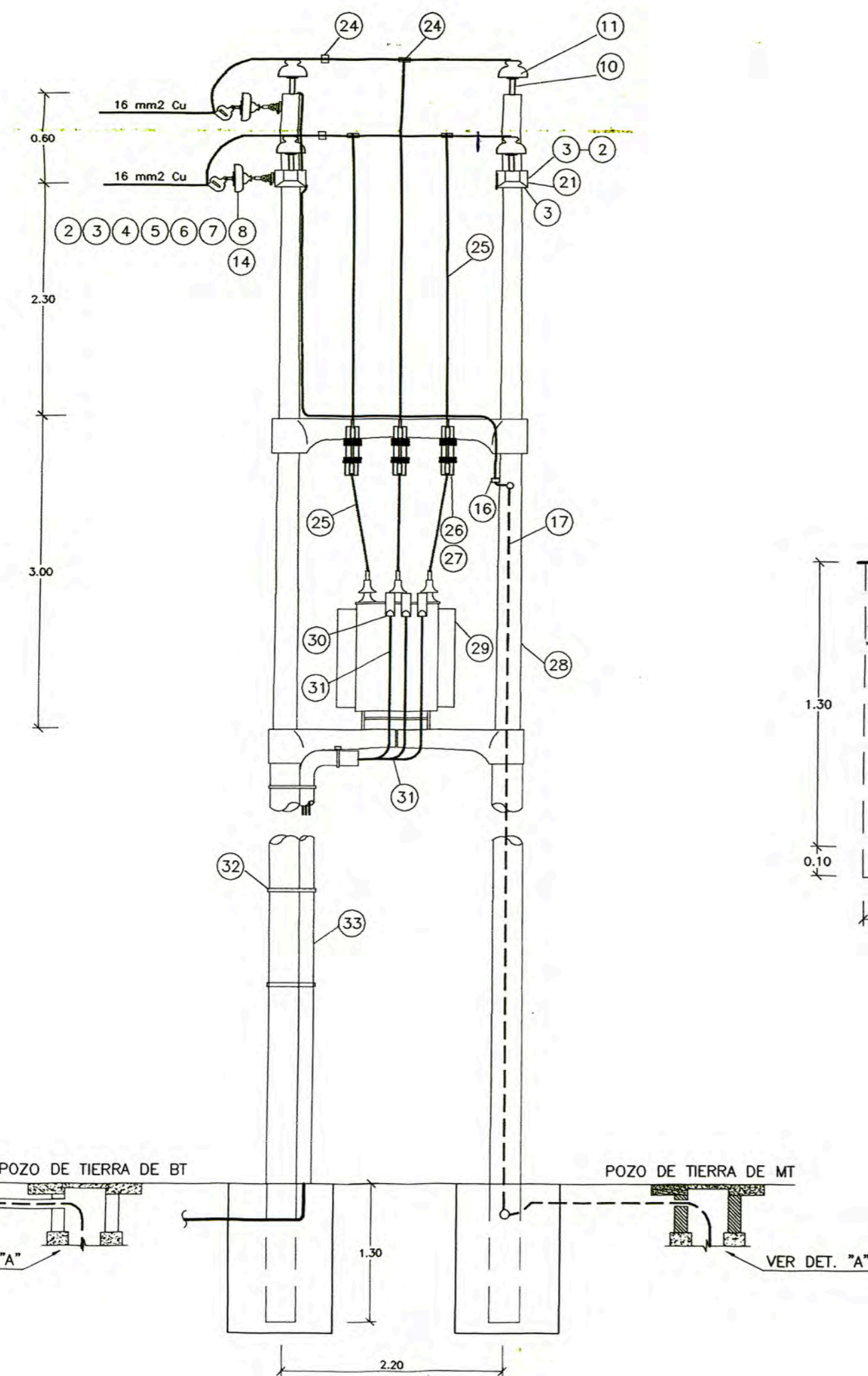


DETALLE DE CIMENTACION Y PUESTA A TIERRA DE POSTE P-1 Y P-2

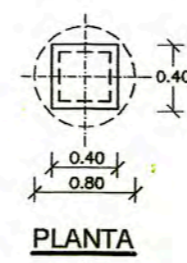
NOTA:
EL SISTEMA ESTÁ EN SERVICIO EN 2,3 KV
(PREPARADO PARA OPERAR EN 10 KV)

