

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



**REFORZAMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO DEL SUR**  
**CONEXIÓN A LA S.E. LOS HEROES 220/66kV**

**INFORME DE INGENIERIA**

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

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR :**

**ROBERTO CARLOS QUISPE SICHA**

**PROMOCIÓN 1991 – I**

**LIMA – PERÚ**

**2005**

A mi esposa y mi hija que son fuente de inspiración para el logro de mis metas.

A mis padres ejemplo de vida por su sabios consejos, enseñanzas y apoyo incondicional.

**“REFORZAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL SUR CONEXIÓN A  
LA S.E. LOS HÉROES 220/ 66 kV”**

## SUMARIO

El presente trabajo consiste en realizar un balance del comportamiento del sistema eléctrico del sur antes y después de ejecutar el proyecto de reforzamiento del sistema eléctrico del sur con la conexión a la S.E. los Héroes. Se realiza un análisis del problema de suministro de energía a la ciudad de Tacna, donde se describe los sobrecostos de suministro de energía ocasionados por la operación de la C.T. Calana, la confiabilidad de suministro a la ciudad de Tacna, la limitación de L.T. 66 kV S.E. Aricota II – S.E. Tacna por sobrecarga para atender la demanda de Tacna en horas de media y máxima demanda, problemas de calidad de suministro de energía principalmente por caídas de tensión.

Se realiza el diseño de ingeniería para la ejecución de la conexión a la S.E. Los Héroes de la L.T. 66 kV S.E. Aricota II – S.E. Tacna, se realizan las especificaciones técnicas del suministro y montaje de acuerdo a normas nacionales e internacionales.

## INDICE

	Pag.
PROLOGO	1
CAPITULO I	
GENERALIDADES	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivo del Proyecto	5
1.3 Análisis y características del sistema eléctrico antes del proyecto	6
1.4 Alcances y localización del proyecto	8
CAPITULO II	
DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO	13
2.1 Ubicación	13
2.2 Vías de Acceso	13
2.3 Actividad Económica	13
2.4 Clima y Vegetación	14
2.5 Instalaciones Existentes	14
CAPITULO III	
CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA	19
3.1 Generalidades	19
3.2 Línea de Transmisión	19

	Pag.
3.3 Criterios básicos de diseño de Subestaciones	31
3.4 Telecomunicaciones	41
CAPITULO IV	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	44
4.1 Tableros de control	44
4.2 Estructuras Metálicas para la Subestación	71
4.3 Materiales de puesta a tierra	83
4.4 Sistema de puesta a tierra	85
4.5 Aisladores de porcelana	89
4.6 Conductor de aluminio reforzado con alma de acero (ACSR)	94
CONCLUSIONES	102
ANEXOS	104
BIBLIOGRAFÍA	115

## **PROLOGO**

El presente trabajo permite describir técnicamente la importancia del proyecto conexión a la S.E Los Héroes 220/66 KV. La ejecución de este proyecto permitió reforzar el sistema eléctrico del sur, mejorar la calidad del suministro de energía eléctrica a la ciudad de Tacna, disminuir los sobrecostos por compensación a la C.T Calana por regulación de tensión, garantizar el suministro de energía a largo plazo y mejorar la confiabilidad del suministro de energía.

El presente informe de Ingeniería contempla:

**GENERALIDADES:** donde se realiza una descripción de los antecedentes y objetivos del proyecto, asimismo se realiza un análisis de la característica del suministro de energía a la ciudad de Tacna antes de la conexión a la S.E Los Héroes.

**ALCANCES:** Contempla una descripción de los trabajos realizados en la ejecución de la obra.

**DELIMITACION DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO:** Comprende la realización de una descripción de la ubicación geográfica del proyecto, vías de acceso, Actividad Económica, etc.

**INSTALACIONES EXISTENTES:** Comprende una descripción de las características técnica de las Líneas y Subestaciones en la zona del proyecto.

**CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DEL INGENIERIA:** Se aplican los criterios básicos para el diseño de subestaciones y líneas de transmisión en base a las normas técnicas nacionales y internacionales, se realizan cálculos para el dimensionamiento de equipos de maniobra, protección, medición y puesta a tierra del proyecto.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:** Comprende las especificaciones técnicas para el suministro y montaje del equipamiento en base a las normas técnicas nacionales e internacionales.

**PLANOS ELÉCTRICOS:** Comprende los planos de ubicación y detalle del conexionado, diagramas unifilares de protección y medición. Así mismo se presentan los planos de ubicación y conexionado de tableros de control y puesta a tierra.

**PLANOS MECÁNICOS:** comprende plano de pórtico y diseño de estructura para derivación.



## **CAPITULO I GENERALIDADES**

### **1.1 Antecedentes**

La Empresa de Generación Eléctrica del Sur S.A., EGESUR, como parte de su Programa de Ampliación y modernización, considero conveniente realizar el proyecto de Conexión en 66 kV en la nueva S.E. Los Héroes 220/66 kV, propiedad de la empresa Red Eléctrica del Sur. (Ver en el grafico 1.1 ubicación geográfica del proyecto).

Esta obra permitió reforzar el suministro de energía a la ciudad de Tacna y la zona sur del país, mejorando los perfiles de calidad de energía e interrupciones de suministro.

La ciudad de Tacna antes del proyecto solo se alimentaba a través de la Línea de Transmisión 66 kV Aricota – Tacna con capacidad de 25 MVA y 100 Km. de distancia. Esta configuración no proporcionaba buena confiabilidad en el suministro de energía, La línea 66 kV en su recorrido desde Tacna hasta las C.H. Aricota recorre zonas con alta contaminación, presencia de neblina y presencia de aves. Estas condiciones de operación disminuían la confiabilidad de operación de la línea que ocasionaban cortes de suministro en la ciudad de Tacna.

