

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**“ DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLE DE LA SUBESTACIÓN
POMALCA 7/7/2 MVA 60/22,9/10 kV PARA SU INTERCONEXIÓN
AL SISTEMA CENTRO”**

INFORME DE INGENIERIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR:

HIMBLER FLORENCIO CAPCHA AIRA

PROMOCIÓN 1978-I

LIMA-PERÚ

2003

DEDICATORIA

Un agradecimiento eterno a mis queridos padres que me dieron la vida y siempre estuvieron apoyándome y pendientes por mi superación.

**DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES DE LA SUBESTACIÓN
POMALCA 7/7/2 MVA 60/22,9/10 KV PARA SU INTERCONEXIÓN
AL SISTEMA CENTRO NORTE**

SUMARIO

Este informe de Diseño e Ingeniería de Detalles de la Sub-Estación de Pomalca pretende resolver técnica y económicamente el problema deficitario de la Energía Eléctrica en esta Cooperativa Agraria de Producción, ya que esta se ha encontrado operando siempre como un Sistema aislado y sus costos de Operación y Servicio resultaban antieconómicos.

El desarrollo integral de este proyecto es la Interconexión de las Cooperativas Agrarias de Producción Pomalca, Tumán y Cayaltí al Sistema Centro Norte mediante una línea de transmisión en 60 kV, teniendo como punto de enlace la Sub-Estación Chiclayo Norte, de manera que se permita el desarrollo de las Actividades Agro-Industriales de la Región. Con la interconexión de las Empresas Azucareras se garantizará la continuidad del servicio, así como la disponibilidad de Energía Eléctrica para el desarrollo de actividades relacionadas con la Industria Agraria de la Caña de Azúcar, así como cubrir la demanda de energía de las poblaciones ubicadas en las zonas aledañas a estas Cooperativas como son las localidades de Pucalá y Patapo.

ÍNDICE

PROLOGO	1
CAPÍTULO I	
DESCRIPCIÓN DEL MODELO OPTADO	3
1.1 <i>Generalidades</i>	3
1.2 <i>Instalación a la Intemperie de</i>	3
1.2.1 <i>Forma Constructiva</i>	5
CAPÍTULO II	
CALCULO SUSTENTATORIO DE LA MALLA A TIERRA	
PROFUNDA Y DE LA BARRA BUS	10
2.1 <i>Consideraciones de diseño</i>	10
2.2 <i>Mediciones de la Resistividad del Terreno</i>	10
2.3 <i>Metodología para determinar las Resistividades y alturas de las capas del Terreno</i>	13
2.4 <i>Cálculo de la Resistencia Aparente del suelo</i>	25
2.4.1 <i>Cálculo de la Resistencia Aparente Equivalente del suelo</i>	25
2.4.2 <i>Cálculo del Coeficiente de Penetración</i>	25
2.4.3 <i>Cálculo del Coeficiente de Divergencia</i>	26
2.5 <i>Cálculo de la Tensión de Toque Máximo</i>	28
2.6 <i>Cálculo de la Tensión de Paso Máximo</i>	28

<i>2.7</i>	<i>Cálculo de la Resistencia de la Malla</i>	<i>29</i>
<i>2.8</i>	<i>Cálculo de las Impedancias de las Líneas</i>	<i>30</i>
<i>2.9</i>	<i>Cálculo de la Corriente de Falla</i>	<i>31</i>
<i>2.9.1</i>	<i>Cálculo de la corriente de falla en barra 60 kV</i>	<i>35</i>
<i>2.10</i>	<i>Dimensionamiento del Conductor de Malla a Tierra</i>	<i>37</i>
<i>2.11</i>	<i>Cálculo de la Tensión de Toque Máximo de la Malla</i>	<i>38</i>
<i>2.12</i>	<i>Cálculo de la Tensión de Paso Máximo de la Malla</i>	<i>39</i>
<i>2.13</i>	<i>Cálculo y Dimensionamiento de la Barra Bus</i>	<i>40</i>
<i>2.13.1</i>	<i>Cálculo de la Barra por capacidad de corriente</i>	<i>41</i>
<i>2.13.2</i>	<i>Cálculo de la corriente de Cortocircuito en la barra de 60 kV</i>	<i>41</i>
<i>2.13.3</i>	<i>Cálculo de la corriente de choque</i>	<i>41</i>
<i>2.13.4</i>	<i>Cálculo por Esfuerzo Electrodinámico en la Barra</i>	<i>41</i>
<i>2.13.5</i>	<i>Cálculo por Resonancia</i>	<i>42</i>
<i>2.13.6</i>	<i>Cálculo por Elevación de Temperatura</i>	<i>43</i>

CAPÍTULO III

DISEÑO EN OBRAS CIVILES DE LAS BASES DE EQUIPOS

Y PÓRTICOS EN LA SUBESTACIÓN POMALCA *44*

3.1. Alcances *44*

3.2. Obras Civiles *44*

3.2.1 Pista de Acceso *45*

3.2.2	<i>Cerco Perimétrico</i>	46
3.2.3	<i>Edificio de Control</i>	46
3.2.4	<i>Instalaciones Sanitarias</i>	48
3.2.5	<i>Patio de Llaves de 60 kV</i>	49
3.2.6	<i>Patio de Llaves de 22,9 kV</i>	50
3.2.7	<i>Patio de Llaves de 10 kV</i>	51
3.3.	<i>Cálculo en las Obras Civiles de los Equipos y Pórticos</i>	52
3.3.1	<i>Cargas Consideradas para el diseño de Fundaciones de Equipos</i>	52
3.3.2	<i>Cargas Consideradas para el diseño de fundaciones de Pórticos</i>	54
3.4	<i>Parámetros definidos para el diseño de Fundaciones de Pórticos</i>	54
3.5	<i>Cálculo del Acero de Refuerzo en Base de Pórticos de 60 kV</i>	58
3.6	<i>Acero de Pedestales en Base de Pórticos de 60 kV</i>	59
3.7	<i>Cimentación de la Base del Interruptor de 60 kV</i>	60
3.8	<i>Diseño de la Base del Transformador de Potencia</i>	63
3.9	<i>Cimentación del Transformador de Tensión</i>	66
3.10	<i>Cálculo de la Base del Seccionador de Línea</i>	68
3.11	<i>Cálculo de la Base de Pararrayos</i>	71
3.12	<i>Cálculo de la Base del Recloser</i>	74

CAPÍTULO IV

COORDINACIÓN DE LA PROTECCIÓN	77
4.1 <i>Introducción</i>	77
4.2 <i>Descripción del Sistema Eléctrico en Estudio</i>	77
4.2.1 <i>Línea de Transmisión de 60 kV</i>	77
4.2.2 <i>Subestaciones</i>	77
4.3 <i>Parámetros de la Línea de Transmisión</i>	78
4.4 <i>Parámetros de los Transformadores de Potencia</i>	79
4.5 <i>Sistema de Protección</i>	79
4.6 <i>Análisis de Corto Circuito</i>	80
4.7 <i>Esquema General del Sistema de Protección</i>	80
4.7.1 <i>Esquema General de Protección para Falla entre Fases</i>	84
4.7.2 <i>Esquema General de la Protección de Fallas a Tierra</i>	84
4.8 <i>Ajustes de Reles en la S.E. Chiclayo Norte</i>	86
4.8.1 <i>Ajustes del Relé R-01: Protección de Distancia (21) de la Línea 60 kV Chiclayo Norte-Pomalca-Tumán-Cayaltí</i>	86
4.8.2 <i>Ajuste de la Función de Recierre (79) de la Línea L-1, L-2, L-3, Chiclayo Norte-Pomalca-Tumán-Cayaltí</i>	87
4.8.3 <i>Ajuste de la Función 67N del Relé de Distancia</i>	87
4.8.4 <i>Ajuste del Relé R-01: Protección de Distancia (21)</i>	87
4.9 <i>Ajustes de Reles en la S.E. Pomalca</i>	90

<i>4.9.1 Protección de Sobrecorriente de Fases (50 / 51)</i>	<i>90</i>
<i>4.9.2 Protección de Sobrecorriente a Tierra</i>	<i>91</i>
<i>4.9.3 Protección Diferencial del Transformador de 7/7/2 MVA</i>	<i>92</i>
<i>4.9.4 Ajuste de Reconectores RC-1 y RC-2 Sobrecorriente de Fases y Tierra, Recierre (79) en salida 22,9 kV Pomalca</i>	<i>93</i>
<i>4.10 Resumen de la Calibración de los Relés instalados</i>	<i>95</i>

CAPÍTULO V

<i>METRADO Y PRESUPUESTO</i>	<i>105</i>
<i>5.1 Generalidades</i>	<i>105</i>
<i>5.2 Presupuesto Base</i>	<i>105</i>
<i>5.3 Fórmula Polinómica</i>	<i>106</i>

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS:

ANEXO A

GRÁFICOS DE LAS CURVAS DE RESISTIVIDAD

ANEXO B

METRADO Y PRESUPUESTO

ANEXO C

PLANOS

BIBLIOGRAFÍA

PROLOGO

Las Cooperativas Agrarias de Producción Pomalca, Tumán y Cayaltí, han venido operando hasta la fecha como sistemas aislados, siendo su fuente principal de abastecimiento de origen térmico. Este informe de Ingeniería pretende mostrar el desarrollo del diseño e Ingeniería de detalles de la Subestación Pomalca como parte integrante de la anexión del resto de Cooperativas al Sistema Centro Norte.

En el primer capítulo se hace una descripción de manera muy general de todas las partes constitutivas de la Subestación.

En el segundo capítulo se desarrolla la metodología a seguir para el diseño de la malla a tierra, así como también la elección y los cálculos justificativos para la elección de la barra bus. Para la malla a tierra se ha partido del estudio geológico y de las mediciones de campo realizadas en la zona de ubicación de la subestación. En el cálculo de la potencia de cortocircuito en la subestación, tanto en las barras de 60, 22,9 y 10 kV se ha utilizado el método Ohmico modificado.

En el tercer capítulo se desarrolla los procesos de cálculo de las bases

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL MODELO OPTADO

1.1 Generalidades

El informe de Diseño e Ingeniería de Detalles de la Subestación de Pomalca, es parte integral del Proyecto "Líneas de Transmisión 60 kV Chiclayo–Pomalca–Tumán–Cayaltí y Subestaciones (Interconexión Chiclayo – Cooperativas Azucareras al Sistema Centro Norte)", que a su vez es parte integrante del "Programa Nacional de Electrificación y Ampliación de la Frontera Eléctrica" llevado a cabo por el Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección Ejecutiva de Proyectos.

El área del Proyecto se ubica en el Departamento de Lambayeque, Provincia de Chiclayo. El plano PL-1.02, del Anexo C, muestra dicha ubicación.

El proyecto en su primera etapa incluye también el suministro de la energía a los Centros Poblados de Pomalca, Tumán, Pátapo, Pucalá y Cayaltí.

1.2 Instalación a la Intemperie

La configuración de las instalaciones de la S.E. por fines

económicos se determinó que sea al aire libre, permitiendo de esta manera lograr la adaptación al mayor espacio disponible y a las exigencias del servicio respecto a una disposición clara y una seguridad del mismo.

En las instalaciones a la intemperie la claridad es grande; las maniobras a realizar se hacen más fáciles y seguros, es mucho menos probable que se produzca un incendio general y así mismo el personal que opera se ve menos afectado por el calor.

Se han montando a la intemperie solamente los equipos de media y alta tensión, mientras que los equipos de medición, control, protección y de servicios auxiliares en caseta de uso interior.

La disposición y ubicación optada para los equipos ha sido tomada en base a la superficie disponible, al número de derivaciones, de transformadores y al tipo de derivaciones de la línea aérea. Dicha disposición y ubicación se muestran en los planos PL-3.01 y PL-3.02, del Anexo C.

Para fines de cálculos de la energía a transmitir y de la Potencias de Corto Circuito presente en la Subestación se tiene los datos adicionales siguientes:

Línea de Transmisión en 60 kV

- *Chiclayo Norte – Pomalca : 7,27 Km. simple terna*

- *Pomalca – Tumán* : 8,49 Km. simple terna
- *Tumán – Cayaltí* : 23,67 Km. simple terna

Subestaciones:

- *Celda de Salida S.E. Chiclayo Norte 60 kV*
- *S.E. Pomalca* : 60 / 22,9 / 10 kV, 7 / 7 / 2 MVA
- *S.E. Tumán* : 60 / 22,9 / 10 kV, 7 / 7 / 2 MVA
- *S.E. Cayaltí* : 60 / 22,9 / 10 kV, 7 / 7 / 2 MVA

El Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico se muestra en el plano PL-1.01, del Anexo C.

1.2.1 Forma Constructiva

En la ejecución clásica a media altura , los aisladores de los embarrados están colocados yuxtapuestamente en línea con la derivación. Los interruptores automáticos y el transformador de potencia se instalaron de forma elevada, por lo que se permite el acceso sin restricción a toda la Subestación. Encima en segundo plano, están enganchados los embarrados y en un tercer plano, la línea de derivación que está conectada al interruptor automático. Una gran ventaja de esta disposición es que, mediante un cambio de los bornes de esta línea de unión sobre el seccionador de derivación, puede puentearse el transformador de medición y potencia. La característica de esta forma de disposición es la reducida división de campo y por

otra parte un costo más elevado por los pórticos y tensado de los cables. Descripción de algunas de estas formas constructivas:

a) Distancias Mínimas que deben observarse

Para las instalaciones asumidas a la intemperie se han tomado en consideración las mínimas distancias y anchos de los pasillos de servicio, según normas del CNE y los indicados por VDE 0101 y el prescrito por IEC.

Las distancias a los dispositivos de protección se han tomado de acuerdo a la posibilidad de alcance de la mano (reja, barandilla, cadenas). Así mismo se toma en consideración la distancia de seguridad entre el dispositivo de protección y el punto donde termina la distancia mínima.

Las consideraciones para la altura mínima por encima del área accesible y el borde superior tomando en cuenta la flecha del vano son situadas a una altura mínima de 2,30 mts. Dichas alturas estimadas en el diseño se muestran en el plano PL-3.02, del anexo C.

b) Descargadores de Sobretensiones

Los descargadores de sobretensión (Pararrayos) empleados para proteger los equipos, aparatos e instalaciones importantes contra las sobretensiones procedentes de fenómenos atmosféricos o de maniobras estará separado a una distancia de 10 a 20 mts.

Los cables pararrayos de las líneas aéreas de entrada terminan en las estructuras de arriostramiento.

Para la descarga de estos fenómenos se instalarán unos cables de protección que recoge los rayos sobre los pórticos de arriostramiento de las barras bus y de la línea aérea, tratando en lo posible que para la descarga se haga recorriendo el trayecto mas corto y a ser posible, recto.

c) Sistema Telefónico de Alta Frecuencia

Las líneas aéreas que parten de las estaciones transformadoras se utilizarán para el sistema de telefonía de alta frecuencia. Para ello, en las salidas de las líneas aéreas se instalarán transformadores de tensión capacitivos.

d) Armarios de Mando

Se emplearán armarios de mando de derivación contruidos con planchas de acero o de aluminio, así como también de plástico (resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio).

Dentro de estos armarios se encuentran los dispositivos de accionamiento para el mando local, los aparatos auxiliares y una regleta de bornes para la llegada y salida de los cables de mando, medición y auxiliares.

e) Barra Bus y Línea de Conexión

La barra bus y la línea de conexión de los aparatos y equipos de la S.E. será de cable de Aluminio de 240 mm². Esta barra bus de cable estará arriostrado entre cadenas tensoras de aisladores de varillas largas con accesorio de protección del arco eléctrico.

La tensión de tiro de los cables y el grado de combado de la misma serán elegidos de la mas baja posible, de manera que el esfuerzo de los pórticos no sea demasiado elevado.

f) Estructuras

Las estructuras serán construidas de planchas de metal. Para la estructura de la barra bus tendrá en consideración una tensión de cable de 10 hasta como máximo de 40 N/mm².

En la fabricación y armado de estas estructuras se tendrá en cuenta en contar con una escalera de tal manera que con ella se pueda tener acceso destinada a facilitar los trabajos de limpieza y reparación en los puntos de sujeción.

g) Cimentaciones

Las cimentaciones destinadas a los pórticos, interruptores automáticos, aparatos de medida y transformadores son, en la mayoría de los casos cimentaciones sencillas de hormigón de alturas que varían entre 30 y 180 cm.

Las cimentaciones irán provistas de unas perforaciones destinadas a la posterior colocación de líneas de puesta a tierra y cables. Detalles de las cimentaciones se muestran en el plano PL-3.03 y PL-3.08, del Anexo C.

h) Canales de Cables

Las canales que llevan los cables a los tableros de control, mando medición y protección estarán cubiertos de manera tal que permita el tránsito peatonal por ellas. Estos canales se construirán de manera tal que tenga una inclinación en sentido longitudinal y una aberturas de drenaje de manera que posibilite un desagüe adecuado.

El borde superior y lateral de los canales estarán ligeramente por encima del nivel del terreno, para que en caso que se produzca una lluvia fuerte, el canal quede seco.

i) Sistema de Puesta a Tierra

Las instalaciones de la puesta a tierra se hará por el sistema de malla unidos con cables desnudos de cobre y estará alojado aproximadamente a 1 metro de profundidad. En ella irán conectados los bastidores, los equipos y los neutros del transformador de potencia.

Detalles de cálculo y diseño se desarrollan en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO II

CALCULO SUSTENTATORIO DE LA MALLA DE TIERRA PROFUNDA Y DE LA BARRA BUS

2.1 Consideraciones de Diseño

Se ha previsto que la malla a tierra profunda esté instalada en la misma área que ocupan los transformadores de Potencia y los Pórticos de salida dentro de la Subestación.

Para las consideraciones de diseño de las líneas de transmisión y de las Sub-estaciones se ha tomado como referencia el estudio geológico del suelo de la zona. Del informe de ese estudio extraemos el perfil estratigráfico del suelo que se muestra en el plano PL - 2.01, del Anexo C.

2.2 Mediciones de la Resistividad del Terreno

Para las mediciones se empleó el método de 4 electrodos; que consiste en inyectar al terreno una corriente mediante un par de ellos y medir la diferencia de potencial entre los otros dos.

La corriente inyectada es de baja frecuencia según el equipo (BBC METRAWATT) 108 Hz por razones de acoplamiento entre conductores. Entre los electrodos instalados a los extremos se inyecta una corriente I

y entre los electrodos instalados en la parte central se mide la diferencia de potencial.

Si la medición se efectúa en un terreno homogéneo entonces el valor medio de la resistividad, corresponderá al valor único de resistividad presente en el terreno y será el valor medido por el instrumento con la aplicación de la formula correspondiente.

Si el medio no es homogéneo el valor de la resistividad medida ρ tendrá un valor ficticio que no corresponde en general a ninguna de las resistividades presentes en el terreno, sino a una cierta combinación de ellas. A este valor ficticio de resistividad se le llama resistividad aparente ρ_a

La forma en que varia esta resistividad aparente al variar la separación entre electrodos, dará la pauta para interpretar y determinar la constitución del terreno investigado.

Obviamente en un terreno homogéneo la resistividad leída o calculada, corresponderá a la resistividad real del terreno y su valor será independiente de la separación de los electrodos.

La configuración empleada para la medición es la de WENNER donde los cuatro electrodos ubicados en línea recta, están separados a igual distancia entre ellos, y los valores V/I medidos directamente con el instrumento se designa como R (tiene la dimensión de una resistencia pero carece de sentido físico real).

TABLA N° 2.01

MEDICION DE LA RESITENCIAS DEL
SUELO DE S.E. POMALCA

a (m)	R 1 (Ohms)	R 2 (Ohms)
0,50	5,38	3,80
1,00	2,28	2,39
2,00	1,04	1,20
3,00	0,82	0,90
4,00	0,73	0,67
5,00	0,58	0,56
6,00	0,50	0,50

TABLA N° 2.02

RESUMEN DE RESULTADOS DE EVALUACION DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO
S.E. POMALCA

a (m)	R 1 (Ohms)	R 2 (Ohms)	R m (Ohms)	DESVIACION RELATIVA		ρ_a (Ohms x m)
				% R 1	% R 2	
0,50	5,38	3,80	4,59	17,21	17,21	14,42
1,00	2,28	2,39	2,34	2,36	2,36	14,67
2,00	1,04	1,20	1,12	7,14	7,14	14,07
3,00	0,82	0,90	0,86	4,65	4,65	16,21
4,00	0,73	0,67	0,70	4,29	4,29	17,59
5,00	0,58	0,56	0,57	1,75	1,75	17,91
6,00	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	18,85

Las mediciones se han realizado con separaciones entre electrodos en forma lineal y en forma transversal. Las separaciones consideradas entre electrodos han sido de 0,5 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 y 6 metros.

Para pequeñas distancias entre electrodos la corriente inyectada por los electrodos de corriente circulará en su mayor parte por la capa superior de resistividad ρ_1 y el valor medio de la resistividad aparente será muy cercano a ésta.

A medida que los electrodos se separan, circulará una parte cada vez mayor de la corriente por la capa de resistividad ρ_2 . El valor de la resistividad aparente será cada vez mayor o menor dependiendo de que si ρ_2 es mayor o menor que ρ_1 .

2.3 Metodología para determinar las Resistividades y alturas de las capas del Terrenos

Para la identificación de los valores de ρ_1 , ρ_2 se ha empleado el método gráfico de Pirson, cuyos pasos evaluatorios a continuación describimos:

- 1. Con los valores de las resistencias del terreno medidos que se muestran en la Tabla N°2.01 se procede al calculo de la resistividad ρ_a del terreno (Tabla N° 2.02) con la formula siguiente:*

$$\rho_a = 2\pi R a \quad , \text{ donde:}$$

ρ_a : Resistividad aparente del terreno (Ohm x m)

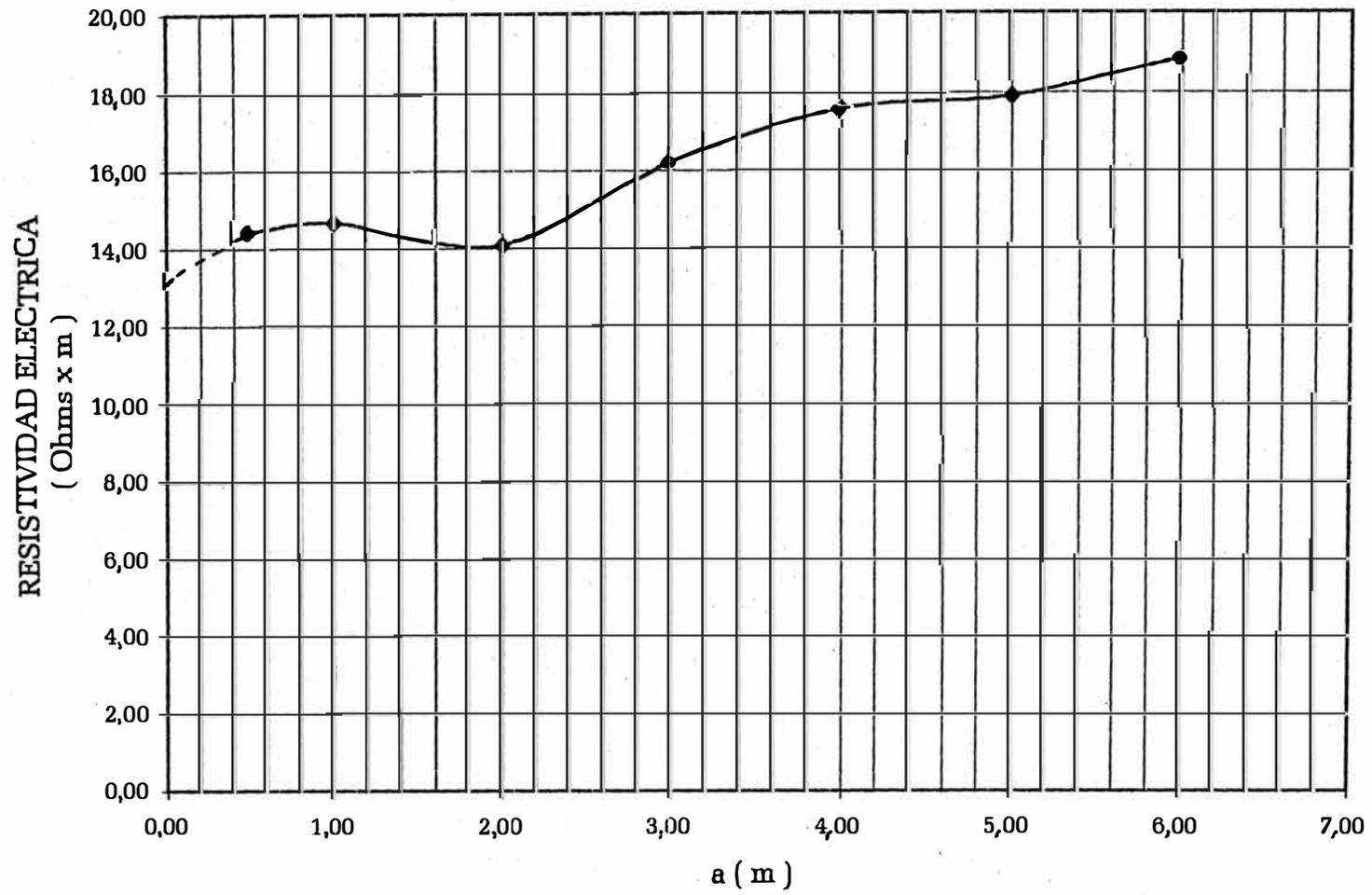
R · Resistencia de medición (Ohm)

a Separación entre electrodos

2. Con los resultados que se muestran en la Tabla N° 2.02, se grafica ρ_a vs. a (Ver Gráfico N° 2.01). Por la forma de la curva que se obtiene y se puede observar concluimos que el terreno presenta mas de una capa.
3. Prolongando la curva hasta interceptar al eje de las ordenadas determinaremos aproximadamente la resistividad ρ_1 de la primera capa. Para nuestro caso se obtiene $\rho_1 = 13 \text{ Ohm} \times m$
4. En la curva del Gráfico N° 2.01 con fines de análisis y cálculos se hará una discriminación entre los tramos que son ascendentes y descendentes.
5. Un valor de espaciamiento inicial a_1 es llevado a la curva con el que se obtiene un valor $\rho(a_1)$ leído en el eje de las ordenadas. En nuestro caso para $a_1=0,5$ asumido le corresponde $\rho(a_1) = 14,42$
6. Por la forma que tiene la curva del Gráfico N° 2.01 en este primer espaciamiento se tendrá un signo para K , de manera que:
 - Si la curva es descendente, K será negativo y por consiguiente los cálculos a efectuarse se harán con la expresión $\rho(a_1) / \rho_1$
 - Si la curva es ascendente, K será positivo y por consiguiente los cálculos a efectuarse se harán con la expresión $\rho_1 / \rho(a_1)$

GRAFICO N° 2.01

CURVA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO DE LA S.E. POMALCA



Para nuestro caso, el primer tramo de la curva es ascendente, por lo tanto K es positivo y el valor inicial a tomarse será :

$$\frac{\rho_1}{\rho(a_1)} = \frac{13}{14,42} = 0,90$$

7. Con el valor $\rho_1 / \rho(a_1)$ ó $\rho(a_1) / \rho_1$ obtenido se entra a las curvas teóricas correspondientes sea el A.02 o el A.03 del anexo A. En la figura correspondiente se traza una línea paralela al eje de la abscisa, la cual cortará a las distintas curvas de K . Se procede enseguida a leer valores de K y h/a .

En la Fig. 2.01 se muestran el gráfico y cuadro resumen de los resultados para K positivo y h/a .

8. Se multiplica los valores de h/a obtenidos en el paso anterior por el valor de a_1 asumido en el quinto paso. Con el quinto, séptimo y octavo paso se genera una tabla con los valores de K , h_1/a_1 y h , cuyos resultados se muestran a continuación.

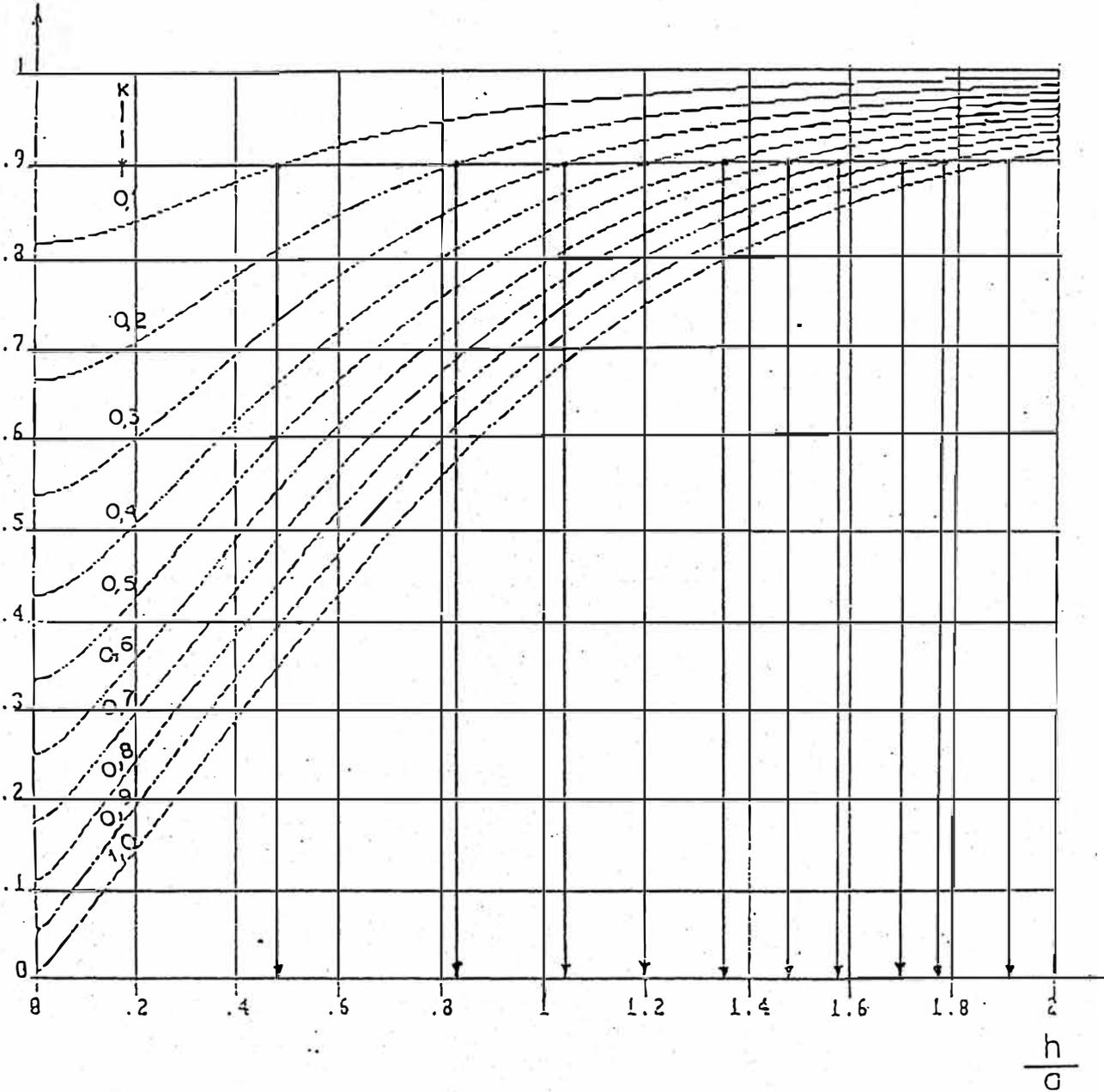
$a_1 = 0,5$										
K	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
h_1/a_1	0,48	0,83	1,05	1,20	1,35	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90
H_1	0,24	0,42	0,53	0,60	0,68	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95

9. Un segundo valor de espaciamiento $a_2 \neq a_1$ es asumido y se vuelve a repetir de igual manera los pasos anteriores, obteniéndose nuevamente valores de K y h/a , como se ve en la Fig. 2.02

Fig. N° 2.01

$\frac{\rho_1}{\rho(a_1)}$

Lectura de los Valores de k y h/a , para $a_1 = 0.5$

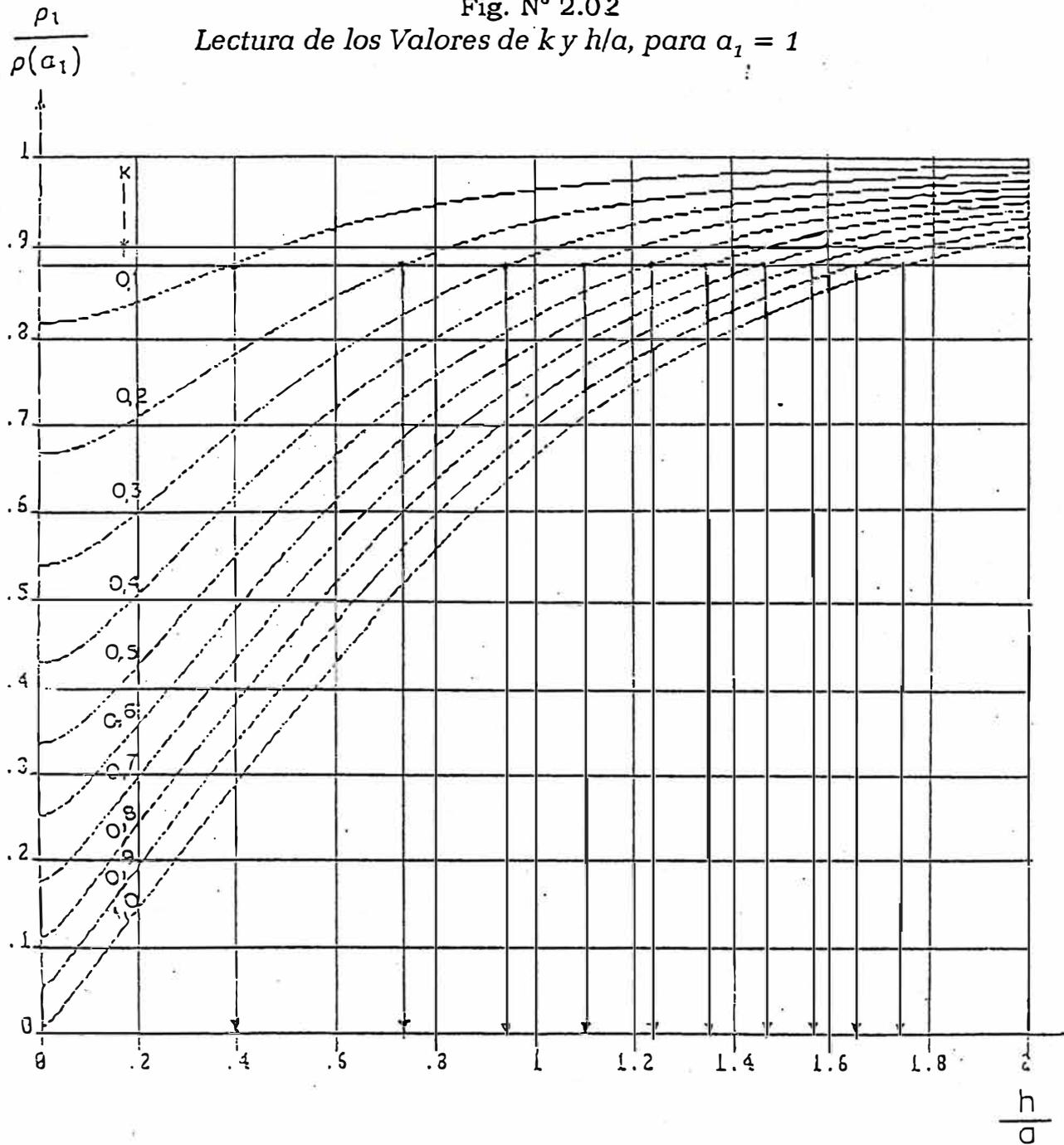


RESULTADO DE LAS LECTURAS

$a_1 = 0,5$										
k	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
h_1 / a_1	0,48	0,83	1,05	1,20	1,35	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90

Fig. N° 2.02

Lectura de los Valores de k y h/a , para $a_1 = 1$



RESULTADO DE LAS LECTURAS

$a_2 = 1$										
k	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
h_2 / a_2	0,42	0,72	0,94	1,10	1,25	1,38	1,50	1,56	1,68	1,78

10. Se multiplica los valores de h_2/a_2 obtenidos en el paso anterior por el valor de a_2 asumido en el paso anterior. Con el paso anterior se genera una tabla con valores de K , h_2/a_2 y h_2 , cuyos resultados se muestran a continuación.

$a_2 = 1,0$										
K	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
h_2/a_2	0,42	0,72	0,94	1,10	1,25	1,38	1,50	1,56	1,68	1,78
H_2	0,42	0,72	0,94	1,10	1,25	1,38	1,50	1,56	1,68	1,78

11. Se procederá a graficar K vs h_1 y h_2 , con los resultados de los pasos anteriores que se muestran en el cuadro siguiente y con ello obtenemos el Gráfico N°2.02

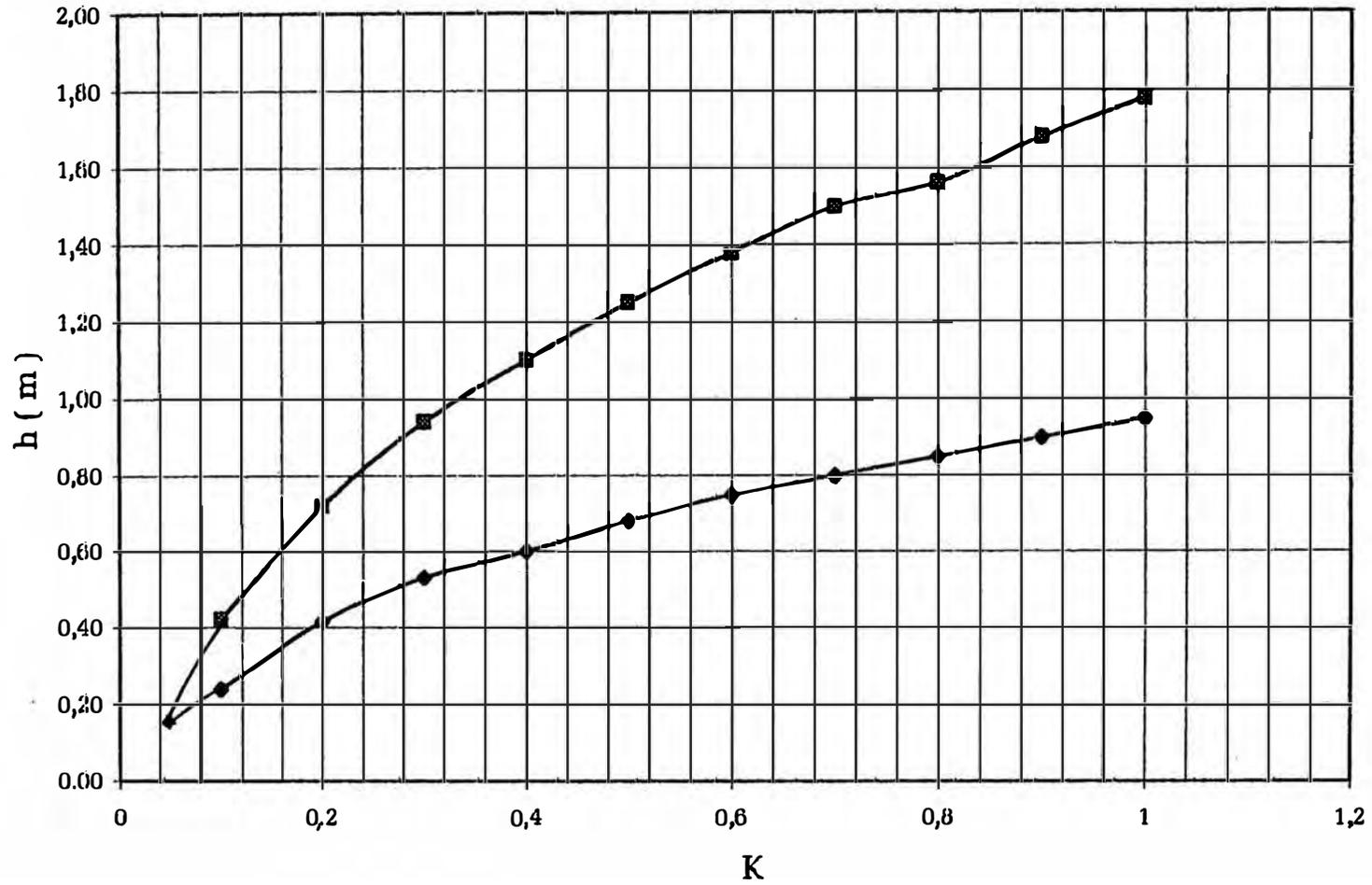
K	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
H_1	0,24	0,42	0,53	0,60	0,68	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
H_2	0,42	0,72	0,94	1,10	1,25	1,38	1,50	1,56	1,68	1,78

12. La intersección de estas curvas, nos dará la altura "h" y el valor de K , con la que quedará definido la estratificación.

Para nuestro caso se obtiene: $h_1 = 0,18m$ y $k = 0,042$. Con este valor de K se calculará la resistividad aparente de la segunda capa del suelo con la siguiente fórmula:

GRAFICO N° 2.02

CURVAS DE k vs h1 , h2 (PRIMERA CAPA)



$$\rho_2 = \rho_1 \left(\frac{k+1}{k-1} \right) = 13 \left(\frac{1+0,042}{1-0,042} \right) = 14,10 \text{ } \Omega \times m$$

13. Para el segundo tramo, ubicar un punto de transición (a_t) donde:

$$\frac{d\rho}{da} = 0 \text{ es máximo y así también } \frac{d^2\rho}{da^2} = 0.$$

Este punto de transición está localizado en donde la curva cambia su concavidad.

14. Considerando un segundo tramo en la curva del gráfico N° 2.01 deberá estimarse una resistividad equivalente para la tercera capa, así mismo se estimará una profundidad \bar{h}_2 para la segunda capa. Con estas consideraciones aplicaremos el método Lancaster-Jones, esto es:

$$\bar{h}_2 = d_1 + \bar{d}_2 = \frac{2}{3} a_t \quad \text{Donde :}$$

$d_1 = h_1 =$ *Altura de la primera capa*

$\bar{d}_2 =$ *Altura estimada de la segunda Capa*

$\bar{h}_2 =$ *Profundidad estimada de la segunda capa*

$a_t =$ *Espaciamiento correspondiente a un punto de transición del segundo tramo.*

Para nuestro caso tenemos:

$$\bar{h}_2 = d_1 + \bar{d}_2 = \frac{2}{3} a_t = 0,18 + \bar{d}_2 = \frac{2}{3} (0,5) = 0,34 \quad \Rightarrow \quad \bar{d}_2 = 0,16$$

15. Calculamos una resistividad media equivalente estimada para la tercera capa con la fórmula de Hummel, en la que $\bar{\rho}_2^{-1}$ es la media armónica ponderada de la primera y segunda capa.

$$\bar{\rho}_2^{-1} = \frac{d_1 + \bar{d}_2}{\frac{d_1}{\rho_1} + \frac{\bar{d}_2}{\rho_2}} = \frac{0,18 + 0,16}{\frac{0,18}{13} + \frac{0,16}{14,1}} = 13,50$$

16. Para el segundo tramo de la curva, se repite el proceso como si fuera de dos capas, procesos realizados del paso 5 al paso 11.

En nuestro caso la curva en el segundo tramo es también ascendente por lo que K es positivo. Para este tramo con $\rho_2 = 13,5$ reiniciamos los cálculos con los valores iniciales siguientes:

$$a_2 = 3m \quad \square \quad \rho(a_2) = 16,21 \text{ Ohm} \times m \text{ (Tabla N° 2.02)}$$

$$a_2 = 6m \quad \square \quad \rho(a_2) = 18,85 \text{ Ohm} \times m \text{ (Tabla N° 2.02)}$$

Siguiendo la misma secuencia de cálculos, los resultados obtenidos se muestran en los siguientes cuadros:

$a_3 = 3,0$										
K	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
h_3/a_3	0,16	0,55	0,73	0,90	1,15	1,16	1,25	1,31	1,41	1,48
h_3	0,48	1,65	2,19	2,70	3,45	3,48	3,75	3,93	4,23	4,44

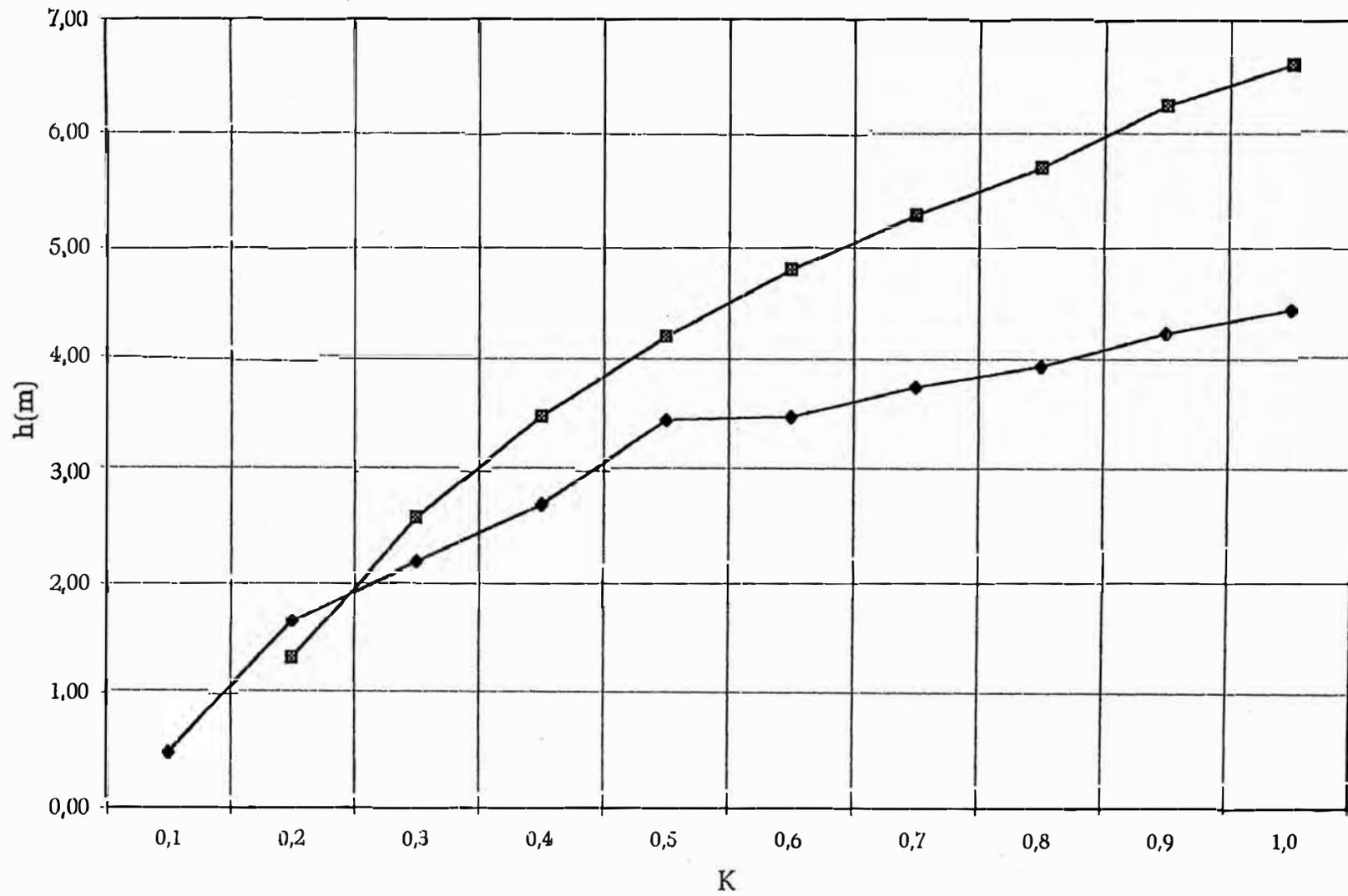
$\alpha_4 = 6,0$										
K	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
h_4/α_4		0,22	0,43	0,58	0,70	0,80	0,88	0,95	1,04	1,10
h_4		1,32	2,58	3,48	4,20	4,80	5,28	5,70	6,24	6,60

K	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
h_3	0,48	1,65	2,19	2,70	3,45	3,48	3,75	3,93	4,23	4,44
h_4		1,32	2,58	3,48	4,20	4,80	5,28	5,70	6,24	6,60

Finalmente la intersección de las curvas se dan en $K = 0,24$ y $h = 1,80$ (Gráfico N° 2.03), por lo que se concluye que la altura de la segunda capa será de 1,80 m y la resistividad ρ_3 de la tercera capa será de 22 Ohms x m.