CANT.	POSIC.	DESCRIPCION
1	34	TERMINAL DE CABLE SUBTERRANEO 3M (92-EE-732-P)
5 m	33	TUBO PVC-SAP 4" ø
15 m	32	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"
16 m	31	CABLE DE COMUNICACION TIPO NY 3-1x16 mm2 - 1 KV
6	30	TERMINAL A PRESION
1	29	TRANSFORMADOR TRIFASICO 50- kVA 10-2,3/0,23 KV (DELGROSA)
2	28	POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO 13/400/180/375
3	27	FUSIBLE DE EXPULSION TIPO K ANSI 20 A (CHANGE)
1	26	BASE UNIPOLAR DE CUT-OUT 100 A, 15 KV (CELSA)
10 m	25	CABLE UNIPOLAR TW 35 mm2
6	24	CONECTOR PERNO PARTIDO 35 mm2
3	23	GRAPA DE SUSPENSION DE HIERRO
1	22	MEDIDOR DE EDELSUR
2	21	CRUCETA DE CONCRETO SIMETRICA Z/1.20/300
3	20	MENSULA DE CONCRETO M/0,6/250
10	18	VARILLA ROSCADA 5/8 ø x 12"
30 m	17	CONDUCTOR TW AMARILLO DE PUESTA A TIERRA 35 mm2
10	16	CONECTOR TIPO PERNO PARTIDO PARA 16 mm2
30 m	14	CONDUCTOR Cu - DESNUDO 16 mm2 PARA PUESTA A TIERRA
1	13	CRUCETA ASIMETRICA Za/1,5/0,9/250
5 m	12	CONDUCTOR DE AMARRE Cu - DESNUDO 16 mm2
11	11	AISLADOR TIPO PIN 55.5 (GAMMA)
11	10	SOPORTE PARA AISLADOR PIN
6	8	GRAPA DE ANCLAJE TIPO PUÑO
9	7	ROTULA OJAL LARGO
9	6	AISLADOR TIPO CAMPANA (GAMMA)
9	5	HORQUILLA BOLA PARALELA
9	4	OJAL ROSCADO 5/8" ø
24	3	PLANCHA DE COBRE TIPO "J"
24	2	ARANDELA CURVADA
2	1	PERNO ANGULAR 5/8"

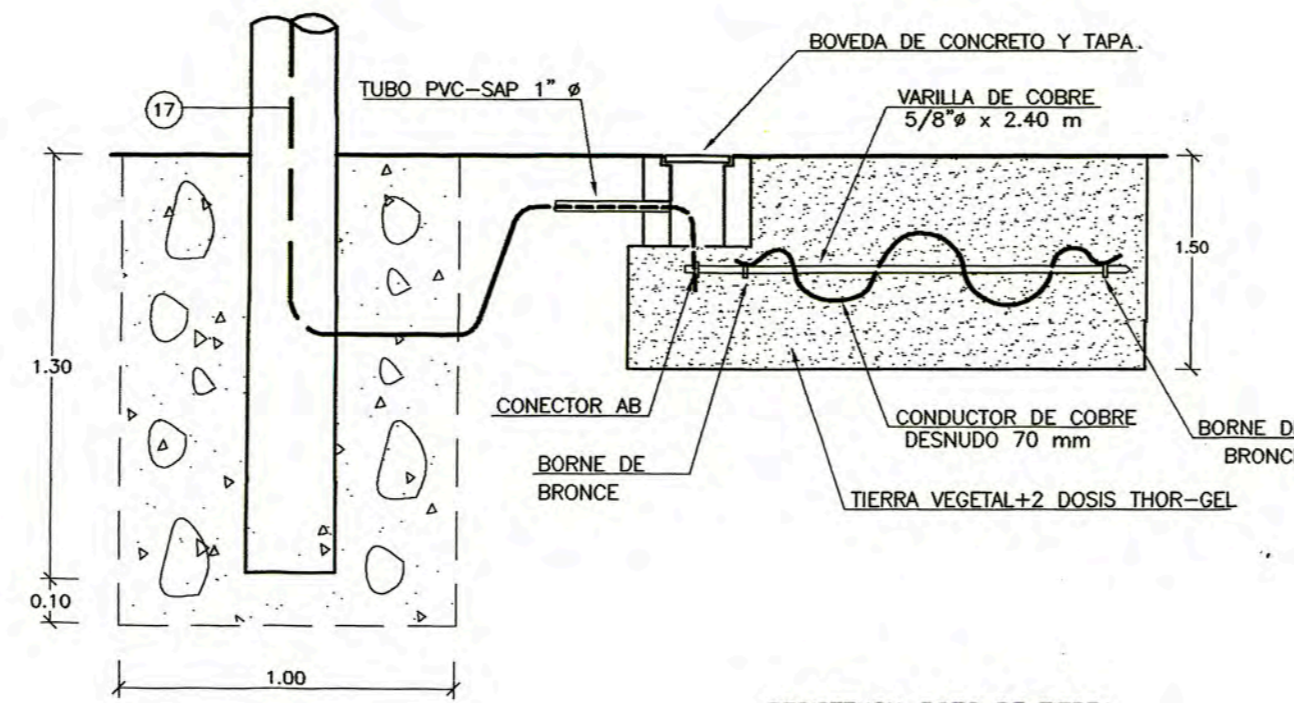
LEYENDA



DETALLE DE S.A.B.