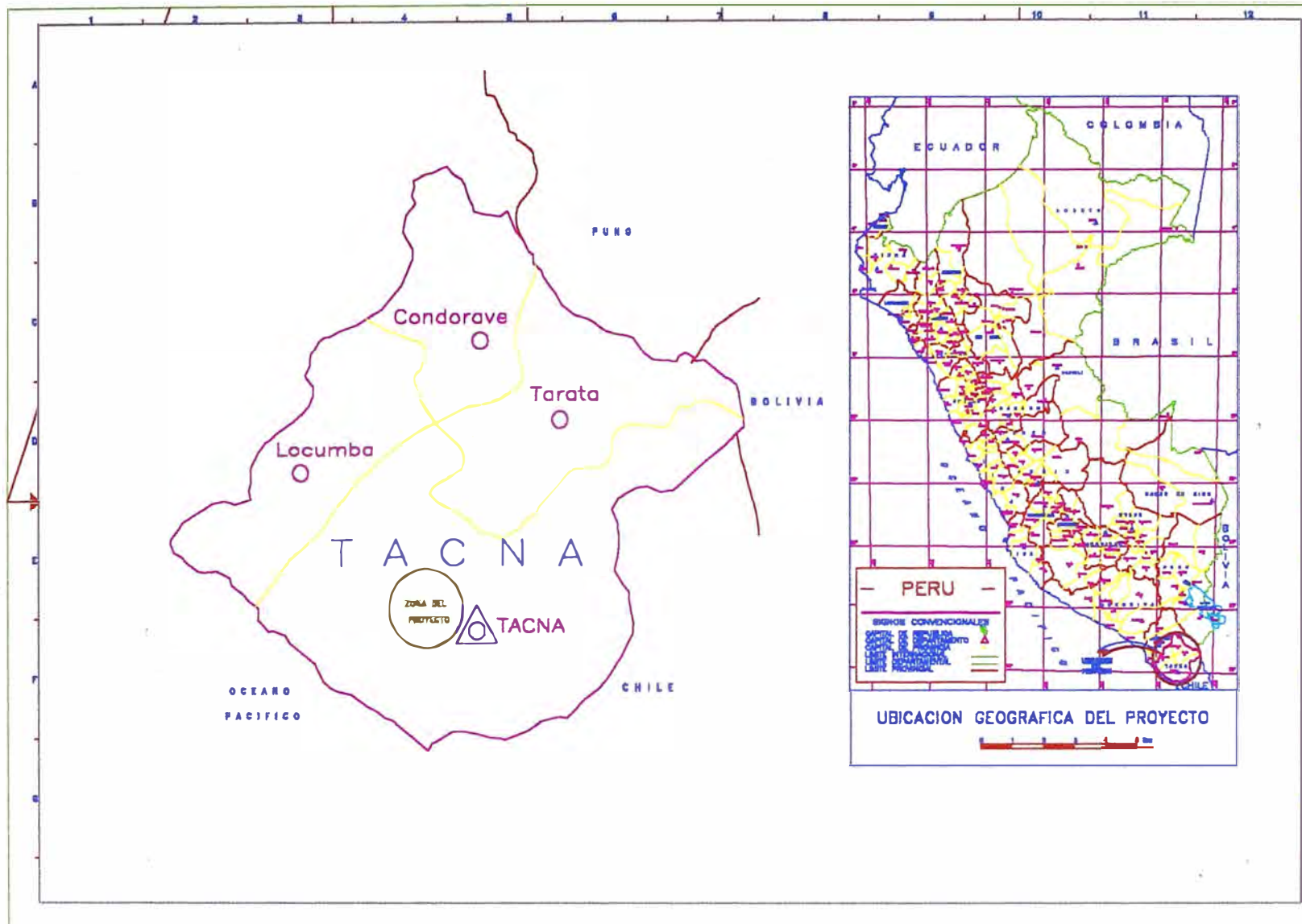


Fig 1.1: UBICACION GEOGRAFICA DEL PROYECTO

Así mismo en hora de punta no era posible atender la demanda de Tacna con la L.T. 66 kV Aricota – Tacna por problemas de calidad de suministro de energía ( Caída de Tensión ) obligando arrancar una unidad de la C.T. Calana con la finalidad de regular Tensión produciendo sobrecostos de operación y encareciendo el costo de la energía eléctrica.

## **1.2 Objetivo del Proyecto**

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar la calidad del suministro de energía eléctrica a la ciudad de Tacna, disminuir los sobrecostos por compensación a la C.T. Calana por regulación de tensión, garantizar el suministro de energía a largo plazo y mejorar la confiabilidad del suministro de energía.

Para la ejecución del presente proyecto fue necesario realizar las obras que permitan la conexión del sistema de EGESUR con el Sistema Interconectado en la subestación Los Héroes 220/66 kV.

Estas obras involucran:

- El seccionamiento de la línea 66 kV existente Aricota 2 - Tomasiri Tacna, en las cercanías de la nueva subestación Los Héroes.
- La ampliación y equipamiento en el patio de llaves existente de dos módulos de línea en 66 kV; para realizar el ingreso y salida de la línea existente.
- La ampliación de los sistemas auxiliares de la subestación.
- El equipamiento de tableros de protección para las dos nuevas bahías de línea.

- La ampliación del sistema de control existente.
- La ampliación del sistema de telecomunicaciones existente.

REDESUR es propietaria de la S.E. Los Héroes que involucra el área de la Subestación, el equipamiento de 220 kV, transformador de potencia (50MVA) y equipamiento hasta la barra en 66 kV.

### **1.3 Análisis y características del sistema eléctrico antes del proyecto**

Dentro del plan de desarrollo del departamento de Tacna concebido en el año 1960 se estableció la construcción de las centrales hidroeléctricas Aricota I y Aricota II, así mismo la construcción de sus líneas asociadas de transmisión en 66 kV. Para el suministro de energía a la ciudad de Tacna desde las centrales Aricota se construyó una línea de transmisión en 66 kV con una longitud de 98 Km. y 25 MVA de capacidad para alimentar la demanda de la época de aproximadamente 3 MW.

La ciudad de Tacna en el año 2000 tenía aproximadamente una máxima demanda de 19.5 MW y una mínima demanda de 12 MW. En hora de punta era prácticamente imposible alimentar solamente con la L.T. 66 kV desde la Central Aricota por la fuerte caída de tensión que presentaba, obligando el arranque de una unidad de la Central Térmica Calana con el propósito de regular tensión ocasionando sobrecostos en la operación.