Según el Estudio Geotécnico realizado en todo el recorrido de la línea en la parte que corresponde a la Subestación de Pomalca, se puede observar en el Plano PL-2.01, del anexo C, Perfil Estratigráfico que presenta dos capas diferentes de terreno, siendo la parte superior de una composición a base de arcillas inorgánicas de baja plasticidad. La segunda capa esta compuesto por un terreno de arenas mal graduadas pocos o sin finos con un nivel freático de 1,40 metros de profundidad.

GRAFICO N°2.03
CURVAS DE k vs h3, h6 (SEGUNDA CAPA)



2.4 Cálculo de la Resistencia Aparente del suelo

El cálculo de la resistencia aparente del suelo está dada por la siguiente relación: $\rho_a = N \rho_{eq}$

2.4.1 Cálculo de la Resistividad Aparente Equivalente del suelo

Un suelo conformado por diferentes capas puede ser reducido a un suelo equivalente de dos capas, como se muestra en la Fig. N° 2.03.

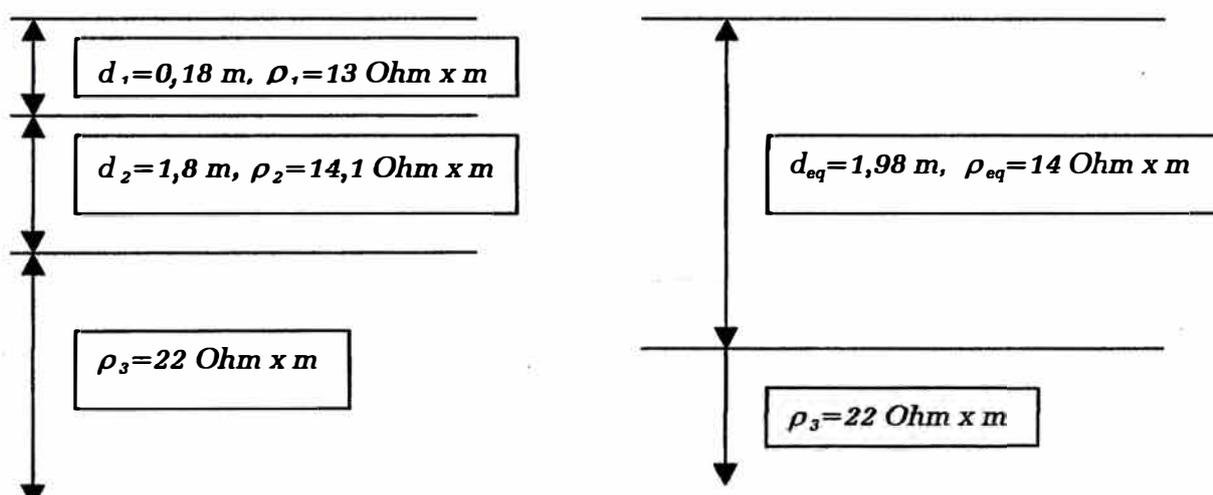


Fig. N° 2.03. Distribución de Capas del Suelo donde se ubicará la S.E.

Considerando paralelismo de las capas del suelo, la resistividad equivalente se calculará con la fórmula de Hummel:

$$\rho_{eq} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{\frac{d_1}{\rho_1} + \frac{d_2}{\rho_2} + \frac{d_3}{\rho_3} + \dots + \frac{d_n}{\rho_n}} = \frac{0,18 + 1,80}{\frac{0,18}{13} + \frac{1,80}{14,1}} = 14 \text{ Ohm x m}$$

2.4.2 Cálculo del Coeficiente de Penetración

El coeficiente de penetración (α) indica el grado de penetración de la corriente para el aterramiento en el suelo equivalente y esta dada por la relación:

$$\alpha = \frac{r}{d_{eq}} \quad \text{Donde:}$$

r = radio equivalente del sistema de aterramiento considerado

$$d_{eq} = 0,18 + 1,80 = 1,98 \text{ m}$$

$$r = \frac{A}{D} \quad \text{Donde:}$$

A = Área destinada para el aterramiento de la malla

D = Distancia mayor del aterramiento, para el caso de la malla viene a ser la diagonal.

$$\alpha = \frac{r}{d_{eq}} = \frac{\frac{A}{D}}{d_{eq}} = \frac{L \times a}{\sqrt{L^2 + a^2}} = \frac{52 \times 52}{\sqrt{52^2 + 52^2}} = 18,57$$

2.4.3 Cálculo del Coeficiente de Divergencia

Esta definida por la relación entre la resistividad aparente del terreno de la última capa y la resistividad aparente equivalente de las capas anteriores.

Es decir:

$$\beta = \frac{\rho_{n+1}}{\rho_{eq}} = \frac{22}{14} = 1,57$$

Con el coeficiente de penetración $\alpha=18,57$ y el coeficiente de divergencia $\beta = 1,57$ vamos a la gráfica A.01, del Anexo A y obtenemos

$N = 1,1$, por lo que finalmente tendremos que:

$$\rho_a = N \rho_{eq} = 1,1 (14) = 15,40 \text{ Ohm x m}$$

TABLA N° 2.03**Valores de los parámetros de la Tensión de Toque máximo**

n	K	K ⁿ	C=2nhs / 0.08	E = R(1+D ²)	C/E	Cs
1	-0,9898	-0,9898	2,50	2,6926	-0,3676	0,4806
2	-0,9721	0,9449	5,00	5,0990	0,1853	
3	-0,9721	-0,9185	7,50	7,5664	-0,1214	
4	-0,9721	0,8928	10,00	10,0499	0,0888	
5	-0,9721	-0,8679	12,50	12,5399	-0,0692	
6	-0,9721	0,8437	15,00	15,0333	0,0561	
7	-0,9721	-0,8201	17,50	17,5285	-0,0468	
8	-0,9721	0,7972	20,00	20,0250	0,0398	
9	-0,9721	-0,7749	22,50	22,5222	-0,0344	
					-0,2693	

2.5 Cálculo de la Tensión de Toque Máximo

La tensión de toque máximo viene determinado por la relación:

$$V_{toque} = \frac{[1000 + 1,5C_s(h_s, K) \rho_s] 0,116}{\sqrt{t}} \quad (2.1)$$

$$C_s(h_s, K) = \frac{1}{0,96} \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{1 + \left(\frac{2nh_s}{0,08}\right)^2}} \right] \quad (2.2)$$

$h_s =$ Espesor de la piedra chancada = 0,10 m

$$K = \frac{(\rho_a - \rho_s)}{(\rho_a + \rho_s)} = \frac{(15,40 - 3\,000)}{15,40 + 3\,000} = -0,9898$$

$t =$ tiempo de duración de la falla = 0,5 s

$\rho_a =$ Resistividad aparente equivalente del terreno = 15,40 Ohm x m

$\rho_s =$ Resistividad aparente de la piedra chancada = 3 000 Ohm x m

Los cálculos para la determinación de $C_s(h_s, K)$ se muestran en la Tabla N° 2.03

Por lo que finalmente tendremos:

$$V_{toque} = (1\,000 + 1,5 \times 0,4806 \times 3\,000) \frac{0,116}{\sqrt{0,5}} = 518,84 \text{ V}$$

2.6 Cálculo de la Tensión de Paso Máximo

La tensión de paso máximo viene dada por la siguiente relación:

$$V_{paso} = \frac{[1000 + 6C_s(h_s, K) \rho_s] 0,116}{\sqrt{t}} \quad (2.3)$$

$$V_{paso} = (1\,000 + 6 \times 0,4806 \times 3\,000) \frac{0,116}{\sqrt{0,5}} = 1\,583,20 \text{ V}$$

2.7 Cálculo de la Resistencia de la Malla

La malla pre-definida de la S.E. Pomalca se muestra en el Plano PL-2.02, del Anexo C. Para el cálculo de la resistencia de la malla nos valdremos de la ecuación de Sverak, que a continuación se muestra:

$$R_{malla} = \rho_a \left[\frac{1}{L_{total}} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad (2.4)$$

Donde:

$A = a \times b$ (Área ocupada por la malla)

$h =$ Profundidad de la malla (mts); donde $0,25 \text{ m} \leq h \leq 2,5 \text{ m}$

$L_{total} =$ Longitud total de cables y electrodos de la malla

$$L_{total} = L_{cable} + L_{electrodos} \quad (2.5)$$

$\rho_a =$ Resistividad aparente equivalente del terreno

Para nuestro caso tenemos que:

$$A = L \times a = 52 \times 52 = 2704 \text{ m}^2$$

$$h = 0,80 \text{ m}$$

$$L_{total} = 14 \times 52 + 6 \times 2,40 = 742,40 \text{ m}$$

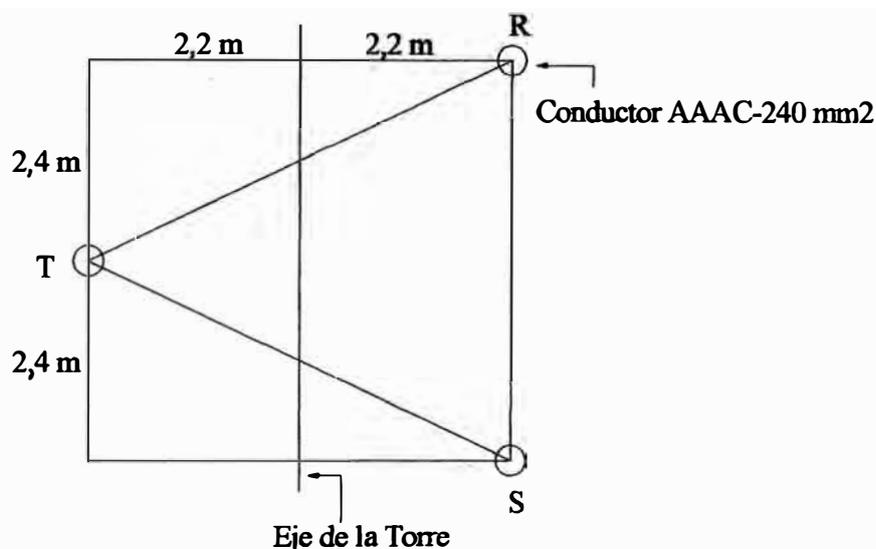
$$\rho_a = 15,40 \text{ Ohm} \times \text{m}$$

Finalmente tenemos:

$$R_{malla} = 15,40 \left[\frac{1}{742,40} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 2704}} \left(1 + \frac{1}{1 + 0,80 \sqrt{\frac{20}{2704}}} \right) \right] = 0,1489 \text{ Ohm}$$

2.8 Cálculo de las Impedancias de las Líneas

La línea de transmisión en 60 kV de S.E. Chiclayo Norte a Pomalca, Tumán y Cayaltí tiene la siguiente configuración:



$$d_{RS} = \sqrt{4,4^2 + 2,4^2} = 5,012 \text{ m}$$

$$d_{ST} = \sqrt{4,4^2 + 2,4^2} = 5,012 \text{ m}$$

$$DMG = \sqrt[3]{d_{RS} \times d_{ST} \times d_{TR}} = \sqrt[3]{5,012 \times 5,012 \times 4,80} = 4,9403 \text{ m}$$

$$r = 19,90 / 2 = 9,95 \text{ mm}$$

$$X_{cond} = 2\pi f \left[0,5 + 2 \operatorname{Ln} \left(\frac{DMG}{r} \right) \right] \times 10^{-4} \Omega / \text{km} \quad (2.6)$$

$$X_{cond} = 2\pi(60) \left[0,5 + 2 \operatorname{Ln} \left(\frac{4,9403}{9,95} \right) \right] \times 10^{-4} = 0,4869 \Omega / \text{km}$$

$R_{cond} = 0,1421 \text{ Ohm/Km}$ (Resistencia del Conductor a 25 °C)

$L_{ChN-Pom} = 7,30 \text{ Km}$ (Longitud línea S.E. ChN a S.E. Pomalca)

$L_{Pom-Tum} = 8,50 \text{ Km}$ (Longitud línea de S.E. Pomalca a S.E. Tumán)

$L_{Tum-Cay} = 2,70 \text{ Km}$ (Longitud línea de S.E. Tumán a S.E. Cayaltí)

$X_{ChN-Pom} = 0,4869 \text{ Ohm/Km} \times 7,30 \text{ Km} = 3,5544 \text{ Ohm}$

$R_{ChN-Pom} = 0,1421 \text{ Ohm/Km} \times 7,30 \text{ Km} = 1,0373 \text{ Ohm}$

$Z_{ChN-Pom} = 3,7027 \text{ Ohm}$

$X_{Pom-Tum} = 0,4869 \text{ Ohm/Km} \times 8,50 \text{ Km} = 4,1387 \text{ Ohm}$

$R_{Pom-Tum} = 0,1421 \text{ Ohm/Km} \times 8,50 \text{ Km} = 1,2079 \text{ Ohm}$

$Z_{Pom-Tum} = 4.3114 \text{ Ohm}$

$X_{Tum-Cay} = 0,4869 \text{ Ohm/Km} \times 21,70 \text{ Km} = 10,5657 \text{ Ohm}$

$R_{Tum-Cay} = 0,1421 \text{ Ohm/Km} \times 21,70 \text{ Km} = 3,0836 \text{ Ohm}$

$Z_{Tum-Cay} = 11,0065 \text{ Ohm}$

2.9 Cálculo de la Corriente de Falla

El cálculo de la corriente de falla en la S.E. Pomalca será determinada secuencialmente como un Subsistema dentro de lo que es el Sistema Integral de interconexión de todas las Cooperativas Agrarias al Sistema Centro Norte.

Para la realización de los cálculos la Empresa Concesionaria local ELECTRONORTE nos hizo llegar la información solicitada de que la Potencia de Corto Circuito en la barra Chiclayo Norte es de 420 MVA.

La metodología empleada para el cálculo de la corriente de corto circuito se ha tomado de lo publicado por la IEEE TRANSACTION ON INDUSTRY APPLICATIONS, MARCH/ABRIL 1 974, que básicamente es

una modificación del método Ohmico en el cual la impedancia de un circuito es la suma de la impedancia de sus varios componentes.

Por definición la admitancia es el recíproco de la impedancia por consiguiente el recíproco de un sistemas de admitancias es la suma del recíproco de las componentes de las admitancias . También por definición la admitancia de un circuito o de una componente es la máxima corriente o KVA por unidad de voltaje el cual fluiría a través del circuito o componente para un corto circuito o falla cuando la alimentación tiene una capacidad infinita.

La configuración para calcular la corriente de falla en las barras de 60, 22,9 y 10 kV es obtenida en basa al diagrama unifilar de nuestro Sistema y que se muestra en el plano PL-1.01 del Anexo C.

DIAGRAMA UNIFILAR DE POTENCIAS PARA EL CALCULO DE LA CORRIENTE DE FALLA

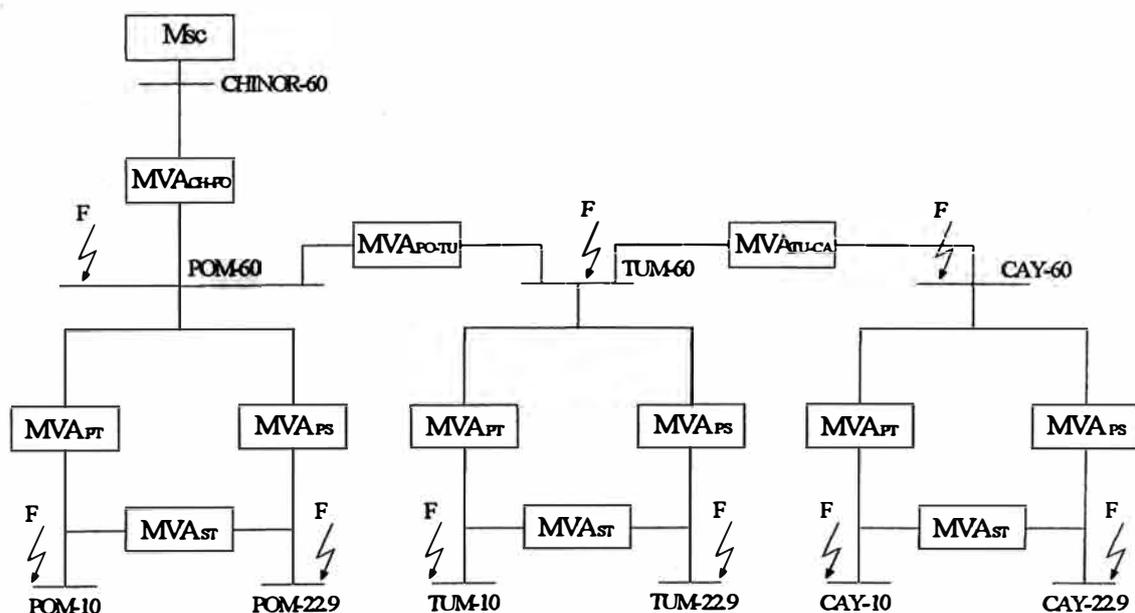


Fig. N° 2.04 Diagrama Unifilar del Sistema para el Calculo de Cortocircuito

Donde:

Msc=Potencia de Corto Circuito en barra 60 KV de S.E. Chiclayo Norte

$$Msc = 420 \text{ MVA}$$

MVA_{sc(CHI-POM)} = Potencia de Corto Circuito Línea 60 KV ChN–Pom

$$MVA_{SC(CHI-POM)} = \frac{V^2}{Z_{Línea}} = \frac{60^2}{3,7027} = 972,30 \text{ MVA}$$

MVA_{sc(Pom-Tum)} = Potencia Corto Circuito Línea 60 KV de Pom–Tum

$$MVA_{SC(POM-TUM)} = \frac{V^2}{Z_{Línea}} = \frac{60^2}{4,3114} = 835 \text{ MVA}$$

MVA_{sc(Tum-Cay)} = Potencia de Corto Circuito Línea 60 KV Tum–Cay

$$MVA_{SC(TUM-CAY)} = \frac{V^2}{Z_{Línea}} = \frac{60^2}{11,0065} = 327 \text{ MVA}$$

Para los Transformadores de tres devanados de las Subestaciones con datos de placa 60 / 22,9 / 10 KV ; 7 / 7 / 2 MVA ; Ynynd5 se tiene:

$$S_{N(AT-MT)} : 7 / 9 \text{ MVA}$$

$$S_{N(BT)} : 2 / 2,5 \text{ MVA}$$

La tensión de corto circuito es igual a la impedancia de corto circuito en valores por unidad de su propia base del transformador, por lo que se tiene:

$$V_{cc(AT-MT)} (7 \text{ MVA}) = 8,35 \% \quad \square \quad Z_{ps} = 0,0835 \text{ p.u.}$$

$$V_{cc(AT-BT)} (2 \text{ MVA}) = 4,72 \% \quad \square \quad Z_{pt} = 0,0472 \text{ p.u.}$$

$$V_{cc} (MT-BT) (2 \text{ MVA}) = 1,91 \% \quad \square \quad Z_{st} = 0,0191 \text{ p.u.}$$

La impedancia Z_p del primario será:

$$Z_p = 0,5 (Z_{ps} + Z_{pt} - Z_{st}) = 0,5(0,0835 + 0,0472 - 0,0191) = 0,0558 \text{ p.u.}$$

La impedancia Z_s del secundario será:

$$Z_s = 0,5 (Z_{ps} + Z_{st} - Z_{pt}) = 0,5(0,0835 + 0,0191 - 0,0472) = 0,0277 \text{ p.u.}$$

La impedancia Z_t del terciario será:

$$Z_t = 0,5 (Z_{pt} + Z_{st} - Z_{ps}) = 0,5(0,0472 + 0,0191 - 0,0835) = - 0,0086 \text{ p.u.}$$

La Potencia de corto circuito en el transformador de tres devanados es determinada como sigue:

$$MVA_{sc(PS)} = \frac{MVA_{PS}}{X_{PS}} = \frac{7}{0,0835} = 83,83 \text{ MVA}$$

$$MVA_{sc(PT)} = \frac{MVA_{PT}}{X_{PT}} = \frac{2}{0,0472} = 42,37 \text{ MVA}$$

$$MVA_{sc(ST)} = \frac{MVA_{ST}}{X_{ST}} = \frac{2}{0,0191} = 104,71 \text{ MVA}$$

RESUMEN DE POTENCIAS DE CORTO CIRCUITO EN LINEAS

LINEAS EN 60 KV	L CHIN-POM	L POM-TUM	L TUM-CAY
MVA sc	972,30 MVA	835 MVA	327 MVA

TABLA N° 2.04

RESUMEN DE POTENCIAS DE CORTO CIRCUITO DE LOS
TRANSFORMADORES

<i>SUBESTACION</i>	<i>POMALCA</i>	<i>TUMAN</i>	<i>CAYALTI</i>
MVA SC (PS)	83,83 MVA	83,83 MVA	83,83 MVA
MVA SC (PT)	42,37 MVA	42,37 MVA	42,37 MVA
MVA SC (ST)	104,71 MVA	104,71 MVA	104,71 MVA

2.9.1 *Cálculo de Corriente de Falla en barra 60 kV*

Configurando y reduciendo el diagrama de bloques de nuestro sistema para falla en barra de 60 kV se muestra en la Fig. N° 2.05.

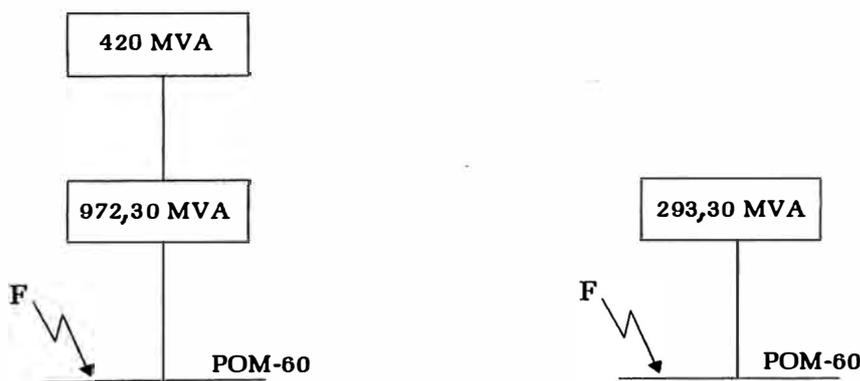


Fig. N° 2.05 Diagrama de Bloques Simplificado en Barra 60 kV

$$MVA_{SC(POM-60)} = \frac{420 \times 972,30}{420 + 972,30} = 293,30 MVA$$

La corriente de corto circuito en barra 60 kV de la S.E. Pomalca será:

$$MVA_{SC(POM-22.9)} = \frac{293,30 \times 83,83}{293,30 + 83,83} = 65,20 MVA = 2,82 KA$$

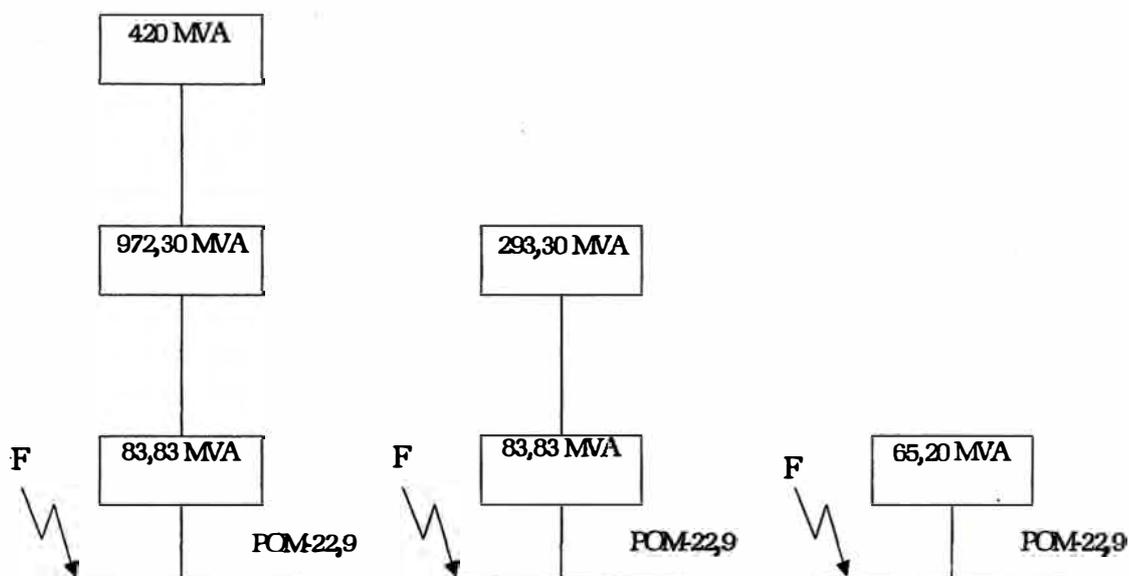


Fig. N° 2.06 Diagrama de Bloques Simplificado en Barra 22,90 kV

Para falla en barra 22,9 kV de la S.E. Pomalca ver Fig. N° 2.06

$$MVA_{SC(POM-22.9)} = \frac{293,30 \times 83,83}{293,30 + 83,83} = 65,20 MVA$$

La corriente de corto circuito en barra 22,90kV de S.E. Pomalca será:

$$I_{SC(POM-22.9)} = \frac{MVA_{SC(POM-22.9)}}{\sqrt{3} V} = \frac{65,20 MVA}{\sqrt{3} \times 22,90 KV} = 1,64 KA$$

De la misma manera la Potencia de corto circuito en la barra 10 kV de la S.E. Pomalca será:

$$MVA_{SC(POM-10)} = \frac{293,30 \times 42,37}{293,30 + 42,37} = 37,02 MVA$$

La corriente de corto circuito en la barra 10 kV de la S.E. Pomalca será:

$$I_{SC(POM-10)} = \frac{MVA_{SC(POM-10)}}{\sqrt{3} V} = \frac{37,02 MVA}{\sqrt{3} \times 10 KV} = 2,14 KA$$

A continuación se muestra en la Tabla N° 2.05 el resumen de los

resultados de las corrientes y potencias de cortocircuito en las tres barras.

TABLA N° 2.05 Resumen de potencias y corrientes de corto circuito en S.E. Pomalca

BARRA	POM-60	POM-22,9	POM-10
M SC (MVA)	293,30	65,20	37,02
I SC (KA)	2,82	1,64	2,14

2.10 Dimensionamiento del Conductor de Malla a Tierra

Para el dimensionamiento de la malla a tierra se toma en consideración los esfuerzos mecánicos y térmicos que ha de soportar. Se debe verificar también los esfuerzos de compresión a la que será sometido durante el movimiento de los vehículos durante el transporte de equipos para el montaje de la Subestación. Se utiliza como mínimo conductor de 35 mm².

La corriente de Corto Circuito para fines de diseño de la Malla a Tierra es de 2,82 KA que se presenta en la barra de 60 kV. El cálculo de la sección del conductor lo determinamos con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{44,144 \times 10^{-4} I_{sc}}{\sqrt{\frac{1}{t} \ln \left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right)}} \quad (2.7)$$

Donde:

- S : Sección del conductor de la malla a tierra en mm^2
- I_{sc} : Corriente de falla en Amperios, en el conductor (2 820 A)
- t : Es el tiempo transcurrido desde que se produce la falla hasta que se produzca el disparo del interruptor principal (0,5 s)
- T_a : Temperatura ambiente en $^{\circ}C$ (35 $^{\circ}C$)
- T_{max} : Temperatura máxima permisible en $^{\circ}C$ (250 $^{\circ}C$)

Reemplazando valores en la ecuación 2.7 tendremos:

$$S = \frac{44,144 \times 10^{-4} \times 2820}{\sqrt{\frac{1}{0,5} \ln \left(\frac{250 - 35}{234 + 35} + 1 \right)}} = 11,50 \text{ mm}^2$$

La sección mínima del conductor a seleccionar para la malla a tierra de la S.E. de Pomalca es de 16 mm^2 .

2.11 Cálculo de la Tensión de Toque Máximo de la malla

La tensión de toque de la malla viene dada por la relación:

$$V_{\text{toque máx. Malla}} = I_{\text{malla}} \times R_{\text{malla}} \quad (2.8)$$

Donde:

$$I_{\text{malla}} = I_{sc} \times 0,6 = 2\ 800 \times 0,6 = 1\ 680 \text{ A}$$

$$R_{\text{malla}} = 0,1489 \text{ Ohm}$$

$$V_{\text{toque max. Malla}} = 1\ 680 \times 0,1489 = 250,15 \text{ V} = 0,25 \text{ kV}$$

Para consideraciones de diseño se debe cumplir:

$$\boxed{V_{\text{toque max. Malla}} \leq V_{\text{toque max.}} \Rightarrow 250,15 \text{ V} \leq 518,84 \text{ V} \text{ i OK!}}$$

2.12 Cálculo de la Tensión de Paso Máximo de la Malla

La Tensión de Paso máximo de la malla se produce en la superficie de la malla cuando se produce una falla de fase a tierra. Este potencial ocurre en la periferia de la malla y es calculada por la siguiente expresión:

$$V_{\text{paso}} = \frac{\rho_a K_p K_i I_{\text{malla}}}{L_{\text{total}}} \quad (2.9)$$

Donde:

K_p : Coeficiente que relaciona todos los parámetros de la malla que inducen tensiones en la superficie de la tierra. Viene dada por:

$$K_p = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{e+h} + \frac{(1-0,5^{N-2})}{e} \right]$$

K_i : Coeficiente de irregularidad, que condensa los efectos de la no uniformidad de distribución de la corriente por la malla

$$K_i = 0,656 + 0,172N$$

h : Profundidad de la malla (0,80 m)

e : Separación entre conductores a lo largo de toda la malla (9 m)

N : Número de conductores a lo largo de la malla (7)

L_{total} : Longitud total de conductor y electrodos de la malla (742,40 m)

ρ_a : Resistividad equivalente del terreno (15,40 Ohm x m)

Reemplazando valores tendremos:

$$N = \sqrt{N_a N_b} = \sqrt{7 \times 7} = 7$$

$$K_p = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \times 0,80} + \frac{1}{9 + 0,80} + \frac{1}{9} (1 - 0,5^{7-2}) \right] = 0,2657$$

$$K_i = 0,656 + 0,172 \times 7 = 1,86$$

$$I_{\text{malla}} = I_{sc} \times 0,6 = 2\,800 \times 0,6 = 1\,680 \text{ A}$$

Finalmente tenemos:

$$V_{\text{paso-malla}} = \frac{\rho_a K_p K_i I_{\text{malla}}}{L_{\text{total}}} = \frac{15,40 \times 0,2657 \times 1,86 \times 1\,680}{742,40} = 17,22 \text{ V}$$

Para consideraciones de diseño se debe cumplir:

$$\boxed{V_{\text{paso max. Malla}} \leq V_{\text{paso max.}} \Rightarrow 17,22 \text{ V} \leq 1\,585,20 \text{ V} \text{ ¡ OK !}}$$

2.13 Cálculo y Dimensionamiento de la Barra Bus de la S.E.

Consideraciones Previas:

Por el tipo de la instalación asumida en el diseño de la Subestación se optó que la barra bus será del tipo cableado y de material de Aluminio.

Como inicialmente la Subestación operará solamente en esta primera etapa para los niveles de tensión de 60 y 22,9 kV, el cálculo para la elección de la barra bus por capacidad de corriente se hará para el nivel de tensión proyectada en 10 kV.

Así mismo también como solamente se tienen la disposición de equipos para las tensiones en 60 y 22,9 kV, se realizarán los cálculos

justificativos de la corriente de cortocircuito, de la corriente de choque y del esfuerzo electrodinámico para el nivel de tensión en 60 kV.

2.13.1 Cálculo de la Barra por capacidad de corriente

a) Para Barra en 10 kV tenemos:

- *Potencia Nominal aparente : 7 MVA*
- *Tensión Nominal : 10 kV*
- *Potencia de Corto Circuito : 37,02*
- *Factor de seguridad : 1,5*

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{7\,000\text{KVA}}{\sqrt{3} \times 10\text{KV}} = 404,15\text{ Amp}$$

$$I_d = 1,5I_n = 1,5(404,15) = 606,22\text{ A}$$

Para esta corriente en tablas obtenemos que el calibre del cable de Aluminio es de 240 mm².

2.13.2 Cálculo de la Corriente de Cortocircuito en barra de 60 kV

$$I_n = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{293,30\text{MVA}}{\sqrt{3} \times 60\text{KV}} = 2,82\text{ kA}$$

2.13.3 Cálculo de la Corriente de Choque

$$I_{ch} = 1,8 \times \sqrt{2} \times I_{cc} = 1,8 \times \sqrt{2} \times 2,82 = 7,18\text{ kA}$$

2.13.4 Cálculo por Esfuerzo Electrodinámico en la Barra

Datos adicionales para los cálculos:

- *F Esfuerzo entre barras : kg*
- *d Distancia entre barras : 200 cm*

- L Longitud de la barra : 600 cm
- s Sección del conductor : 240 mm²
- I_{ch} Corriente de choque : 7,18 kA
- σ_t Esfuerzo máximo de flexión admisible para el Aluminio :
600 kg/cm²
- d_1 Diámetro del cable de Al de 240 mm² : 2,02 cm
- W Momento de flexión Máximo de la barra : $0,098 d^3 = 0,8 \text{ cm}^3$

$$F = \frac{2,04 \times I_{ch}^2 \times L}{d \times 100} = \frac{2,04 \times 7,18^2 \times 600}{200 \times 100} = 3,155 \text{ kg}$$

El Momento de flexión máximo (M) de la barra, que se encuentra soportada por cadena de aisladores será considerado como empotrado en ambos lados por lo que:

$$M = \frac{F \times L}{12} = \frac{3,155 \times 600}{12} = 157,75 \text{ kgf} - \text{cm}$$

El esfuerzo de flexión de trabajo será:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{157,75}{0,8} = 197 \text{ kg/cm}^2$$

Como el máximo esfuerzo de flexión admisible calculado es menor, es decir : σ (197 kg/cm²) < σ_t (600 kg/cm²) la barra de Aluminio de sección de 240 mm² en posición horizontal es solución.

2.13.5 Cálculo por Resonancia

Datos:

- f_r Frecuencia natural de oscilación de la barra : Hz

- *E* Módulo de Elasticidad : 720 000 kg/cm²
- *J* Momento de Inercia : 0,049d⁴ = 0,816cm⁴
- *g* Peso de la barra de Aluminio : 0,00669 kg/cm
- *L* Longitud de la barra : 600 cm

$$f_r = \frac{112}{L^2} \sqrt{\frac{E \times J}{g}} = \frac{112}{600^2} \sqrt{\frac{720\,000 \times 0,816}{0,00669}} = 2,915 \text{ Hz}$$

Se cumple que $f_r = 2,915 \text{ Hz}$ se encuentra fuera del límite de $\pm 10 \%$ de la frecuencia de la red 60 Hz. y del doble de la frecuencia.

2.13.6 Cálculo por Elevación de Temperatura

Datos adicionales:

- *T* Factor de tiempo para corto circuito bipolar : 0,6 s
- *t* Tiempo de apertura del dispositivo de protección : 0,02 s
- *k* Constante del material (Aluminio) : 0,0135
- θ Calentamiento de la barra : °C
- θ_t Sobretemperatura admisible en caso de cortocircuito para el Aluminio : 180 °C

$$\Delta t = \left[\frac{I_{ch}}{I_{cc}} \right]^2 \times T = \left[\frac{7,18}{2,82} \right]^2 \times 0,6 = 3,89 \text{ s}$$

$$\theta = \frac{k \times I_{cc}^2 (t + \Delta t)}{s^2} = \frac{0,0135 \times 2\,820^2 (0,02 + 3,89)}{240^2} = 7,28 \text{ °C}$$

Se cumple la condición $\theta (7,28 \text{ °C}) < \theta_t (180 \text{ °C})$ ¡OK!

CAPÍTULO III
DISEÑO DE OBRAS CIVILES DE LAS BASES DE EQUIPOS Y PÓRTICOS
EN LA SUBESTACIÓN POMALCA

3.1 Alcances

El proyecto comprende la ejecución de la S.E. Pomalca en 60/22,9/10 KV, de 7 – 9/7 – 9/2 – 25 MVA de las bases de cimentación de los equipos y pórticos.

3.2 Obras Civiles

La obra civil de la S.E. Pomalca requirió que las superficies de la plataforma sean niveladas y compactadas para facilitar el trazado y estacado conforme indican los planos correspondientes. Así mismo se fijó un B.M. para el control de los niveles durante el proceso de la construcción y como punto de comprobación para las inspecciones que se realizarán.

De acuerdo al estudio geológico y geotécnico, se determinó que se requiere la eliminación de la capa vegetal por ser terreno de cultivo de caña, en un espesor de aproximadamente de 0,40 m a 0,50 m.

Se encontró dos tipos claramente definidos de suelos, cuyas características e muestran en la tabla N° 3,01

TABLA N°3.01 Características del Suelo

Característica	Tipo A	Tipo B
Composición	Arcilla	Arena
Densidad (kg/cm³)	1,43	1,51
Cohesión (kg/cm²)	0,40	0,0
Presión Admisible (kg/cm²)	0,74	1,50
Angulo de fricción	7 °	31 °
Nivel freático	2,10	1,20

Las obras civiles realizados son las siguientes:

- *Pistas de Acceso*
- *Cerco Perimétrico*
- *Sala de Control*
- *Patio de Llaves 60 KV*
- *Patio de Llaves 22,90 KV*
- *Patio de Llaves 10 KV*

3.2.1 Pista de Acceso

El acceso interno a través de una pista ancha tiene una superficie de rodadura de un afirmado debidamente compactado. El acceso está en todo el contorno de los patios de llave de 60 KV, 22,9 KV y de 10 KV, facilitando el acceso a la Sala de Control. Dicha pista tiene sardineles a cada lado.

El sardinel sobresale 0,20m del nivel de plataforma, con una altura de 0.55m y ancho de 0,15m. Se colocó juntas de dilatación cada 4m.

3.2.2 Cerco Perimétrico

El cerco perimetral divide a la subestación con el ambiente exterior y está constituido por cimientos de concreto ciclópeo, columnas de concreto armado y paredes de ladrillo tipo king kong Caravista, con una altura total de 3,00 m; colocadas a cada cierta distancia.

El cerco perimétrico tiene columnas de amarre de 0,25 x 0,25 m., sobrecimiento armado de $fDc = 175 \text{ Kg/cm}$ y una viga de amarre de 0,25 x 0,15 m en todo el perímetro.

Además se considera una puerta para vehículos de 6,00 de ancho y otra puerta de ingreso peatonal de 1,00 m de ancho; construidas de tubos de acero de diámetro especificado en los planos y malla de alambre N° 8 de cocada 2"; que están soportadas por columnas de concreto $fDc = 175 \text{ Kg/cm}$ como se indica en el plano.

3.2.3 Edificio de Control

El Edificio de control tiene la dimensión de 8,00 x 8,50 m con una altura de 3,90 m. Dicha edificación tiene los siguientes ambientes:

- *Sala de Baterías*
- *Baño*
- *Sala para los Tableros de Control y Telecomunicaciones*

Su base está compuesta de cimiento corrido de concreto ciclópeo, sobrecimiento de concreto armado y zapatas de concreto armado sobre los cuales se levantan pórticos, muros y el techo aligerado a dos aguas.

Para el cableado se usaron canaletas de concreto reforzado, que tienen empotrados soportes espaciados aproximadamente 0,80 m, sobre los cuales pasan los cables de control. Se colocó bandejas de aluminio sobre dichos soportes para llevar los cables de fuerza.

En la parte interna de la sala de control, las canaletas están tapadas con planchas estriadas de ¼” de espesor.

Los muros son de ladrillos king-kong de arcilla, unidos mediante juntas de morteros, cemento, arena. El acabado de muros es de un tarrajeo exterior e interior con mortero 1:4; las columnas, vigas y cielo raso tienen un acabado rugoso pañeteado con cemento – arena en la proporción 1:4; para luego aplicar pintura tanto en interiores como en exteriores. El muro del baño tiene enchape de mayólica.

Con respecto al acabado del piso de la sala de control, se colocó en la sala de tableros de control piso y contra zócalo de cemento pulido; la sala de Baterías tendrá piso y contra zócalo de gris cerámico antiácido; el baño tiene piso de loseta veneciana. El techo lleva en su parte superior, una cobertura de teja de la zona.

Las dos puertas de ingreso y las puertas internas son de madera contraplacada. Las ventanas son fijas y de ángulos de fierro, cubierto con vidrio nacional. La Sala de Control lleva perimetralmente una vereda de 1,00 m. de ancho de cemento pulido y bruñido; y los muros

exteriores llevan contra zócalo de cemento pulido. Los aleros del techo sobresalen 0,60 m de los muros.

La sala de tableros de control tienen un extractor de aire de 0,40 x 0,40 m que está ubicado en la sala de baterías.

3.2.4 Instalaciones Sanitarias

Para el sistema de agua, desagüe y ventilación se considera:

- *Una cisterna de concreto reforzado en el subsuelo*
- *Un tanque elevado prefabricado tipo Eternit*
- *Un sistema de bombeo de agua de reservorio al tanque elevado.*

La cisterna para agua, está construido de concreto reforzado cuyas dimensiones son: 2,00 m x 1,40 m x 2,00 m de alto, ubicado en la parte posterior de la sala de control, interiormente tiene un revestimiento de mortero de cemento pulido con impermeabilizante; en el área de su superficie superior se le habilitó una tapa de registro para su inspección interior.

El Tanque Elevado (pre fabricado) de 550 litros y constituido con sus elementos de control de nivel de agua, está ubicado en la parte superior del techo de la sala de control, apoyándose sobre una loza de concreto reforzado, que a su vez es soportado por cuatro columnas, dos de ellas suben desde la cimentación y las otras serán falsas. Este tanque suministra agua a la sala de control.

Para el sistema de bombeo se consideró la instalación de una motobomba de 0,5 HP dotada de sus implementos, accesorios y sistema electrónico de control interno; ubicada al lado del reservorio en una caja de concreto reforzado.

Las tuberías de desagüe y ventilación están empotradas en los pisos y muros, pero no pasan por las columnas y vigas de los pórticos; estas son de material plástico PVC rígido de media presión.

Las tuberías y conexiones para la instalación de agua son de PVC – SAP de alta presión con uniones roscadas. Las válvulas son de tipo compuerta de bronce para presión con uniones roscadas. Las válvulas son de tipo compuerta de bronce para presión de 105 lbs/pulg mínimo y se colocó con una unión universal mínima.

3.2.5 Patio de Llaves de 60 KV

En el Patio de Llaves de 60 KV se llevo a cabo la construcción de bases para los equipos, pórticos y buzones de cables a las cuales llegan también canaletas de concreto reforzado que están cubiertas con tapas del mismo material, y cuya función es el traslado de cables a los tableros de la sala de control; dichos cables están apoyados en soportes, colocados en el interior de la canaleta.

Sobre la plataforma del Patio de Llaves se colocó una capa de grava, de espesor 0,10 m, material que servirá de aislante y cuyo límite es el sardinel.

Las bases colocadas son para los equipos siguientes:

- *Transformador de Potencia*
- *Interruptor de Potencia*
- *Transformador de Corriente (solo para la S.E. Chiclayo Norte)*
- *Transformador de Tensión*
- *Seccionador de Barras*
- *Seccionador de Línea*
- *Pararrayos*
- *Pórtico de Línea*
- *Pórtico de Barras*

3.2.6 *Patio de Llaves de 22,9 KV*

El Patio de Llaves de 22,9 KV, se ubica en la parte posterior de la Sala de Control, donde se construyeron las bases de los pórticos, que sostienen los equipos eléctricos.

También se hicieron canaletas y buzones de cables de concreto reforzado que están cubiertas con tapas del mismo material y cuya función es el traslado de cables del Patio de Llaves a la sala de control; dichos cables están apoyados en soportes, colocados en el interior de la canaleta.

Sobre la plataforma del Patio de Llaves se colocó una capa de grava, de espesor 0,10 m, material que servirá de aislante y cuyo límite es el sardinel.

Las bases colocadas son para los equipos siguientes:

- *Interruptor de Potencia*
- *Transformador de Tensión*
- *Seccionador de Salida*
- *Recloser*

3.2.7 *Patio de Llaves de 10 KV*

En el Patio de Llaves de 10 KV se llevó a cabo la construcción de bases para los equipos y pórticos a las cuales llegan también canaletas de concreto reforzado que están cubiertas con tapas del mismo material, y cuya función será el traslado de cables a los tableros de la sala de control; dichos cables están apoyados en soportes, colocados en el interior de la canaleta.

Sobre la plataforma del Patio de Llaves se colocó una capa de grava, de espesor 0,10 m, material que servirá de aislante y cuyo límite es el sardinel.

Las bases colocadas son para los equipos siguientes:

- *Interruptor de Potencia*
- *Transformador de Tensión*
- *Seccionador*
- *Pararrayos*

Para descargas, fenómenos estáticos y corrientes de falla a tierra en las redes que susciten se usan pozos de puesta a tierra, el cual está diseñado de tal forma que permite disipar dichas corrientes.

Las obras civiles que se efectuaron son la excavación en forma cilíndrica hasta la profundidad especificada en los planos, donde se llenó con tierra de chacra cernida y se colocó en el centro una varilla de cobre cooperweld de aproximadamente 5/8" y 2,40 m de longitud, en forma vertical. Sobre el relleno se construyó un buzón constituido por una base de concreto y muros de ladrillo con revestimiento de mortero de cemento – arena, está cubierto de una tapa de concreto armado con sus respectivas asas.