PLANTA

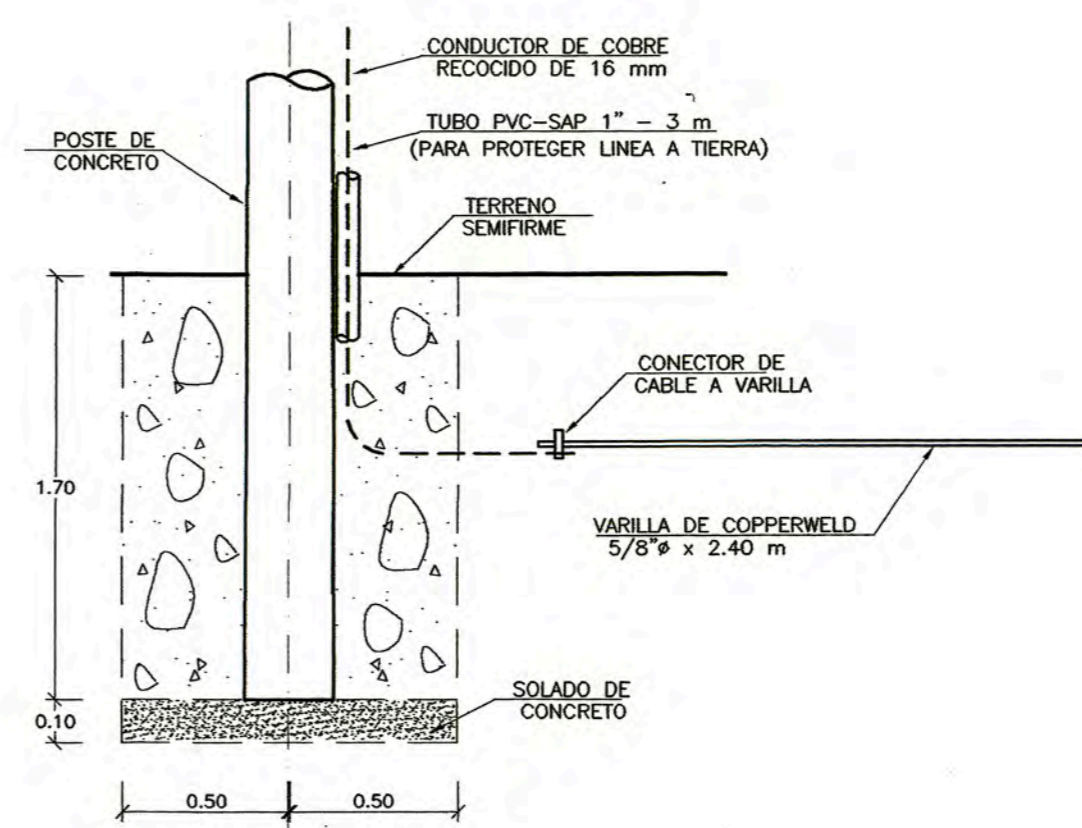


DETALLE "A" POSTE DE S.A.B.

RESISTENCIA POZO DE TIERRA
10 KV: R \leq 25 Ohm
220V: R \leq 15 Ohm

POTENCIA DE TRANSFORM. (kVA)	FUSIBLE 10 kV	SECCION (mm2)
(A)	(B)	(C)
50	20 K	3-1x16 mm2 NYY

DETALLE DE CIMENTACION Y PUESTA A TIERRA DE POSTE P-3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

DISOÑO:	PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO ELECTRICISTA	PLANO N°:
LUIS VASSALLO S.		RSU-02
REVISO:	PROPIETARIO:	ESCALA:
	CONVENTO DE LA BUENA MUERTE DISTRITO: CHACIACAYO PROV.: LIMA DPTO.: LIMA	SE
FECHA:	OBRA:	
JUNIO 2008	SISTEMA DE UTILIZACION PRIMARIA 2,3 KV DETALLE DE ESTRUCTURAS 2,3 KV Y SAB	

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Código Nacional de Electricidad, Tomo IV Sistema de Distribución”, Ministerio de Energía y Minas – Perú, 1978.
- [2] “Código Nacional de Electricidad, Tomo I Prescripciones Generales”, Ministerio de Energía y Minas – Perú, 1978.
- [3] Gaudencio Zoppetti Júdez, “Redes Eléctricas”, Editorial Gustavo Gili S.A. , Sexta edición – Barcelona , España, 1978.
- [4] William D. Stevenson, Jr. “Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia”, Segunda edición
- [5] Miguel Ángel Becerra Fernandez., “Líneas de Transmisión de Potencia”, UNI – Perú
- [6] Normas de Electrolima.
- [7] Normas de Edelnor y Luz del Sur.
- [8] Norma DGE-004-B-P-1/1984 del Ministerio de Energía y Minas.
- [9] 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.