La operación del sistema eléctrico de Tacna presentaba problemas de suministro en calidad de energía específicamente en tensión y sobrecostos de operación en época de avenida, ver cuadro 1.1.

Cuadro 1.1: Operación Típica del Sistema Eléctrico de Tacna en Época de Avenida.

Horas de Operación		M.D. Tacna ( MW)	Fuente de Alimentación (MW)		Tensión Registrada S.E. Tacna 66 kV
De	Hasta		L.T. 66 kV	C.T. Calana	
00:00	09:00	11.5	11.5	0	64
09:00	11:30	14	8	6	65.9
11:30	17:00	12.5	12.5	0	63
17:00	22:00	19.5	13.5	6	65.9
22:00	24:00	12	12	0	63.2

Para mantener los niveles de tensión dentro de los rangos establecidos por la NTCSE ( Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos), el operador de Turno ubicado en la C.T. Calana realizaba un monitoreo constante y permanente sobre la tensión evitando que caiga por debajo de 63 KV en la barra de la S.E. Tacna ( Según la norma la máxima caída permisible es de 5% de la tensión nominal de la Barra de Suministro, para nuestro caso la tensión nominal de suministro en la barra de la S.E. Tacna es de 66 kV correspondiéndole una mínima tensión hasta de 62.7 kV). Cuando se agotaban todos los medios disponibles para evitar la caída de Tensión ( uso de Banco de Capacitores hasta por 3 MVAR) se arrancaba inmediatamente una unidad de la C.T. Calana.

En algunas ocasiones por demora en el arranque de los grupos de la C.T. Calana para acoplarse con el sistema y evitar la caída de tensión por aumento inesperado de la demanda en la barra de Tacna se registraron caídas de tensión hasta 62 KV con una demanda de 14 MW. Así mismo la situación mas critica que se presentaba es en hora de punta cuando inesperadamente se producía la salida de la C.T Calana el cual se encontraba regulando tensión, esto producía que toda la demanda de Tacna

quedaba colgada de la L.T. 66 KV Aricota – Tacna registrándose caídas de tensión hasta 59.5 KV, esto ocasionaba que se rechace manualmente la carga de ciertos circuitos para restablecer el nivel nominal de la tensión como consecuencia se perjudicaba el servicio a miles de usuarios ( Ver diagrama de carga de la ciudad de Tacna en la figura 1.2 ).

## **1.4 Alcances y localización del proyecto**

### **1.4.1 Alcances**

El proyecto contempla la ejecución de las siguientes obras:

- Implementación de dos módulos de salida de línea en 66 kV en la Nueva Subestación S.E. Los Héroes 220/66 kV.
- Implementación de los dispositivos de control y protección necesarios para la operación de las bahías de línea proyectadas.
- Ampliación de los sistemas auxiliares para la alimentación de los equipos a ser implementados por el proyecto.
- Seccionamiento de la actual línea de transmisión en 66 kV Aricota 2 - Tomasiri – Tacna.
- Instalación de una nueva estructura para realizar la derivación de la línea existente.
- Enlace desde la nueva estructura de la línea existente en 66 kV, a los módulos de entrada de la Nueva Subestación Tacna 220/66 kV
- Sistema de Comunicaciones.