3.3 Cálculo de Obras Civiles de los Pórticos y Equipos

Los cálculos para las fundaciones de los Pórticos y Equipos, a instalar en la S.E. de Pomalca, describe el criterio seguido para el diseño de ésta, el factor de seguridad que deben cumplir, y las cargas de diseño consideradas.

3.3.1 Cargas Consideradas para el Diseño de Fundaciones de Equipos

1. CARGAS VERTICALES ESTÁTICAS

- *Peso de los conductores*
- *Peso del Equipo*
- *Peso del Soporte*

- *Peso de la Fundación*
- *Peso del Relleno*
- *Subpresión Hidráulica*
- *Peso de Montaje (eventual)*

2. CARGA VERTICAL DINÁMICA

- *Sismo 0,2 °*

3. CARGAS HORIZONTALES ESTÁTICAS

- *Fuerza de Viento*
- *Montaje (eventual)*
- *Empuje de tierras (activo o reposo)*

4. CARGAS HORIZONTALES DINÁMICAS:

- *Sismo 0,5 °*
- *Corto circuito*

5. RESISTENCIA DEL SUELO:

- *Empuje de Tierras (pasivo)*
- *Capacidad Portante (Kg/cm)*

Las funciones se dimensionan para que estas cumplan, con los siguientes factores de seguridad mínima:

- *F.S. VOLTEO 1,5*
- *F.S. ARRANQUE : 1,5*
- *Presiones Actuantes < Presión Admisible (F.S. $\geq 1,0$)*

3.3.2 Cargas Consideradas para el Diseño de Fundaciones de Pórticos

1. CARGAS HORIZONTALES ESTÁTICAS:

- *Tiro Longitudinal del Conductor*
- *Tiro Transversal del Conductor (debido al ángulo)*
- *Viento Transversal sobre el conductor*
- *Tiro Longitudinal del Conductor (Barras)*
- *Viento sobre la estructura*

2. CARGAS VERTICALES

- *Peso de los conductores, cadenas de aisladores y aisladores rígidos*
- *Peso propio de la Estructura*
- *Peso de la fundación de concreto*
- *Peso del relleno*

3.4 Parámetros Definidos para el Diseño de Fundaciones de Pórticos

Los parámetros y variables a considerar para los cálculos serán válidos para la S.E. de Pomalca como para las de Tumán y Cayaltí, éstas se muestran en las Tablas 3,01 al 3,04

TABLA N° 3.02**DISEÑO DE FUNDACIONES DE PORTICOS****COLUMNA PORTICO SUBESTACION POMALCA 60 KV**

ITEM	DENOMINACION	UNID.	VALOR
1.00	CARGAS ACTUANTES		
1.01	Fuerza Axial (P)	Ton.	1,47
1.02	Momento en el sentido X-X (MX)	Ton-m	7,17
1.03	Momento en el sentido Y-Y (MY)	Ton-m	1,47
1.04	Fuerza Cortante (Q)	Ton.	0,60
2.00	CARACTERISTICAS DEL SUELO		
2.01	Peso Específico	Ton/m3	1,60
2.02	Capacidad Portante (Sigma Adm.)	kg/cm2	0,80
3.00	DATOS DEL CONCRETO		
3.01	Resistencia (F'c)	kg/cm2	210
3.02	Acero (Fy)	kg/cm2	4200
3.03	Densidad del Concreto	kg/m3	2400
4.00	DIMENSIONES DE LA FUNDACION		
4.01	Largo del Pedestal (b)	m	1,25
4.02	Ancho del Pedestal (a)	m	0,90
4.03	Altura del Pedestal (h)	m	1,30
4.04	Altura Sobresaliente (s)	m	0,20
4.05	Largo de la Zapata (B)	m	2,80
4.06	Ancho de la Zapata (A)	m	1,50
4.07	Altura de la Zapata (Z)	m	0,40
4.08	Profundidad de Excavación	m	1,50
5.00	RESULTADOS		
5.01	Volúmen de Excavación	m3	6,30
5.02	Volúmen de la Base	m3	3,14
5.03	Peso de la Base	Tn	7,54
5.04	Volúmen de Relleno	m3	3,38
5.05	Peso del Relleno	Tn	5,41
5.06	Peso Total	Tn	14,42
5.07	Momento Total	T-m	8,19
5.08	Excentricidad (e) MT/PT	m	0,57
5.09	B/6	m	0,47
5.10	Presión Actuante (Sigma act.)	T/m2	7,70
5.11	Distancia d (Sigma 0)	m	2,50

TABLA N° 3.03**DISEÑO DE FUNDACIONES DE PORTICOS****COLUMNA PORTICO SUBESTACION POMALCA 22.9 KV**

ITEM	DENOMINACION	UNID.	VALOR
1.00	CARGAS ACTUANTES		
1.01	Fuerza Axial (P)	Ton.	4,18
1.02	Momento en el sentido X-X (MX)	Ton-m	2,30
1.03	Momento en el sentido Y-Y (MY)	Ton-m	1,72
1.04	Fuerza Cortante (Q)	Ton.	0,90
2.00	CARACTERISTICAS DEL SUELO		
2.01	Peso Específico	Ton/m3	1,60
2.02	Capacidad Portante (Sigma Adm.)	kg/cm2	0,80
3.00	DATOS DEL CONCRETO		
3.01	Resistencia (F'c)	kg/cm2	210
3.02	Acero (Fy)	kg/cm2	4200
3.03	Densidad del Concreto	kg/m3	2400
4.00	DIMENSIONES DE LA FUNDACION		
4.01	Largo del Pedestal (b)	m	0,90
4.02	Ancho del Pedestal (a)	m	0,90
4.03	Altura del Pedestal (h)	m	1,30
4.04	Altura Sobresaliente (s)	m	0,20
4.05	Largo de la Zapata (B)	m	1,85
4.06	Ancho de la Zapata (A)	m	1,85
4.07	Altura de la Zapata (Z)	m	0,40
4.08	Profundidad de Excavación	m	1,50
5.00	RESULTADOS		
5.01	Volúmen de Excavación	m3	5,13
5.02	Volúmen de la Base	m3	2,42
5.03	Peso de la Base	Tn	5,81
5.04	Volúmen de Relleno	m3	2,87
5.05	Peso del Relleno	Tn	4,60
5.06	Peso Total	Tn	14,59
5.07	Momento Total	T-m	3,83
5.08	Excentricidad (e) MT/PT	m	0,26
5.09	B/6	m	0,31
5.10	Presión Actuante (Sigma act.)	T/m2	7,94
5.11	Distancia d (Sigma 0)	m	1,99

TABLA N° 3.04**DISEÑO DE FUNDACIONES DE PORTICOS****COLUMNA PORTICO SUBESTACION POMALCA 10 KV**

ITEM	DENOMINACION	UNID.	VALOR
1.00	CARGAS ACTUANTES		
1.01	Fuerza Axial (P)	Ton.	4,18
1.02	Momento en el sentido X-X (MX)	Ton-m	2,30
1.03	Momento en el sentido Y-Y (MY)	Ton-m	1,72
1.04	Fuerza Cortante (Q)	Ton.	0,90
2.00	CARACTERISTICAS DEL SUELO		
2.01	Peso Específico	Ton/m3	1,60
2.02	Capacidad Portante (Sigma Adm.)	kg/cm2	0,80
3.00	DATOS DEL CONCRETO		
3.01	Resistencia (F'c)	kg/cm2	210
3.02	Acero (Fy)	kg/cm2	4200
3.03	Densidad del Concreto	kg/m3	2400
4.00	DIMENSIONES DE LA FUNDACION		
4.01	Largo del Pedestal (b)	m	0,90
4.02	Ancho del Pedestal (a)	m	0,90
4.03	Altura del Pedestal (h)	m	1,30
4.04	Altura Sobresaliente (s)	m	0,20
4.05	Largo de la Zapata (B)	m	2,20
4.06	Ancho de la Zapata (A)	m	1,40
4.07	Altura de la Zapata (Z)	m	0,40
4.08	Profundidad de Excavación	m	1,50
5.00	RESULTADOS		
5.01	Volúmen de Excavación	m3	4,62
5.02	Volúmen de la Base	m3	2,29
5.03	Peso de la Base	Tn	5,48
5.04	Volúmen de Relleno	m3	2,50
5.05	Peso del Relleno	Tn	4,00
5.06	Peso Total	Tn	13,66
5.07	Momento Total	T-m	3,83
5.08	Excentricidad (e) MT/PT	m	0,28
5.09	B/6	m	0,37
5.10	Presión Actuante (Sigma act.)	T/m2	7,94
5.11	Distancia d (Sigma 0)	m	2,46

3.5 Cálculo del Acero de Refuerzo en Base de Pórticos de 60 KV

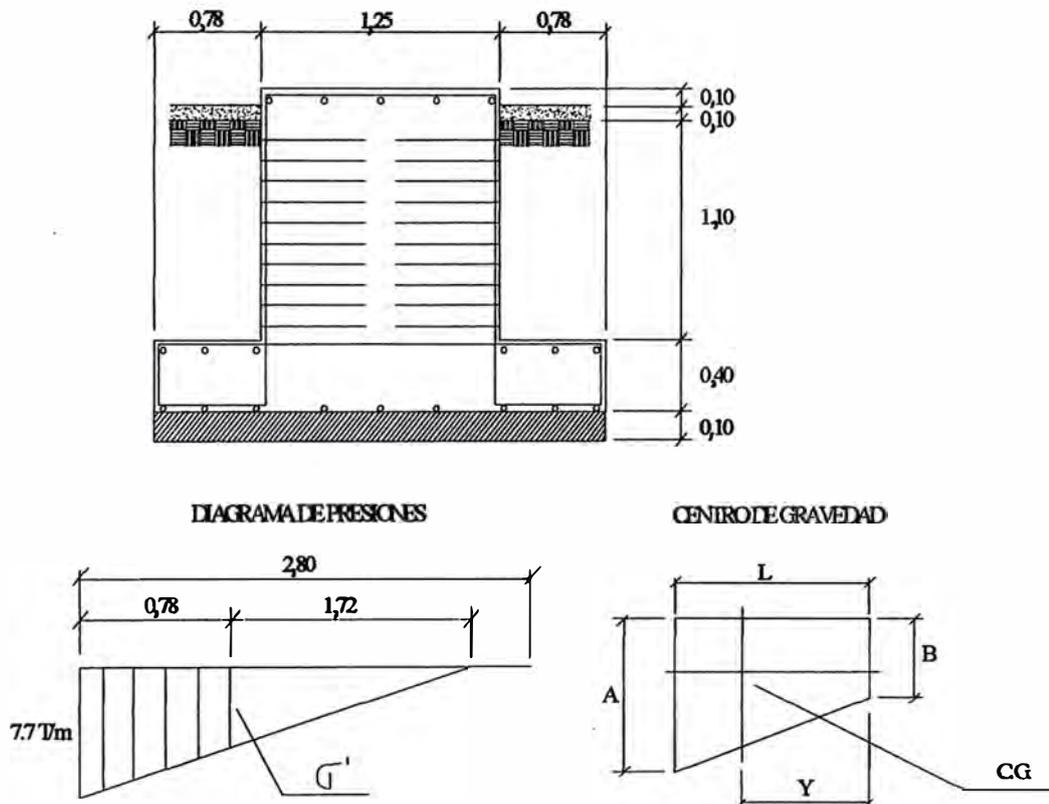


Fig. 3.01 Vista de Corte de la Base de Cimentación del Pórtico y Diagramas de Carga

Del Diagrama de Presiones tenemos:

$$\frac{7,70}{2,50} = \frac{\sigma'}{1,72} \Rightarrow \sigma' = 5,30$$

$$Area = \left(\frac{7,70 + 5,30}{2} \right) \times 0,78 = 5,07$$

$$M = 5,07 \times 0,41 = 2,10 \text{ T.m.}$$

Determinación del peralte necesario:

$$M = \frac{b d^2 K J f_c}{2} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{2M}{b K J f_c}} = \sqrt{\frac{2 \times 2,10 \times 10^5}{100 \times 0,378 \times 0,87 \times 2,10 \times 0,40}} = 12,3 \text{ cm}$$

Usando $h = 40 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M}{f_1 \times j \times d} = \frac{2,10 \times 10^5}{2100 \times 0,85 \times 35} = 3,36 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín.}} = 0,0018 \times 100 \times 35 = 6,3 \text{ cm}^2 \quad \square \quad \text{Usar } \phi \frac{1}{2} \text{ 0,20}$$

Centroide del Trapecio:

$$Y_G = \frac{L(B+2A)}{3(B+A)} = \frac{0,78(5,30 + 2 \times 7,7)}{3(5,30 + 7,7)} = 0,41 \text{ m}$$

$$Y_G = 0,41 \text{ m}$$

3.6 Acero de Pedestales

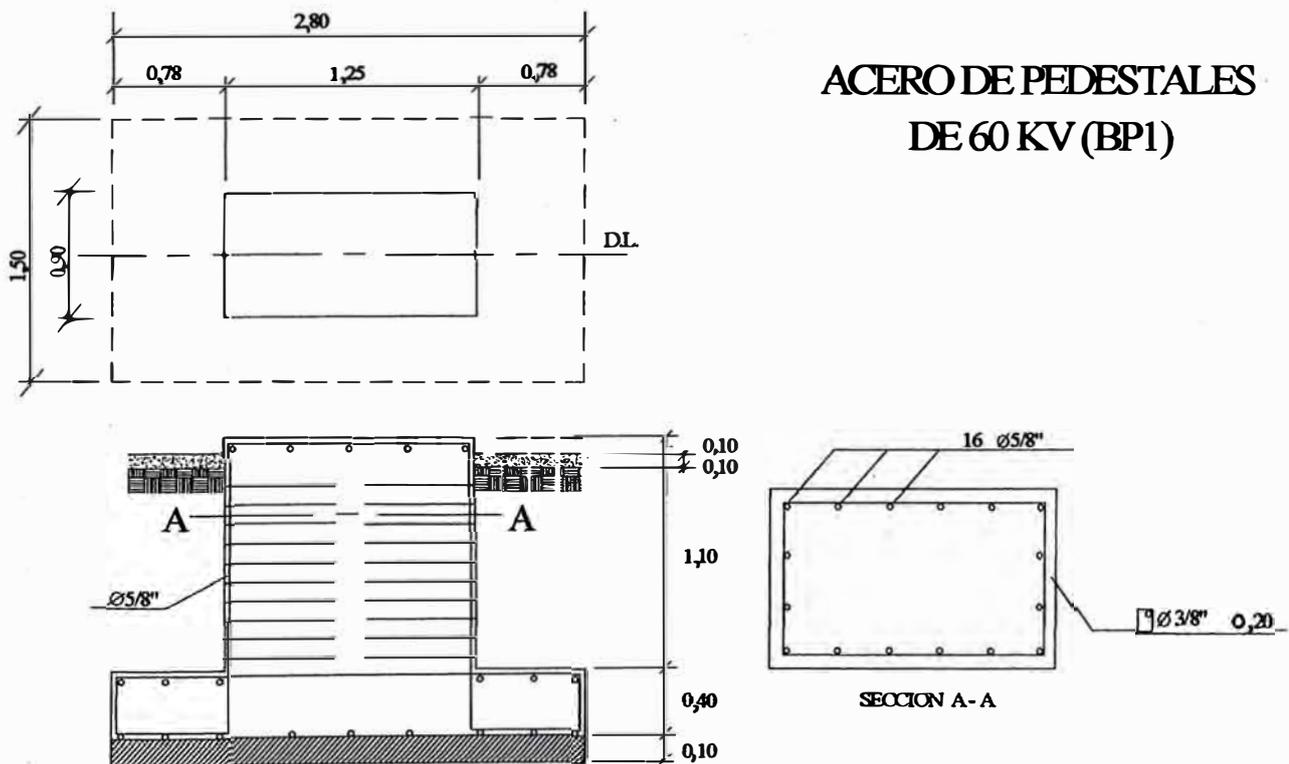


Fig. N°3.02 Vista de corte y de planta de la base de pórticos

$$A c = 1,25 \times 0,90 \quad ; \quad h = 1,30$$

$A s_{\text{mín. pedestal}} = 0,003 \sim 0,006 bd$

$A s_{\text{mín.}} = 0,003 \times 115 \times 90 = 31,05 \text{ cm}^2 \quad \square \quad 16 \quad \text{Ø } 5/8''$

Área Acero = 32 cm²

Se cumple que la armadura principal es mayor a 4 barras y la separación entre dos es < 35 cm.

Los estribos de la separación deben cumplir lo siguiente: $S < 15 \text{ Ø} = 15 \times 1,6 = 24 \text{ cm}$

El diámetro: $\text{Ø } t > 1/4 \text{ Ø máx.} = 1/4 \times 16 = 4 \text{ mm. Luego: } \text{Ø } 3/8 \text{ 0,20}$

3.7 Cimentación del Interruptor (60 kV)

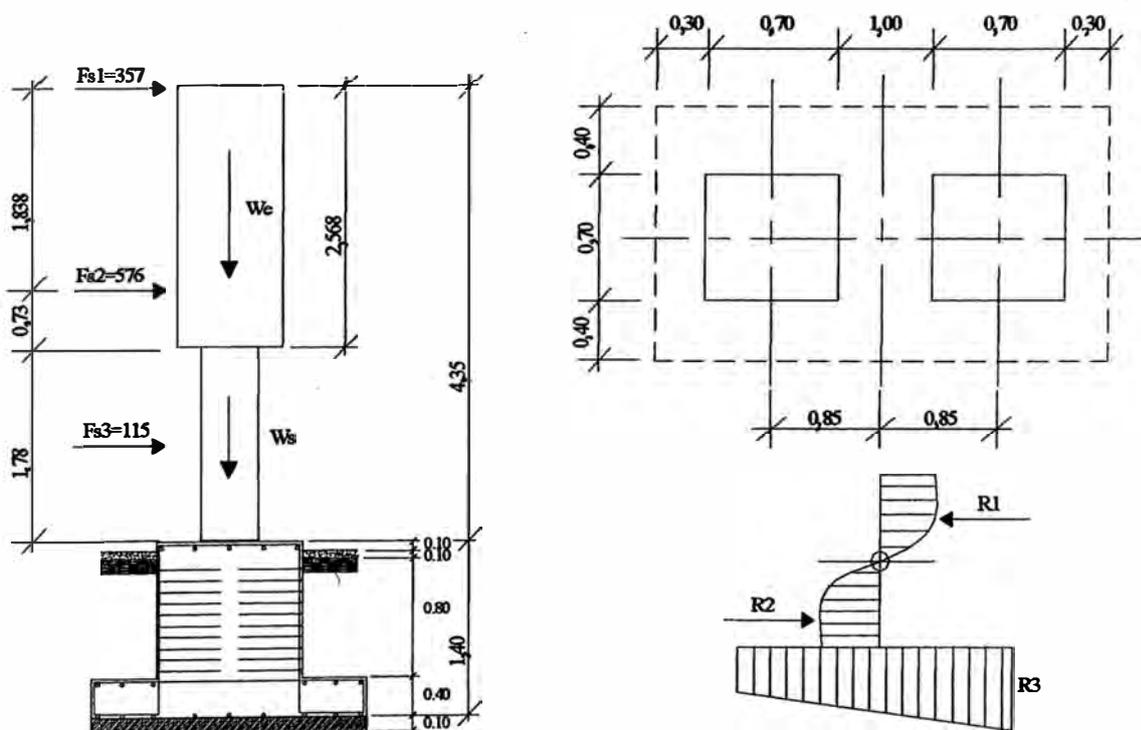


Fig. N°3.03 Corte de base de cimentación del Interruptor de 60 kV

Referencia de AEG; Ministerio de energía y Minas / UNOPS

- *Cargas Verticales Estáticas*

$$W = W_e + W_s = 1\,151 + 230 = 1\,381 \text{ Kg.}$$

- *Cargas Verticales Dinámicas*

$$\text{Sismo Vertical} = 0,2^\circ$$

$$\text{Operación } 18 \text{ KN} = 1\,834 \text{ Kg } \updownarrow , 1\,478$$

$$(1 \text{ Newton} = 0,1019 \text{ Kg. peso} = 1/9,81 \text{ Kg. peso})$$

- *Cargas Horizontales (Fs = 0,5 g.)*

$$\text{En Interruptor} = 0,5 \times 1\,151 = 576 \text{ Kg}$$

$$\text{En bastidor} = 0,5 \times 230 = 115 \text{ Kg.}$$

- *Chequeo por Volteo, Sentido longitudinal*

$$M_v = 357(4,35 + 1,40) + 576(2,51 + 1,40) + 115(0,89 + 1,40) = 4\,568,26 \text{ kg-m}$$

- *Cálculo del Peso de la Fundación*

$$\text{Vol} = 3,00 \times 1,50 \times 0,40 + 2(0,70 \times 0,70) \times 1,00 = 2,78 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso concreto} = 2,78 \times 2\,400 = 6\,672 \text{ Kg.}$$

$$\text{Vol. Relleno} = 0,80(3,00 \times 1,50 - 2 \times 0,70 \times 0,70) = 2,82 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso relleno } 2,82 \times 1\,800 = 5\,076 \text{ Kg.}$$

- *Momento Estabilizante*

$$ME = (\text{Peso Equipo} + \text{Peso sismo vert.} + \text{Peso soporte} + \text{Peso cimiento}) d +$$

$$(\text{Peso relleno} - \text{Peso operación}) d$$

$$ME = 0,75 (1\,151 + 276,20 + 230 + 6\,672) 0,75 + (5\,076 - 1\,834) 0,75 =$$

$$8\,678,4 \text{ Kg-m}$$

$$ME = 8\,678,40 \text{ Kg-m}$$

$$F.S. (\text{volteo}) = 8\,678,40 / 4\,568,26 = 1,89 > 1,5 \quad \text{iOK!}$$

▪ *Cálculo de las Presiones*

$$M \text{ total} = 4\,568,26 \text{ kg-m}$$

$$\text{Peso total}(\text{sin sismo}) = P \text{ equipo} + P \text{ soporte} + P \text{ cimiento} + P \text{ relleno}$$

$$\text{Peso total}(\text{sin sismo}) = 1\,151 + 230 + 6\,672 + 5\,076 = 13,129 \text{ kg} = 13,13 \text{ Tn}$$

$$e = \frac{M}{P} = \frac{4,57}{13,13} = 0,35 \text{ m} \quad ; \quad \frac{B}{6} = \frac{1,50}{6} = 0,25 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(1 \pm 6 \frac{e}{B} \right) \quad \text{Cuando } e < \frac{B}{6}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{4B}{3B - 6e} \right) \quad \text{Cuando } e > \frac{B}{6}$$

$$\text{Luego: } \sigma = \frac{13,13}{3,0 \times 1,50} \left(\frac{4 \times 150}{3 \times 1,50 - 6 \times 0,35} \right) = 7,29 \text{ Tn/m}^2$$

$$l = 3 \left(\frac{B}{2} - e \right) = 3 \left(\frac{1,50}{2} - 0,35 \right) = 1,20 \text{ m}$$

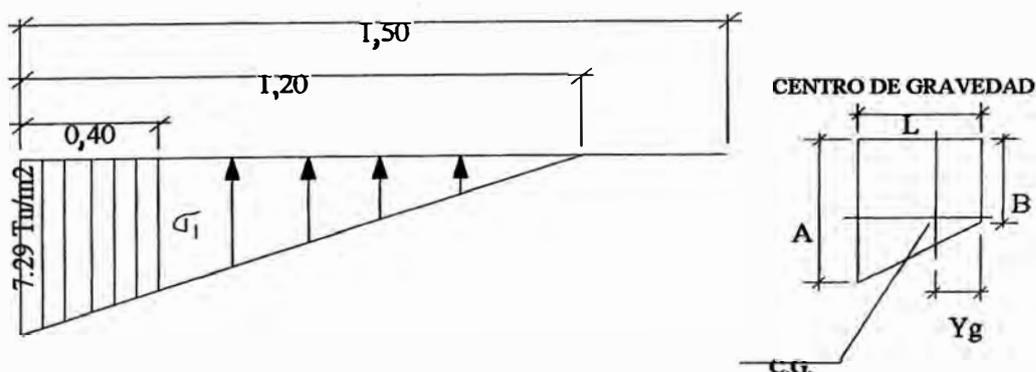


Fig. N° 3.04 Diagrama de Momentos de la base del Interruptor de 60 kV

$$\sigma = 0,729 \text{ Kg/cm}^2 < 0,80 \text{ Kg/cm}^2 (\sigma_{adm.}) \text{ OK!!}$$

Centroide del Trapecio :

$$Y_G = \frac{L}{3} \left(\frac{B+2A}{B+A} \right) = \frac{0,40}{3} \left(\frac{4,66+2 \times 7,29}{4,66+7,29} \right) = 0,22 \text{ m}$$

$$\frac{\sigma_1}{0,71} = \frac{7,88}{1,20} \Rightarrow \sigma_1 = 4,66 \text{ Tn/m}^2$$

$$\text{Area} = \left(\frac{4,66 + 7,88}{2} \right) \times 0,40 = 2,51 \text{ m}^2$$

$$\text{Mact} = 2,51 \times 1,0 \times 0,22 = 0,55 \text{ Tn-m}$$

$$A_{T \text{ zapata}} = \frac{M}{f j d} = \frac{0,55 \times 10^5}{2100 \times 0,85 \times 35} = 0,88 \text{ cm}^2$$

$$\text{As m\u00edn.} = 0,0018 \times 100 \times 35 = 6,30 \text{ cm}^2 \Rightarrow 1 \phi \frac{1}{2} 0,20$$

3.8 Dise\u00f1o de la Base del Transformador de Potencia

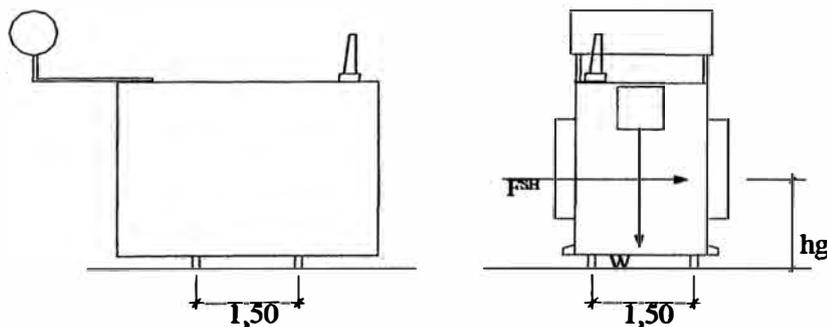


Fig. N\u00b0 3.05 Distancia entre ruedas de la base del Transformador

$$\text{Peso total : } W = 35,20 \text{ Tn} \quad FSV = 0,20 \text{ g}$$

$$Hg = 1,16 \text{ m} \quad FSH = 0,50 \text{ g}$$

$$\text{Peso total del trafo} = 35200 \text{ kg}$$

▪ Cargas Verticales

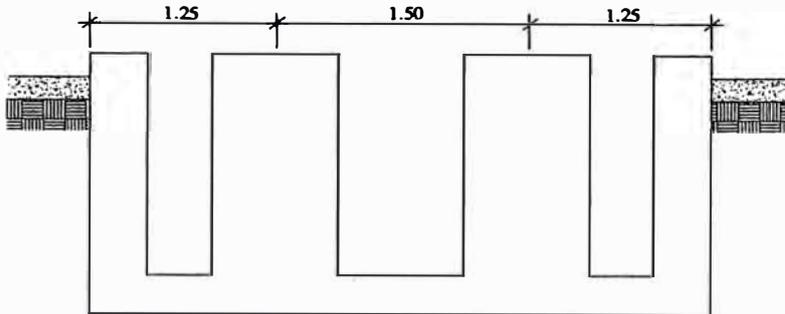


Fig. N° 3.06 Base de cimentación del Transformador

$$\text{Peso trafo} = 3\,5200 \text{ kg}$$

$$\text{Peso cimientos } 2 \times 80 \times 1,40 \times 2400 = 5\,376 \text{ kg}$$

$$\text{Peso muros laterales (2 sentidos)} = 2\,6892 \text{ kg}$$

$$\text{Peso losa } 5,00 \times 4,00 \times 0,35 \times 2400 = 1\,6800 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total} = 84268 \text{ kg}$$

Fuerza Horizontal debido al sismo:

$$F_s = 0,50 \times 35,20 = 17,60 \text{ Tn}$$

$$M_t = 17,60 \times 1,16 = 28,16 \text{ Tn-m}$$

Considerando sismo vertical tendremos: 0,20 g

$$e = \frac{M}{P} = 0,33$$

$$\frac{B}{6} = \frac{4,00}{6} = 0,66 \quad ; \quad \left(e < \frac{B}{6} \right)$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6 \times e}{B} \right) = \frac{84,27}{4,00 \times 5,00} \left(1 + \frac{6 \times 0,33}{4,00} \right) = 6,30 \text{ Tn/m}^2 \quad ; \quad 4,15 \text{ Tn/m}^2$$

Considerando el sismo vertical 0,20 , que incrementa las presiones en el instante del sismo.

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6 \times e}{B} \right) = \frac{1,2 \times 84,27}{4,00 \times 5,00} \left(1 + \frac{6 \times 0,33}{4,00} \right) = 7,56 \text{ Tn/m}^2 \quad ; \quad 4,8 \text{ Tn/m}^2$$

Estaría cumpliendo las dimensiones de 5,00 m x 4,00 m

▪ **Momento Flector en la losa armada**

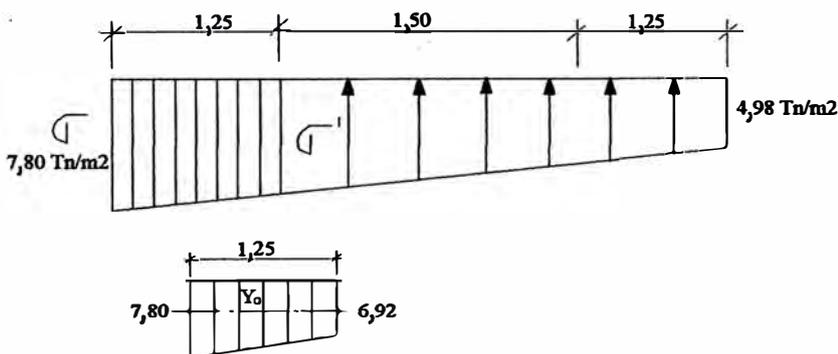


Fig. N° 3.07 Diagrama de Momentos de la losa

Centroíde del trapecio:

$$Y_G = \frac{1,25 \left(6,92 + 2 \times 7,80 \right)}{3 \left(6,92 + 7,80 \right)} = 0,27 \text{ m}$$

$$\text{Area} = \left(\frac{7,80 + 6,92}{2} \right) \times 1,25 = 9,20 \text{ m}^2$$

$$M = 9,20 \times 0,27 = 2,40 \text{ Tn} - \text{m}$$

$$\sigma = 7,80 \text{ Tn/m}^2$$

$$A_1 = \frac{M}{f j d} = \frac{2,40 \times 1000 \times 100}{2100 \times 0,85 \times 45} = 2,98 \text{ cm}^2$$

$$A_1 \text{ mín. losa} = 0,0018 \times 100 \times 35 = 6,3 \text{ cm}^2$$

Usar malla $\Phi \frac{1}{2}$ 0.20

Usar malla $\Phi \frac{1}{2}$ 0.20

3.9 Cimentación del Transformador de Tensión(60 kV)

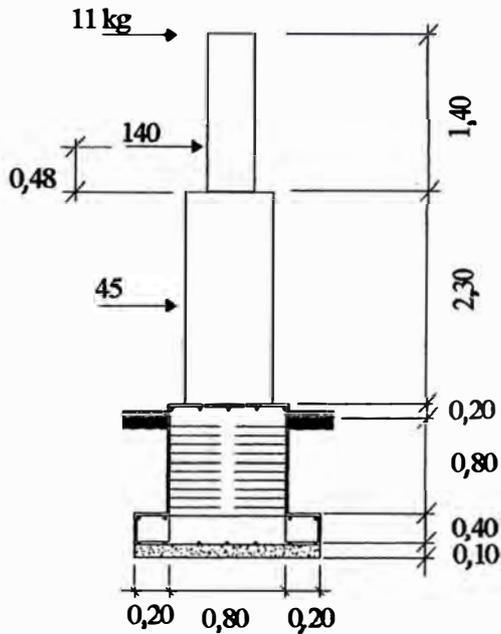


Fig. N° 3.08 Base de cimentación del transformador de tensión

▪ Cargas Verticales

Peso de equipo = 280 kg

Peso soporte = 90 kg

▪ Cargas Horizontales

Considerando $F_s = 0,5$ g.

Fuerza Horizontal en equipo = $0,5 \times 280 = 140$

Fuerza Horizontal en soporte = $0,5 \times 90 = 45$

Fuerza Horizontal en conductor = 11 kg

Peso de la cimentación = $2400 (1,20 \times 1,20 \times 0,40 + 1,00 \times 0,80 \times 0,80) +$

$$1,20 \times 1,20 \times 0,30 \times 2300 = 3\,912,00 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del relleno} = 1\,800 (1,20 \times 1,20 \times 0,80 - 0,80 \times 0,80 \times 0,80) = 1\,152 \text{ kg}$$

Diseño por compresión:

$$A = \frac{\text{Carga Neta Total (*)}}{\sigma_c} = \frac{280 + 90 + 3\,912 + 1\,152}{0,8} = \frac{5\,434}{0,8} = 6\,792,50 \text{ cm}^2$$

Sin sismo

Lado cimentación:

$$L = \sqrt{A} = \sqrt{6\,792,50} = 82,50 \text{ cm} \quad \text{OK !!}$$

Tenemos A = 1,20 x 1,20

$$A = \frac{\text{Carga total con sismo} \times 0,75}{\sigma_c}$$

$$A = \frac{0,75(5\,434 + 0,20 \times 5\,434)}{0,8} = 6\,113 \text{ cm}^2 < \text{que anterior}$$

▪ **Verificación al arrancamiento:**

$$\text{Peso opuesto al arrancamiento} = 5\,434$$

$$\text{Carga del sismo vertical} = 0,20 \times 5\,434 = 1\,087 \text{ kg}$$

$$A = \frac{5\,434}{1\,087} = 5 > 1,5 \quad \text{O.K.!!}$$

▪ **Verificación al Volteo:**

$$M_v = 11 \times 3,72 + 140 \times 2,78 + 45 \times 1,15 = 481,87 \text{ kg-m}$$

$$\text{Cortante } Q = 185 \text{ kg}$$

▪ **Momento de Volteo Total**

$$M_t = 481,87 + 185 \times 1,40 = 740,87 \text{ kg-m}$$

▪ **Momento Equilibrante**

$$M_E = (\Sigma P) \times \frac{b}{2} = \frac{(280 + 90 + 3\,912 + 1\,152 - 1\,087) \times 1,20}{2} = 2\,608 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$F.S. = \frac{2\,608}{740,87} = 3,52 \text{ O.K.!!}$$

▪ **Presión Actuante en Fondo de Cimentación**

$$e = \frac{M}{P} = \frac{740,87}{5\,434} = 0,14 \text{ m} \quad ; \quad \frac{B}{6} = \frac{1,20}{6} = 0,20 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) = \frac{5\,434}{1,20 \times 1,20} \left(1 \pm \frac{6 \times 0,14}{1,20} \right)$$

$$\sigma_1 = 6,42 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2} < 8 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2} \quad ; \quad \sigma_2 = 1,13 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2} < 8 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

En ambos casos es O.K. !!

$$As_{\text{mín}} \text{ losa} = 0,0018 \times 100 \times 35 = 6,3 \text{ cm}^2$$

$$As_{\text{mín}} \text{ en base} = \text{USAR MALLA } \varphi \frac{1}{2} \text{ 0,15}$$

$$\text{Repartición : } \varphi \frac{3}{8} \text{ 0,25}$$

3.10 Cálculo de la Base del Seccionador de Línea

▪ **CARGAS VERTICALES**

$$\text{Peso de Equipo} = 0,512 \text{ Tn}$$

$$\text{Peso de Soporte} = 0,20 \text{ Tn}$$

$$\text{Sismo Vertical} = 0,20 \text{ g}$$

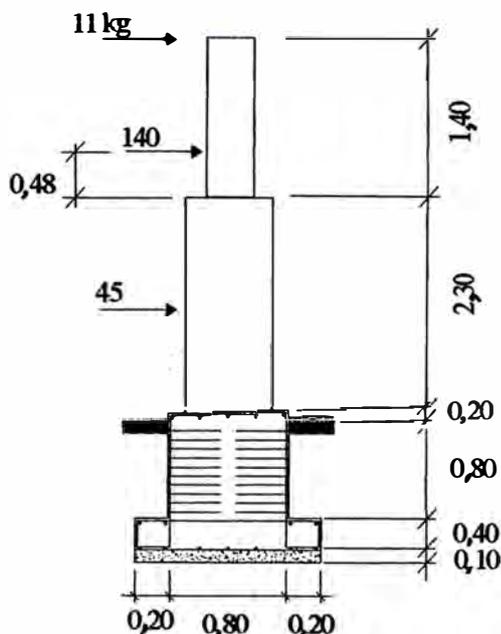


Fig. N° 3.09 Base de cimentación del seccionador

▪ **CARGAS HORIZONTALES**

Sismo Horizontal = 0,5 g

Fs equipo = 0,5 x 1,23 = 615 kg

Fs vastidor = 0,5 x 200 = 100 kg

Peso de la cimentación = 2 300 (2,70 x 1,10 x 0,30) + 2 400 (5,00 x 2,40 x 0,40) + 2 400 (6,00 x 0,60 x 0,60 x 1,00) = 18,753 kg

Peso del relleno = 1 800(5,00 x 2,40 x 0,80 - 6 x 0,60 x 0,60 x 0,80) = 4,169.6kg

$$A = \frac{\text{Carga Neta total (*)}}{\sigma_t} = \frac{0,52 + 0,20 + 16,70 + 14,17}{8} = \frac{31,59}{8} = 3,95$$

Sin sismo: $A = 3,95 \text{ m}^2$ $L = 5,00$ $a = 0,79$

Tenemos : $L = 5,00$ y *Ancho* = 2,40 mts. OK !!

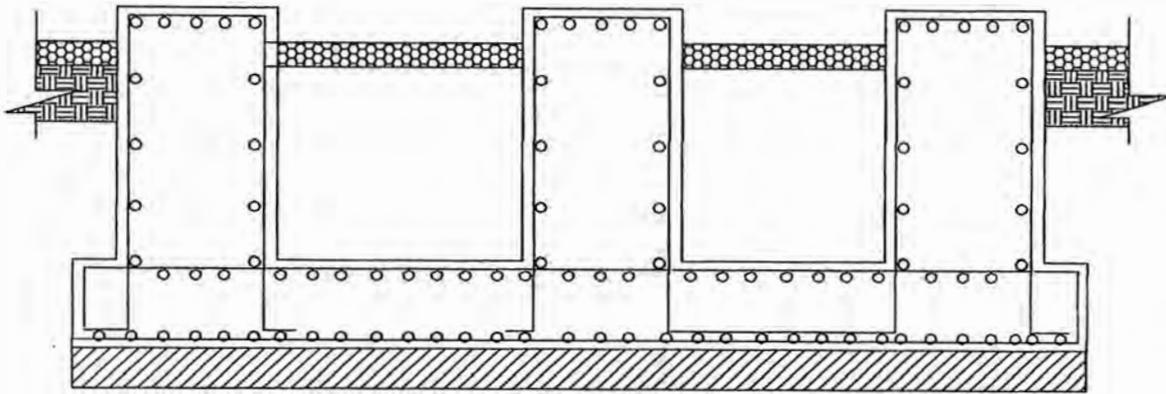


Fig. N° 3.10 Vista de corte de la Base de cimentación del seccionador

$$A = \frac{\text{Carga Total con sismo} \times (0,75)}{\sigma_t} = \frac{31,59 + 0,2(31,59)}{8 \text{ T/m}^2} \times 0,75 = 3,55 \text{ m}^2 < \text{anterior}$$

▪ VERIFICACIÓN AL ARRANCAMIENTO

Carga del sismo vertical : $0,20(31,59) = 6,32 \text{ Tn}$

Peso opuesto al arrancamiento = 31,59

$$F.S. = \frac{31,59}{6,32} = 4,99 > 1,5 \text{ O.K. !!!}$$

▪ VERIFICACIÓN AL VOLTEO

$M_v = 60(3,65) + 255(2,70) + 100(1,15) = 1\ 022,50 \text{ Kg-m}$

CORTANTE : $Q = 415 \text{ kg}$

▪ MOMENTO DE VOLTEO TOTAL :

$M_t = 1\ 022,50 + 415(1,40) = 1\ 603,50 \text{ kg-m}$

▪ MOMENTO EQUILIBRANTE :

$$M_t = (\Sigma P) \times \frac{b}{2} = (31,59 - 0,2 \times 31,59) \times \frac{1,10}{2} = 13,90 \text{ T-m}$$

$$F.S. = \frac{13,90}{2,02} = 6,88 > 1,5 \text{ O.K. !!!}$$

▪ **PRESIÓN ACTUANTE EN FONDO DE CIMENTACIÓN**

$$e = \frac{M}{P} = \frac{2.02}{31.59} = 0.06 \text{ m} \quad ; \quad \frac{B}{6} = \frac{2.40}{6} = 0.60 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) = \frac{31.59}{5.0 \times 2.40} \left(1 \pm \frac{6 \times 0.06}{2.40} \right)$$

$$\sigma_1 = 3.03 \frac{Tn}{m^2} < 8 \frac{Tn}{m^2} \quad ; \quad \sigma_2 = 2.24 \frac{Tn}{m^2} < 8 \frac{Tn}{m^2}$$

En ambos casos es O.K. !!

$$As_{\text{mín. losa}} = 0.0018 \times 100 \times 35 = 6.3 \text{ cm}^2$$

$$As_{\text{mín. en base}} = \text{USAR MALLA } \varphi \frac{1}{2} \text{ 0,15}$$

3.11 Cálculo de la Base de Pararrayos

▪ **CARGAS VERTICALES**

$$\text{Peso de Equipo} = 42 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de soporte} = 90 \text{ kg}$$

$$\text{Sismo Vertical} = 0.20 \text{ g}$$

▪ **CARGAS HORIZONTALES**

$$\text{Sismo Horizontal} = 0.5 \text{ g}$$

$$F_1 = F_H \text{ equipo} = 0.5 \times 42 = 21 \text{ kg}$$

$$F_2 = F_H \text{ soporte} = 0.5 \times 90 = 45 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de la cimentación} = 2 \ 400(1.0 \times 1.0 \times 0.40 \times + 0.60 \times 0.60 \times 1.0)$$

$$+ 2 \ 300(1.0 \times 1.0 \times 0.30) = 2 \ 514 \text{ kgs.}$$

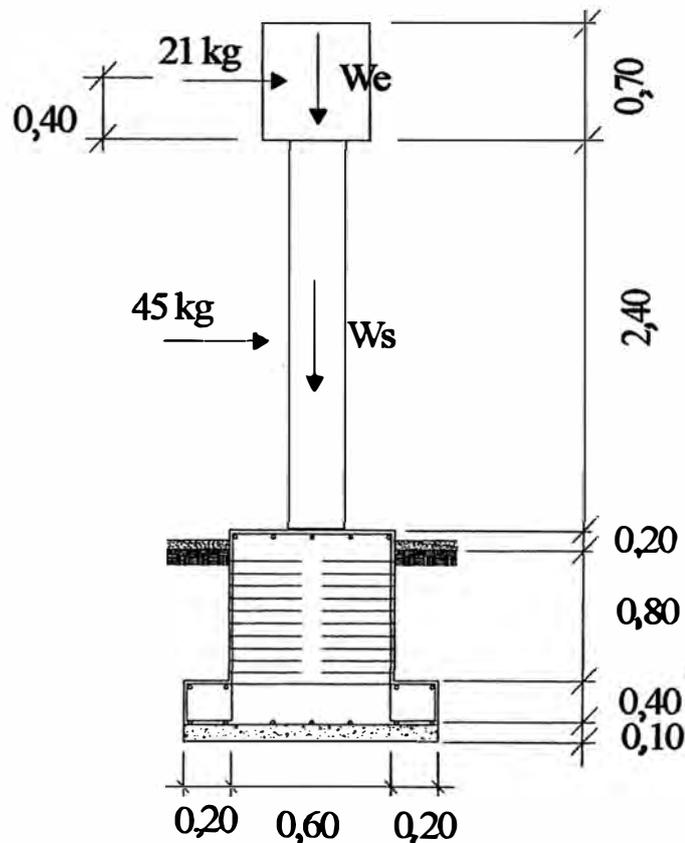


Fig. N° 3.11 Vista de corte de la Base del Pararrayos

Peso del relleno = $1\ 800(1,0 \times 1,0 \times 0,80 - 0,60 \times 0,60 \times 0,80) = 921,60\text{ kg}$

$$A = \frac{\text{Carga Neta total (*)}}{\sigma_t} = \frac{42 + 90 + 2\ 514 + 921,60}{0,80} = \frac{3\ 567,60}{0,80} = 4\ 459,50$$

Sin sismo : $A = 4\ 459,50\text{ cm}^2$ $L = 66,78\text{ cm}$ O.K. !!

$$A = \frac{\text{Carga total con sismo} \times 0,75}{\sigma_t} = \frac{0,75(3\ 568 + 0,20 \times 3\ 568)}{0,8} = 4\ 014\text{ cm}^2 < \text{que anterior}$$

$A = 4\ 014\text{ cm}^2 < \text{anterior}$

▪ **Verificación al arrancamiento:**

Peso opuesto al arrancamiento = 4 014

Carga del sismo vertical = $0,20 \times 4\ 014 = 802,80\text{ kg}$

$$A = \frac{4014}{802,80} = 5 > 1,5 \quad \text{O.K.!!}$$

▪ **Verificación al Volteo:**

$$Mv = 21 \times 2,75 + 45 \times 1,20 = 111,75 \text{ kg-m}$$

$$\text{Cortante } Q = 66 \text{ kg}$$

▪ **Momento de Volteo Total**

$$Mt = 111,75 + 66 \times 1,40 = 204,15 \text{ kg-m}$$

▪ **Momento Equilibrante**

$$M_E = (\sum P) \times \frac{b}{2} = \frac{(42 + 90 + 2514 + 922 - 803) \times 1,00}{2} = 1382,50 \text{ kg-m}$$

$$F.S. = \frac{1382,50}{204,15} = 6,77 \quad \text{O.K.!!}$$

$$e = \frac{M}{P} = \frac{204,15}{3568} = 0,057 \text{ m} \quad ; \quad \frac{B}{6} = \frac{1,00}{6} = 0,166 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) = \frac{3568}{1,00 \times 1,00} \left(1 \pm \frac{6 \times 0,057}{1,00} \right)$$

$$\sigma_1 = 4,78 \frac{Tn}{m^2} < 8 \frac{Tn}{m^2} \quad ; \quad \sigma_2 = 2,35 \frac{Tn}{m^2} < 8 \frac{Tn}{m^2}$$

▪ **Presión Actuante en Fondo de Cimentación**

En ambos casos es O.K. !!

$$\text{As mín. losa} = 0,0018 \times 100 \times 35 = 6,3 \text{ cm}^2$$

$$\text{As mín. en base} = \text{USAR MALLA } \varphi \frac{1}{2} \text{ } 0,15$$

$$\text{Repartición : } \varphi \frac{3}{8} \text{ } 0,25$$

3.12 Cálculo de la Base del Recloser

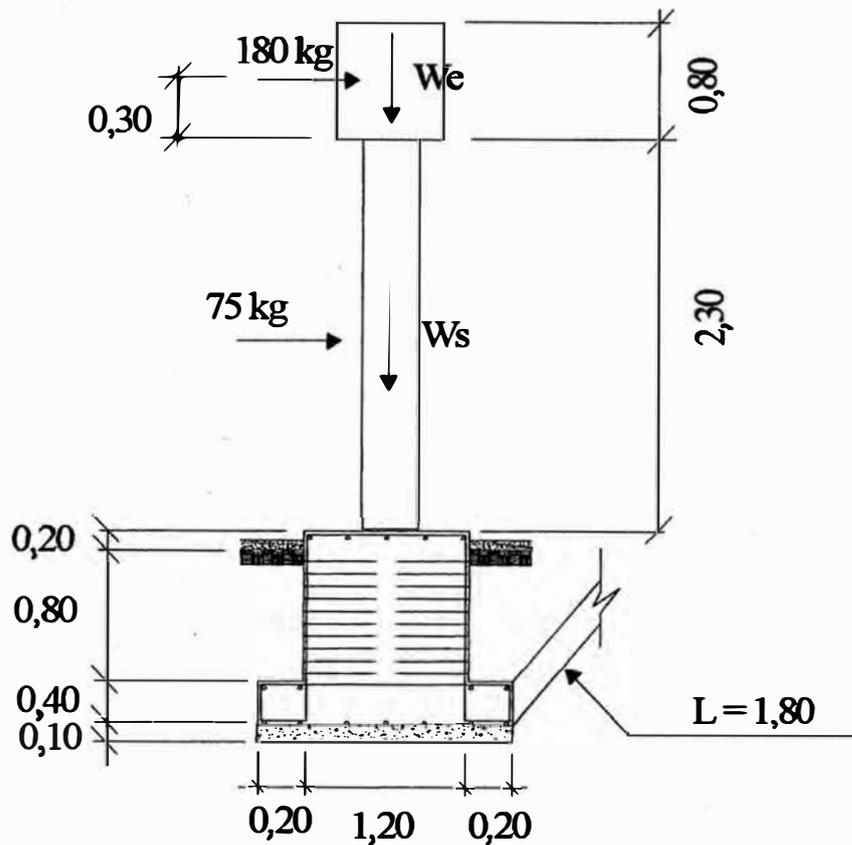


Fig. N° 3.12 Vista de corte de la Base de cimentación del recloser

- **CARGAS VERTICALES**

Peso de Equipo = 360 kg

Peso de soporte = 150 kg

Sismo Vertical = 0,20 g

- **CARGAS HORIZONTALES**

Sismo Horizontal = 0,5 g

$F_1 = F_H \text{ equipo} = 0,5 \times 360 = 180 \text{ kg}$

$$F_2 = F_H \text{ soporte} = 0,5 \times 150 = 75 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de la cimentación} = 2\,400 (1,80 \times 1,60 \times 0,40 + 1,40 \times 1,20 \times 1,0) + 2\,300 (1,80 \times 1,60 \times 0,10) = 7\,459,20 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del relleno} = 1\,800 (1,8 \times 1,6 \times 0,80 - 1,40 \times 1,20 \times 0,80) = 1\,728 \text{ kg}$$

$$A = \frac{\text{Carga Neta total} (*)}{\sigma_t} = \frac{360 + 150 + 7\,459,20 + 1\,728}{0,80} = \frac{9\,697,20}{0,80} = 12\,121,50 \text{ cm}^2$$

(*) : Sin sismo $A = 12\,121,50 \text{ cm}^2$; $L = 1,80 \text{ m}$; $a = 0,67 \text{ cm}$ O.K. !!

$$A = \frac{\text{Carga total con sismo} \times 0,75}{\sigma_t} = \frac{0,75 (9\,926 + 0,20 \times 9\,926)}{0,8} = 11\,166,75 \text{ cm}^2 < \text{que anterior}$$

$$A = 11\,166,75 \text{ cm}^2 < \text{anterior}$$

▪ **Verificación al arrancamiento:**

$$\text{Peso opuesto al arrancamiento} = 9\,926$$

$$\text{Carga del sismo vertical} = 0,20 \times 9\,926 = 1\,985,20 \text{ kg}$$

$$A = \frac{9\,926}{1\,985,20} = 5 > 1,5 \text{ O.K.!!}$$

▪ **Verificación al Volteo:**

$$M_v = 180 \times 2,60 + 75 \times 1,15 = 554,25 \text{ kg-m}$$

$$\text{Cortante } Q = 2,5 \text{ kg}$$

▪ **Momento de Volteo Total**

$$M_t = 554,25 + 255 \times 1,40 = 911,25 \text{ kg-m}$$

▪ **Momento Equilibrante**

$$M_E = (\sum P) \times \frac{b}{2} = \frac{(360 + 150 + 7\,746 + 1\,670 - 1\,985,20 \times 1,30)}{2} = 5\,161,52 \text{ kg} - m$$

$$F.S. = \frac{5\,161,52}{911,25} = 5,66 \text{ O.K.!!}$$

▪ **Presión Actuante en Fondo de Cimentación**

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) = \frac{9\,926}{2,00 \times 1,30} \left(1 \pm \frac{6 \times 0,09}{1,30} \right)$$

$$\sigma_1 = 5,40 \frac{Tn}{m^2} < 8 \frac{Tn}{m^2} \quad ; \quad \sigma_2 = 2,23 \frac{Tn}{m^2} < 8 \frac{Tn}{m^2}$$

$$e = \frac{M}{P} = \frac{911,25}{9\,926} = 0,09 \text{ m} \quad ; \quad \frac{B}{6} = \frac{1,30}{6} = 0,22 \text{ m}$$

En ambos casos es O.K. !!

As mín. losa = 0,0018 x 100 x 35 = 6,3 cm²

As mín. en base = USAR MALLA φ ½ 0,15

CAPÍTULO IV

COORDINACIÓN DE LA PROTECCIÓN

4.1 Introducción

El presente Informe de Ingeniería contiene los resultado de los cálculo realizados para la calibración de los relés que forman el Sistema de Protección del equipamiento del proyecto de las Subestaciones de Pomalca – Tumán – Cayaltí (Interconexión Chiclayo - Cooperativas Azucareras).

4.2 Descripción del Sistema Eléctrico

El Sistema Eléctrico está formado por las instalaciones indicadas en el Plano PL-3.01, PL-4.01 y Diagrama Unifilar PL-1.01, del Anexo C, que comprende:

4.2.1 Línea de Transmisión de 60 kV

- *Chiclayo Norte – Pomalca 7,30 Km. Simple Terna*
- *Pomalca – Tumán 8,50 Km. Simple Terna*
- *Tumán – Cayaltí 23,70 Km. Simple Terna*

4.2.2 Subestaciones

Celda de Salida S.E. Chiclayo Norte 60 kV

- S.E. Pomalca : 60 / 22,9 / 10 kV , 7 / 7 / 2 MVA , Ynynd5
- S.E. Tumán : 60 / 22,9 / 10 kV , 7 / 7 / 2 MVA , Ynynd5
- S.E. Cayaltí : 60 / 22,9 / 10 kV , 7 / 7 / 2 MVA , Ynynd5

4.3 Parámetros de la Línea de Transmisión

La tabla N°4.01, muestra los parámetros por unidad de longitud, los parámetros totales en valores reales y los parámetros en por unidad de las líneas consideradas en el Proyecto de Interconexión de las Cooperativas Azucareras.

TABLA N° 4.01 : PARÁMETROS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

EN UNIDADES POR Km.

Cod.	S.E. 1	S.E. 2	V (kV)	L (km)	R1 Ohm/km	X1 Ohm/km	Ro Ohm/km	Xo Ohm/km
L-1	Chiclayo Norte	Pomalca	60	7,30	0,2356	0,4910	0,4539	1,3810
L-2	Pomalca	Tumán	60	8,50	0,2356	0,4910	0,4539	1,3810
L-3	Tumán	Cayaltí	60	23,70	0,2356	0,4910	0,4539	1,3810

EN VALORES REALES

Cod.	S.E. 1	S.E. 2	R1 (Ohm)	X1 (Ohm)	Ro (Ohm)	Xo (Ohm)
L-1	Chiclayo Norte	Pomalca	1,713	3,570	3,30	10,040
L-2	Pomalca	Tumán	2,000	4,173	3,857	11,732
L-3	Tumán	Cayaltí	5,577	11,620	10,744	32,688

EN VALORES POR UNIDAD

$$KV_{base} = 60$$

$$MVA_{base} = 100$$

$$Z_{base} = 60^2/100 = 36 \text{ Ohm}$$

Cod.	S.E. 1	S.E. 2	R1 p.u.	X1 p.u.	Ro p.u.	Xo p.u.
L-1	Chiclayo Norte	Pomalca	0,0476	0,0992	0,0917	0,2789
L-2	Pomalca	Tumán	0,0556	0,1159	0,1071	0,3259
L-3	Tumán	Cayaltí	0,1550	0,3227	0,2984	0,9078

4.4 Parámetros de los Transformadores de Potencia

La tabla N°4.02, muestra los parámetros por unidad de los transformadores de tres devanados para el circuito equivalente en base propia y la siguiente los valores en p.u. para una base de 100 MVA.

TABLA N° 4.02 : PARÁMETROS DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA

VALORES P.U. RESPECTO A BASE PROPIA DE CADA TRANSFORMADOR

Cod	S.E.	Vn1 (kV)	Vn2 (kV)	Vn3 (kV)	Pot1 (MVA)	Pot2 (MVA)	Pot3 (MVA)	Conexión
T-01	Pomalca	60	22,9	10	7	7	2	Ynynd5
T-02	Tumán	60	22,9	10	7	7	2	Ynynd5
T-03	Cayaltí	60	22,9	10	7	7	2	Ynynd5

S.E.	Pbase (MVA)	X12 p.u.	X13 p.u.	X23 p.u.
Pomalca	100	1,1928	2,36	0,955
Tumán	100	1,1928	2,36	0,955
Cayaltí	100	1,1928	2,36	0,955

PARAMETROS P.U. CON RESPECTO A UNA BASE COMUN ($MVA_{base} = 100$)

Cod	S.E.	X1 p.u.	X2 p.u.	X3 p.u.
T-01	Pomalca	1,2985	-0,0761	1,0611
T-02	Tumán	1,2985	-0,0761	1,0611
T-03	Cayaltí	1,2985	-0,0761	1,0611

4.5 Sistema de Protección

El equipamiento del Sistema de protección considerado en la S.E. de Pomalca se muestran en los planos, PL – 4,02, PL – 4,03 y PL – 4,04,

del Anexo C.

Las tablas siguientes muestran los equipamientos y características de los transformadores de corriente, tensión y relés de protección respectivamente:

TABLA N° 4.03 : Características de los Transformadores de Corriente

TABLA N° 4.04 : Características de los Transformadores de Tensión

TABLA N° 4.05 · Características de los Relés de protección

4.6 Análisis de Cortocircuito

Con el fin de determinar los niveles de corriente de falla que detectará cada dispositivo en su zona de protección, se ha efectuado un análisis de cortocircuito tomando como referencia la configuración del sistema.

Los cálculos de cortocircuito se han efectuado mediante un Programa Computacional empleando el método de valores por unidad, considerando una potencia base de 100 MVA. Se ha considerado además en los cálculos las configuraciones para máxima y mínima demanda. Para ambos casos se han calculado las corrientes de cortocircuito para fallas trifásicas y monofásicas a tierra.

Los cálculos han sido efectuados cuando entran en operación el Sistema Interconectado Centro-Norte y los Grupos Térmicos de ELECTRONORTE. Los resultados se muestran en la Tabla N°4.06

TABLA N° 4.03

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

DENOM.	S. E.	EQUIPO	BARRA	A prim.	A sec.	VA nom.	Clase
TC11	Pomalca	T - 01	B60	75 - 100	5	20	0.5
TC12	Pomalca	T - 01	B60	75 - 100	5	20	SP20
TC13	Pomalca	T - 01	B60	75 - 100	5	20	SP20
TC21	Pomalca	T - 01	B22.9	200 - 250	5	20	0.5
TC22	Pomalca	T - 01	B22.9	200 - 250	5	20	SP20
TC23	Pomalca	T - 01	B22.9	200 - 250	5	20	SP20
TC31	Pomalca	T - 01	B10	150 - 200	5	20	0.5
TC32	Pomalca	T - 01	B10	150 - 200	5	20	SP20
TC33	Pomalca	T - 01	B10	150 - 200	5	20	SP20

TABLA N° 4.04

TRANSFORMADORES DE TENSION

DENOM.	S. E.	EQUIPO	BARRA (kV)	V prim. (kV)	V sec. (kV)	VA nom.	Clase
TT1	Pomalca	T - 01	60	$60/\sqrt{3}$	$10\sqrt{3}$	50	0.5
			60	$60/\sqrt{3}$	$10\sqrt{3}$	50	3P

TABLA N° 4.05

RELES DEL SISTEMA DE PROTECCION S.E. POMALCA

RELE	TIPO	CODIGO	TC	TV	CELDA		MARCA
					BARRA	EQUIPO	MODELO
R01	>I Inst.	50	TC1	TT-01	B60	T - 01	GEC ALSTHOM KCGG142
	>I vs T	51					
	>In Inst.	50 N					
	>In vs T	51 N					
R02	>I Inst.	50	TC2		B22,9	T - 01	GEC ALSTHOM KCGG142
	>I vs T	51					
	>In Inst.	50 N					
	>In vs T	51 N					
R03	>I Inst.	50	TC3		B10	T - 01	GEC ALSTHOM KCGG142
	>I vs T	51					
	>In Inst.	50 N					
	>In vs T	51 N					
R04	Diferencial	87 T	TC11		B60	T - 01	GEC
			TC23		B22,9	T - 01	ALSTHOM
			TC33		B10	T - 01	KBCH130
R05	Bloqueo	86 T			B60	T - 01	GEC
					B22,9	T - 01	ALSTHOM
					B10	T - 01	KBCH123
R06	Recierre	79			B60	T - 01	GEC ALSTHOM KTVR100

TABLA N° 4.06

RESULTADOS DEL ANALISIS DE CORTOCIRCUITO

S.E.	MAXIMA DEMANDA					MINIMA DEMANDA			
	V _{base}	FALLA TRIFASICA		FALLA MONOFASICA		FALLA TRIFASICA		FALLA MONOFASICA	
	KV	P.U.	KA	P.U.	KA	P.U.	KA	P.U.	KA
Chiclayo Norte	60	4,252	4,09	6,069	5,84	3,302	3,18	5,471	5,26
Pomalca	60	2,959	2,85	3,212	3,09	2,302	2,21	2,904	2,79
Pomalca	22,9	0,642	1,62	0,817	2,06	0,501	1,26	0,739	1,86
Pomalca	10	0,371	2,14	0,000	0,00	0,294	1,69	0,000	0,00
Tumán	60	2,164	2,08	2,141	2,06	1,687	1,62	1,927	1,85
Tumán	22,9	0,596	1,50	0,758	1,91	0,471	1,19	0,688	1,73
Tumán	10	0,356	2,05	0,000	0,00	0,275	1,59	0,000	0,00
Cayaltí	60	1,277	1,18	1,175	1,13	0,968	0,93	1,061	1,02
Cayaltí	22,9	0,497	1,25	0,635	1,60	0,384	0,97	0,575	1,45
Cayaltí	10	0,318	1,83	0,000	0,00	0,248	1,43	0,000	0,00

4.7 Esquema General del Sistema de Protección

Se tendrá en consideración en este acápite el equipamiento de acuerdo a su función de la Protección Principal y de Respaldo para fallas entre fases y para cuando ocurra una falla a tierra.

4.7.1 Esquema General de Protección para Fallas entre fases

La Tabla N° 4.07 muestra los elementos que forman el sistema eléctrico, la protección principal y respaldo para fallas entre fases.

Las líneas L-1, L-2, L-3 en 60 kV tiene como protección principal la protección de distancia cuyo alcance de la primera zona será del 120 % de la longitud de la línea, lo que incluye las primeras espiras de todos los transformadores de potencia. Se adopta este criterio en vista de que en el extremo de Cayaltí no se cuenta con otro relé de distancia.

Las fallas de fases en los transformadores serán eliminadas por la protección diferencial, la misma que tiene como respaldo la protección de distancia de la línea y del relé de sobrecorriente del lado de 60 kV.

La salida de 22,9 kV de la S.E. Pomalca cuenta con Recloser, la operación del recierre se hará una sola vez luego de transcurrido el tiempo de 400 milisegundos para evitar recierre en fallas consecutivas.

4.7.2 Esquema General de la Protección de Fallas a Tierra

La Tabla N°4.08 muestra los elementos de la protección principal y de respaldo para fallas a tierra.

TABLA Nº 4.07

ESQUEMAS DE PROTECCION - FALLA ENTRE FASES

S. E.	EQUIPO	PROT. PRINCIPAL			PROT. DE RESPALDO		
		CODIGO	FUNCION	RELE	CODIGO	FUNCION	RELE
Chi. - Norte	L - 1	R - 01	21	GEC	R - 01	67	GEC
	L - 2			ALSTHOM			ALSTHOM
	L - 3			EPAC3112			EPAC3112
Pomalca	T - 01	R - 05	87T	GEC ALSTHOM EPAC3112	R - 02	50 / 51	GEC ALSTHOM EPAC3112
Tumán	T - 02	R - 11	87T	GEC ALSTHOM EPAC3112	R - 08	50 / 51	GEC ALSTHOM EPAC3112
Cayaltí	T - 03	R - 17	87T	GEC ALSTHOM EPAC3112	R - 17	50 / 51	GEC ALSTHOM EPAC3112

TABLA Nº 4.08

ESQUEMAS DE PROTECCION - FALLA ENTRE FASE - TIERRA

S. E.	EQUIPO	PROT. PRINCIPAL			PROT. DE RESPALDO		
		CODIGO	FUNCION	RELE	CODIGO	FUNCION	RELE
Chi. - Norte	L - 1	R - 01	21 N	GEC			
	L - 2		79 N	ALSTHOM			
	L - 3		67 N	EPAC3112			
Pomalca	T - 01	R - 05	87T	GEC ALSTHOM EPAC3112	R - 02	50N / 51N	GEC ALSTHOM EPAC3112
Tumán	T - 02	R - 11	87T	GEC ALSTHOM EPAC3112	R - 08	50N / 51N	GEC ALSTHOM EPAC3112
Cayaltí	T - 03	R - 17	87T	GEC ALSTHOM EPAC3112	R - 14	50N / 51N	GEC ALSTHOM EPAC3112

El relé de distancia protege las fallas a tierra francas o de baja impedancia y su alcance, es similar al caso de fallas entre fases.

Así mismo, para fallas a tierra de alta impedancia, se ha habilitado la función de protección direccional a tierra (67N) del relé de distancia.

Las fallas a tierra en los transformadores serán detectadas por los respectivos relés diferenciales teniendo como respaldo la protección de distancia y la protección de sobrecorriente a tierra de 60 kV.

En las Subestaciones de Pomalca, Tumán y Cayaltí con el propósito de detectar fallas a tierra se recomienda instalar transformadores Zig-Zag en la barra de 10kV el que proporcionará el retorno de la corriente de falla a tierra.

4.8 Ajustes de Relés en la S.E. Chiclayo Norte

4.8.1 Ajustes del Relé R-01: Protección de Distancia (21) de la Línea 60 kV Chiclayo Norte – Pomalca – Tumán - Cayaltí

Marca **GEC ALSTHOM**

Modelo : **EPAC3112**

▪ Esquema Utilizado

Para la línea Chiclayo Norte – Pomalca – Tumán – Cayaltí se ha considerado un relé de distancia del tipo OHM o reactancia, adecuado para líneas cortas, pues determina la ubicación de la falla en base a la reactancia de la línea, haciéndola muy poco sensible a la resistencia de falla.

La primera zona cubrirá el 120 % de la línea, es decir hasta las primeras espiras de todos los transformadores de potencia, la segunda zona cubrirá hasta el 60 % del transformador de potencia de S.E. Pomalca y la tercera zona hasta el 85 % del mismo transformador. No es necesario emplear la cuarta zona, la quinta zona cubrirá el 20% de la línea hacia atrás.

4.8.2 Ajuste de la Función de Recierre (79) de la Línea L-1, L-2, L-3:

Chiclayo Norte – Pomalca – Tumán – Cayaltí 60 kV

Marca : GEC ALSTHOM

Modelo : EPAC3112

Como la primera zona cubre hasta las primeras espiras de los transformadores de potencia, no es conveniente emplear esta función porque podría efectuarse el recierre ante una falla interna en los transformadores de potencia.

4.8.3 Ajuste de la Función 67 N del relé de distancia

Con el propósito de detectar fallas de alta impedancia se ajustará esta función para una corriente de 0,5 A en el lado secundario (40 A en primario) y temporizado a 1 sg. retardado convenientemente para impedir operaciones innecesarias frente a fallas externas.

4.8.4 Ajuste del Relé R-01: Protección de Distancia (21)

Marca : GEC ALSTHOM

Modelo : EPAC3112

S.E. : Chiclayo Norte

Barra : 60 kV

Equipo : L-1, L-2, L-3 Chiclayo Norte – Cayaltí

▪ **Características de la Red**

Longitud de la línea : 39,43 Km

Parámetros p.u. de longitud : (Ohm / Km)

Impedancia	R		X
Secuencia Positiva	0,2356	+	j 0,4910
Secuencia Cero	0,4539	+	j 1,3810

Transformador de Tensión : $\frac{V_{prim}}{V_{sec}} = \frac{60/\sqrt{3}}{0,10/\sqrt{3}} = 600$

Transformador de Corriente : $\frac{I_{prim}}{I_{sec}} = \frac{400}{5} = 80$

$$Z_{sec} = \frac{V_{sec}}{V_{prim}} \times \frac{I_{prim}}{I_{sec}} \times Z_{prim} = \frac{1}{600} \times 80 \times Z_{prim} = \frac{Z_{prim}}{7,5}$$

Lado Primario	Lado Secundario
$Zd = Rd + j Xd = 9,3048 + j 19,36 \text{ Ohm / fase}$	$1,2406 + j 2,5813$
$Zd = Ro1 + j Xo1 = 17,903 + j 54,45 \text{ Ohm / fase}$	$2,3871 + j 7,260$

▪ **Alcances de Protección de Distancia**

1° Zona :

La primera zona cubrirá el 120 % de impedancia de la línea.

Alcance Reactivo	Lado Secundario	Ajuste
$X1 = 120 \% Xd$		
$X1 = 120 \% 19.36$	j 3,0976	
$X1 = 23,232$		

Angulo de impedancia de la 1° zona : $\text{arc tg } (Xd / Rd) = 64,33^\circ$

$Z1 = X1 / \text{sen } 64,33$ $Z1 = 23,232 / \text{sen } 64,33$ $Z1 = 25,7760$	$3,4368 \angle 64,33^\circ$	3,40
--	-----------------------------	------

2° Zona

La 2° zona cubrirá: $Z2 = ZL - 1(\text{Chiclayo-Pomalca}) + 60 \% ZT$ (B22.9)

Alcance Reactivo	Lado Secundario	Ajuste
$Z2 = 3,96 \angle 64,33^\circ + j 0,6(46,76 - 2,73)$ $Z2 = 1,7154 + j 29,9872$ $Z2 = 30,04 \angle 86,72^\circ$	$4,0 \angle 86,72^\circ$	4,0

3° Zona

La 3° zona cubrirá: $Z3 = ZL - 1(\text{Chiclayo -Pomalca}) + 85\% ZT$ (B22,9)

Alcance Reactivo	Lado Secundario	Ajuste
$Z2 = 3,96 \angle 64,33^\circ + j 0,85(46,76 - 2,73)$ $Z2 = 1,7154 + j 40,9892$ $Z2 = 41,03 \angle 87,60^\circ$	$5,4706 \angle 87,60^\circ$	5,47

4° Zona

Esta zona se considera igual que la zona 3

5° Zona

Esta zona está orientada hacia atrás; es decir, detecta las fallas que se producen en la barra de 60 kV y los transformadores de potencia (Chiclayo Norte), podemos seleccionar un alcance para la quinta zona del 20 % de la impedancia de la línea.

Alcance Reactivo	Lado Secundario	Ajuste
$X5 = 20 \% Xd$ $X5 = 20 \% 12,36$ $X5 = 3,870$	$j 0,5163$	0,51

Angulo de impedancia de la 5° zona : $\text{arc tg } (X_d / R_d) = 64,33^\circ$

$Z_5 = X_5 / \text{sen } 64,33$ $Z_5 = 3,872 / \text{sen } 64,33$ $Z_5 = 4,2960$	$0,5728 \angle 64,33^\circ$	$0,57$
--	-----------------------------	--------

▪ **Alcance Resistivo de la Protección de Distancia**

Resistencia de Falla

Resistencia de Arco

Distancia entre Fases = 2 m

Larco = $1,5 \times 2 = 3\text{m}$

Long. Cadena Aislad. = 0,9

Larco = $1,5 \times 0,9 = 1,35$

$$R_{\text{arco}} = \frac{28\,707 \times L_{\text{arco}}}{[I_{F(A)}]^{1.4}}$$

Falla Monofásica a Tierra	Lado Secundario
$L_{\text{arco}} = 1,35$ $I_f = 1\,130\text{ A}$ $R_{\text{arco}} = 2,061$	$0,2748$

Resistencia de Puesta a Tierra : $R_{\text{torre}} = 40$

Resistencia ante falla a tierra	Lado Secundario	Ajuste
$R_{1m} = 100\% (R_{\text{arco}} + R_{\text{torre}})$ $R_{1m} = 100\% (2,06 + 40)$ $R_{1m} = 42,06$	$5,61$	$5,1$

Resistencia ante fallas entre fases similar a falla a tierra	Lado Secundario	Ajuste
$R_{1b} = 100\% R_m$ $R_{1b} = 100\% (42,06)$ $R_{1b} = 42,06$	$5,61$	$5,6$

4.9 Ajustes de Relés en la S.E. Pomalca

4.9.1 Protección de Sobrecorrientes de Fases (50 / 51)

La corriente de operación ha sido ajustada convenientemente, considerándose que estén por encima de la máxima demanda cresta y que la operación sea debidamente coordinada para obtener una buena selectividad.

El ajuste de la corriente de operación instantánea ha sido bloqueado en todos los casos.

TABLA N° 4.09 : Corrientes nominales y de operación de los Relés

▪ Corriente en el Lado Primario del TC:

Cod. Relé	MVA _{nom}	kV _{nom}	I _{nom} (A)	I _{op} (A)	I _{op} / I _{nom}
R - 02	7	60	67,357	100	1,48
R - 03	7	22,9	176,48	250	1,42
R - 04	2	10	115,47	150	1,30
RC1	7	22,9	176,48	200	1,13
RC2	7	2,9	176,48	200	1,13

▪ Ajuste de la Corriente de Operación

Cod. Relé	Cod. TC	Primario (A)		TC	Secundario (A)	
		I _{nom}	I _{op}		I _{nom}	I _{op}
R - 02	TC12	67,357	100	100/5	3,368	5
R - 03	TC22	176,48	250	250/5	3,529	5
R - 04	TC32	115,47	150	150/5	3,850	5
RC1	TC4	176,48	200	200/5	4,412	5
RC2	TC5	176,48	200	200/5	4,412	5

Los TMS de cada relé se ha establecido determinando las fallas en los puntos críticos del sistema, ver anexos.

4.9.2 Protección de Sobrecorriente a Tierra

La corriente de operación se ha ajustado entre 40 % y 60 % de la corriente nominal del circuito protegido, estos ajustes son aceptables ya que la corriente residual en situaciones normales de operación es pequeña.

▪ Corriente en el Lado Primario del TC

Cod. Relé	MVA _{nom}	kV _{nom}	I _{nom} (A)	I _{op} (A)	I _{op} / I _{nom}
R - 02	7	60	67,357	35	0,535
R - 03	7	22,9	176,48	90	0,51
R - 04	2	10	115,47	60	0,52
RC1	7	22,9	176,48	90	0,51
RC2	7	22,9	176,48	90	0,51

▪ Ajuste de la Corriente de Operación

Cod. Relé	Cod. TC	Primario (A)		TC	Secundario (A)	
		I _{nom}	I _{op}		I _{nom}	I _{op}
R - 02	TC12	67,357	35	100/5	3,378	1,75
R - 03	TC22	176,48	90	250/5	3,529	1,80
R - 04	TC32	115,47	60	150/5	3,850	2,00
RC1	TC4	176,48	90	200/5	4,412	2,25
RC2	TC5	176,48	90	200/5	4,412	2,25

4.9.3 Protección Diferencial de los Transformadores de 7/7/2 MVA

Los cálculos realizados para determinar los ajustes de la protección diferencial de los transformadores de POMALCA, TUMAN Y CAYALTI se incluyen a continuación.

Los cálculos se han realizados para determinar las correcciones de relación y desfasaje necesarias para la operación adecuada de la

protección diferencial, ver cuadro de ajuste de relé (87 T) protección del transformador S.E. Pomalca.

4.9.4 Ajuste de Reconectores RC-1 y RC-2: Sobrecorriente de fases y tierra y Recierre (79) en salida de 22,9 kV Pomalca

Marca : GEC ALSTHOM

Modelo : KVTR 100

▪ Esquema Utilizado

La secuencia seleccionada es de un disparo rápido y uno lento. Cuando la corriente sobrepasa el nivel mínimo de disparo seleccionado en una o mas fases, el centro electrónico iniciará la siguiente secuencia programada de eventos:

La señal de sobrecorriente se integra con el tiempo sobre la curva característica del elemento temporizado, rápido para producir la señal que energiza el circuito de disparo. La energización de este circuito cierra el contacto para activar la bobina de disparo del reconector. De manera simultánea el relé de secuencia avanza para energizar el retardo del primer recierre (5 sg). Luego de expirar este retardo, se produce una señal de control que ordena el recierre, y el relé prepara el circuito para la segunda operación que se ha programado para un disparo temporizado.

Si la corriente permanece sobre el nivel mínimo de disparo, se produce un disparo temporizado según la curva característica del

elemento lento, de manera que la falla sea eliminada por el fusible mas cercana a ella. Si la corriente se mantiene todo ese tiempo, entonces se producirá el disparo definitivo y el reconectador quedará bloqueado. Una vez bloqueado, el recloser debe ser repuesto manualmente.

Si el cortocircuito es eliminado antes que la secuencia de operación alcance el bloqueo, el temporizado del circuito de reposición arranca cuando el relé de recierre cierra sobre la línea sin falla. Al culminar el tiempo de reposición el relé se encuentra en la condición inicial y está listo para su secuencia de operación.

Sin embargo, si la falla se repite antes de finalizar el tiempo de reposición, el control continuará su secuencia de operación donde quedó y el tiempo de reposición transcurrido se hará cero.

El comportamiento es similar tanto para fallas entre fases como a tierra. En éste último caso, en lugar de la corriente de fase, se emplea la corriente de secuencia cero.

SELECTOR DEL NÚMERO DE OPERACIONES

Selector del disparo de bloqueo (LOCKOUT SELECTOR) : 2

Selector de disparo rápido de falla a tierra (GROUND TRIP SOCKET) :1

Selector de disparo rápido de falla entre fases(PHASE TRIP SOCKET) :1

TEMPORIZACIÓN DEL INTERVALO DE RECIERRE (Reclosing Interval Relay):

1° : 5 sg

2° : 0 sg

3° : 0 sg

▪ **Unidades de Mínima Corriente de Disparo**

Siendo mínimo disponible 200 ha seleccionado este cartucho para fallas entre fases.

Las corrientes nominales de estas salidas son del orden de 50 A el mínimo cartucho disponible, seleccionamos este valor para la corriente mínima de operaciones ante falla a tierra.

▪ **TEMPORIZACIÓN DE DISPAROS PARA FALLAS ENTRE FASES Y A TIERRA FALLA ENTRE FASES**

Seleccionar el plug tipo A para el disparo rápido y el plug D para el disparo lento.

FALLA A TIERRA : *Seleccionamos el plug 1 para el disparo rápido y el plug 8 para el disparo lento.*

SELECTOR DE RETARDO DE LA REPOSICIÓN : *Seleccionamos 15 sg.*

4.10 Resumen de la Calibración de los relés instalados en las cuatro subestaciones

Se adjunta cuadro de ajustes de protección de los relés instalados en la S.E. Pomalca.

CUADRO N° 4.01

AJUSTE DE LA PROTECCIÓN DE DISTANCIA (21)

1. UBICACION

Subestación : *Chiclayo Norte*
Línea de Transmisión : *L.T. 60 KV Chiclayo Norte - Cayaltí*

2. CARACTERISTICAS DEL RELE

Código : *R01*
Marca : *GEC ALSTHOM*
Modelo : *EPAC 3112*
Corriente Nominal : *5 A*
Tensión Nominal : *100 VAC*
Tensión Continua Auxiliar : *110 VCC*

3. TRANSFORMADOR DE MEDIDA

Transformador de Corriente

Código : *TC13*
VA nom : *30 VA*
Clase : *5P20*
Relación de Transformación: *400/5*

Transformador de Tensión

Código : *TT1*
VA nom. : *30 VA*
Clase : *3P*
Relación de Transformación: *$60 \div \sqrt{3} / 0,1 \div \sqrt{3} / 0,1$ kV*
Relación de Impedancia : *7,5*

4. CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA

<i>Frecuencia Nominal</i>	:	<i>60 Hz</i>
<i>Tensión Nominal</i>	:	<i>100 V</i>
<i>Intensidad Nominal</i>	:	<i>5 A</i>
<i>Longitud de la Línea</i>	:	<i>39,43</i>
<i>Relación Tensión Ku</i>	:	<i>600</i>
<i>Relación de Intensidad Ki</i>	:	<i>80</i>

5. CARACTERÍSTICAS DE MEDIDA

<i>Impedancia de 1er. Escalón</i>	:	<i>3,4 Ohm BT</i>
<i>Impedancia de 2er. Escalón</i>	:	<i>4,0 Ohm BT</i>
<i>Impedancia de 3er. Escalón</i>	:	<i>5,47 Ohm BT</i>
<i>Impedancia de 4to. Escalón</i>	:	<i>5,47 Ohm BT</i>
<i>Impedancia de 5to. Escalón</i>	:	<i>0,51 Ohm BT</i>
<i>Dirección 3er. Escalón</i>	:	<i>Adelante</i>
<i>Temporiz. Escalón 1 (T1)</i>	:	<i>0 ms</i>
<i>Temporiz. Escalón 2 (T2)</i>	:	<i>400 ms</i>
<i>Temporiz. Escalón 3 (T3)</i>	:	<i>800 ms</i>
<i>Temporiz. Escalón 4 (T4)</i>	:	<i>800 ms</i>
<i>Temporiz. Escalón 5 (T5)</i>	:	<i>1200 ms</i>
<i>Temporiz. I>> (T>>)</i>	:	<i>5000 ms</i>
<i>Temporiz. I>> (T>)</i>	:	<i>8000 ms</i>
<i>Resistencia límite defecto</i>	:	<i>5,6 Ohm Lado Secundario</i>
<i>Resistencia límite 2do escalón</i>	:	<i>11,2</i>
<i>Resistencia escalón</i>	:	<i>11,2</i>
<i>Resistencia límite arranque</i>	:	<i>11,2</i>
<i>Activar umbral I>></i>	:	<i>No</i>
<i>Umbral I>></i>	:	<i>4 In</i>
<i>Dirección del umbral I>></i>	:	<i>Adelante</i>
<i>Activar umbral I></i>	:	<i>No</i>

Umbral I> : *2 In*
Dirección del Umbral : *Ninguno*

6. AJUSTE DE TELEPROTECCIÓN

Tipo de disparo : *Trifásico en todo escalón*
Esquema de Teleprotección : *Sin teleprotección*

7. AJUSTE DE TELEPROTECCIÓN PARA LÍNEA EN TC

Potencia línea en Tc : *Sin aplicación*
Esquema de Teleprotección : *Subalcance y autorización*
Desbloqueo o presencia AF : *Ninguno*
Tipo de emisión : *1er escalón*

8. AJUSTES DIVERSOS

Mantenimiento disparo sobre presencia intensidad

Umbral de intensidad de mantenimiento : *1 In*
Umbral Intensidad cierre sobre defecto : *1 In*
Temp. Coordinación direccional atrás : *90 ms*

9. AJUSTE DE FUSIÓN FUSIBLE

Umbral de detección de 10 eli : *00,05 In*

CUADRO N° 4.02

AJUSTE DEL RELE DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADORES

1. UBICACION

Subestación : S.E. Pomalca
Equipo : Transformador T-01

2. CARACTERÍSTICAS DEL RELE

Código : R-05
Marca : GEC ALSTHOM
Modelo : KBCH-130
Frecuencia : 60 Hz
Cte. Nominal (Lado 60 kV) : 5 A
Cte. Nominal (Lado 22.9 kV) : 5 A
Cte. Nominal (Lado 10 kV) : 5 A
Tensión Continua Aux.(VCC) : 110 VCC
Tensión Nominal (Vn) : 100 VAC

3. CARACTERÍSTICAS DEL CIRCUITO PROTEGIDO

LADO	ALTA	MEDIA	BAJA
Tensión Nominal (Kv)	60	22,9	10
Potencia Nominal	7	7	2
Tipo de Conexión	Yn	Yn	D5

4. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

LADO	60 KV	22.9 KV	10 KV
Código	TC 11	TC 23	TC 33
VA nom.	20	20	20
Relación de Transf.	100/5	250/5	150/5
Clase	5P20	5P20	5P20

5. CORRECCIÓN DE RELACIÓN DEL TC

LADO	60 KV	22.9 KV	10 KV
<i>Relación T.C. Principal</i>	<i>20 : 1</i>	<i>50 : 1</i>	<i>30 : 1</i>
<i>Corrección de Relación</i>	<i>1,14</i>	<i>1,09</i>	<i>0,28</i>
<i>Corrección de Fase</i>	<i>Yd5</i>	<i>Yd5</i>	<i>Yy0</i>

6. UNIDAD DIFERENCIAL

	AJUSTE
<i>T. diferencial Mínima de Operación I ds</i>	<i>0,2 In</i>
<i>T. diferencial (Ajuste alto) Id</i>	<i>10 In</i>

7. PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA RESTRINGIDA

	HV 60 KV	MT1 22.9 KV	MT2 10 KV
<i>Nivel de Actuación $I_0 >$</i>	<i>0,1 p.u.</i>	<i>0,1 p.u.</i>	<i>0,1 p.u.</i>

CUADRO N° 4.03

AJUSTE DEL RELÉ DE SOBRECORRIENTE (50/51, 50N/51N)

1. UBICACIÓN

<i>Subestación</i>	:	<i>S.E. Pomalca</i>
<i>Barra</i>	:	<i>60 kV</i>
<i>Equipo</i>	:	<i>Relés de Sobrecorrientes de fases y tierra</i>

2. CARACTERÍSTICAS DEL RELE

<i>Código</i>	:	<i>R-05</i>
<i>Marca</i>	:	<i>GEC ALSTHOM</i>
<i>Modelo</i>	:	<i>KBCH-130</i>
<i>Frecuencia</i>	:	<i>60 Hz</i>
<i>Corriente Nominal</i>	:	<i>5 A</i>
<i>Tensión Continua Aux.:</i>		<i>110 VCC</i>
<i>Tensión Nominal (Vn):</i>		<i>100 VAC</i>

3. CARACTERÍSTICAS DEL CIRCUITO PROTEGIDO

<i>Potencia Nominal</i>	:	<i>7 MVA</i>
<i>Tensión nominal</i>	:	<i>60 kV</i>

4. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

<i>Código</i>	:	<i>TC-12</i>
<i>VA nom.</i>	:	<i>20</i>
<i>Clase</i>	:	<i>5P20</i>
<i>Relación de transf.</i>	:	<i>100/5</i>

CUADRO N° 4.04

AJUSTE DEL RELÉ DE SOBRECORRIENTE (50/51, 50N/51N)

1. UBICACIÓN

<i>Subestación</i>	:	<i>S.E. Pomalca</i>
<i>Barra</i>	:	<i>22,9 kV</i>
<i>Equipo</i>	:	<i>Reles de Sobrecorrientes de fases y tierra</i>

2. CARACTERÍSTICAS DEL RELE

<i>Código</i>	:	<i>TC-22</i>
<i>Marca</i>	:	<i>GEC ALSTHOM</i>
<i>Modelo</i>	:	<i>KCGG142</i>
<i>Frecuencia</i>	:	<i>60 Hz</i>
<i>Corriente Nominal</i>	:	<i>5 A</i>
<i>Tensión Continua Aux.:</i>		<i>110 VCC</i>
<i>Tensión Nominal (Vn):</i>		<i>100 VAC</i>

3. CARACTERÍSTICAS DEL CIRCUITO PROTEGIDO

<i>Potencia Nominal</i>	:	<i>7 MVA</i>
<i>Tensión nominal</i>	:	<i>22,9 kV</i>

4. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

<i>Código</i>	:	<i>TC-22</i>
<i>VA nom</i>	:	<i>20</i>
<i>Clase</i>	:	<i>5P20</i>
<i>Relación de transf.</i>	:	<i>250/5</i>

CUADRO N° 4.05

AJUSTE DEL RELÉ DE SOBRECORRIENTE R-05 (50/51, 50N/51N)

1. UBICACIÓN

<i>Subestación</i>	:	<i>S.E. Pomalca</i>
<i>Barra</i>	:	<i>10 kV</i>
<i>Equipo</i>	:	<i>Reles de Sobrecorrientes de fases y tierra</i>

2. CARACTERÍSTICAS DEL RELE

<i>Código</i>	:	<i>TC-32</i>
<i>Marca</i>	:	<i>GEC ALSTHOM</i>
<i>Modelo</i>	:	<i>KCGG142</i>
<i>Frecuencia</i>	:	<i>60 Hz</i>
<i>Corriente Nominal</i>	:	<i>5 A</i>
<i>Tensión Continua Aux.:</i>		<i>110 VCC</i>
<i>Tensión Nominal (Vn):</i>		<i>100 VAC</i>

3. CARACTERÍSTICAS DEL CIRCUITO PROTEGIDO

<i>Potencia Nominal</i>	:	<i>2 MVA</i>
<i>Tensión nominal</i>	:	<i>10 kV</i>

4. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

<i>Código</i>	:	<i>TC-32</i>
<i>VA nom</i>	:	<i>20</i>
<i>Clase</i>	:	<i>5P20</i>
<i>Relación de transf.</i>	:	<i>150/5</i>

CUADRO N° 4.06

AJUSTE DE LOS RECLOSERS DE LAS SALIDAS DE 22,9 KV

1. UBICACIÓN

Subestación : *S.E. Pomalca*

Barra : *22,9 kV*

2. CARACTERÍSTICAS DEL RELE

Código : *RC-01 – RC-02*

Marca : *GEC ALSTHOM*

Modelo : *KVTR100*

Frecuencia : *60 Hz*

Corriente Nominal : *5 A*

Tensión Auxiliar : *110 VAC*

3. CARACTERÍSTICAS DEL CIRCUITO PROTEGIDO

Potencia Nominal : *7 MVA*

Tensión nominal : *22,9 kV*

CAPÍTULO V

METRADO Y PRESUPUESTO

5.1 Generalidades

Para la elaboración del Metrado y Presupuesto del Proyecto aprobado se ha tomado en consideración los siguientes aspectos:

- a. Los materiales suministrados por el Ministerio de Energía y Minas M.E.M. serán adquiridos mediante licitación pública. El resto de materiales menores serán suministrados por el Contratista que ejecute la Obra.*
- b. Para el metrado de los materiales suministrados por el Contratista se ha considerado excesos para cubrir mermas por flecha, roturas, pérdidas y otros en: conductores 4%, aisladores 3% y ferretería 3%.*
- c. Para los materiales importados los costos incluyen el flete, seguros, aranceles y gastos de desaduanaje.*

5.2 Presupuesto Base

El presupuesto base aprobado corresponde al mes de Setiembre de 1 997 y viene dado en dólares americanos. Para la elaboración de este presupuesto base se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

- a. *Los precios se obtienen de los fabricantes y suministradores o representantes.*
- b. *En el rubro del costo del transporte de los materiales suministrados es la que corresponde desde la ciudad de Lima a Pomalca.*
- c. *En el rubro de los Gastos Generales se consideran los gastos imprevistos no considerados en el metrado, como son la movilidad y transporte de personal, gastos de representación, consumos de los servicios de telefonía, internet, etc.*

En el anexo B se muestra el Metrado y Presupuesto del Monto de inversión necesaria para la ejecución de la Sub-Estación de Pomalca.

5.3 Fórmula Polinómica

Adicionalmente al metrado y presupuesto se considera un reajuste de precios a través de la formula polinómica que es la que caracteriza la estructura de los costos de cada obra en particular.

La aplicación de la fórmula polinómica toma en consideración los índices unificados de precios, elaborados por la Dirección Técnica de indicadores económicos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y que son publicadas periódicamente en el Boletín Mensual de la Institución.