### **1.4.2 Localización del Proyecto**

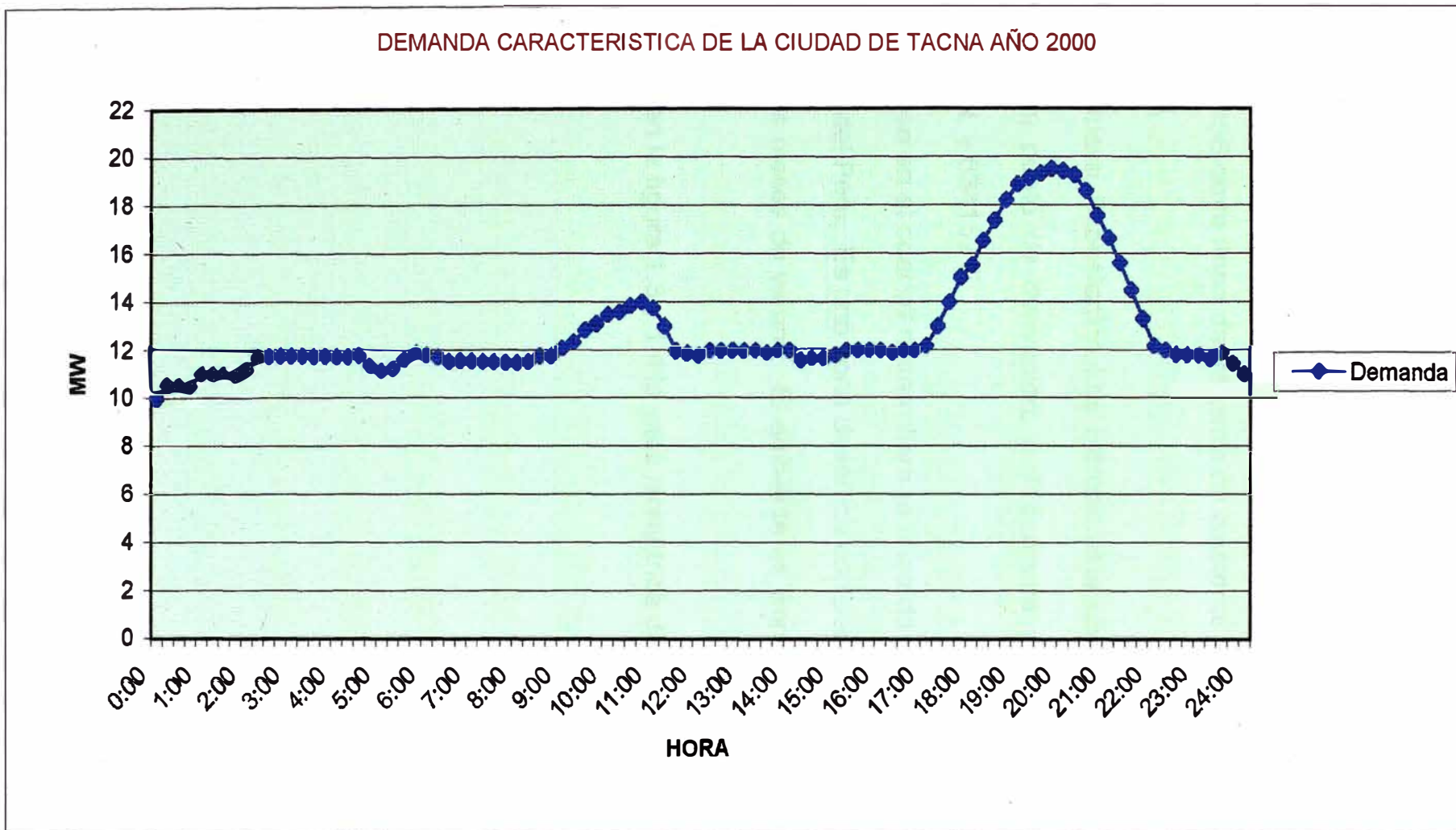


Figura 1.2 Diagrama de Carga

Las instalaciones proyectadas se encuentran localizadas en la zona del Alto de Alianza, aproximadamente a 12 Km. de la ciudad de Tacna, en el departamento de Tacna.

El punto de derivación proyectado, se ha previsto entre las estructuras N° 455 y 456 de la línea de transmisión existente 66 kV Tomasiri - Tacna, a 720 msnm.

La Nueva Subestación Los Héroes esta ubicada aproximadamente a 200 m del punto de derivación, a 715 msnm y tendrá las coordenadas 9350953N, y 634152 E.

El área en el cual se desarrollara la línea de transmisión es típica de la costa sur del Perú. Es una zona desértica con períodos de lluvias moderadas durante los meses de verano. El ambiente es limpio y de baja contaminación industrial.