La fórmula viene dada por la siguiente expresión:

$$k = C_1 \frac{P_r}{P_0} + C_2 \frac{A_r}{A_0} + C_3 \frac{C_r}{C_0} + C_4 \frac{F_r}{F_0} + C_5 \frac{J_r}{J_0} + C_6 \frac{GU_r}{GU_0} \quad (5.1)$$

Donde:

K : Constante de actualización de precios

C_i : Coeficiente de Incidencia del Monomio i

0 : Índice Unificado a la fecha del presupuesto base

r : Índice Unificado a la fecha del reajuste

P, A, C, F, J, GU : Símbolos de los Índices Unificados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1. Al inicio de la Ingeniería de Detalle, es conveniente, la revisión de los equipos ha ser instalados y estos deben coincidir con las especificaciones Técnicas del Proyecto.*
- 2. Revisar que el catálogo del fabricante que ha suministrado el equipo, sea el mismo a la del equipo a ser instalado.*
- 3. Debe realizarse con la mayor precisión la medición de la resistividad del terreno, ya que con estos valores obtenidos nos permitirá el calculo de la malla profunda a tierra y ésta debe ser comparada con los valores típicos de terreno, de acuerdo al perfil estratigráfico del suelo.*
- 4. Para el diseño de la malla a tierra, he optado para el cálculo de la corriente de cortocircuito el método del MVA. Comparando los valores obtenidos por este método, con lo realizado a través del programa computacional de Cortocircuito, mis resultados difieren con un mínimo de error (aproximadamente alrededor del 3%).*

RECOMENDACIONES

- 1. Al inicio de la ingeniería de Detalle, se debe respetar las recomendaciones técnicas de instalación dadas por el fabricante.*

2. *Se recomienda solicitar a los fabricantes el plano real del equipo a ser instalado, esto nos permitirá realizar un metrado más exacto de los materiales adicionales a ser colocados, como los pernos de fijación, conectores, soportes entre otros.*
3. *Respetar las normas que determinan las distancias mínimas de separación entre las partes energizadas y tierra así mismo por donde haya cruce de personas.*
4. *Se recomienda revisar los cálculos de las obras civiles, recomendado por los fabricantes para los anclajes de los equipos.*
5. *En la ejecución de las obras Civiles, se recomienda chequear bien los planos en lo referente a la ubicación y colocación de los pernos de anclaje.*
6. *Se deberá respetar los ejes de ubicación de equipos.*
7. *Para el cálculo de los pórticos deberá tener en cuenta las cargas reales a la que será sometida la estructura.*
8. *Para el estudio de la coordinación de las protecciones, deberá tenerse en cuenta las curvas características entregadas por los fabricantes, con las que se deberán hacer los ajustes respectivos, de los diferentes relees.*

ANEXO A

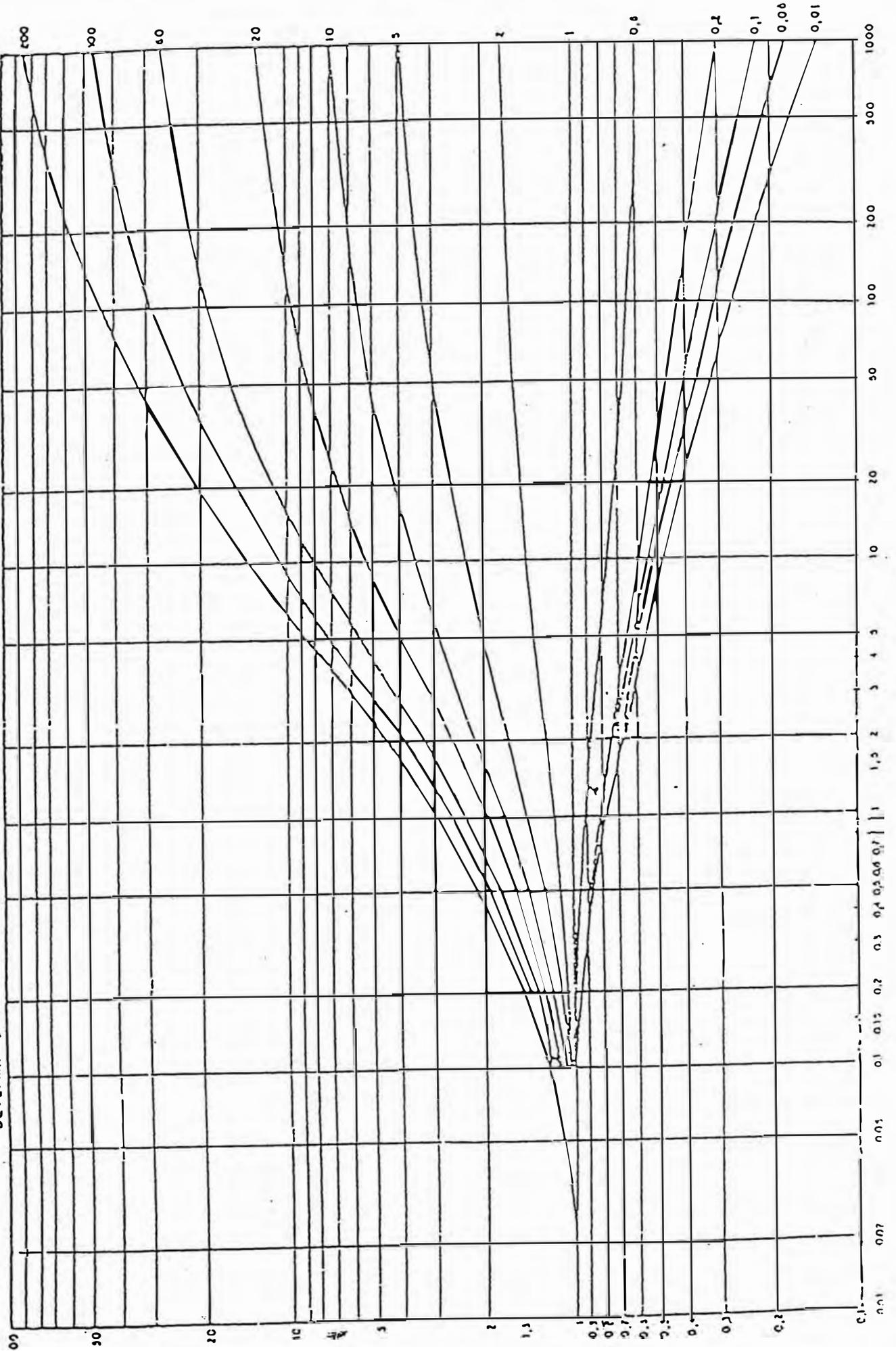
GRAFICOS DE LAS CURVAS DE RESISTIVIDAD

Curva de Resistividade Aparente

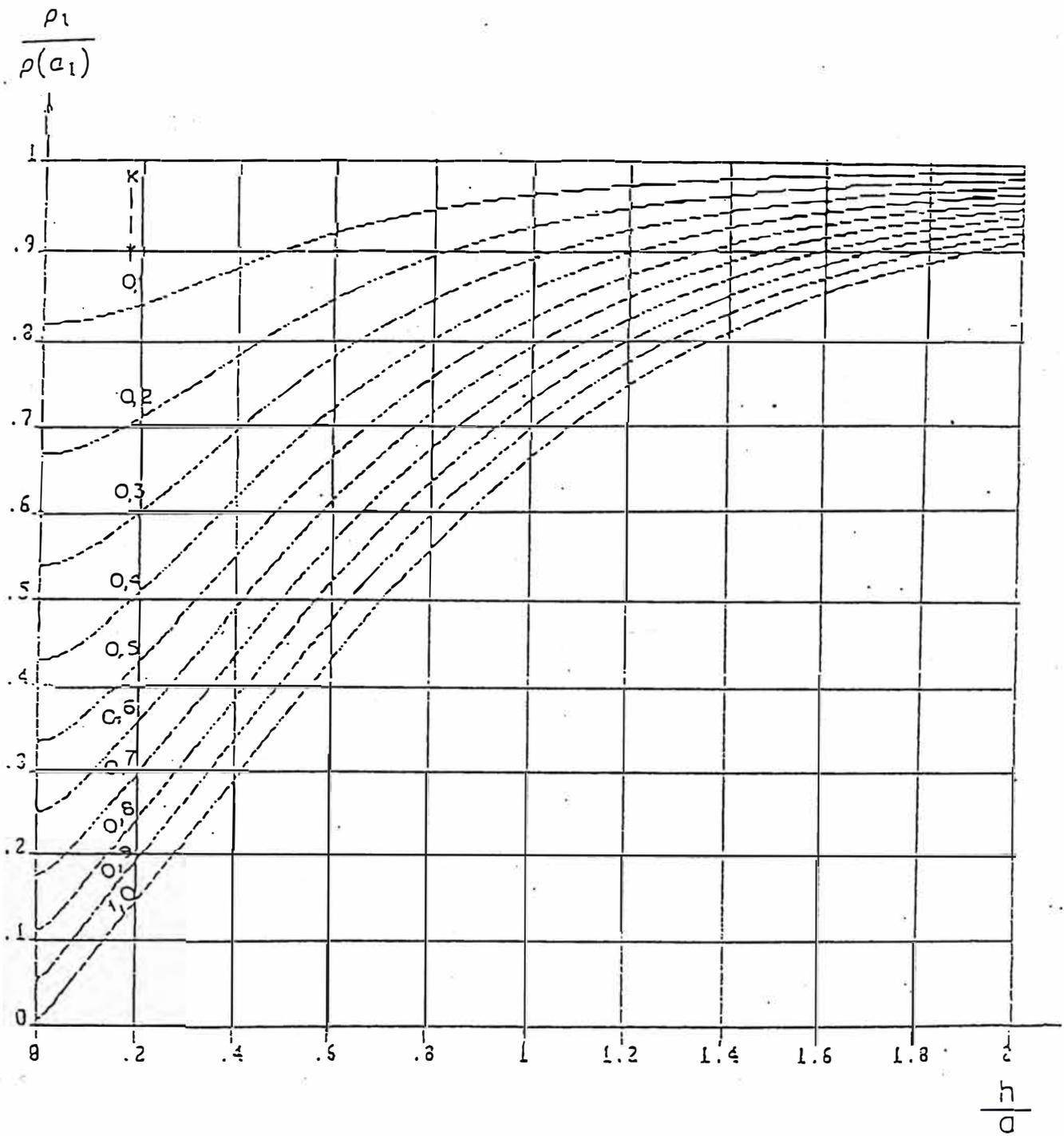
$$\beta = \frac{\rho_{n+1}}{\rho_{eq}}$$

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

DETERMINAÇÃO DA RESISTIVIDADE APARENTE ρ_0 PARA UM SOLO COM 2 CAMADAS ESTRATIFICADAS



Curvas para K Positivos



ANEXO B

METRADO Y PRESUPUESTO

RESUMEN DE LA COTIZACION

**PROYECTO: Diseño e Ingeniería de Detalles de la S.E. Pomalca 7/7/2 MVA
60/22.9/10 KV para su interconexión al Sistema Centro-Norte**

ITEM	DESCRIPCION	MONTO
1.00	Transporte de Equipos y Materiales suministrados por el Ministerio de Energía y Minas M.E.M.	4180,00
2.00	Suministro de Materiales a cargo del Contratista	118685,20
3.00	Montaje, Pruebas y Puesta en Servicio	27616,33
4.00	Obras Civiles	116703,78
	SISTEMA DE COMUNICACIONES	
5.00	Suministro de Equipamiento a cargo del Contratista	12739,00
6.00	Montaje, Obras Civiles, Pruebas y Puesta en Servicio	2655,41
	TOTAL COSTO DIRECTO	282579,72
	GASTOS GENERALES (17.35 %)	49027,58
	UTILIDADES (10 %)	28257,97
	IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS (18 %)	64775,75
	TOTAL COSTO GENERAL (U.S.\$)	424641,02

Fecha : 16 de Agosto del 2000

Tipo de cambio : S/. 3,45 por U.S.\$

METRADO Y PRESUPUESTO

**PROYECTO: Diseño e Ingeniería de Detalles de la S.E. Pomalca 7/7/2 MVA
60/22.9/10 KV para su interconexión al Sistema Centro-Norte**

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P. UNIT.	TOTAL
	TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES SUMINISTRADOS POR EL MEM				
1	TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA				
1.1	Transformador Trifásico de Potencia 60 +-13x1/22.9/10 kV Yn/yn/d5, 7-9/7-9/2-2.5 MVA, ONAN-ONAF, incluye Panel de regulación Automático y transformadores tipo Bushing de corriente	U	1	670,00	670,00
2	INTERRUPTOR DE POTENCIA EN 60 KV				
2.1	Interruptor Trifásico de Potencia SF6, de apertura unipolar 72.5 kV, 325 kV BIL, 1200 A, 20 kA, incluye soporte metal	U	1	502,20	502,20
3	SECCIONADOR EN 60 Kv				
3.1	Seccionador de Barras Tripolar, 72.5 kV, 325 kV BIL, 800 A 16 kA. Incluye soporte metálico	U	3	148,50	445,50
4	TRANSFORMADOR DE TENSION EN 60 kv				
4.1	Transformador de Tensión Capacitivo Unipolar, tipo pedestal 72.5 kV, 325 kV BIL, 60 :V3/0.1 : V3/0.1 kV, 50 VA,0.5, 3P. Incluye soporte metálico	U	3	49,50	148,50
5	PARRARAYOS EN 60 kv				
5.1	Parrarayos Unipolares de 60 kV, 350 kV BIL, 10 kA, clase 3 Incluye contador de descargas y soporte metálico	U	3	48,60	145,80
6	INTERRUPTOR EN 22.9 kv				
6.1	Interruptor Tripolar 24kV,125kV BIL, 630 A, 20kA. Incluye soporte metálico	U	1	243,00	243,00
7	INTERRUPTOR AUTOMATICO DE RECIERRE EN 22.9 kv				
7.1	Interruptor automático de recierre tripolar, 24kV, 150kV BIL 560 A, 12 kA. Incluye soporte metálico	U	3	167,40	502,20
8	SECCIONADORES EN 22.9 kv				
8.1	Seccionador tripolar, 24 kV, 125kV BIL, 630 A, 16 Ka	U	8	81,00	648,00
9	TRANSFORMADOR DE TENSION EN 22.9 kv				
9.1	Transformador inductivo de tensión unipolar 22.9 kV, 125 kV BIL, 22.9 : V3/0.10 : V3/0.10kV Fase-tierra, 50VA,3P,0.5	U	3	32,40	97,20
10	PARRARAYOS EN 22.9 kv				
10.1	Parrarayos Unipolares Ozn, clase estación, 18kV, 170kV BIL 10 kA, clase 2. Incluye soporte metálico	U	3	32,40	97,20
11	INTERRUPTOR EN 10 kv				
11.1	Interruptor Tripolar 17.5 kV, 95 kV BIL, 1200 A, 20 kA incluye soporte metálico	U	1	135,00	135,00

12	SECCIONADOR EN 10 kV				
12.1	Seccionador Tripolar, 17.5 kV, 95 kV BIL, 600 A, 20 kA	U	2	32,40	64,80
13	TRANSFORMADOR DE TENSION EN 10 kV				
13.1	Transformador inductivo de tensión unipolar 10 kV, 95 kV BIL, 10 : V3/0.10 : V3/0.10kV Fase-tierra, 50 VA, 3P, 0.5	U	3	21,60	64,80
14	PARRARAYOS EN 10 Kv				
14.1	Parrarayos unipolares Ozn, clase estación 12kV, 95kV BIL, 10 kA, clase 2, Incluye soporte metálico	U	3	21,60	64,80
15	BANCO Y CARGADOR DE BATERIAS				
15.1	Banco de baterías, 110 VCC, 100 Ah. Incluye cargador y rectificador 380/220 VAC, 60 Hz	U	1	135,00	135,00
16	SISTEMA DE BARRAS 60 kV				
16.1	Conductor de aleación de Aluminio 240 mm2 y cadena de aisladores completas para anclaje y suspensión	Cjto.	1	108,00	108,00
17	SISTEMA DE BARRAS 22.9 kV				
17.1	Conductor de aleación de Aluminio 240 mm2 y cadena de aisladores completas para anclaje y suspensión	Cjto.	1	54,00	54,00
18	SISTEMA DE BARRAS 10 kV				
18.1	Conductor de aleación de Aluminio 240 mm2 y cadena de aisladores completas para anclaje y suspensión	Cjto.	1	54,00	54,00
SUB-TOTAL				4180,00	
SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES A CARGO DEL CONTRATISTA					
19	TABLEROS				
19.1	Panel de mando y señalización 60 kV, 22.9 kV y 10 kV	Cjto.	1	9138,00	9138,00
19.2	Panel de protección y medición del transformador	Cjto.	1	33371,00	33371,00
19.3	Panel de medición 22.9 y 10 kV	Cjto.	1	20796,00	20796,00
19.4	Panel de servicios auxiliares 380/220 VAC - 110 VCC	Cjto.	1	5046,00	5046,00
20	CABLES DE CONTROL				
20.1	Cables multipolares con apantallamiento de Cobre, 600 V calibres varios	Cjto.	1	1330,00	1330,00
20.2	Cables multipolares para fuerza, 600 V, calibres varios	Cjto.	1	818,00	818,00
21	RED DE TIERRA				
21.1	Red de tierra profunda	Cjto.	1	1200,00	1200,00
21.2	Red de tierra superficial	Cjto.	1	400,00	400,00
22	INSTALACIONES ELECTRICAS				
22.1	Instalaciones eléctricas interiores	Cjto.	1	1200,00	1200,00
22.2	Instalaciones eléctricas exteriores (Incluye tuberías PVC - SAP para los cables de control y/o de fuerza)	Cjto.	1	7100,00	7100,00
23	FUSIBLES Y SECCIONAMIENTO - 22.9 kV				
23.1	Seccionador Fusible tipo cartucho, con pértiga de desconexión para 24 kV, 125 kV BIL, 100 A, fusibles y accesorios para transformador de tensión	U	3	162,50	487,50
24	FUSIBLES Y SECCIONAMIENTO - 10 kV				
24.1	Seccionador Fusible tipo cartucho, con pértiga de desconexión	Cjto.	3	149,50	448,50

24.2	xi3n para 15 kV, 95 kV BIL, 100 A, fusibles y accesorios para transformador de tensi3n Seccionador Fusible tipo Cut-Out, con p3rtiga de desconex.	Cjto.	12	184,60	2215,20
25	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES				
25.1	Transformador trif3sico de distribuci3n 50 KVA, ONAN, 10 +-2x2.5 % /0.40 - 0.23 kV, Dyn5. Incluye equipos y accesorios de fijaci3n	Cjto.	1	2500,00	2500,00
26	TRANSFORMADOR ZIG-ZAG CON NEUTRO Y RESISTENCIA DE PAT				
26.1	Transformador trif3sico para puesta a tierra zig-zag con neutro, 60 Hz, 10 kV, 125 kV BIL, ONAN, 200 KVA (a ser precisado en la Ingenier3a de detalles). Incluye equipos y accesorios de fijaci3n para montaje exterior.	Cjto.	1	9000,00	9000,00
26.2	Resistencia de puesta a tierra 5.741 kV, 22.6 Ohm, 256 A (a ser precisado en la ingenier3a de detalles) incluye equipo y accesorios de fijaci3n montaje exterior	Cjto.	1	8385,00	8385,00
27	SISTEMA CONTRA INCENDIO				
27.1	Extintores port3tiles y sobre carril	Cjto.	1	1000,00	1000,00
28	SISTEMA DE BARRAS 60 kV				
28.1	Conectores, aisladores portabarras, m3stiles para cable de guarda y material complementario	Cjto.	1	300,00	300,00
29	SISTEMA DE BARRAS 22.9 kV				
29.1	Conectores, aisladores portabarras, m3stiles para cable de guarda y material complementario	Cjto.	1	300,00	300,00
30	SISTEMA DE BARRAS 10 kV				
30.1	Conectores, aisladores portabarras, m3stiles para cable de guarda y material complementario	Cjto.	1	300,00	300,00
31	PORTICOS				
31.1	P3rticos de barras y de l3neas patio de 60 kV, soporte de barras, equipos y m3stiles para cable de guarda	Cjto.	1	5750,00	5750,00
31.2	P3rticos de barras y de l3neas patio de 22.9 kV, soporte de barras, equipos y m3stiles para cable de guarda	Cjto.	1	4600,00	4600,00
31.3	P3rticos de barras y de l3neas patio de 10 kV, soporte de barras, equipos y m3stiles para cable de guarda	Cjto.	1	3000,00	3000,00
SUB-TOTAL				118685,20	
MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO					
32	TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA				
32.1	Transformador Trif3sico de Potencia 60 +-13x1/22.9/10 kV Yn/yn/d5, 7-9/7-9/2-2.5 MVA, ONAN-ONAF, incluye Panel de regulaci3n Autom3tico	U	1	7153,60	7153,60
33	INTERRUPTOR DE POTENCIA EN 60 KV				
33.1	Interruptor Trif3sico de Potencia SF6, de apertura unipolar 72.5 kV, 325 kV BIL, 1200 A, 20 kA, incluye soporte metal	U	1	267,19	267,19
34	SECCIONADOR EN 60 Kv				
34.1	Seccionador de Barras Tripolar, 72.5 kV, 325 kV BIL, 800 A 16 kA. Incluye soporte met3lico	U	3	271,75	815,25

35	TRANSFORMADOR DE TENSION EN 60 kV				
35.1	Transformador de Tensión Capacitivo Unipolar, tipo pedestal 72.5 kV, 325 kV BIL, 60 :V3/0.1 : V3/0.1 kV, 50 VA,0.5, 3P. Incluye soporte metálico	U	3	235,88	707,64
36	PARRARAYOS EN 60 kV				
36.1	Parrarayos Unipolares de 60 kV, 350 kV BIL, 10 kA, clase 3 Incluye contador de descargas y soporte metálico	U	3	183,42	550,26
37	INTERRUPTOR EN 22.9 kV				
37.1	Interruptor Tripolar 24kV,125kV BIL, 630 A, 20kA. Incluye soporte metálico	U	1	324,52	324,52
38	INTERRUPTOR AUTOMATICO DE RECIERRE EN 22.9 kV				
38.1	Interruptor automático de recierre tripolar, 24kV, 150kV BIL 560 A, 12 kA. Incluye soporte metálico	U	3	304,26	912,78
39	SECCIONADORES EN 22.9 kV				
39.1	Seccionador tripolar, 24 kV, 125kV BIL, 630 A, 16 Ka	U	8	225,40	1803,20
40	TRANSFORMADOR DE TENSION EN 22.9 kV				
40.1	Transformador inductivo de tensión unipolar 22.9 kV, 125 kV BIL, 22.9 : V3/0.10 : V3/0.10kV Fase-tierra, 50VA,3P,0.5	U	3	226,55	679,65
41	PARRARAYOS EN 22.9 kV				
41.1	Parrarayos Unipolares Ozn, clase estación, 18kV, 170kV BIL 10 kA, clase 2. Incluye soporte metálico	U	3	199,42	598,26
42	INTERRUPTOR EN 10 kV				
42.1	Interruptor Tripolar 17.5 kV, 95 kV BIL, 1200 A, 20 kA incluye soporte metálico	U	1	174,20	174,20
43	SECCIONADOR EN 10 kV				
43.1	Seccionador Tripolar, 17.5 kV, 95 kV BIL, 600 A, 20 kA	U	2	180,32	360,64
44	TRANSFORMADOR DE TENSION EN 10 kV				
44.1	Transformador inductivo de tensión unipolar 10 kV, 95 kV BIL, 10 : V3/0.10 : V3/0.10kV Fase-tierra, 50 VA, 3P, 0.5	U	3	226,55	679,65
45	PARRARAYOS EN 10 Kv				
45.1	Parrarayos unipolares Ozn, clase estación 12kV, 95kV BIL, 10 kA, clase 2, Incluye soporte metálico	U	3	199,42	598,26
46	BANCO Y CARGADOR DE BATERIAS				
46.1	Banco de baterías, 110 VCC, 100 Ah. Incluye cargador y rectificador 380/220 VAC, 60 Hz	U	1	256,01	256,01
47	SISTEMA DE BARRAS 60 kV				
47.1	Conductor de aleación de Aluminio 240 mm ² y cadena de aisladores completas para anclaje y suspensión	Cjto.	1	732,16	732,16
48	SISTEMA DE BARRAS 22.9 kV				
48.1	Conductor de aleación de Aluminio 240 mm ² y cadena de aisladores completas para anclaje y suspensión	Cjto.	1	915,20	915,20
49	SISTEMA DE BARRAS 10 kV				
49.1	Conductor de aleación de Aluminio 240 mm ² y cadena de aisladores completas para anclaje y suspensión	Cjto.	1	915,20	915,20

50	TABLEROS				
50.1	Panel de mando y señalización 60 kV, 22.9 kV y 10 kV	Cjto.	1	310,17	310,17
50.2	Panel de protección y medición del transformador	Cjto.	1	310,17	310,17
50.3	Panel de medición 22.9 y 10 kV	Cjto.	1	310,17	310,17
50.4	Panel de servicios auxiliares 380/220 VAC - 110 VCC	Cjto.	1	109,50	109,50
51	CABLES DE CONTROL				
51.1	Cables multipolares con apantallamiento de Cobre, 600 V calibres varios	Cjto.	1	492,35	492,35
51.2	Cables multipolares para fuerza, 600 V, calibres varios	Cjto.	1	324,96	324,96
52	RED DE TIERRA				
52.1	Red de tierra profunda	Cjto.	1	267,76	267,76
52.2	Red de tierra superficial	Cjto.	1	245,68	245,68
53	INSTALACIONES ELECTRICAS				
53.1	Instalaciones eléctricas interiores	Cjto.	1	476,16	476,16
53.2	Instalaciones eléctricas exteriores (Incluye tuberías PVC - SAP para los cables de control y/o de fuerza)	Cjto.	1	158,73	158,73
54	FUSIBLES Y SECCIONAMIENTO - 22.9 kV				
54.1	Seccionador Fusible tipo cartucho, con pértiga de desconexión para 24 kV, 125 kV BIL, 100 A, fusibles y accesorios para transformador de tensión	U	3	112,95	338,85
55	FUSIBLES Y SECCIONAMIENTO - 10 kV				
55.1	Seccionador Fusible tipo cartucho, con pértiga de desconexión para 15 kV, 95 kV BIL, 100 A, fusibles y accesorios para transformador de tensión	Cjto.	3	112,95	338,85
55.2	Seccionador Fusible tipo Cut-Out, con pértiga de desconex.	Cjto.	12	112,95	1355,40
56	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES				
56.1	Transformador trifásico de distribución 50 KVA, ONAN, 10 +-2x2.5 % /0.40 - 0.23 kV, Dyn5. Incluye equipos y accesorios de fijación	Cjto.	1	241,55	241,55
57	TRANSFORMADOR ZIG-ZAG CON NEUTRO Y RESISTENCIA DE PAT				
57.1	Transformador trifásico para puesta a tierra zig-zag con neutro, 60 Hz, 10 kV, 125 kV BIL, ONAN, 200 KVA (a ser precisado en la Ingeniería de detalles). Incluye equipos y accesorios de fijación para montaje exterior.	Cjto.	1	241,55	241,55
57.2	Resistencia de puesta a tierra 5.741 kV, 22.6 Ohm, 256 A (a ser precisado en la ingeniería de detalles) incluye equipo y accesorios de fijación montaje exterior	Cjto.	1	124,02	124,02
58	SISTEMA CONTRA INCENDIO				
58.1	Extintores portátiles y sobre carril	Cjto.	1	6,60	6,60
59	SISTEMA DE BARRAS 60 kV				
59.1	Conectores, aisladores portabarras, mástiles para cable de guarda y material complementario	Cjto.	1	105,66	105,66
60	SISTEMA DE BARRAS 22.9 kV				
60.1	Conectores, aisladores portabarras, mástiles para cable de guarda y material complementario	Cjto.	1	105,66	105,66
61	SISTEMA DE BARRAS 10 kV				

61.1	Conectores, aisladores portabarras, mástiles para cable de guarda y material complementario	Cjto.	1	105,66	105,66
62	PORTICOS				
62.1	Pórticos de barras y de líneas patio de 60 kV, soporte de barras, equipos y mástiles para cable de guarda	Cjto.	1	1252,07	1252,07
62.2	Pórticos de barras y de líneas patio de 22.9 kV, soporte de barras, equipos y mástiles para cable de guarda	Cjto.	1	1032,96	1032,96
62.3	Pórticos de barras y de líneas patio de 10 kV, soporte de barras, equipos y mástiles para cable de guarda	Cjto.	1	918,18	918,18
				SUB-TOTAL	27616,33
OBRAS CIVILES					
63	OBRAS PROVISIONALES				
63.1	Construcciones provisionales Instalación de obra, Casetas, almacén y oficina	Cjto.	1	5000,00	5000,00
63.2	Instalaciones provisionales Instalación temporal de agua, luz y desagüe	Cjto.	1	1000,00	1000,00
64	TRABAJOS PRELIMINARES				
64.1	Desbroce de árboles y extracción de capa vegetal en la zona zona de la S.E. Comprendida dentro de los vértices de la poligonal	m2	1600	1,41	2256,00
64.2	Trazos, niveles y replanteo preliminar	m2	1600	0,28	448,00
64.3	Transporte de maquinarias, equipos, herramientas y materiales	Cjto.	1	1000,00	1000,00
64.4	Demolición de construcción existente de adobe	m2	100	4,48	448,00
65	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
65.1	Plataforma de Subestación				
65.1.1	Nivelación del terreno con equipo pesado	m3	1600	1,03	1648,00
65.2	Excavación para cimentación y otros				
65.2.1	Excavación para cimientos corridos hm _{max} =1.20 m a) En edificio de control(incluye excavac. de zapata) b) En el cerco perimétrico	m3	40	6,53	261,20
		m3	75	6,59	494,25
65.2.2	Excavación para canaletas exteriores, interiores	m3	52	6,59	342,68
65.2.3	Excavación para buzones de cableado hm _{max} =2.0 m	m3	4,5	7,69	34,61
65.2.4	Excavación para pozo de puesta a tierra	m3	4,8	7,69	36,91
65.2.5	Excavación para red de tierra profunda hm _{max} =0.70 m	m3	298	7,10	2115,80
65.2.6	Excavación para pórticos y bases de equipos a instalarse en en patio de llaves	m3	98	6,59	645,82
65.2.7	Excavación para base del transformador de potencia	m3	16,7	6,59	110,05
65.2.8	Excavación para vías de transformador de potencia	m3	10	7,69	76,90
65.3	Relleno compactado con equipo manual				
65.3.1	Acomodo y compactación de relleno con material propio para red de tierra profunda y otros	m3	147	8,14	1196,58
65.4	Eliminación de material excedente (considerar una distancia mínima de 1.0 km)	m3	448	3,37	1509,76
65.5	Nivelación interior y apisonado	m3	101	3,63	366,63
66	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
66.1	Cimientos corridos fc=100 kg/cm² c/h 1:10+30% P.G. D_{max} = 6"				
66.1.1	En edificio de Control y caseta de vigilancia	m3	37,8	57,31	2166,32
66.1.2	En cerco perimétrico	m3	42	45,70	1919,40
66.2	Sobrecimiento corridos fc=140 kg/cm² c/h 1:8+25% P.G. D_{max} = 3"				

66.2.1	Concreto sobrecimiento de 1:8 c/h	m3	11,6	58,90	683,24
66.2.2	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento	m3	138	7,77	1072,26
66.3	Base de Trafo y Vías Trafo				
66.3.1	Concreto fc=140 kg/cm2 (2da. Vaceada)	m3	4,7	61,09	287,12
66.3.2	Encofrao y desencofrado	m3	10	7,77	77,70
66.3.3	Rieles de 70 Lb/pie	Cjto.	1	500,00	500,00
66.4	Falsos pisos				
66.4.1	Falsos pisos en interiores h=4"	m2	50	4,98	249,00
66.4.2	Solado en fundaciones	m2	23,5	4,98	117,03
66.4.3	Sardinel de concreto	m2	150	3,86	579,00
67	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
67.1	Columnas				
67.1.1	Concreto fc=210 kg/cm2				
67.1.1a	En edificio de Control y caseta de vigilancia	m3	3,5	91,63	320,71
67.1.1b	En cerco perimétrico	m3	3,4	91,63	311,54
67.1.2	Encofrao y desencofrado				
67.1.2a	En edificio de Control y caseta de vigilancia	m2	58,5	10,40	608,40
67.1.2b	En cerco perimétrico	m2	70,2	9,13	640,93
67.1.3	Acero fy=4200 kg/cm2				
67.1.3a	En edificio de Control y caseta de vigilancia	kg	405	0,75	303,75
67.1.3b	En cerco perimétrico	kg	540	0,75	405,00
67.1.4	Cisterna subterránea				
67.1.4a	Concreto fc=210 kg/cm2	m3	2	91,63	183,26
67.1.4b	Encofrao y desencofrado	m3	12	9,68	116,16
67.1.4c	Acero fy=4200 kg/cm2	kg	150	0,75	112,50
67.2	Vigas				
67.2.1	Concreto fc=210 kg/cm2				
67.2.1a	En edificio de Control y caseta de vigilancia	m3	7,2	91,63	659,74
67.2.1b	En cerco perimétrico fc=175 kg/cm2	m3	2,6	91,63	238,24
67.2.2	Encofrado				
67.2.2a	En edificio de Control y caseta de vigilancia	m2	53	10,29	545,37
67.2.2b	En cerco perimétrico	m2	70	8,45	591,50
67.2.3	Acero fy=4200 kg/cm2				
67.2.3a	En edificio de Control y caseta de vigilancia	kg	645	0,75	483,75
67.2.3b	En cerco perimétrico	kg	270	0,75	202,50
67.3	Techo aligerado de 20 cm				
67.3.1	Concreto fc=210 kg/cm2	m3	10,8	91,63	989,60
67.3.2	Encofrao y desencofrado	m2	132	9,06	1195,92
67.3.3	Acero fy=4200 kg/cm2	kg	415	0,72	298,80
67.3.4	Ladrillo de techo 15x30x30	U	630	0,53	333,90
67.4	Canaletas interiores y exteriores				
67.4.1	Concreto fc=210 kg/cm2	m3	10	91,63	916,30
67.4.2	Encofrao y desencofrado	m2	44	9,68	425,92
67.4.3	Acero fy=4200 kg/cm2	kg	670	0,75	502,50
67.5	Bases de pórticos y equipos en patio de llaves				
67.5.1	Concreto fc=210 kg/cm2	m3	80	89,26	7140,80
67.5.2	Encofrao y desencofrado	m2	32	9,68	309,76
67.5.3	Acero fy=4200 kg/cm2	kg	1416	0,75	1062,00
67.6	Canaleta de drenaje				
67.6.1	Concreto fc=210 kg/cm2	m3	15	91,63	1374,45
67.6.2	Encofrao y desencofrado	m2	60	9,68	580,80
67.6.3	Acero fy=4200 kg/cm2	kg	900	0,75	675,00
67.7	Sobrecimientos armados fc=175 kg/cm2				
67.7.1	Concreto en edificio de control y caseta de vigilancia	m3	4	72,68	290,72
67.7.2	Encofrado y desencofrado en edificio de control y C. de vig.	m2	42	9,68	406,56
67.7.3	Acero fy=4200 kg/cm2 en edificio y C.	kg	240	0,75	180,00
67.8	Base para transformador y vías				

67.8.1	Concreto fc= 140 kg/cm2	m3	15,3	84,31	1289,94
67.8.2	Encofrado y desencofrado	m3	18,32	9,68	177,34
67.8.3	Acero para trazo y vías	kg	612	0,75	459,00
67.9	Pozo séptico				
67.9.1	Concreto fc= 210 kg/cm2	m3	3,2	89,46	286,27
67.9.2	Encofrado y desencofrado	m2	18	9,68	174,24
67.9.3	Acero fy=4200 kg/cm2	kg	170	0,75	127,50
68	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA				
68.1	Muros ladrillos kk arcilla en Edif. Control y C. Vigilancia				
68.1.1	De cabeza	m2	127,5	14,60	1861,50
68.1.2	De sogá	m2	72	10,56	760,32
68.2	Muros ladrillos kk arcilla en Edif. Control y C. Vigilancia				
68.2.1	De sogá	m2	2700	13,91	37557,00
69	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
69.1	Tarrajeo frotachado en Edif. De Control y C. De vigilancia				
69.1.1	En interiores	m2	332,6	6,62	2201,81
69.1.2	En exteriores	m2	112,33	6,62	743,62
70	CIELO RASO				
70.1	Enlucido de cielo raso con tarrajeo en E. Control y C. Vigil.				
70.1.1	En interiores	m2	141	7,32	1032,12
70.1.2	En exteriores	m2	18,5	7,32	135,42
71	PISOS Y PAVIMENTOS				
71.1	Contrapiso en Edificio de Control y C. De vigilancia	m2	141	5,92	834,72
71.2	Pisos en edificio de control				
71.2.1	Cemento pulido coloreado	m2	88,2	6,65	586,53
71.3	Piso de cerámico en sala de baterías	m2	40,2	19,21	772,24
71.4	Afirmado en patio de maniobras y vías	m2	659	3,16	2082,44
71.5	Veredas en edificio de control	m2	37,5	8,63	323,63
71.6	Enripiado h=0.10 m Diám.=3/4"	m2	854	2,48	2117,92
72	CONTRAZOCALOS				
72.1	Cemento sin colorear h=3" (interior)	m2	77	1,67	128,59
72.2	Cemento sin colorear h=12" (exterior)	m2	40	2,21	88,40
73	ZOCALOS				
73.1	Zócalo mayolica blanca 15x15 de 1ra.	m2	23	19,21	441,83
74	CUBIERTAS				
74.1	Teja de la zona (hecho a mano)	m2	148,5	21,19	3146,72
75	CARPINTERIA DE MADERA				
75.1	Puertas contraplacadas	m2	10,6	50,00	530,00
76	CARPINTERIA METALICA Y HERRERIA				
76.1	Puertas de ingreso metálicas	m2	10,26	68,25	700,25
76.2	Plancha metal estriada e=1/4" inc. Accesorios	m2	4,5	50,00	225,00
76.3	Ventanas metálicas	m2	24	49,32	1183,68
77	CERRAJERIA				
77.1	Cerraduras				
77.1.1	Tipo Yale o similar de 2 golpes exterior	U	2	25,00	50,00
77.1.2	De embutir para interior	U	5	15,00	75,00
77.1.3	De embutir con llave, botón para baño	U	1	15,00	15,00
77.2	Bisagras cadmiadas de 3 1/2" x 3 1/2"	U	10	5,00	50,00

77.3	Picaporte	U	2	12,00	24,00
78	VIDRIOS				
78.1	Vidrio nacional incoloro y semidoble	P2	264	1,85	488,40
78.2	Vidrio triple nacional en caseta de vigilancia	P2	44	4,68	205,92
79	PINTURAS				
79.1	En cielo raso interior y exterior	m2	141,5	2,18	308,47
79.2	En muros interiores y exteriores	m2	445	2,62	1165,90
79.3	En muros interiores, lavable (cuarto de batería) y S.H.	m2	25,4	2,62	66,55
79.4	Pintura anticorrosiva para carpintería metálica	m2	24	2,64	63,36
80	VARIOS, LIMPIEZA Y JARDINERIA				
80.1	Tapas de concreto para canaletas de cable				
80.1.1	De 0.60 x 0.25	U	302	9,64	2911,28
81	APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS				
81.1	Inodoro tanque bajo de loza blanco	U	1	65,00	65,00
81.2	Lavatorio de pared de loza blanco	U	1	35,00	35,00
91.3	Lavadero de acero inoxidable	U	2	45,00	90,00
81.4	Colocación de aparatos	U	4	11,54	46,16
81.5	Colocación de accesorios	U	2	4,33	8,66
82	INSTALACION SANITARIA				
82.1	Desague y ventilación				
82.1.1	Salida de desague	Pto.	4	8,65	34,60
82.1.2	Tubería para desague de 2"	ml	22	2,88	63,36
82.2	Redes Colectoras				
82.2.1	Excavación de zanjas	ml	60	2,31	138,60
82.2.2	Relleno de zanjas	ml	60	4,87	292,20
82.2.3	Tubería PVC Diám. 4"	ml	50	7,16	358,00
82.2.4	Tubería de C.S.N. Diám. 8"	ml	40	14,96	598,40
82.3	Aditamentos de tubería				
82.3.1	Sombbrero de ventilación	Pza.	1	5,09	5,09
82.3.2	Registro roscado Diám. 2"	U	1	11,00	11,00
82.4	Sistema de agua fría				
82.4.1	Salida de agua fría	Pto.	3	4,44	13,32
82.4.2	Diám. 1/2"	ml	20	1,66	33,20
82.5	Válvula Compuerta FoFo incluye uniones universales				
82.5.1	Diám. 1/2"	U	2	14,00	28,00
82,6	Caja de registro de desague 12" x 24"	U	3	8,36	25,08
82,7	Tanque elevado y electrobomba	Cjto.	1	417,57	417,57
				SUB-TOTAL	116703,78
SISTEMA DE COMUNICACIONES					
SUMINISTRO DEL EQUIPAMIENTO A CARGO DEL CONTRATISTA					
83	EQUIPAMIENTO FIJO				
83.1	Estación Repetidora cerro N° 1				
83.1.1	Repetidora VHF	U	1	1735,00	1735,00
83.1.2	Duplexor VHF	U	1	66,00	66,00
83.1.3	Cable Coaxial	m	50	3,99	199,50
83.1.4	Antena VHF	U	1	100,00	100,00
83.1.5	Paneles Solares	Cjto.	1	495,00	495,00
83.1.6	Controlador de carga y Supervisión	U	1	250,00	250,00
83.1.7	Banco de baterías estacionario	U	1	250,00	250,00
83.1.8	Accesorios de montaje	Cjto.	1	150,00	150,00

83.2	Estación base Chiclayo Norte y Chiclayo Oeste				
83.2.1	Transmisor-Receptor VHF	U	2	405,00	810,00
83.2.2	Cable Coaxial	m	100	3,99	399,00
83.2.3	Antena VHF	U	2	100,00	200,00
83.2.4	Mastil para soporte de antena de 20 m	U	2	280,00	560,00
83.2.5	Cargador/Rectificador AC/DC	U	2	120,00	240,00
83.2.6	Banco de baterías estacionario	U	2	250,00	500,00
83.2.7	Accesorios de montaje	Cjto.	2	150,00	300,00
83.3	Estación Base Pomalca				
83.3.1	Transmisor-Receptor VHF	U	1	405,00	405,00
83.3.2	Cable Coaxial	m	50	3,99	199,50
83.3.3	Antena VHF	U	1	100,00	100,00
83.3.4	Mastil para soporte de antena de 25 m	U	1	280,00	280,00
83.3.5	Cargador/Rectificador AC/DC	U	1	120,00	120,00
83.3.6	Banco de baterías estacionario	U	1	250,00	250,00
83.3.7	Accesorios de montaje	Cjto.	1	150,00	150,00
84	EQUIPAMIENTO MOVIL				
84.1	Equipo móvil VHF				
84.1.1	Transmisor-Receptor VHF	U	2	405,00	810,00
84.1.2	Antena unidireccional 1/4 onda, ACC . Montaje	U	2	50,00	100,00
84.1.3	Micrófono dinámico	U	2	140,00	280,00
84.1.4	Filtro de ruido para 12 VCC	U	2	70,00	140,00
84.1.5	Plataforma antivibradora para montaje radio VHF	U	2	80,00	160,00
84.1.6	Cable coaxial VHF	m	10	3,80	38,00
84.1.7	Cable alimentación	m	50	25,00	1250,00
84.1.8	Accesorios de montaje	Cjto.	2	150,00	300,00
84.2	Equipo móvil VHF				
84.2.1	Transmisor-Receptor VHF	U	2	405,00	810,00
84.2.2	Antena VHF	U	2	100,00	200,00
84.2.3	Baterías recargables	U	4	58,00	232,00
84.2.4	Estuche de cuero para equipo de radio	U	4	40,00	160,00
84.2.5	Cargador de baterías	U	3	100,00	300,00
84.2.6	Accesorios completos	m	4	50,00	200,00
	MONTAJE, OBRAS CIVILES, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DEL EQUIPAMIENTO				
85	EQUIPAMIENTO FIJO				
85.1	Estación Repetidora cerro N° 1				
85.1.1	Repetidora VHF	U	1	66,93	66,93
85.1.2	Duplexor VHF	U	1	66,93	66,93
85.1.3	Cable Coaxial	m	50	0,80	40,00
85.1.4	Antena VHF	U	1	33,47	33,47
85.1.5	Paneles Solares	Cjto.	1	63,32	63,32
85.1.6	Controlador de carga y Supervisión	U	1	31,66	31,66
85.1.7	Banco de baterías estacionario	U	1	15,83	15,83
85.1.8	Accesorios de montaje	Cjto.	1	3,93	3,93
85.2	Estación base Chiclayo Norte y Chiclayo Oeste				
85.2.1	Transmisor-Receptor VHF	U	2	16,74	33,48
85.2.2	Cable Coaxial	m	100	0,80	80,00
85.2.3	Antena VHF	U	2	33,47	66,94
85.2.4	Mastil para soporte de antena de 20 m	U	2	79,22	158,44
85.2.5	Cargador/Rectificador AC/DC	U	2	15,83	31,66
85.2.6	Banco de baterías estacionario	U	2	15,83	31,66
85.2.7	Accesorios de montaje	Cjto.	2	3,93	7,86
85.3	Estación Base Pomalca				
85.3.1	Transmisor-Receptor VHF	U	1	16,74	16,74
85.3.2	Cable Coaxial	m	50	0,80	40,00

85.3.3	Antena VHF	U	1	33,47	33,47
85.3.4	Mastil para soporte de antena de 25 m	U	1	79,22	79,22
85.3.5	Cargador/Rectificador AC/DC	U	1	15,83	15,83
85.3.6	Banco de baterías estacionario	U	1	15,83	15,83
85.3.7	Accesorios de montaje	Cjto.	1	3,93	3,93
86	EQUIPAMIENTO MOVIL				
86.1	Equipo móvil VHF				
86.1.1	Transmisor-Receptor VHF	U	2	16,74	33,48
86.1.2	Antena unidireccional 1/4 onda, ACC . Montaje	U	2	66,93	133,86
86.1.3	Micrófono dinámico	U	2	13,39	26,78
86.1.4	Filtro de ruido para 12 VCC	U	2	11,16	22,32
86.1.5	Plataforma antivibradora para montaje radio VHF	U	2	66,93	133,86
86.1.6	Cable coaxial VHF	m	10	1,32	13,20
86.1.7	Cable alimentación	m	50	1,32	66,00
86.1.8	Accesorios de montaje	Cjto.	2	3,93	7,86
86.2	Equipo móvil VHF				
86.2.1	Transmisor-Receptor VHF	U	2	16,74	33,48
86.2.2	Antena VHF	U	2	33,47	66,94
86.2.3	Baterías recargables	U	4	21,10	84,40
86.2.4	Estuche de cuero para equipo de radio	U	4	1,94	7,76
86.2.5	Cargador de baterías	U	3	21,10	63,30
86.2.6	Accesorios completos	m	4	6,28	25,12
87	INGENIERIA DE DETALLE Y ESTUDIO DE COMUNICAC.	Cjto.	1	796,16	796,16
88	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO		1	203,76	203,76
				SUB-TOTAL	15394,41

ANEXO C

PLANOS

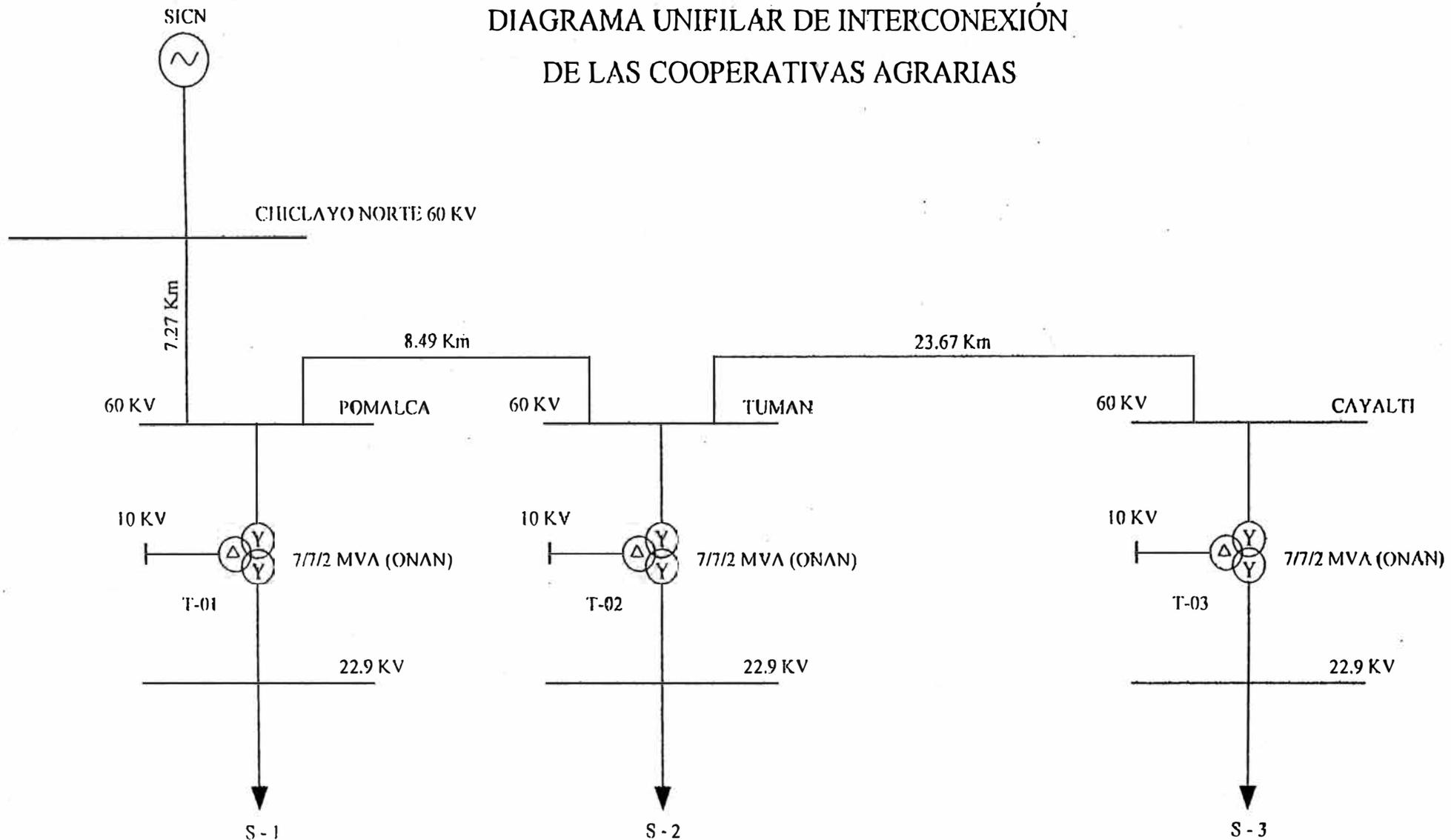
RELACION DE PLANOS

PLANO	DESCRIPCION	FORMATO
<i>PL - 1.01</i>	<i>Diag. Unif. Interconexión de Cooperativas Agrarias</i>	<i>A - 4</i>
<i>PL - 1.02</i>	<i>Ubicación de la S.E.</i>	<i>A - 1</i>
<i>PL - 2.01</i>	<i>Perfil Estratigráfico de Suelo</i>	<i>A - 0</i>
<i>PL - 2.02</i>	<i>Malla de Tierra Profunda</i>	<i>A - 1</i>
<i>PL - 3.01</i>	<i>Ubicación y Disposición de Equipos - Vista de Planta</i>	<i>A - 1</i>
<i>PL - 3.02</i>	<i>Disposición de Equipos - Vista Frontal y Perfil</i>	<i>A - 1</i>
<i>PL - 3.03</i>	<i>Patio de Llaves - Base del Transformador y Pórticos</i>	<i>A - 1</i>
<i>PL - 3.04</i>	<i>Detalles Armado de Portico 10 kV</i>	<i>A - 2</i>
<i>PL - 3.05</i>	<i>Detalles Armado de Portico 22.9 kV</i>	<i>A - 2</i>
<i>PL - 3.06</i>	<i>Detalles Armado de Portico 60 kV</i>	<i>A - 2</i>
<i>PL - 3.07</i>	<i>Detalles de unión de estructuras de Pórticos</i>	<i>A - 3</i>
<i>PL - 3.08</i>	<i>Detalles de la Cimentación de Pórticos</i>	<i>A - 3</i>
<i>PL - 3.09</i>	<i>Vista Frontal, Perfil y Planta del Pórtico 10kV</i>	<i>A - 2</i>
<i>PL - 3.10</i>	<i>Vista Frontal, Perfil y Planta del Pórtico 22.9 kV</i>	<i>A - 2</i>
<i>PL - 3.11</i>	<i>Vista Frontal, Perfil y Planta del Pórtico 60 kV</i>	<i>A - 2</i>
<i>PL - 4.01</i>	<i>Diagrama Unifilar de Distribución de Equipos</i>	<i>A - 1</i>
<i>PL - 4.02</i>	<i>Diagrama Unifilar Medición y Protección de Equipos</i>	<i>A - 1</i>
<i>PL - 4.03</i>	<i>Diag. Unif. Falla Corto Circuito en Barras PO-TU-CA</i>	<i>A - 4</i>
<i>PL - 4.04</i>	<i>Diag. de Bloque de Prot. Diferenc. Del Transf. De Pot.</i>	<i>A - 4</i>

BILIOGRAFÍA

1. *Otto Guthmann, Rolf Póhlmann, Willi J. Schmitt, “ Manual de las Instalaciones de Distribución de Energía Eléctrica”, Ediciones URMO S.A., 1 983.*
2. *José Ramírez Vázquez, “ Estaciones de Transformación, Distribución y Protección de Sistemas Eléctricos”, Ediciones CEAC, S.A., 1 974*
3. *Paulino Montané Sangrá, “Protecciones en las Instalaciones Eléctricas”, Editorial MARCOMBO, 1 988*
4. *Proyección Social – FIEE, “Curso Corto de Diseño de Subestaciones”, Ediciones C.C.I.E.S.A.M.-UNI, 1 988*
5. *Gilberto Enríquez Harper, “Fundamentos de Protección en Sistemas Eléctricos”, Editorial LIMUSA, 1 996*
6. *IEEE, “ TRANSACTION ON INDUSTRY APPLICATIONS”, Marzo, Abril, 1 974*
7. *Ministerio de Energía y Minas, Dirección Nacional de Electricidad “Código Nacional de Electricidad”, Tomo IV, 1 987*

DIAGRAMA UNIFILAR DE INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

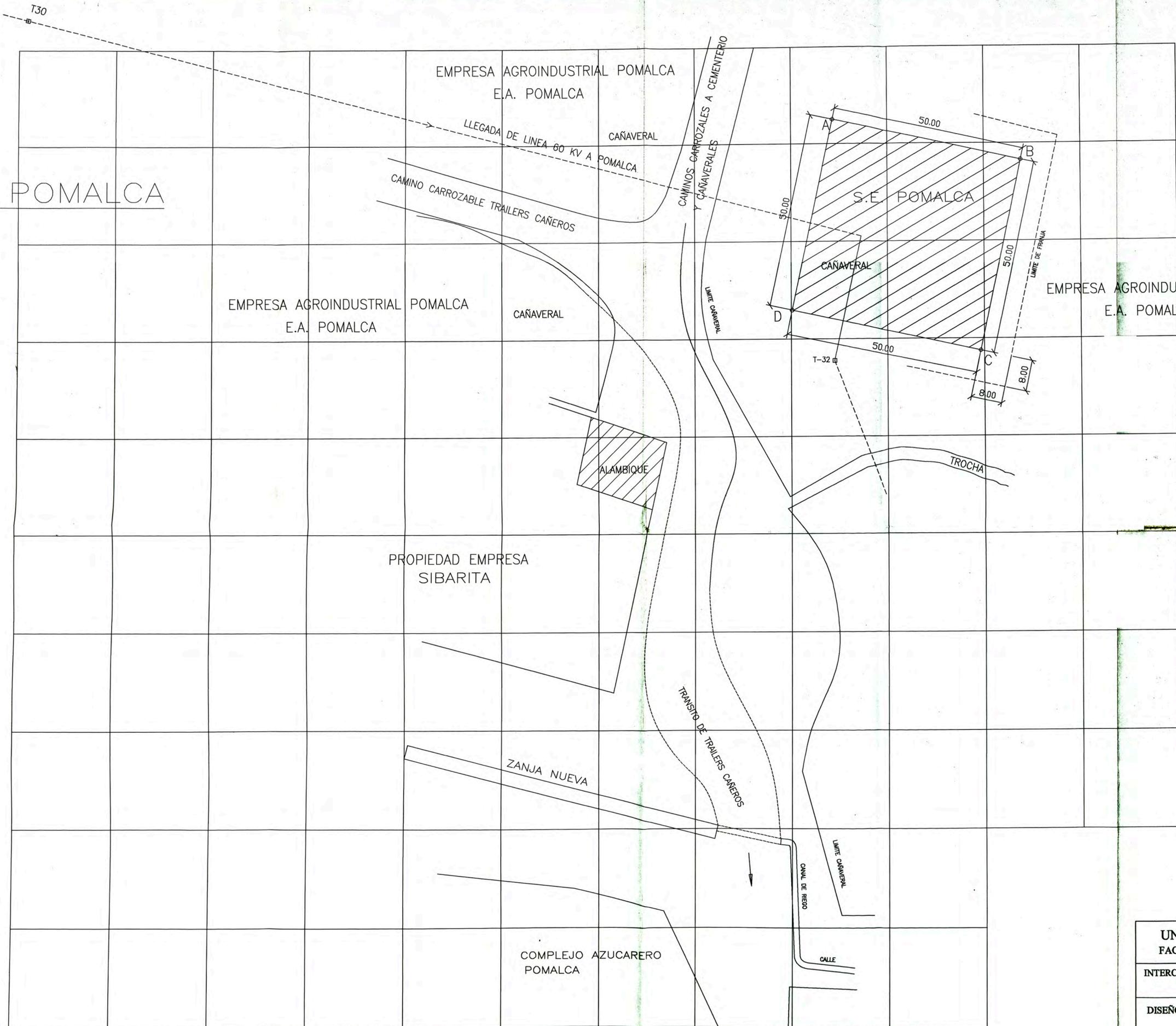
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS E INGENIERÍA

DISEÑO	CAPCHA AIRA H.
DIBUJO	CAPCHA AIRA H.
ASESOR	Ing. UBALDO ROSADO
FECHA	JULIO - 2003

DESCRIPCIÓN:
DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA
DIAGRAMA UNIFILAR DE INTERCONEXIÓN DE LAS
COOPERATIVAS AGRARIAS AL SISTEMA CENTRO NORTE

Nº PLANO
PL- 1.01

S.E. POMALCA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

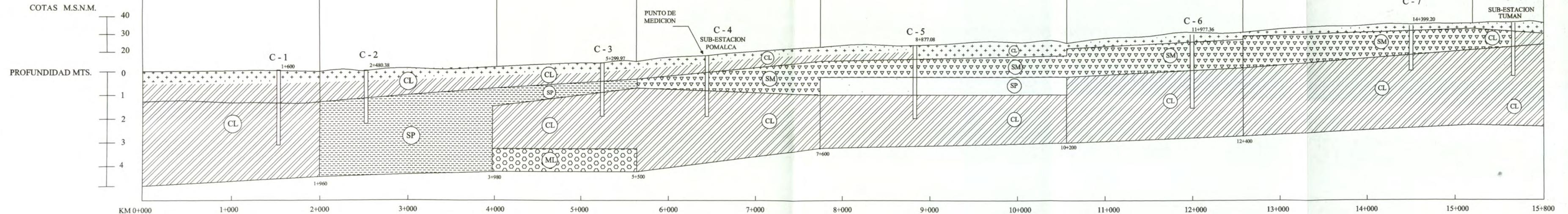
DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
UBICACION DE LA SUBESTACION

UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
ASISOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: 1 / 500
		PLANO: PL - 1.02

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

PROFUNDIDAD (mts)	0.00 - 1.30	1.30 - 2.50	2.50 - 4.30	0.00 - 1.00	1.00 - 4.50	0.00 - 0.65	0.65 - 1.00	1.00 - 3.45	3.45 - 4.40	0.00 - 0.25	0.25 - 0.90	0.90 - 4.30	0.00 - 0.55	0.55 - 1.35	1.35 - 2.00	2.00 - 4.40	0.00 - 0.40	0.40 - 1.50	1.50 - 4.40	0.00 - 0.20	0.20 - 1.05	1.05 - 4.20	0.00 - 0.40	0.40 - 0.80	0.80 - 4.40
% PASA MALLA 200 (%)	Mat. Orgánico	86.10	97.30	90.10	16.40	M. Organ.	14.00	88.00	91.50	M. Organ.	9.20	88.30	M. Organ.	92.20	12.60	94.50	M. Organ.	48.50	87.50	M. Organ.	48.50	98.70	M. Organ.	77.70	84.20
LIMITE LIQUIDO (%)	—	28.60	43.80	28.80	15.40	—	17.60	36.40	30.30	—	15.80	29.00	—	26.80	15.80	27.70	—	16.60	33.60	—	17.40	46.30	—	28.10	33.90
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	—	12.20	22.60	11.50	N° P°	—	N° P°	16.80	12.20	—	N° P°	10.40	—	9.40	N° P°	9.20	—	N° P°	14.90	—	N° P°	23.40	—	8.60	15.15
SALES SOLUBLES (PPM)	—	380	293	236	418	—	1700	—	—	—	610	430	—	440	448	432	—	320	280	—	280	410	—	630	410
HUMEDAD NATURAL (%)	—	26.20	27.12	12.50	21.60	15.70	12.20	21.60	24.80	—	18.50	22.40	10.20	6.30	22.30	28.30	—	13.80	18.20	—	11.90	26.40	—	13.40	17.60
NIVEL FREÁTICO (mts)	—	2.30		2.50		2.50			2.10			2.50			2.10			3.05			4.00				



LEYENDA	
CL	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD
SP	ARENAS MAL GRADUADAS POCOS O SIN FINOS
ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS DE BAJA PLASTICIDAD
SM	ARENAS LIMOSAS MEZCLA DE ARENA Y LIMO

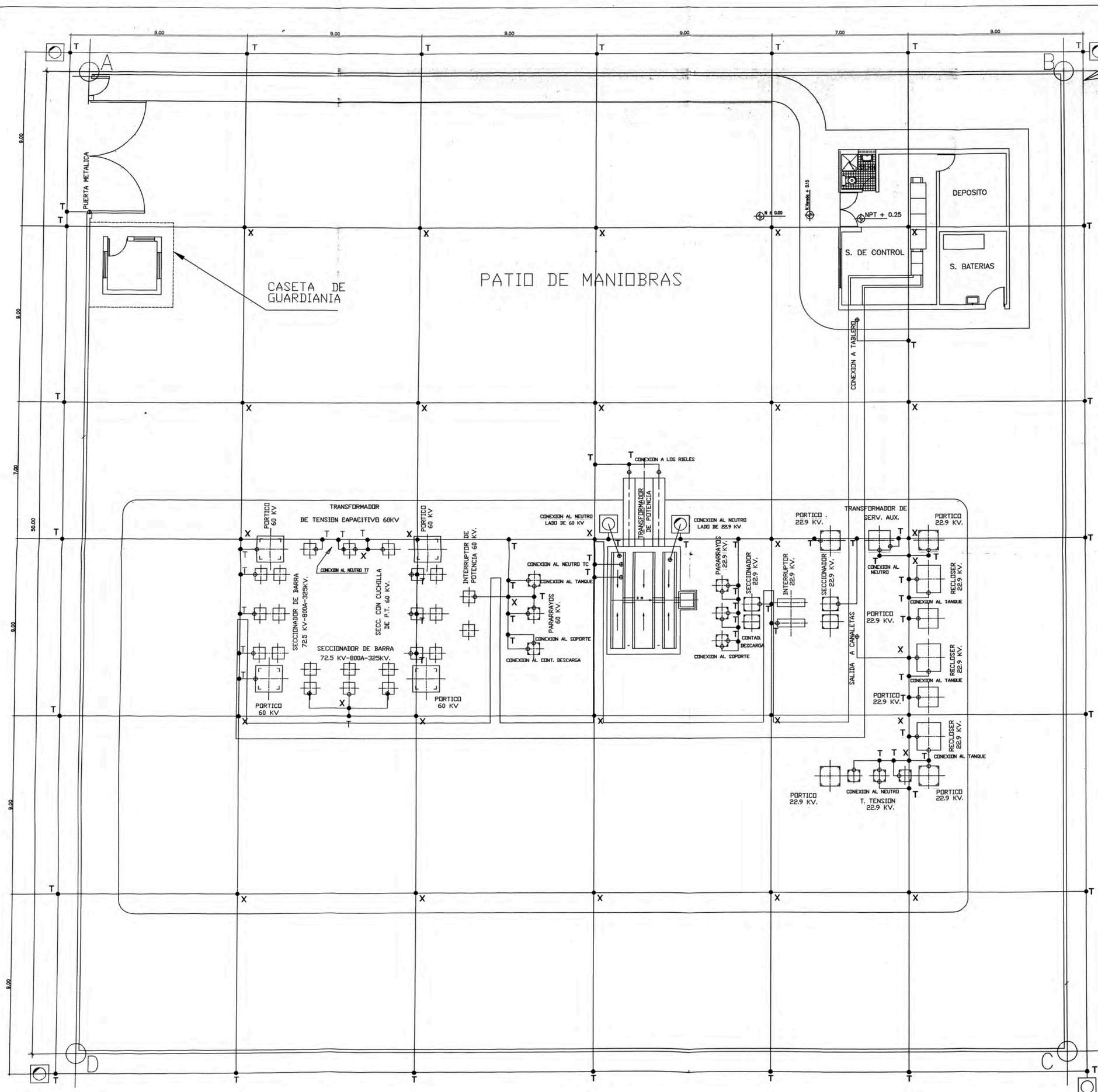
CALICATAS	PRESIONES ADMISIBLES A CARGAS DE TRABAJO		
	PROFUNDIDAD mts.		
	2.00	2.50	3.00
C - 01	0.792	0.843	0.950
C - 02	1.250	1.509	1.771
C - 03	0.772	0.823	0.874
C - 04	0.902	0.963	1.030
C - 05	0.874	0.922	—
C - 06	0.880	0.926	—
C - 07	0.893	0.940	—
C - 08	0.880	0.980	—

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

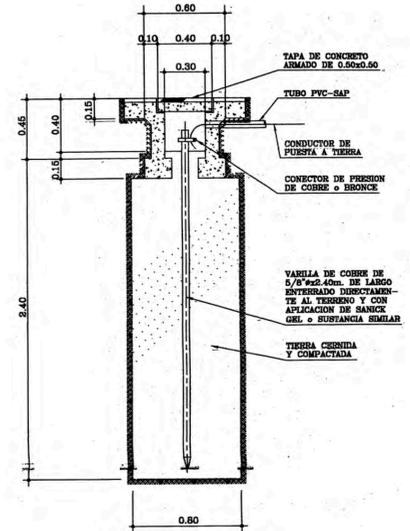
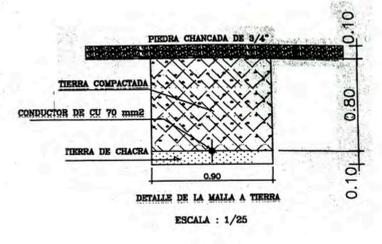
INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO

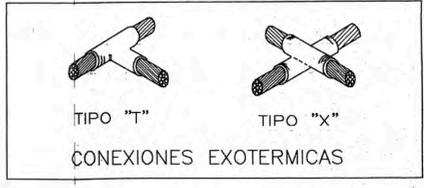
UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
ASISOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA
		PLANO: PL - 2.01



MALLA DE TIERRA PROFUNDA



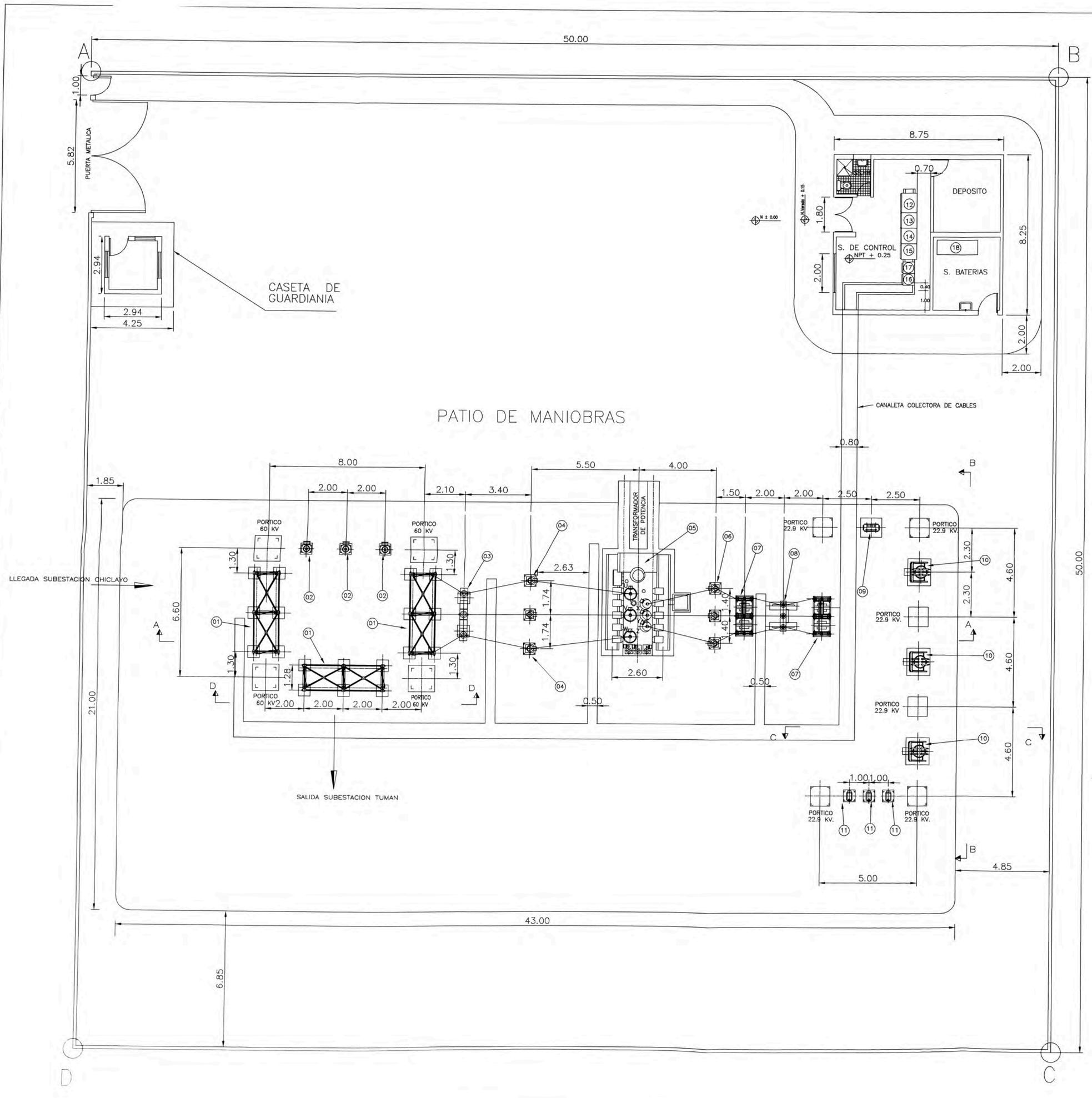
DETALLE-POZO DE PUESTA A TIERRA
ESCALA : 1/25



LEYENDA

- T SOLDADURA TIPO CADWEL EN T
- X SOLDADURA TIPO CADWEL EN X
- POZO DE PUESTA A TIERRA
- CONDUCTOR DE Cu. DESNUDO 70mm²

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS AL SISTEMA CENTRO NORTE			
DISEÑO E INGENIERIA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV DETALLES DE LA MALLA DE TIERRA PROFUNDA			
UBICACION: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.	
ASISOR: Ing. U. ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA	PLANO: PL-2.02



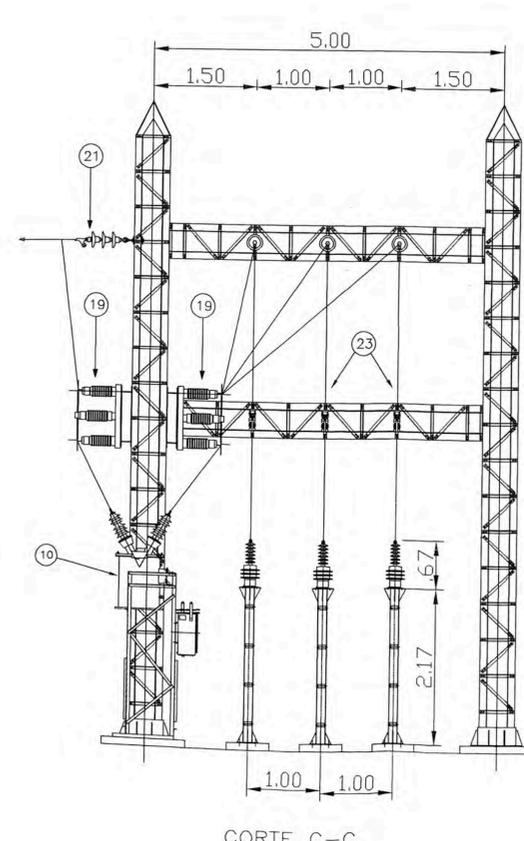
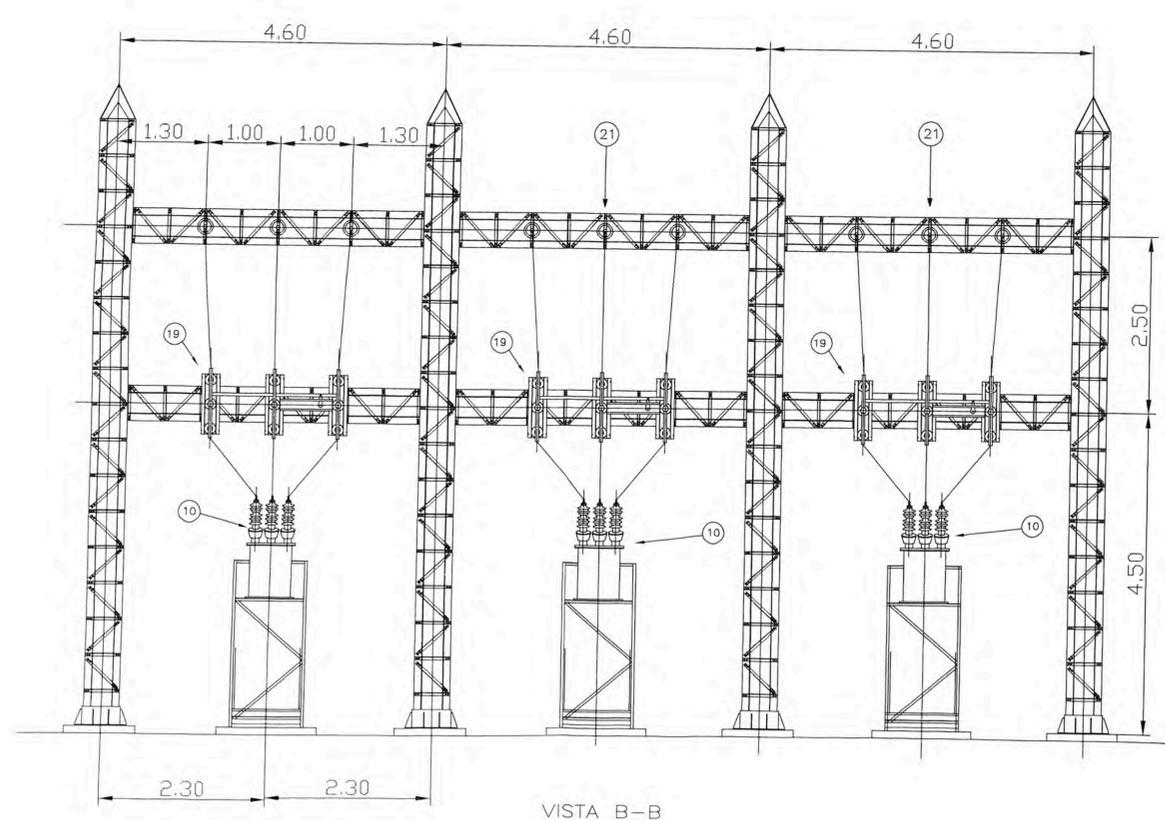
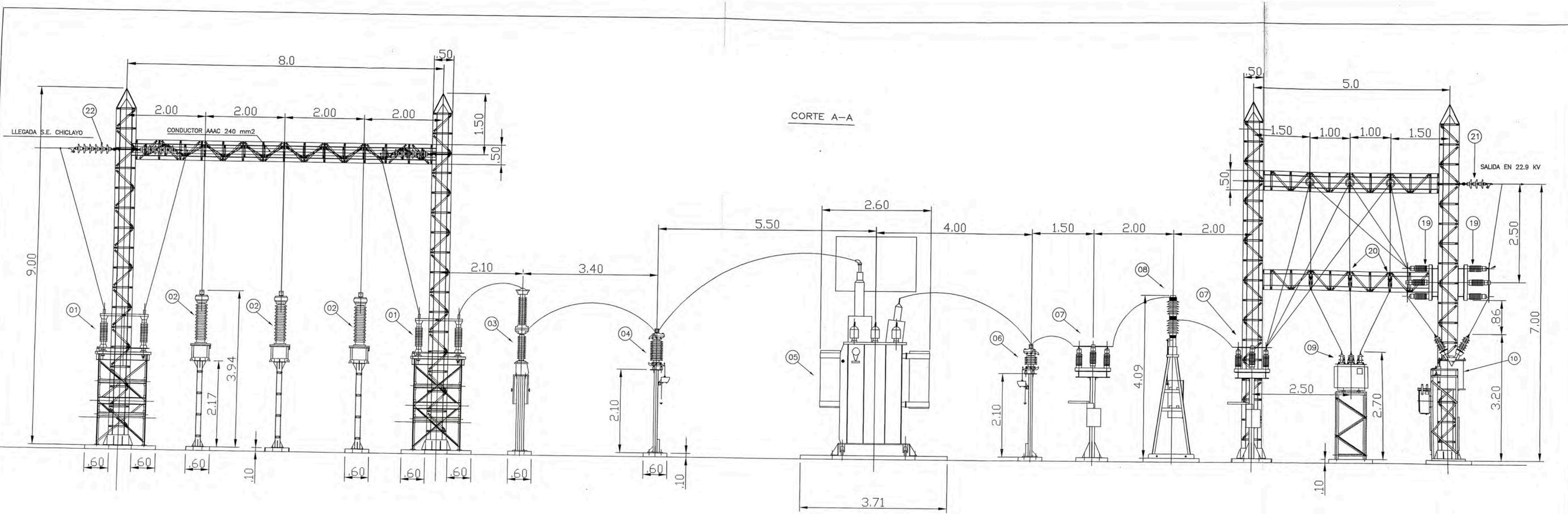
N°	DESCRIPCION
01	SECCIONADOR DE BARRA 72.5 KV-800A-325 KV BIL
02	TRANSFORMADOR DE TENSION 60:V3/0.1:V3/0.1 KV-325 KV BIL
03	INTERRUPTOR DE POTENCIA 72.5 KV-1200 A- 20 KA-325 KV BIL
04	PARARRAYO DE OZn 60 KV- 325 KV BIL
05	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 7/7/2 MVA-ONAN 60/22.9/10 KV
06	PARARRAYO DE OZn 18 KV-170 KV BIL
07	SECCIONADOR 24 KV-630 A- 125 KV BIL HORIZONTAL
08	INTERRUPTOR DE MEDIA TENSION 24 KV-630 A-125 KV BIL
09	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES 22.9/0.4-0.23 KV 50 KVA
10	RECONECTADOR AUTOMATICO 24 KV
11	TRANSFORMADOR DE TENSION 22.9 :V3/0.1:V3/0.1 KV 125 KV BIL
12	TABLERO DE MANDO Y SEÑALIZACION 60 - 22.9 - 10 KV
13	TABLERO DE REGULACION DE TENSION TRANSFORMADOR DE POTENCIA
14	TABLERO DE PROTECCION Y MEDICION TRANSFORMADOR DE POTENCIA
15	TABLERO DE MEDICION 22.9 - 10 KV
16	TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES 380 /230 Vcc -110 Vcc
17	CARGADOR RECTIFICADOR 110 Vcc
18	BANCO DE BATERIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE EQUIPOS

UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA
		PLANO: PL - 3.01



N°	DESCRIPCION
01	SECCIONADOR DE BARRA 72.5 KV-800A-325 KV BIL
02	TRANSFORMADOR DE TENSION 60:V3/0.1:V3/0.1 KV=325 KV-BIL
03	INTERRUPTOR DE POTENCIA 72.5 KV-1200 A- 20 KA-325 KV BIL
04	PARARRAYO DE OZn 60 KV- 325 KV BIL
05	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 7/7/2 MVA-ONAN 60/22.9/10 KV
06	PARARRAYO DE OZn 18 KV-170 KV BIL
07	SECCIONADOR 24 KV-630 A- 125 KV BIL HORIZONTAL
08	INTERRUPTOR DE MEDIA TENSION 24 KV-630 A-125 KV BIL
09	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES 22.9/0.4-0.23 KV 50 KVA
10	RECONECTADOR AUTOMATICO 24 KV
11	TRANSFORMADOR DE TENSION 22.9 :V3/0.1:V3/0.1 KV 125 KV BIL
12	TABLERO DE MANDO Y SEÑALIZACION 60 - 22.9 - 10 KV
13	TABLERO DE REGULACION DE TENSION TRANSFORMADOR DE POTENCIA
14	TABLERO DE PROTECCION Y MEDICION TRANSFORMADOR DE POTENCIA
15	TABLERO DE MEDICION 22.9 - 10 KV
16	TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES 380 /230 Vca -110 Vcc
17	CARGADOR RECTIFICADOR 110 Vcc
18	BANCO DE BATERIAS
19	SECCIONADOR 24 KV-630 A- 125 KV BIL VERTICAL
20	SECCIONADOR TIPO CUT-OUT
21	CADENA DE AISLADORES PARA 22.9 KV
22	CADENA DE AISLADORES PARA 60 KV
23	SECCIONADOR TIPO CARTUCHO

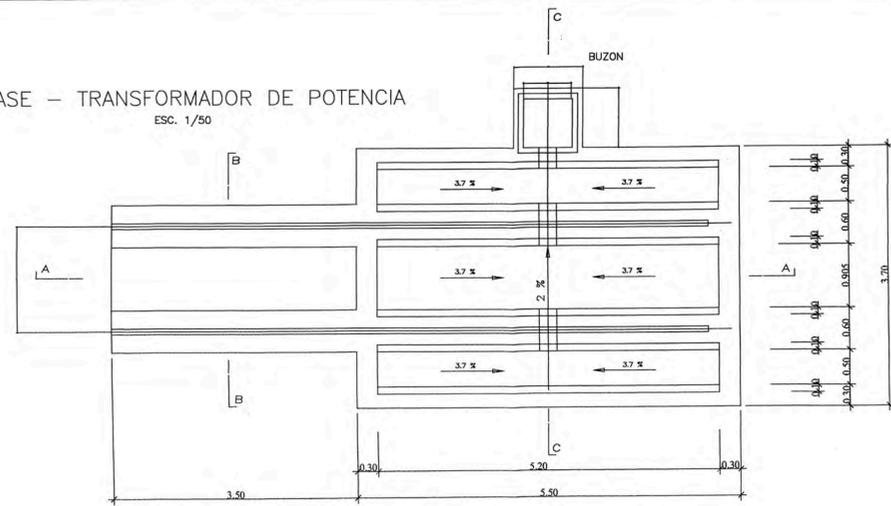
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

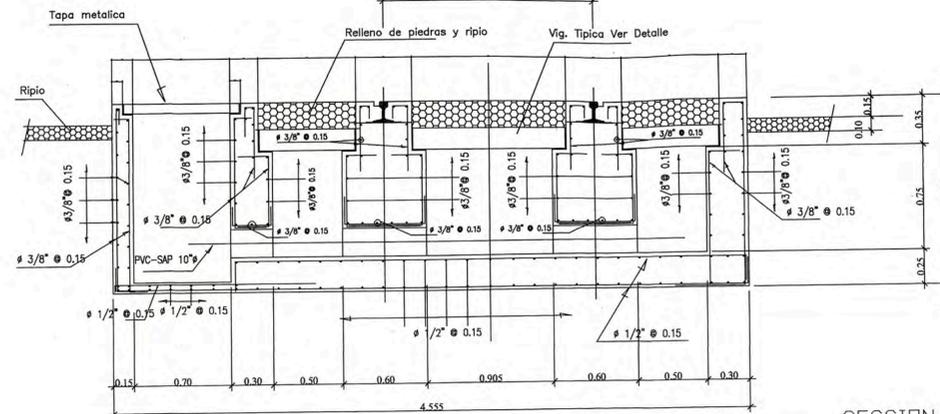
DISÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
DISPOSICIÓN DE EQUIPOS - VISTA FRONTAL Y DE PERFIL

UBICACION: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA
		PLANO: PL - 3.02

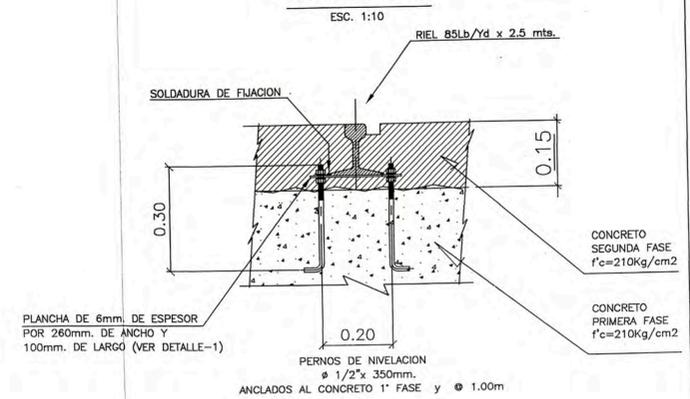
BASE - TRANSFORMADOR DE POTENCIA
ESC. 1/50



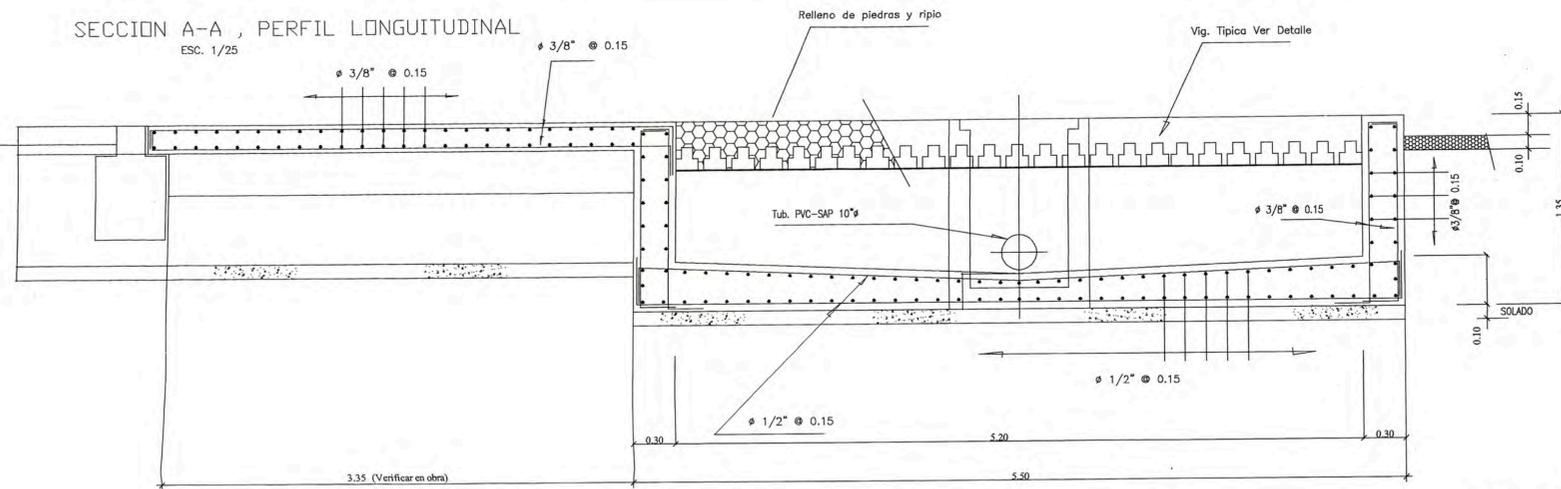
SECCION C-C ESC. 1/25



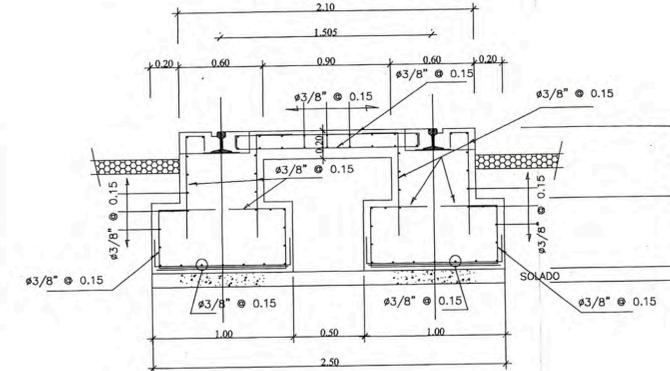
DETALLE C-C



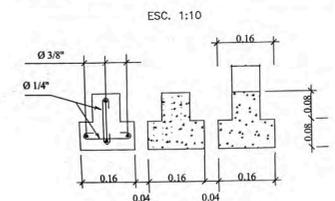
SECCION A-A, PERFIL LONGITUDINAL
ESC. 1/25



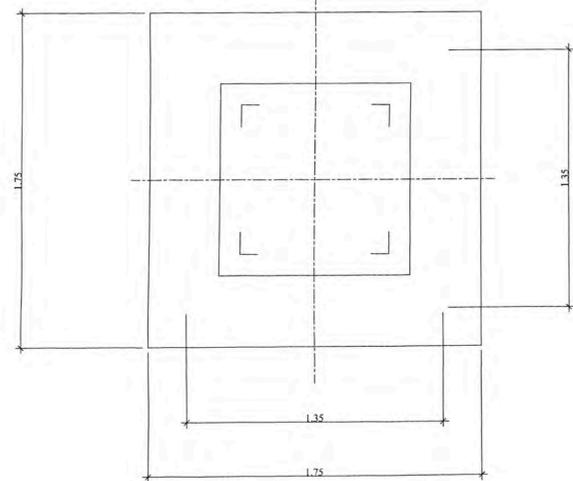
SECCION B-B ESC. 1/25



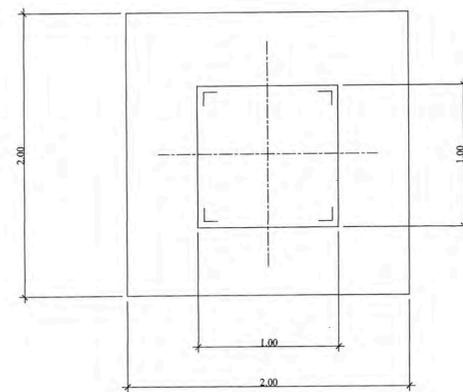
DET. VIGUETA TIPICA PREFABRICADA



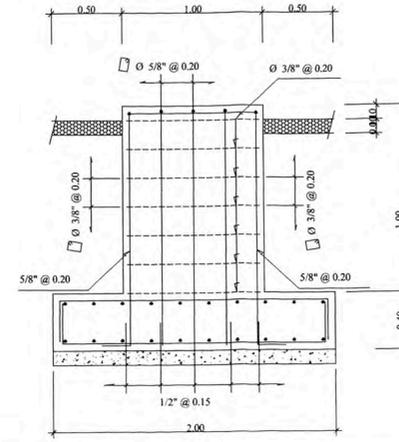
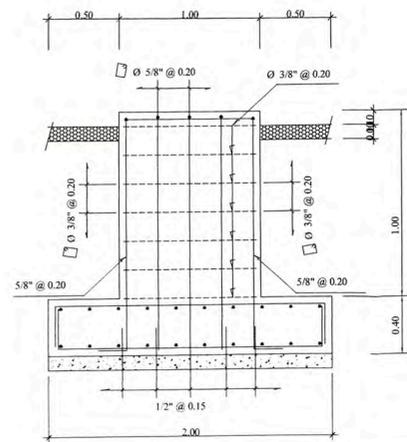
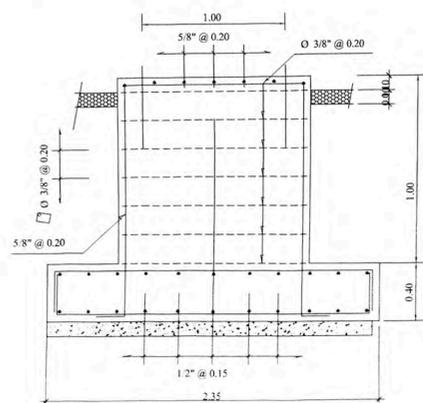
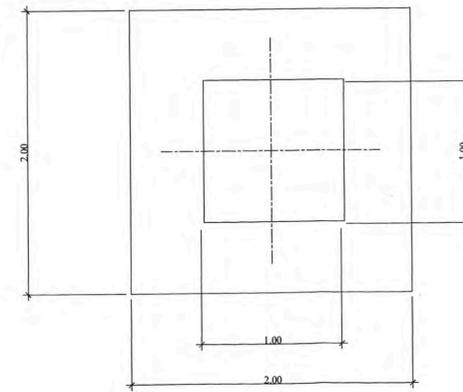
PORTICO T.T. 60 KV.
ESC. 1/25



PORTICO 22.9 KV.
ESC. 1/25



PORTICO 10 KV.
ESC. 1/25



ESPECIFICACIONES TECNICAS

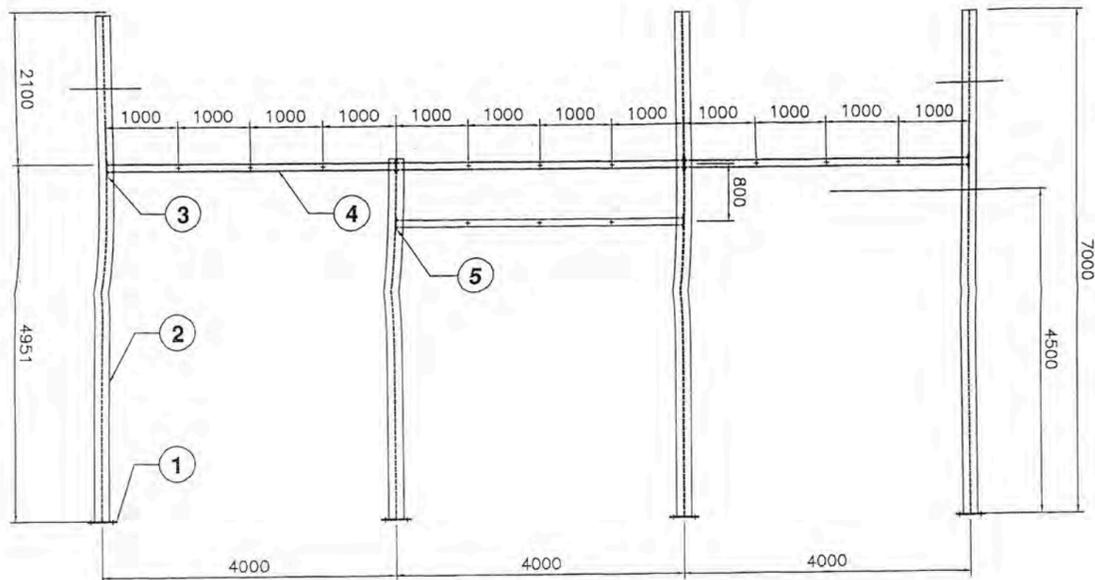
- Concreto : f'c = 210 Kg/cm²
- Solado : f'c = 100 Kg/cm²
- Acero de refuerzo : fy = 4,200 Kg/cm²
- Recubrimiento minimo : 2.5 cm losa superior
- Muros : 5.0cm
- Losa inferior : 5.00cm
- Pared buzón c/ exterior : 5.00cm
- Pared buzón c/ interior : 3.0cm

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

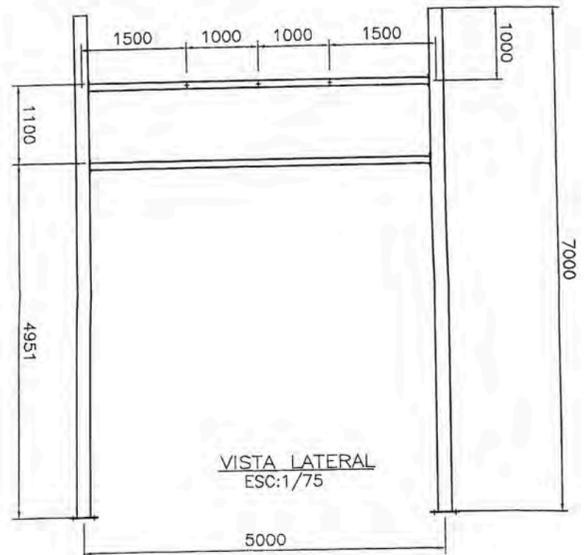
INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.9/10 KV
PATIO DE LLAVES - BASE DEL TRANSFORMADOR Y PÓRTICOS

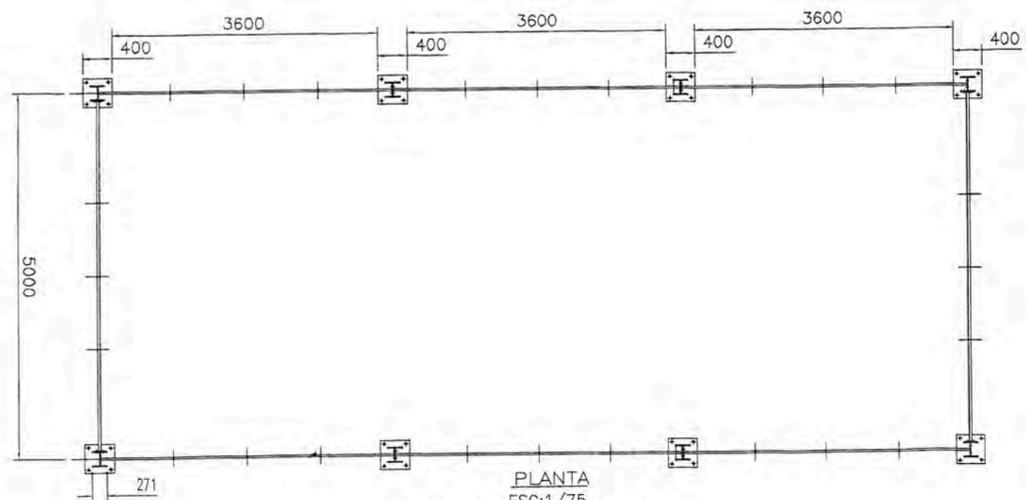
UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA
		PLANO: PL - 3.03



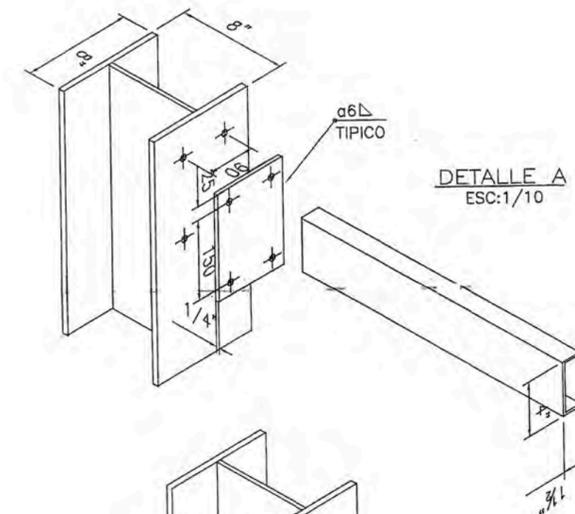
VISTA FRONTAL
ESC:1/75



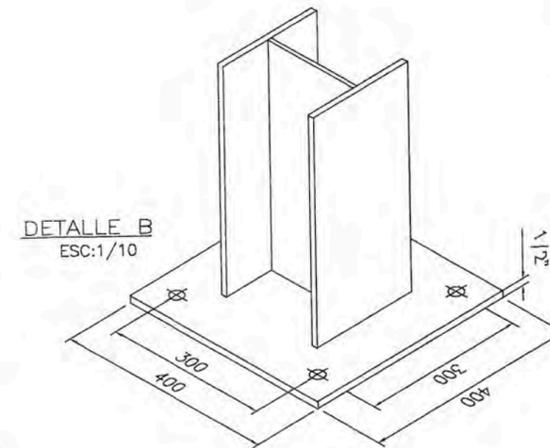
VISTA LATERAL
ESC:1/75



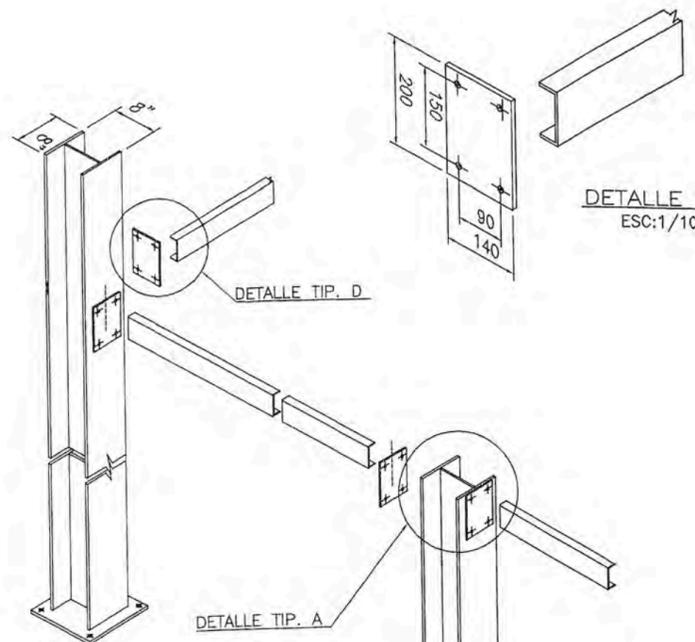
PLANTA
ESC:1/75



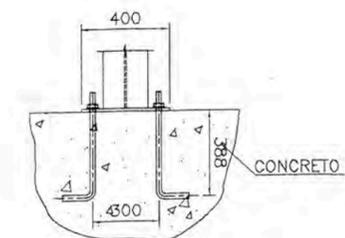
DETALLE A
ESC:1/10



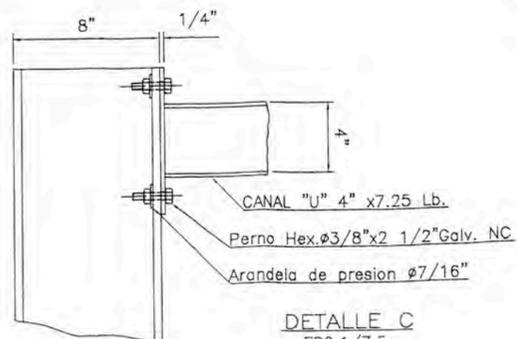
DETALLE B
ESC:1/10



DETALLE D
ESC:1/10



DETALLE DE ANCLAJE
ESC:1/25



DETALLE C
ESC:1/7.5

ITEM	MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO
5		PERNO $\phi 3/8 \times 2 \times 1/2$ " GALV. NC.	56 Pz.	
4	A-36	CANAL 4" x 1.72 (7.25 Lb.)	09 Pz.	
3	A-36	PL. 1/4" x 140 x 200	22 Pz.	
2	A-36	VIGA H 8" x 32Lb.	06 Pz.	
1	A-36	PL. 1/2" x 400 x 400	08 Pz.	

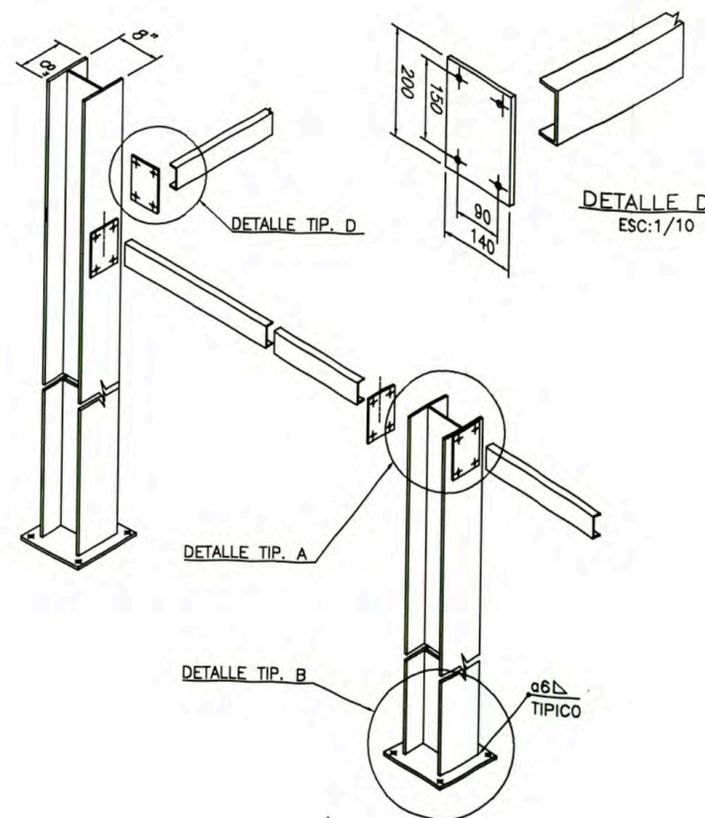
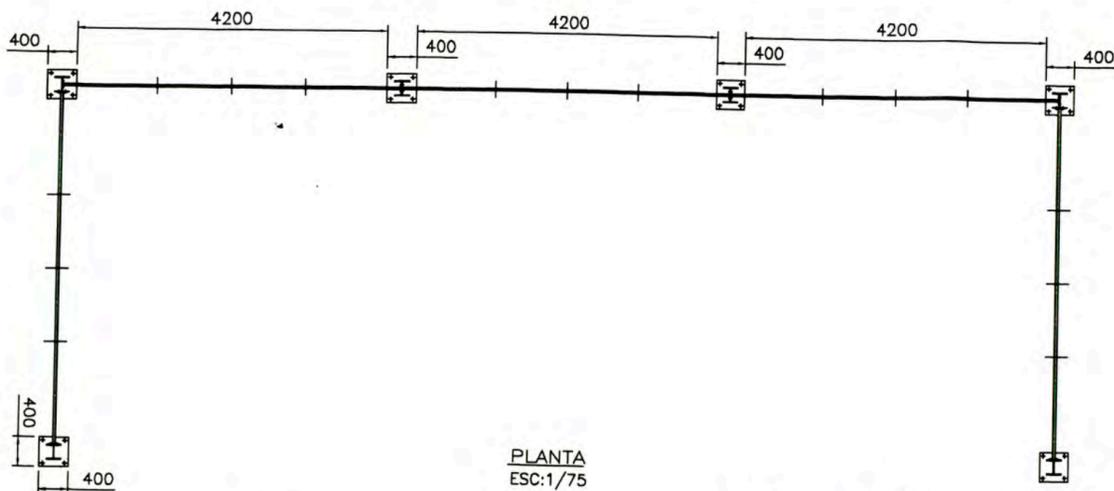
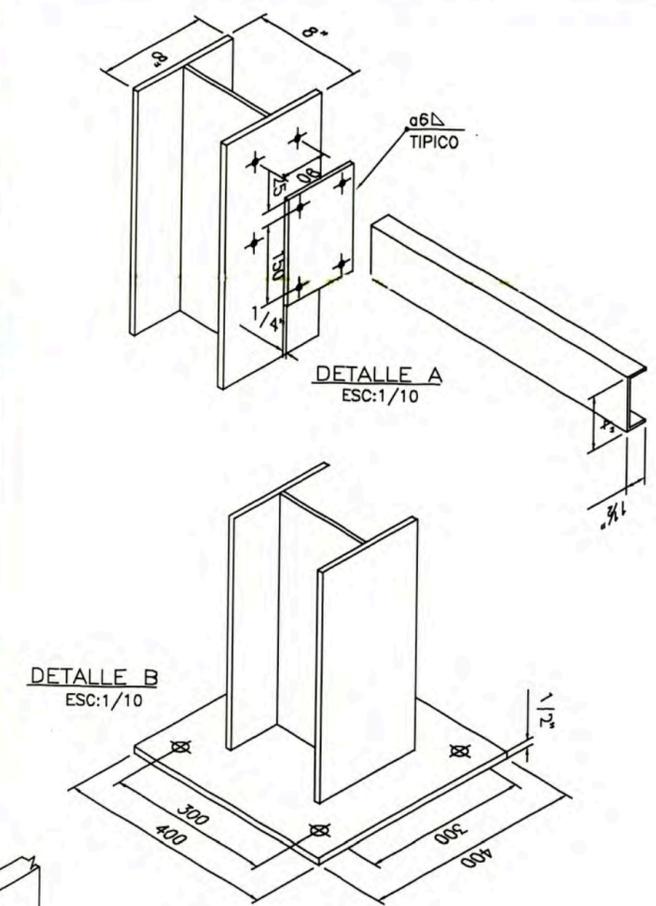
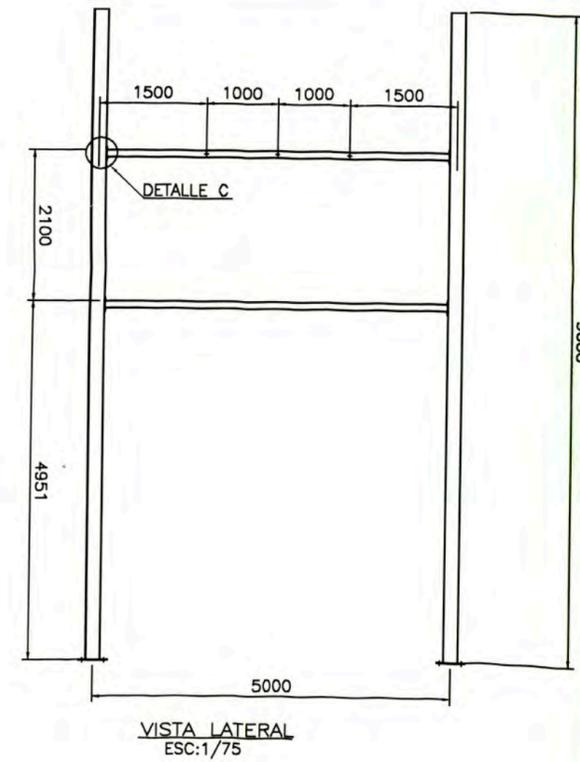
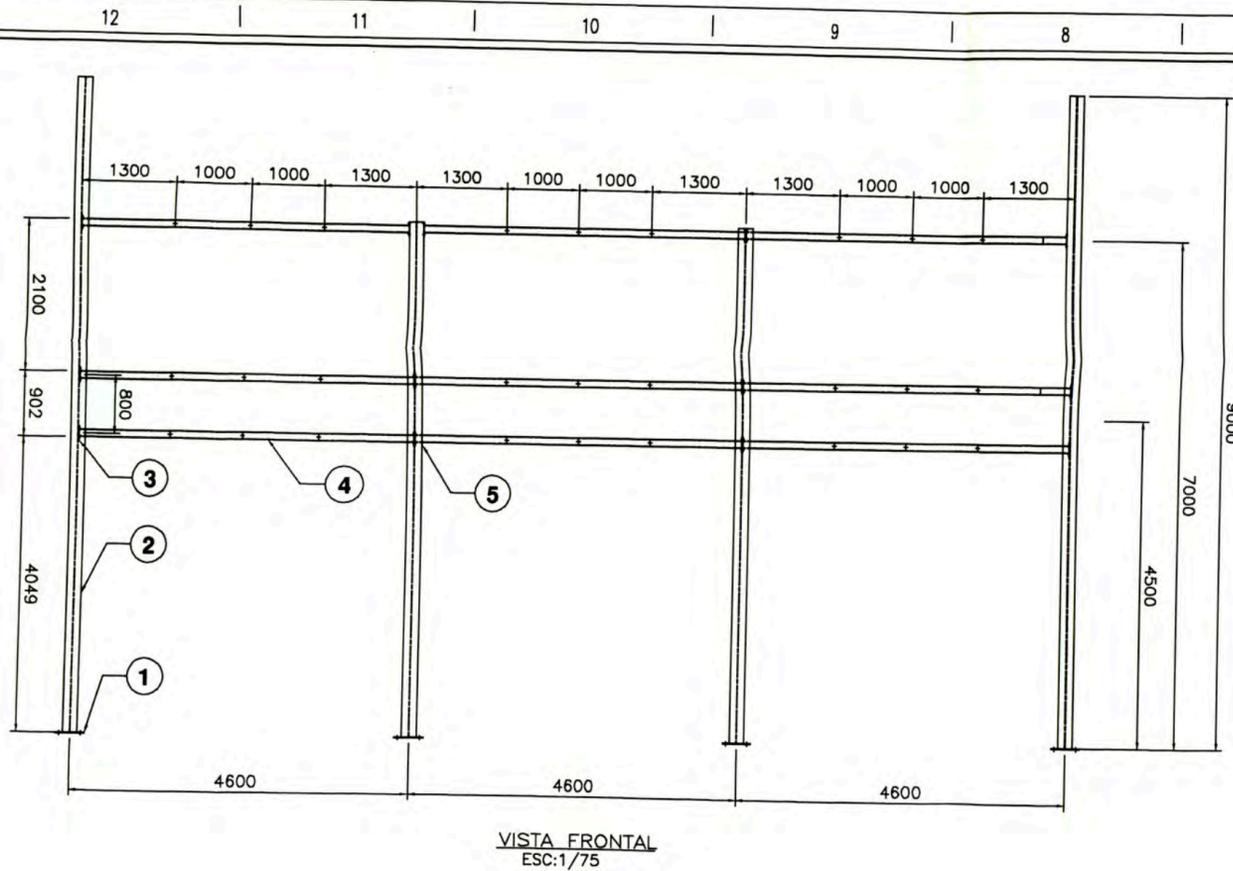
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

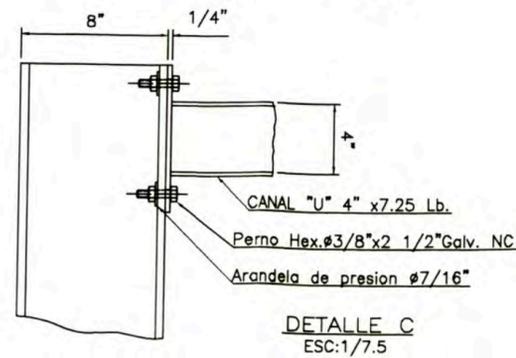
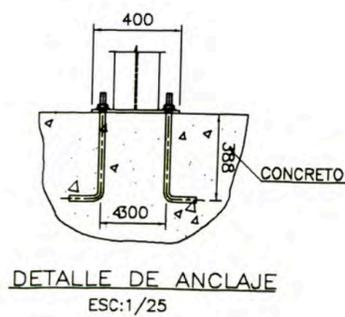
DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
DETALLES ARMADO DE PÓRTICO 10 KV



UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA
		PLANO: PL - 3.04



ITEM	MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO
5		PERNO #3/8"x2 1/2" GALV. NC.	80 Pz.	
4	A-36	CANAL 4"x 1.72 (7.25 Lb.)	13 Pz.	
3	A-36	PL.1/4"x140x200	26 Pz.	
2	A-36	VIGA H. 8"x 32Lb.	06 Pz.	
1	A-36	PL. 1/2"x400x400	06 Pz.	



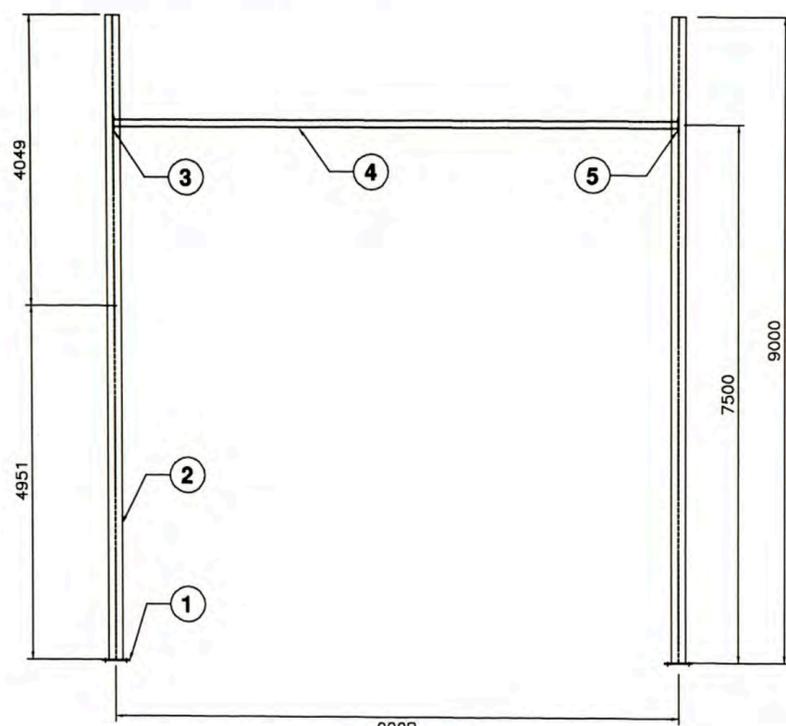
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

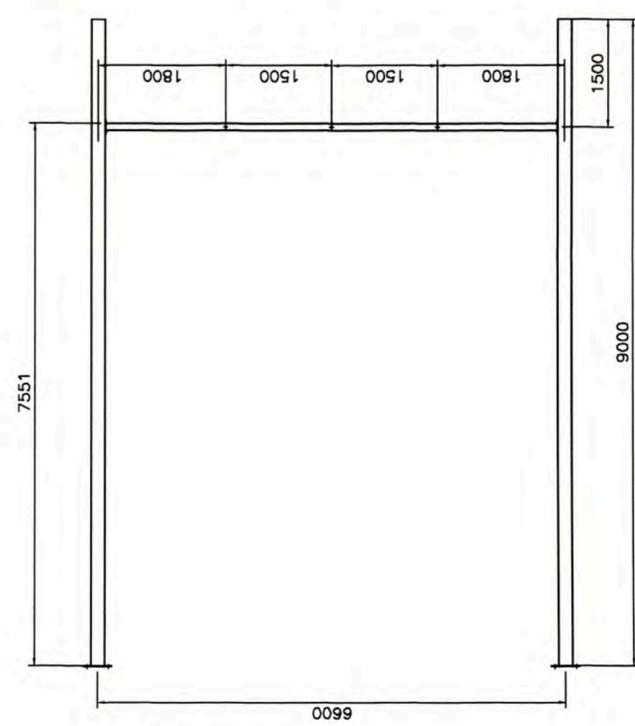
DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
DETALLES ARMADO DE PÓRTICO 22.9 KV

UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA
		PLANO: PL - 3.05

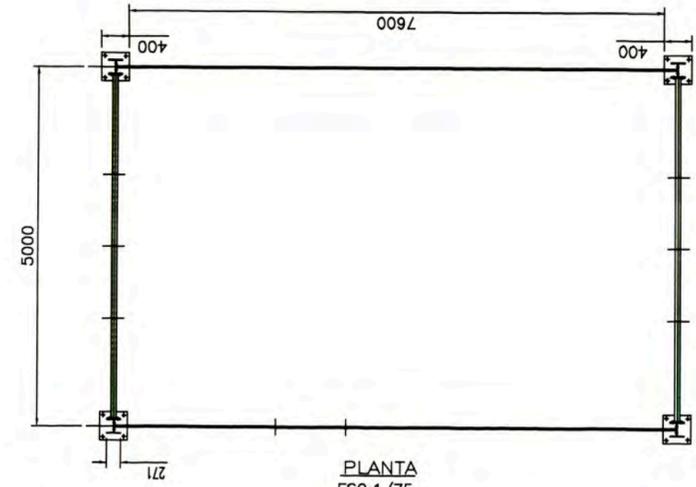
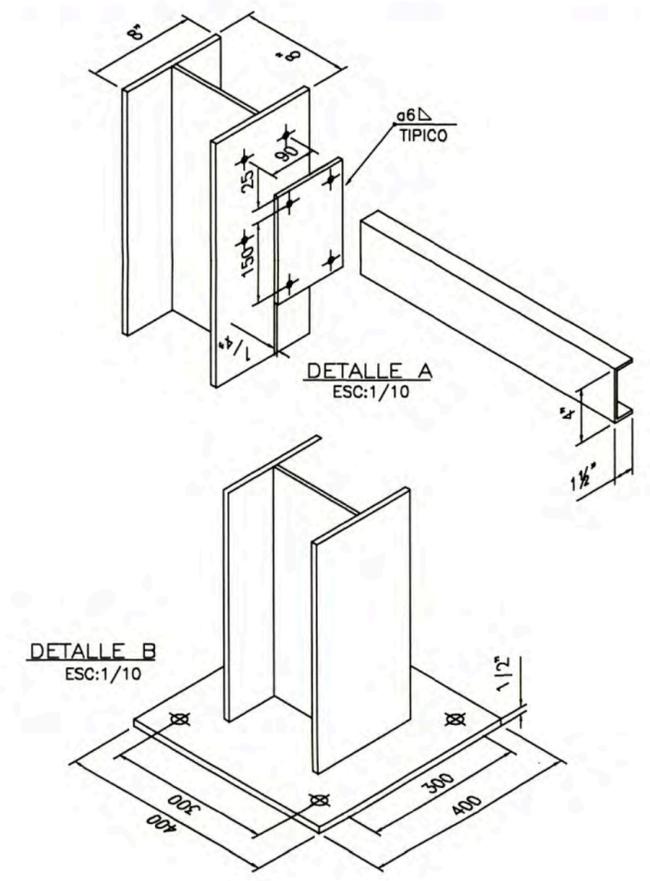
12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1



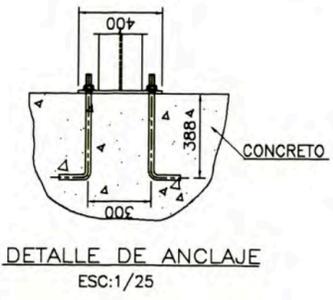
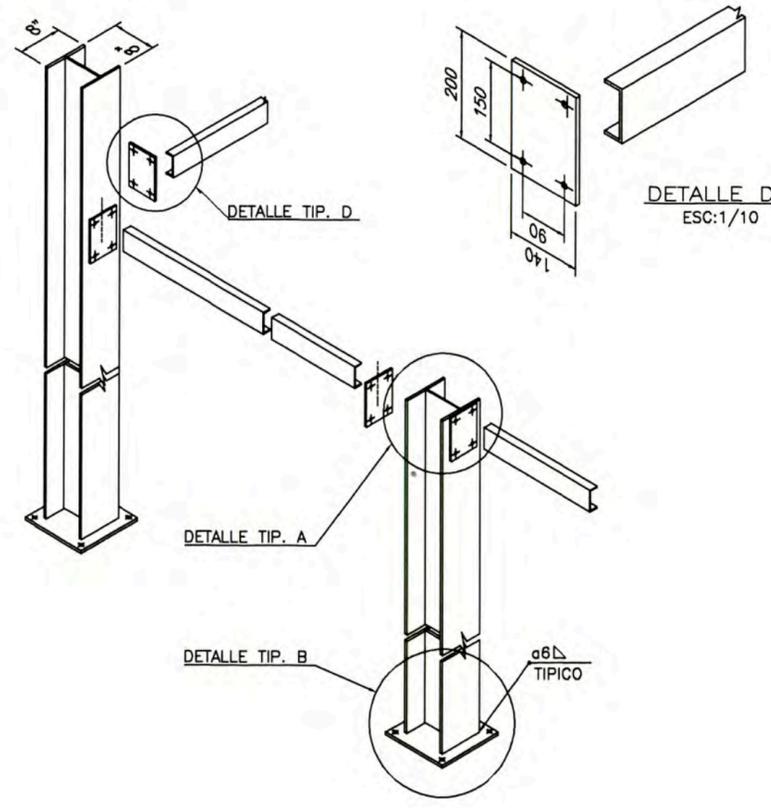
VISTA FRONTAL
ESC:1/75



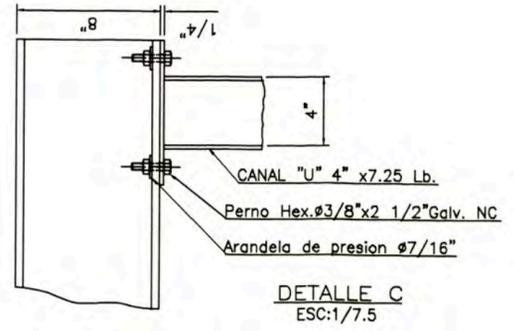
VISTA LATERAL
ESC:1/75



PLANTA
ESC:1/75



DETALLE DE ANCLAJE
ESC:1/25



DETALLE C
ESC:1/7.5

ITEM	MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO
5	A-36	PERNO Ø3/8"x2 1/2" GALV. NC.	32 Pz.	
4	A-36	CANAL 4"x 1.72 (7.25 Lb.)	06 Pz.	
3	A-36	PL. 1/4"x140x200	08 Pz.	
2	A-36	VIGA H 8"x 32Lb.	04 Pz.	
1	A-36	PL. 1/2"x400x400	04 Pz.	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

DISEÑO E INGENIERIA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
DETALLES ARMADO DE PÓRTICO 60 KV

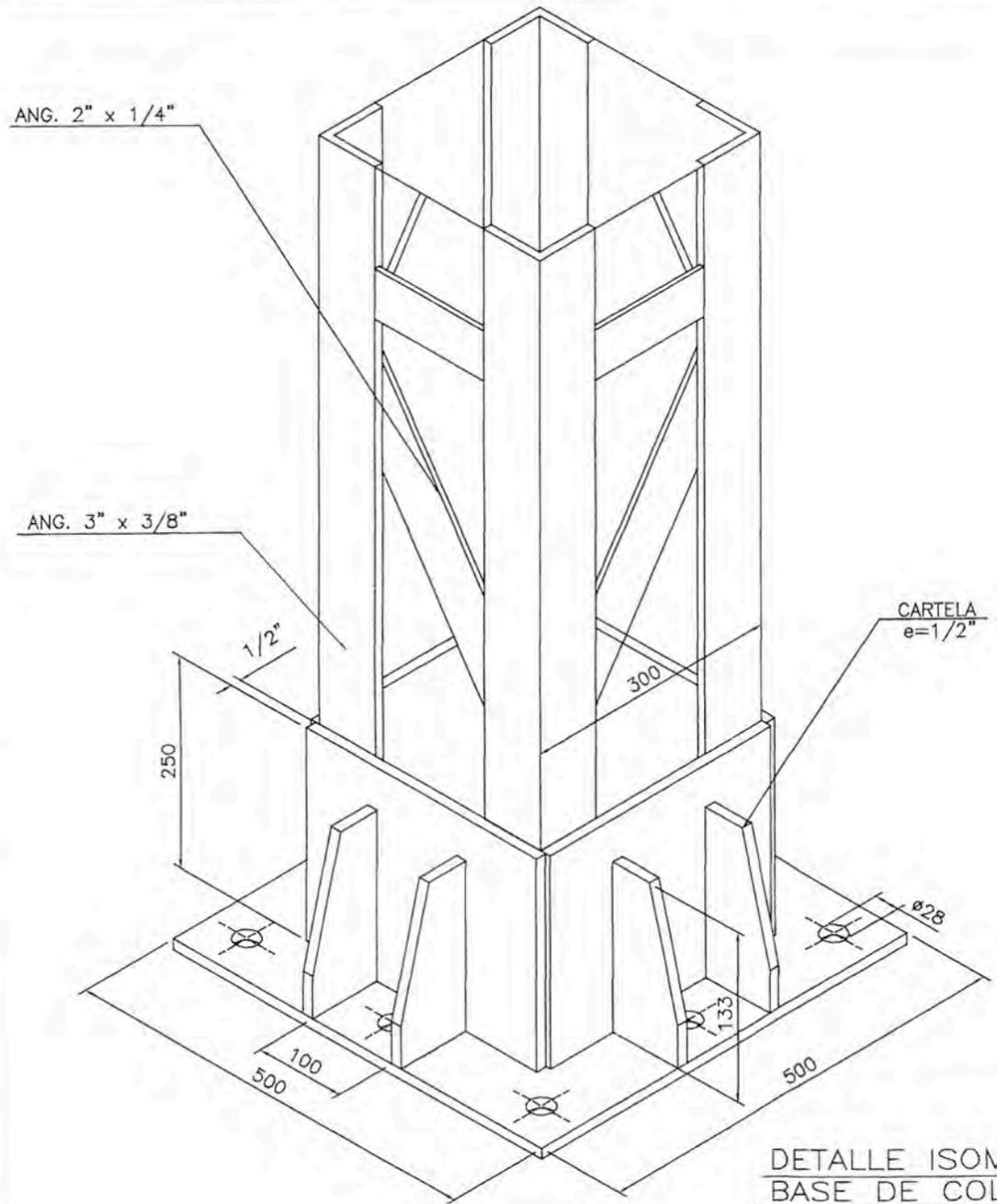
	UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA	PLANO: PL - 3.06

12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1

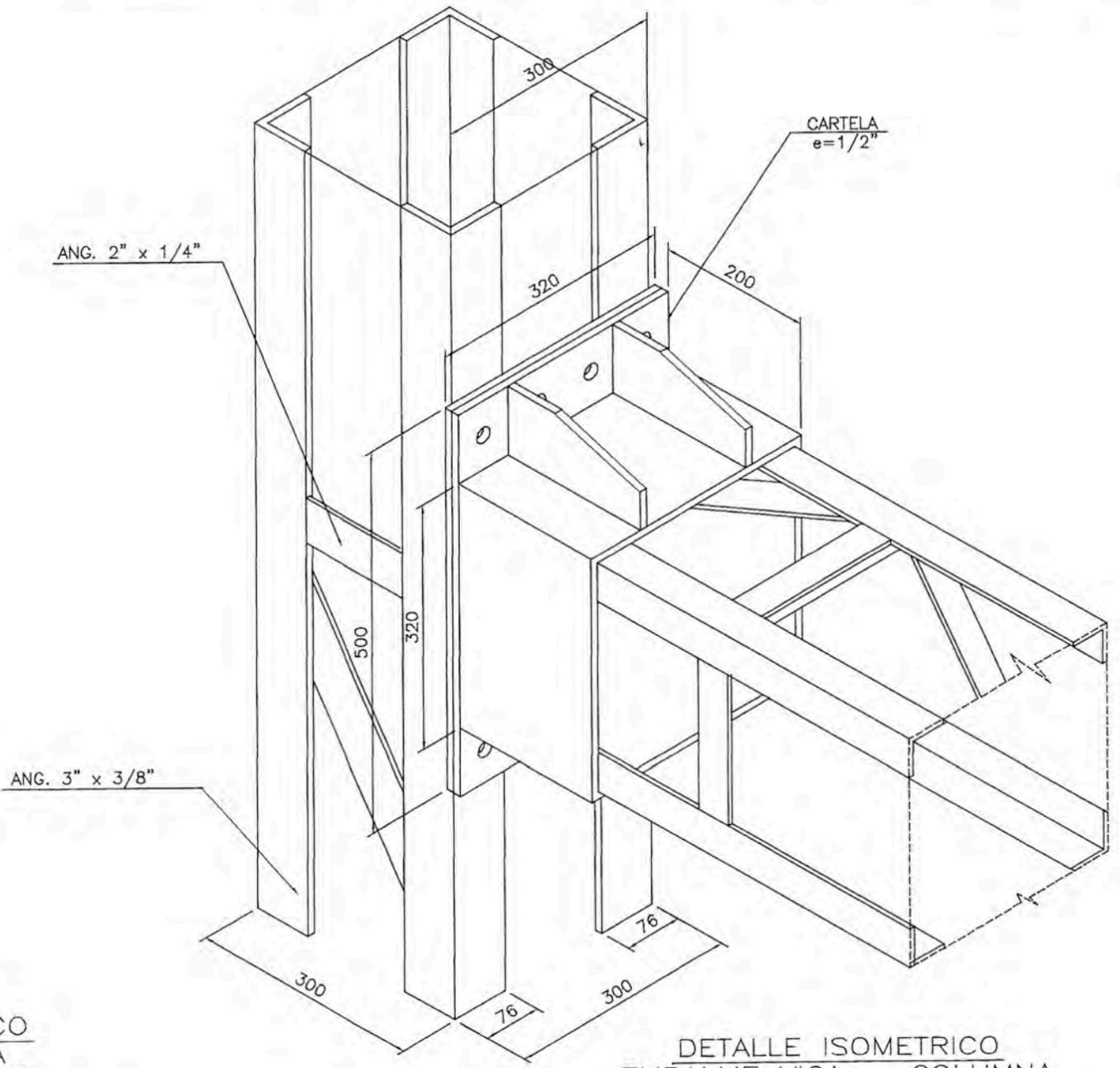
12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1

A
B
C
D
E
F
G
H

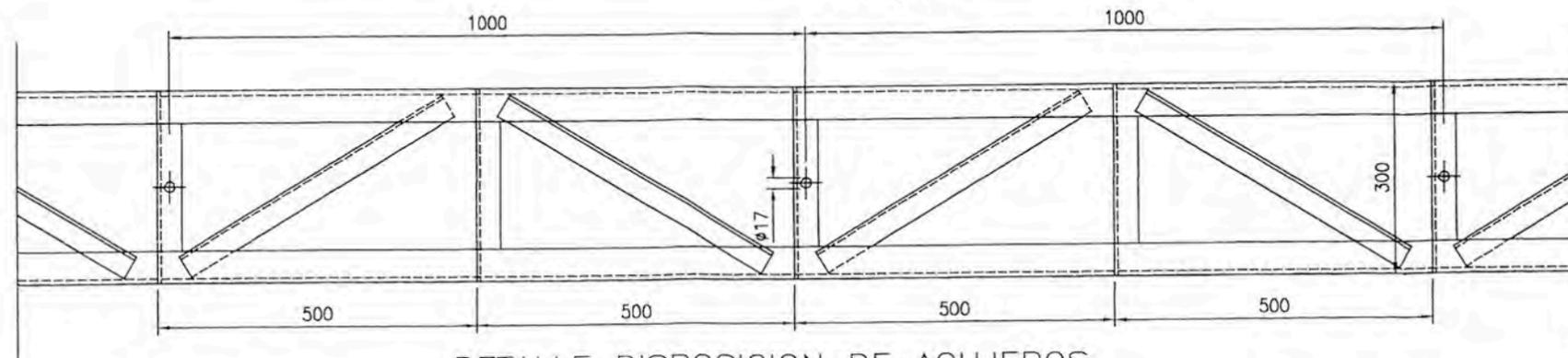
A
B
C
D
E
F
G
H



DETALLE ISOMETRICO
BASE DE COLUMNA
ESC:1/7.5



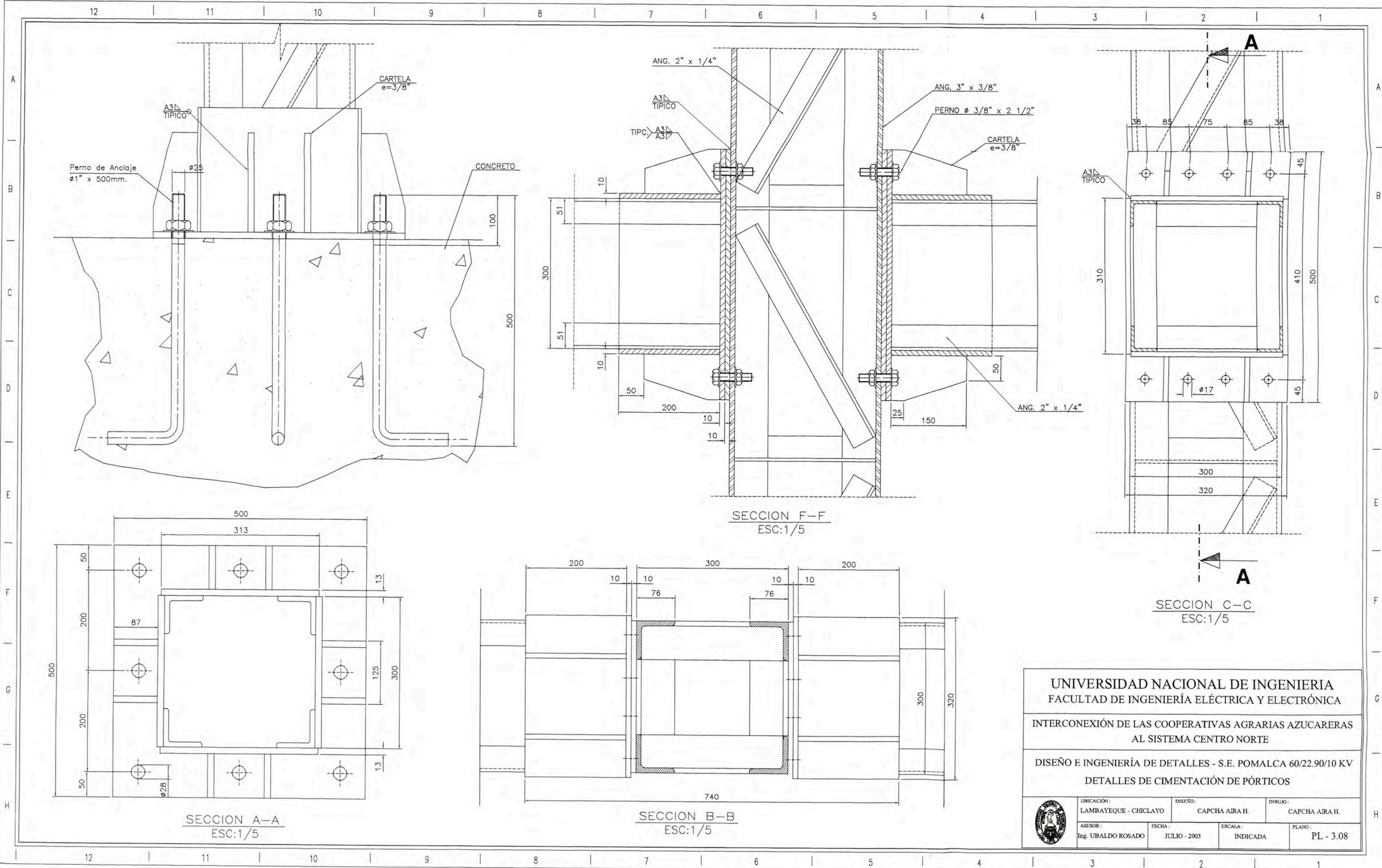
DETALLE ISOMETRICO
EMPALME VIGA - COLUMNA
ESC:1/7.5



DETALLE DISPOSICION DE AGUJEROS
ESC:1/10

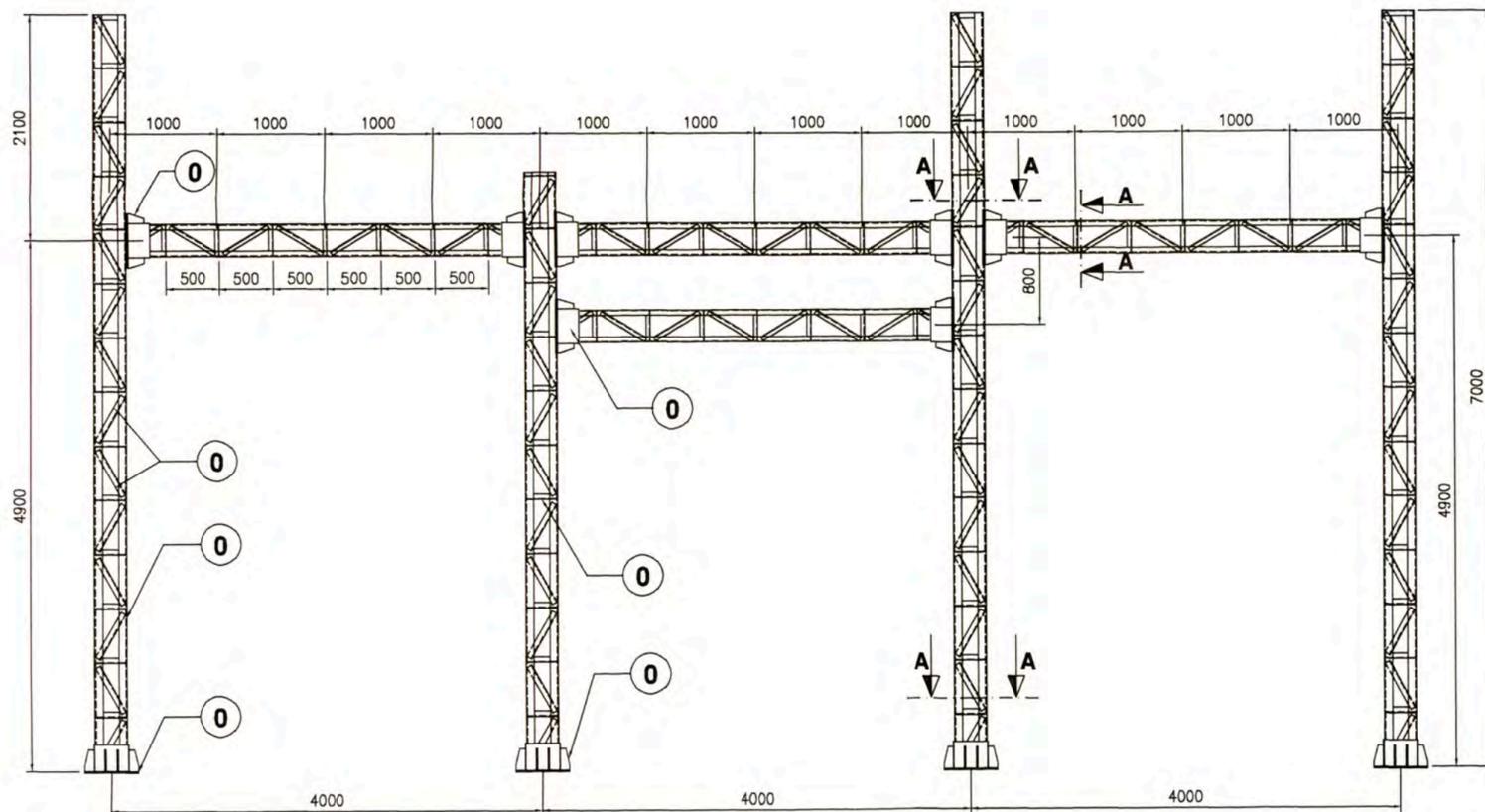
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS AL SISTEMA CENTRO NORTE			
DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV DETALLES DE UNIÓN DE ESTRUCTURAS DE PÓRTICOS			
UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.	
ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA	PLANO: PL - 3.07

12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1

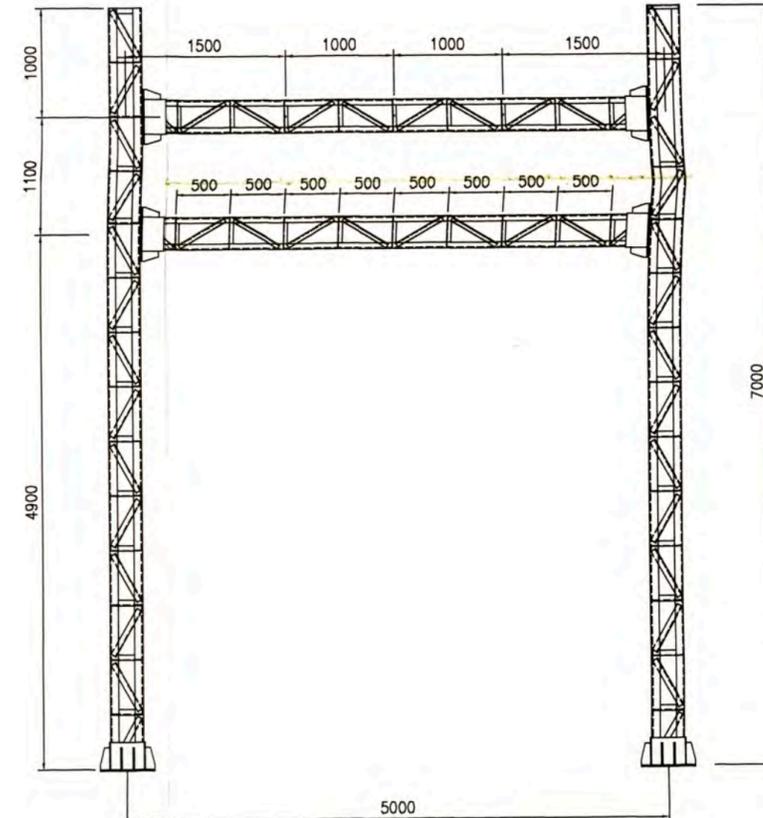


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS AL SISTEMA CENTRO NORTE			
DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV DETALLES DE CIMENTACIÓN DE PÓRTICOS			
	UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
	ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA
		PLANO: PL - 3.08	

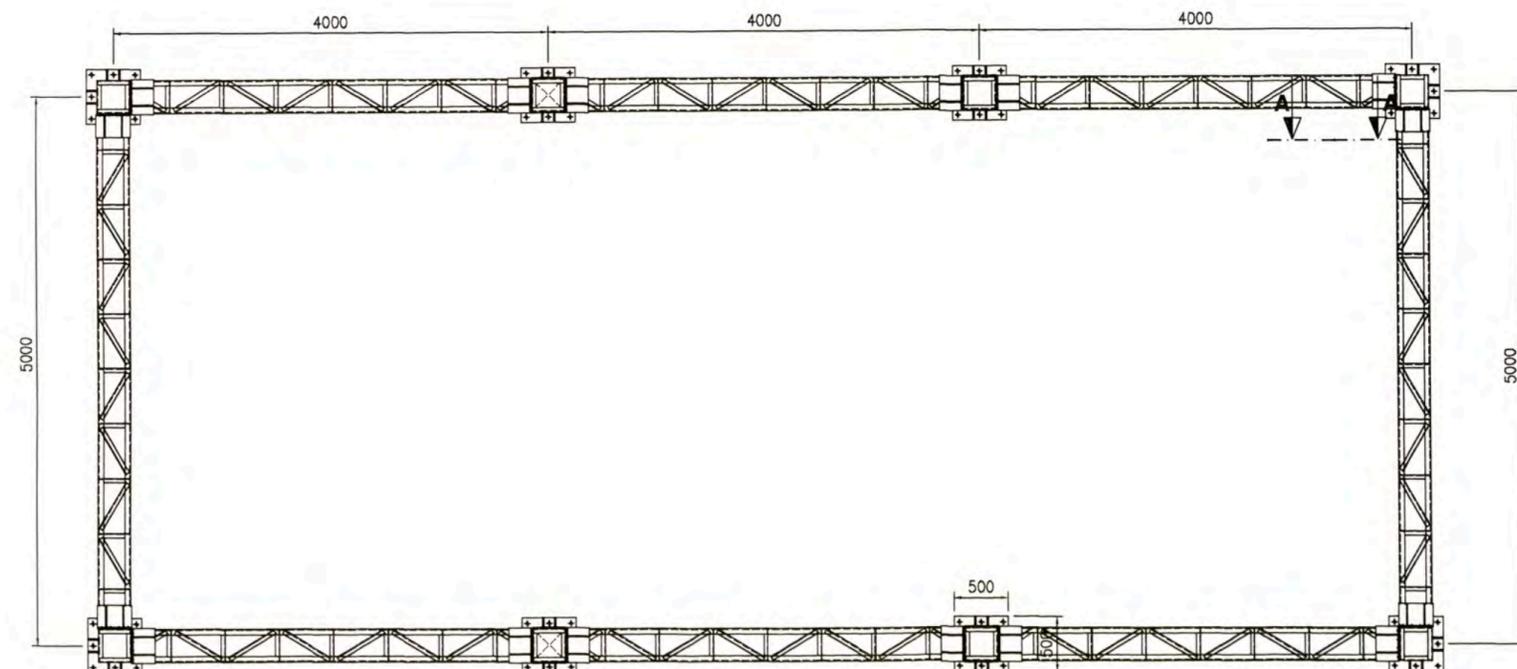
12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1



VISTA FRONTAL
ESC:1/50



VISTA LATERAL
ESC:1/50



PLANTA
ESC:1/50

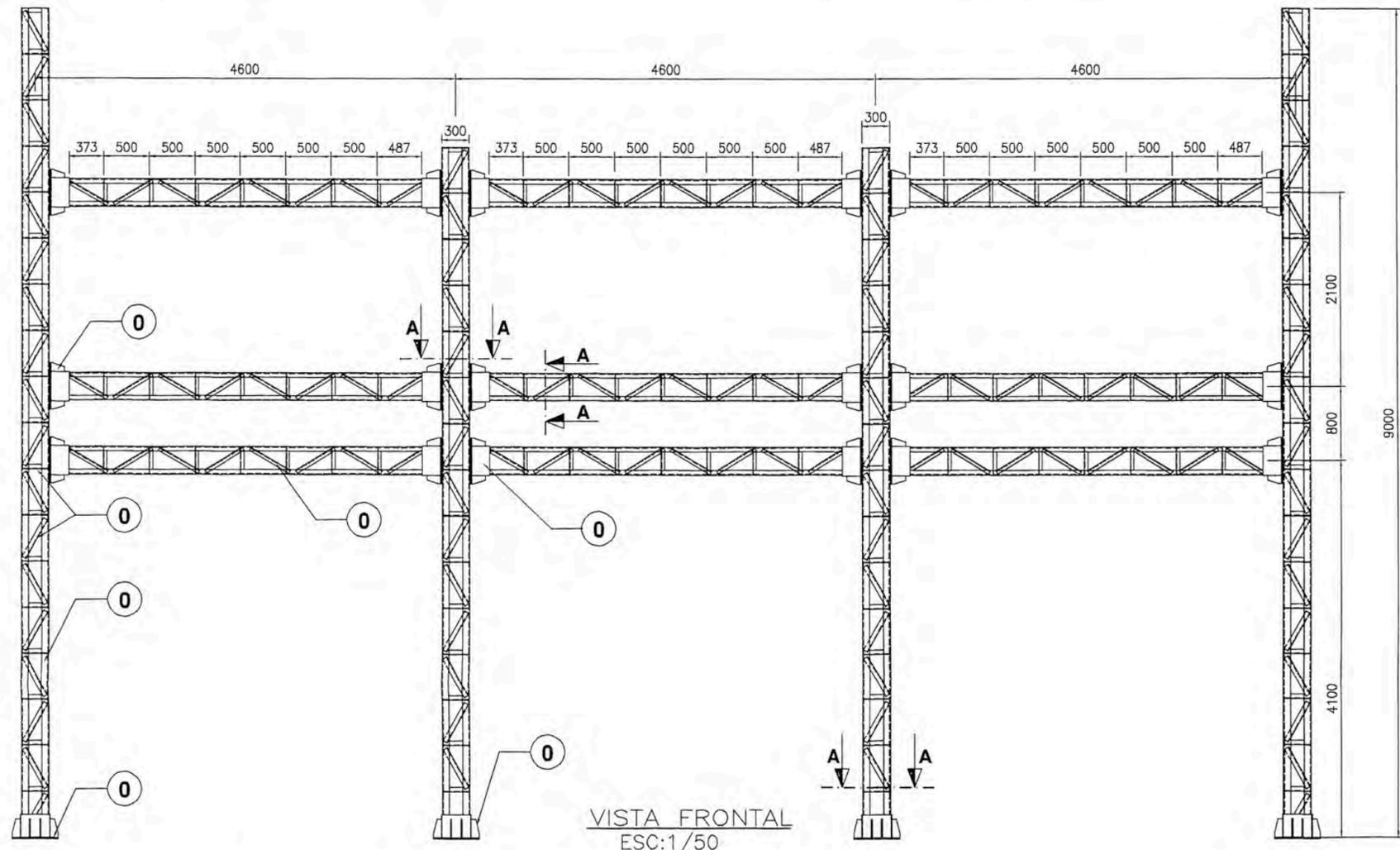
8	A-36	PERNO DE ANCLAJE DIA. 1"	36	
7	A-36	PERNO HEX. DIA. 5/8" x 2 1/2" GALV. NC.	110 Pz.	
6	A-36	PL. 1/2" CARTELA DE REFUERZO	48 Pz.	
5	MAT-5	DESC-5	CANT-5	
4	MAT-4	DESC-4	CANT-4	
3	MAT-3	DESC-3	CANT-3	
2	MAT-2	DESC-2	CANT-2	
1	MAT-1	DESC-1	CANT-1	
ITEM	MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA
INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

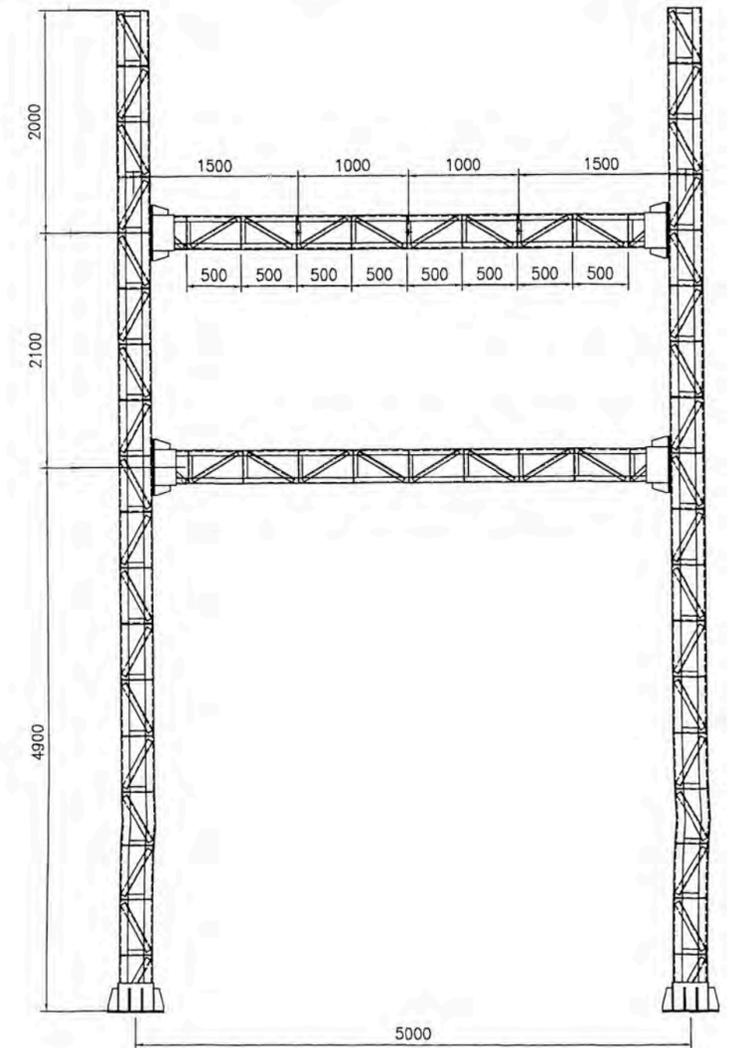
DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
VISTA FRONTAL, PERFIL Y PLANTA DEL PÓRTICO 10 KV

UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA
		PLANO: PL - 3.09

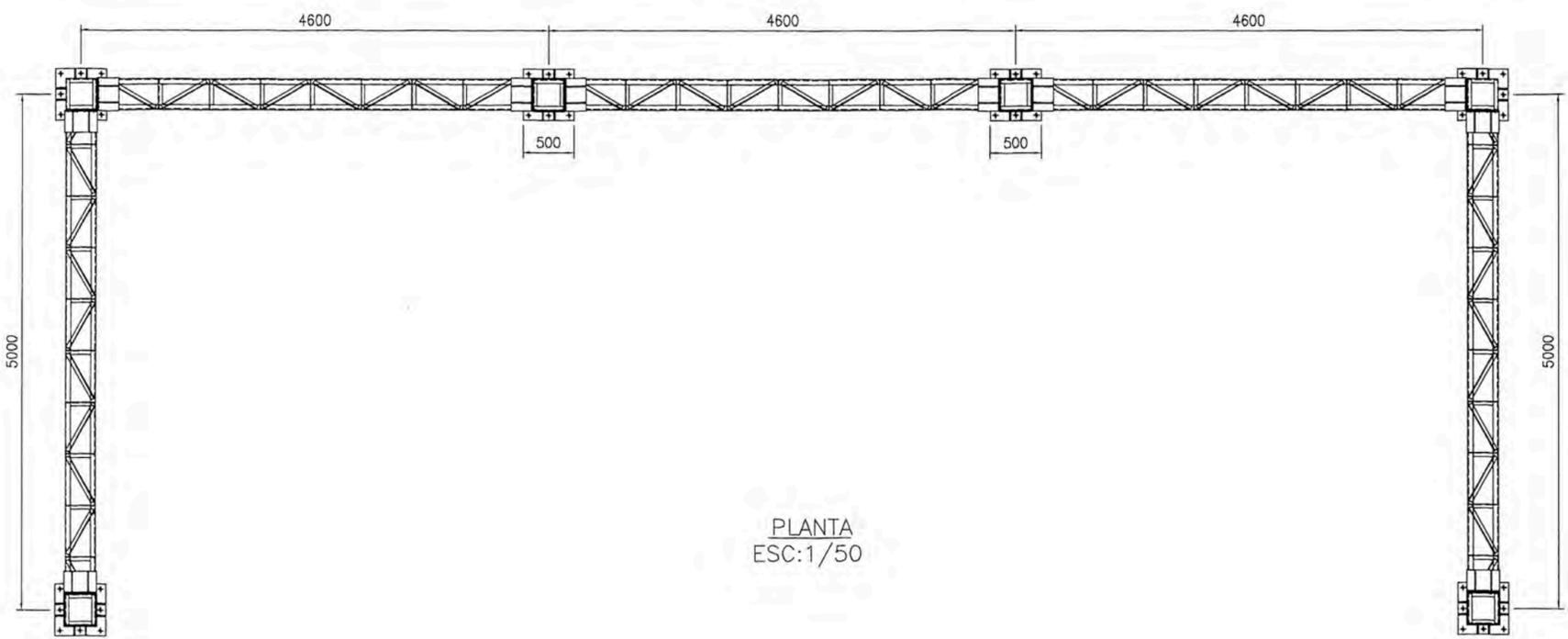
12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1



VISTA FRONTAL
ESC:1/50



VISTA LATERAL
ESC:1/50



PLANTA
ESC:1/50

8	A-36	PERNO DE ANCLAJE DIA. 1"	36	
7	A-36	PERNO HEX. DIA. 5/8" x 2 1/2" GALV. NC.	110 Pz.	
6	A-36	PL. 1/2" CARTELA DE REFUERZO	48 Pz.	
5	MAT-5	DESC-5	CANT-5	
4	MAT-4	DESC-4	CANT-4	
3	MAT-3	DESC-3	CANT-3	
2	MAT-2	DESC-2	CANT-2	
1	MAT-1	DESC-1	CANT-1	
ITEM	MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO

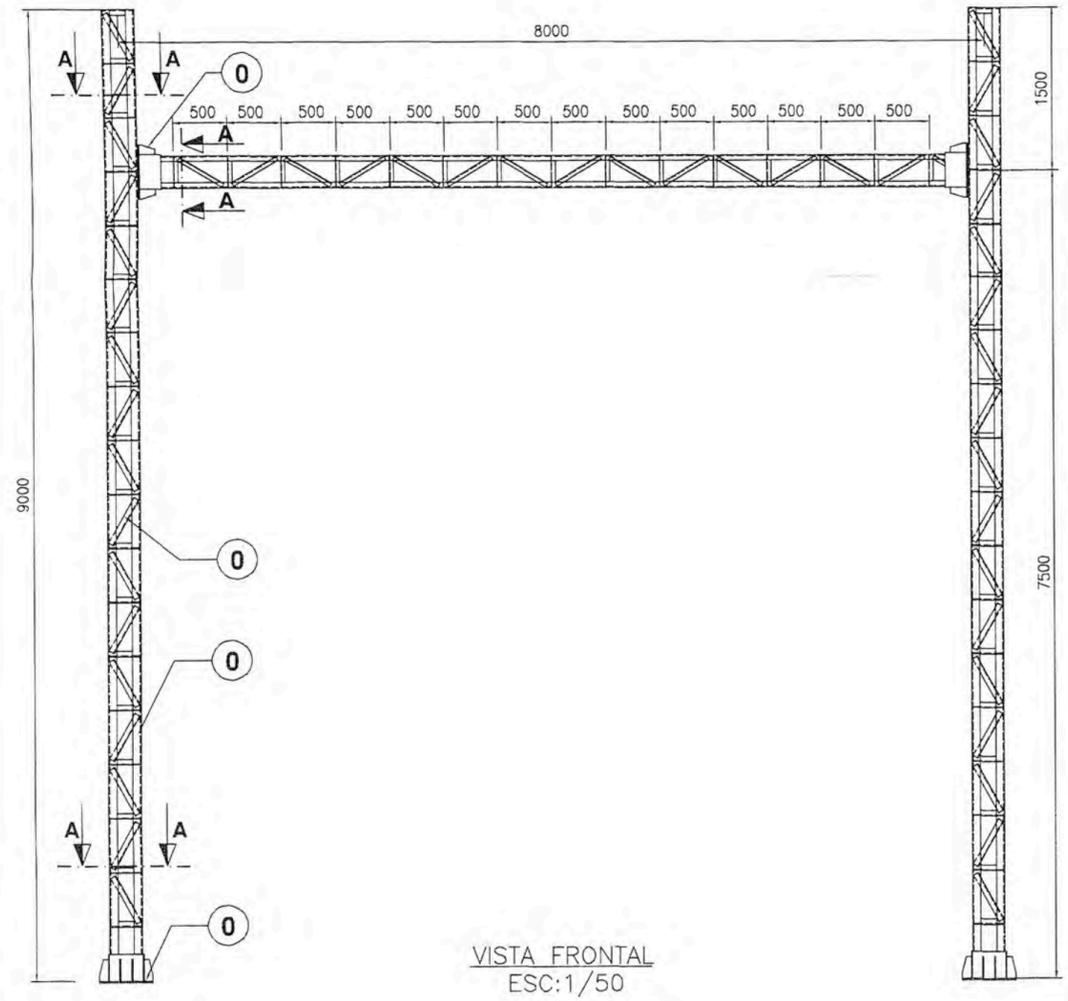
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA Y ELECTRONICA

INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

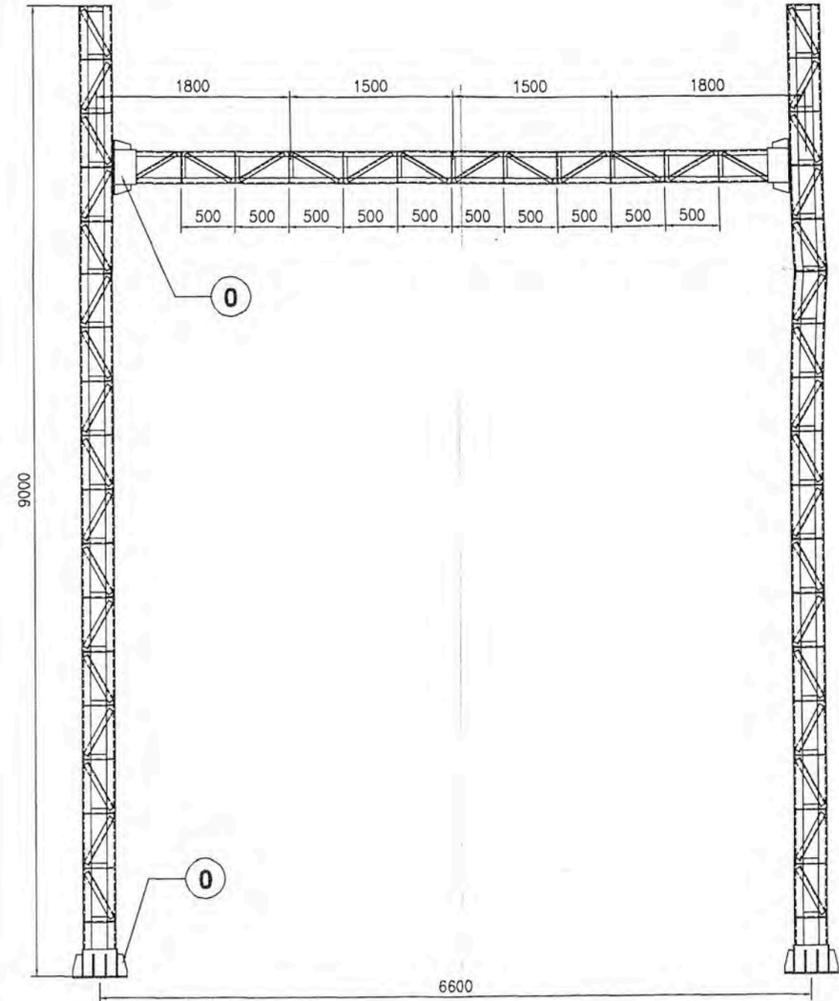
DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
VISTA FRONTAL, PERFIL Y PLANTA DE PÓRTICO 22.9 KV

	UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
	ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA
			PLANO: PL - 3.10

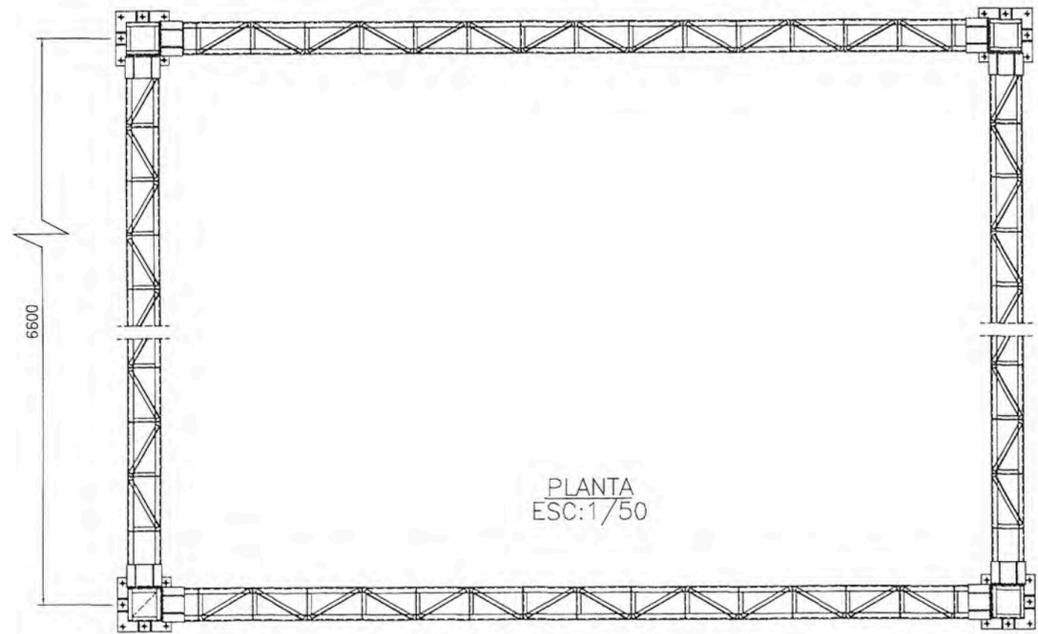
12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1



VISTA FRONTAL
ESC:1/50



VISTA LATERAL
ESC:1/50



PLANTA
ESC:1/50

ITEM	MATERIAL	DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO
8	A-36	PERNO DE ANCLAJE DIA. 1"	36	
7	A-36	PERNO HEX. DIA. 5/8" x 2 1/2" GALV. NC.	110 Pz.	
6	A-36	PL. 1/2" CARTELA DE REFUERZO	48 Pz.	
5	MAT-5	DESC-5	CANT-5	
4	MAT-4	DESC-4	CANT-4	
3	MAT-3	DESC-3	CANT-3	
2	MAT-2	DESC-2	CANT-2	
1	MAT-1	DESC-1	CANT-1	

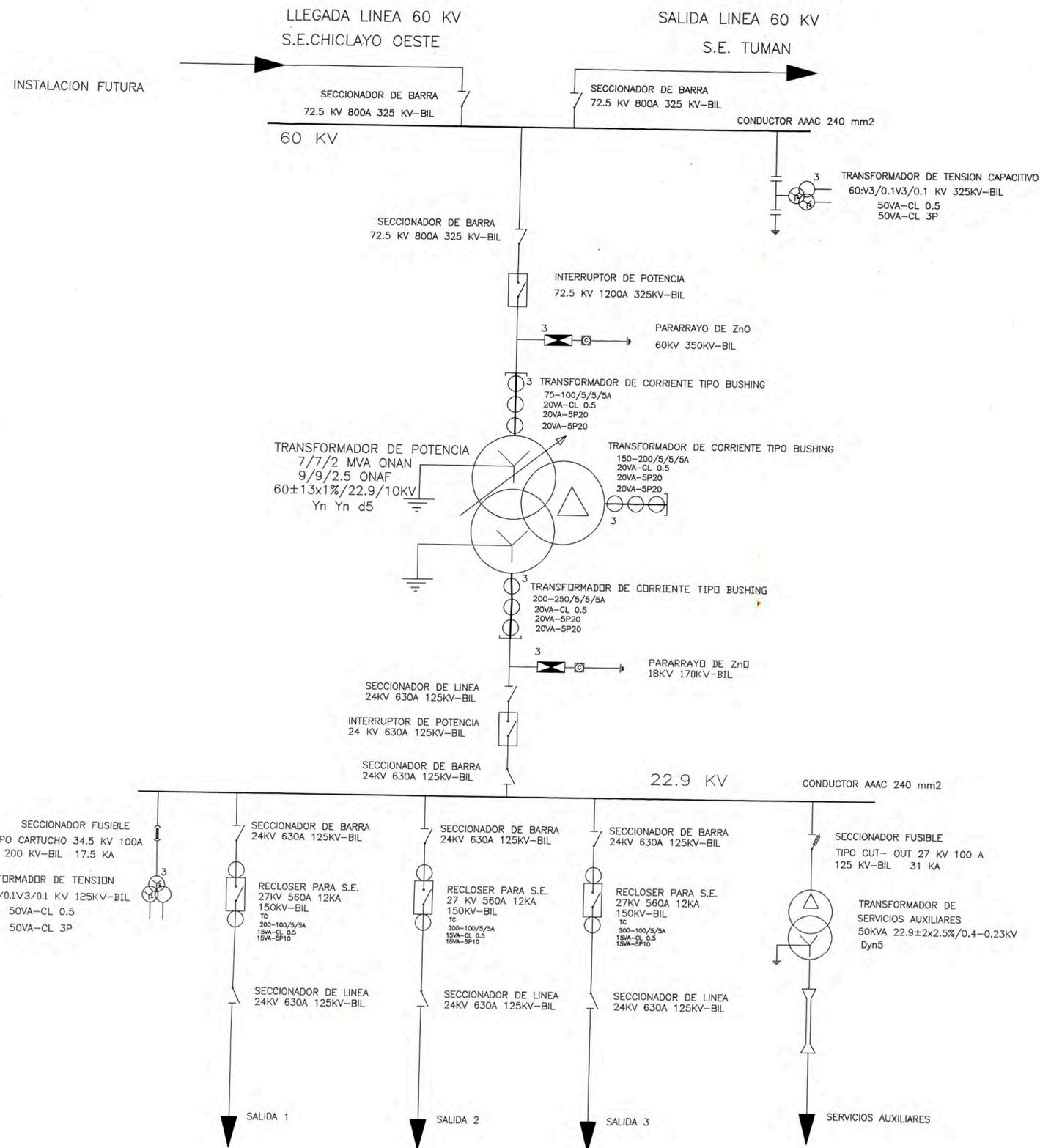
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INTERCONEXION DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
VISTAS FRONTAL, PERFIL Y PLANTA DEL PÓRTICO 60 KV

	UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AIRA H.	DIBUJO: CAPCHA AIRA H.
	ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA
		PLANO: PL - 3.11	

12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1



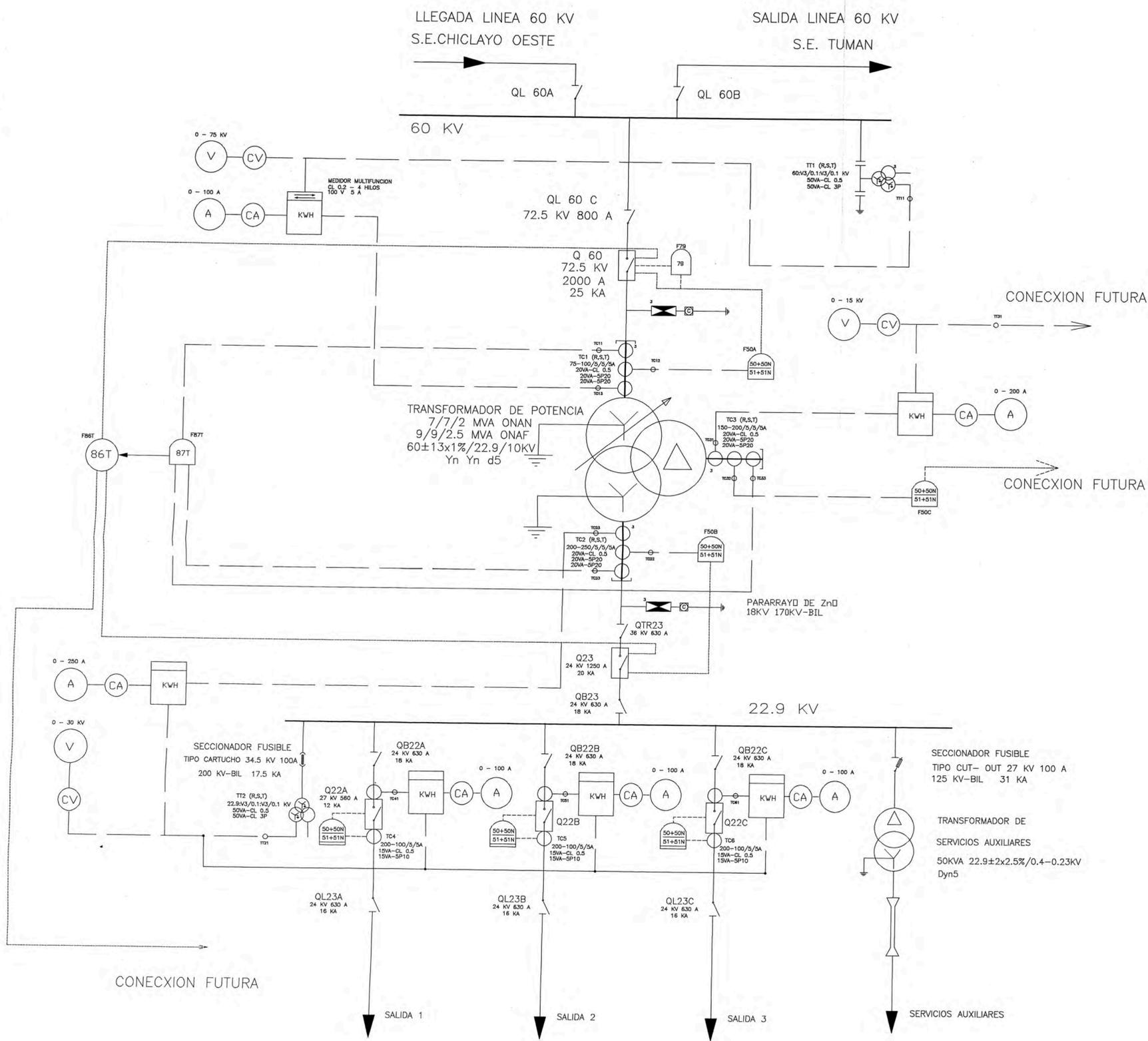
LEYENDA			
SIMBOLO	NOMBRE	MARCA	TIPO
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	SIEMENS	cKOLM 1228 s / 69
	TRANSFORMADOR DE S. A.	DELGROSA	DISTRIBUCION
	TRANSFORMADOR DE TENSION 60 KV	HAEFELY TRENCH	TEVF69H
	TRANSFORMADOR DE TENSION 22.9 KV	ARTECHE	URM 36E
	INTERRUPTOR DE 60 KV	AEG	S1-72.5 F1
	INTERRUPTOR DE 22.9 KV	MAGRINI GALILEO	GI-E
	PARARRAYO DE 60 KV	COOPER POWER SYSTEM	AZG3007G048060
	PARARRAYO DE 18 KV	COOPER POWER SYSTEM	AZG2003G015018
	SECCIONADOR DE 72.5 KV	MESA	SGC-72 /800
	SECCIONADOR 24 KV	FELMEC	SEPH-36
	SECCIONADOR CON P.T. DE 72.5 KV	MESA	SGCT-72 /800
	SECCIONADOR FUSIBLE (CUT-OUT DE 27 KV	COOPER POWER SYSTEM	L9CEP1A5A
	RECLOSER	HAWKER SIDDELEY	PMR 3
	SECCIONADOR FUSIBLE CARTUCHO DE 34.5KV	COOPER POWER SYSTEM	SMD-1A
	CONTADOR DE DESCARGA	COOPER POWER SYSTEM	AM23A1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.90/10 KV
DIAGRAMA UNIFILAR DE DISTRIBUCION DE EQUIPOS

	UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA ATRA H.	DIBUJO: CAPCHA ATRA H.
ASESOR: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA	PLANO: PL - 4.01



LEYENDA			
	NOMBRE	MARCA	TIPO
	RELE DE RECIERRE	GEC ALSTHOM	KAVR100
	RELE DIFERENCIAL	GEC ALSTHOM	KBCH-130
	RELE DE BLOQUEO	GEC ALSTHOM	MVAJ23
	RELE DE SOBRECORRIENTE TRIFASICO	GEC ALSTHOM	KCGG142
	RELE DE SOBRECORRIENTE TRIFASICO	HAWKER SIDDELEY	MT2 04DE
	MEDIDOR MULTIFUNCION CL 0.2	QUANTUM	Q121
	VOLTIMETRO	SACI	EC3v
	CONMUTADOR VOLTIMETRICO	ENTRELEC	CPS55/F101/F1F1
	AMPERIMETRO	SACI	EC3vs
	CONMUTADOR AMPERIMETRICO	ENTRELEC	CPS55/F101/F3F3
	MEDIDOR MULTIFUNCION CL 0.5	FULCRUM	SL320
	CONTADOR DE DESCARGA	COOPER POWER SYSTEM	AM23A1

QL 60A QL 60B QL 60C	SECCIONADOR DE BARRA 72.5 KV, 800 A, 325 KV-BIL
Q 60	INTERRUPTOR DE POTENCIA 72.5 KV, 1200 A, 325 KV-BIL 25 KA
QTR23	SECCIONADOR DE LINEA 24 KV, 630 A, 125 KV-BIL
Q23	INTERRUPTOR DE POTENCIA 24 KV, 1250 A, 125 KV-BIL, 20 KA
QB23	SECCIONADOR DE BARRA 24 KV, 630 A, 125 KV-BIL
QB22A QB22B QB22C	SECCIONADOR DE BARRA 24 KV, 630 A, 125 KV-BIL
Q22A Q22B Q22C	RECLOSER PARA S.E. 27 KV, 560 A, 12 KA, 150 KV-BIL
QL23A QL23B QL23C	SECCIONADOR DE LINEA 24 KV, 630 A, 125 KV-BIL
TT1 (R,S,T)	TRANSFORMADOR DE TENSION
TC1 (R,S,T)	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

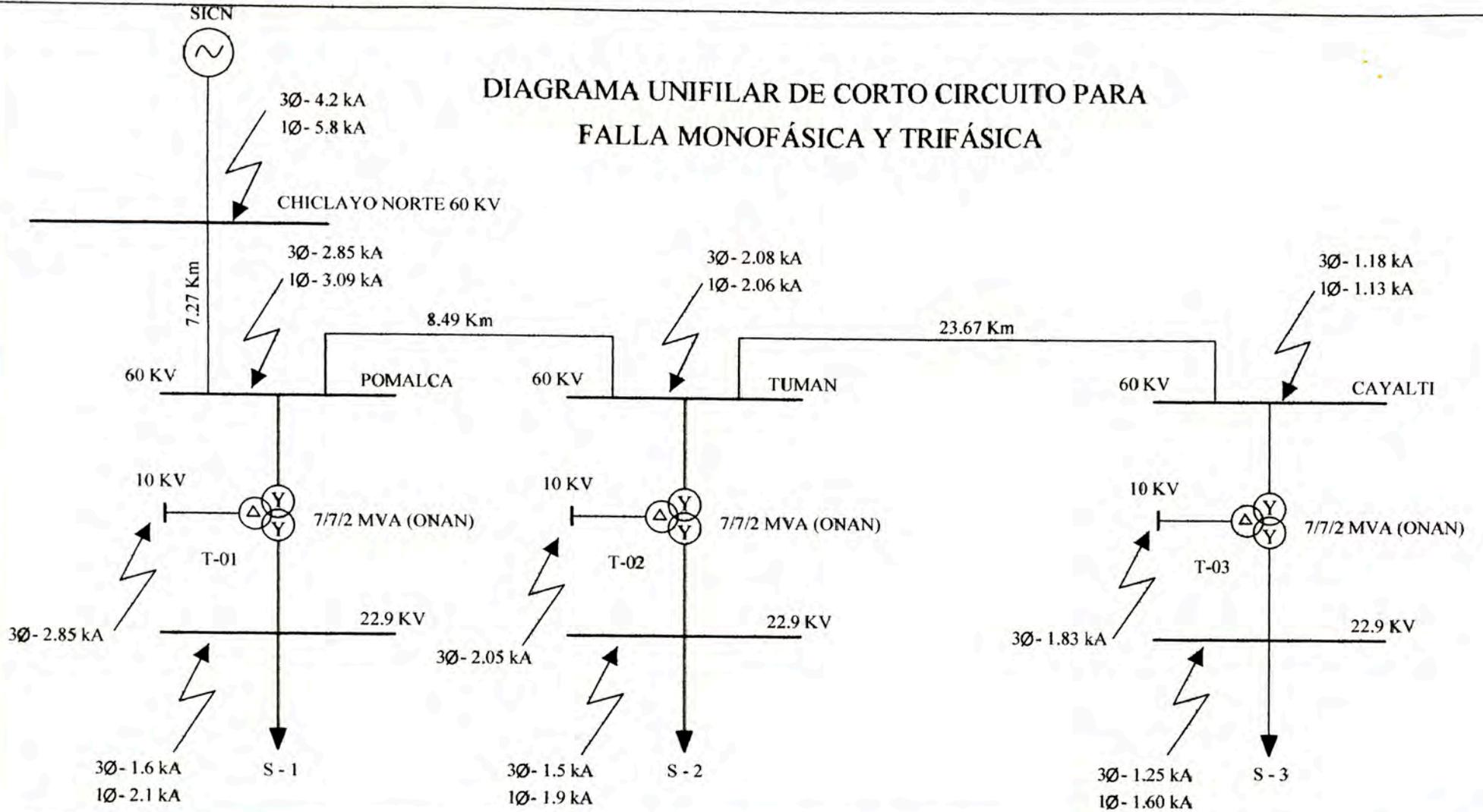
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INTERCONEXIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGRARIAS AZUCARERAS
AL SISTEMA CENTRO NORTE

DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA 60/22.9/10 KV
DIAGRAMA UNIFILAR DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y PROTECCIÓN

UBICACIÓN: LAMBAYEQUE - CHICLAYO	DISEÑO: CAPCHA AJRA H.	DIBUJO: CAPCHA AJRA H.	
ASesor: Ing. UBALDO ROSADO	FECHA: JULIO - 2003	ESCALA: INDICADA	PLANO: PL - 4.02

DIAGRAMA UNIFILAR DE CORTO CIRCUITO PARA FALLA MONOFÁSICA Y TRIFÁSICA



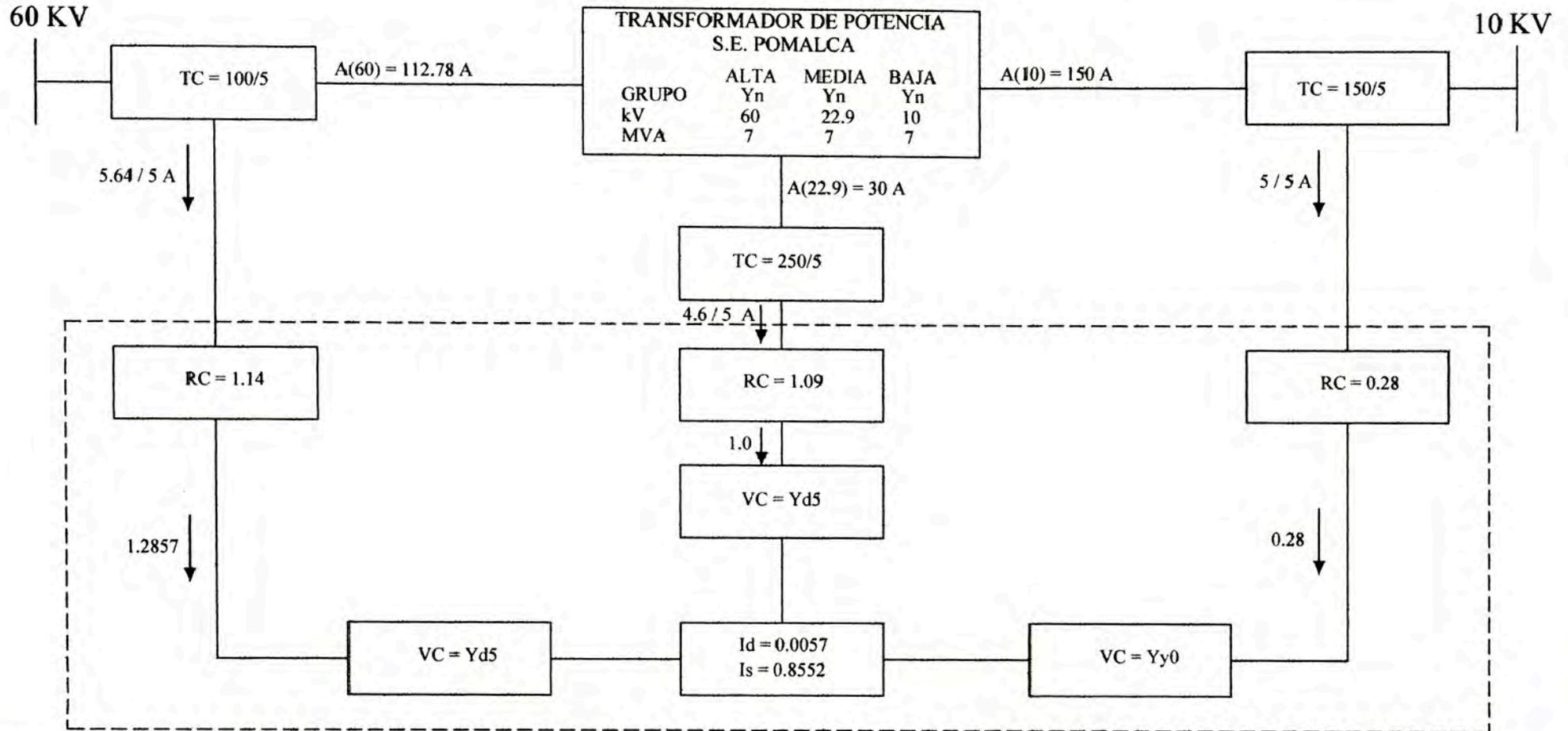
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

DISEÑO	CAPCHA AIRA H.
DIBUJO	CAPCHA AIRA H.
ASESOR	Ing. UBALDO ROSADO
FECHA	JULIO - 2003

DESCRIPCIÓN :
DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA
DIAGRAMA UNIFILAR PARA FALLA DE CORTO CIRCUITO
EN BARRAS DE POMALCA-TUMAN-CAYALTI

Nº PLANO
PL- 4.03

AJUSTE DEL RELÉ DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR DE S.E. POMALCA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA

DISEÑO	CAPCHA AIRA H.
DIBUJO	CAPCHA AIRA H.
ASESOR	Ing. UBALDO ROSADO
FECHA	JULIO - 2003

DESCRIPCIÓN :
DISEÑO E INGENIERÍA DE DETALLES - S.E. POMALCA
DIAGRAMA DE BLOQUES DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL
TRANSFORMADOR 60/22.90/10 KV

Nº PLANO
PL- 4.04