Ver en la figura 1.3 y 1.4 la vista isométrica de la derivación proyectada.



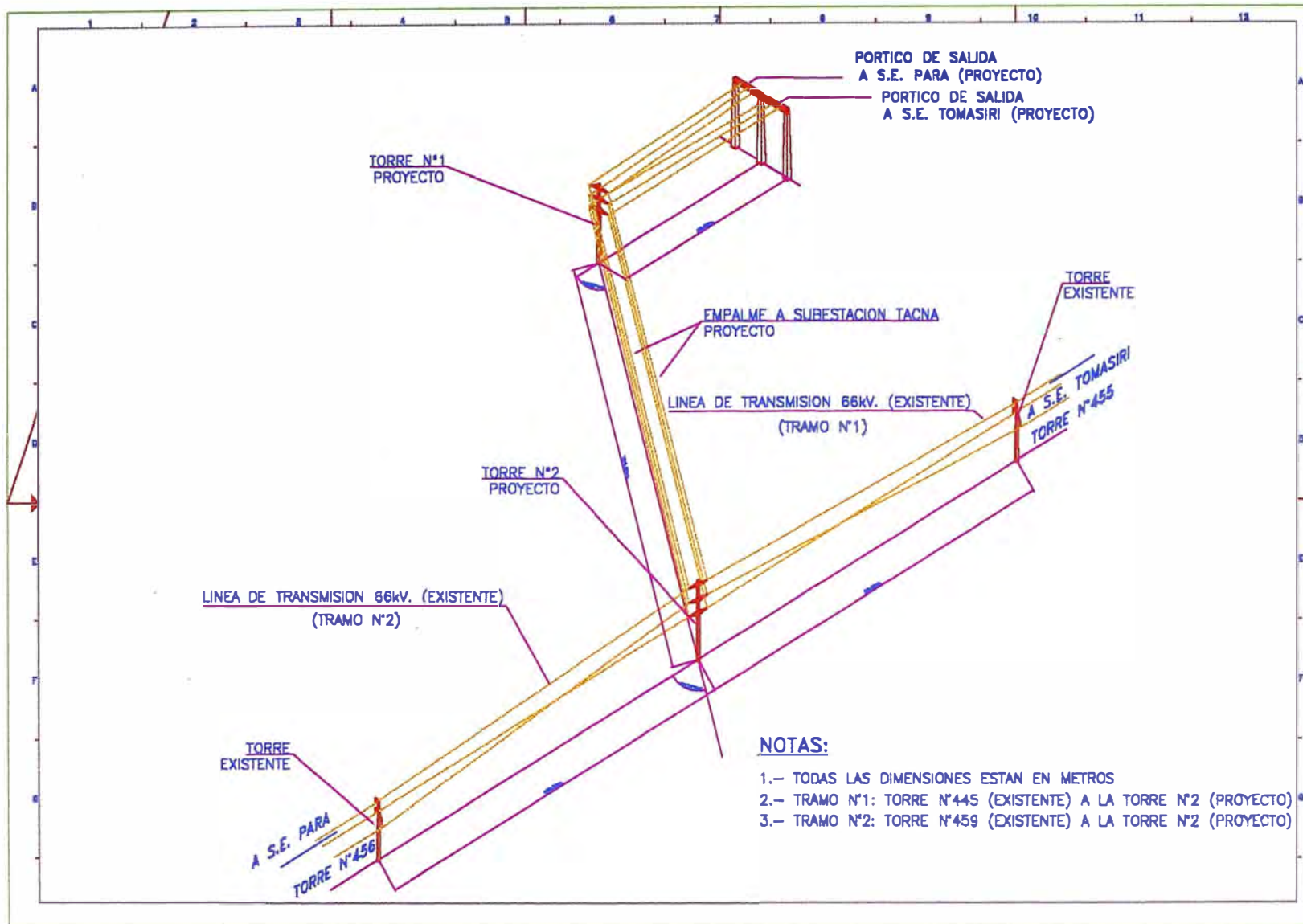


Fig. 1.3 : EMPALME DE LINEAS EN 66 KV VISTA ISOMETRICA

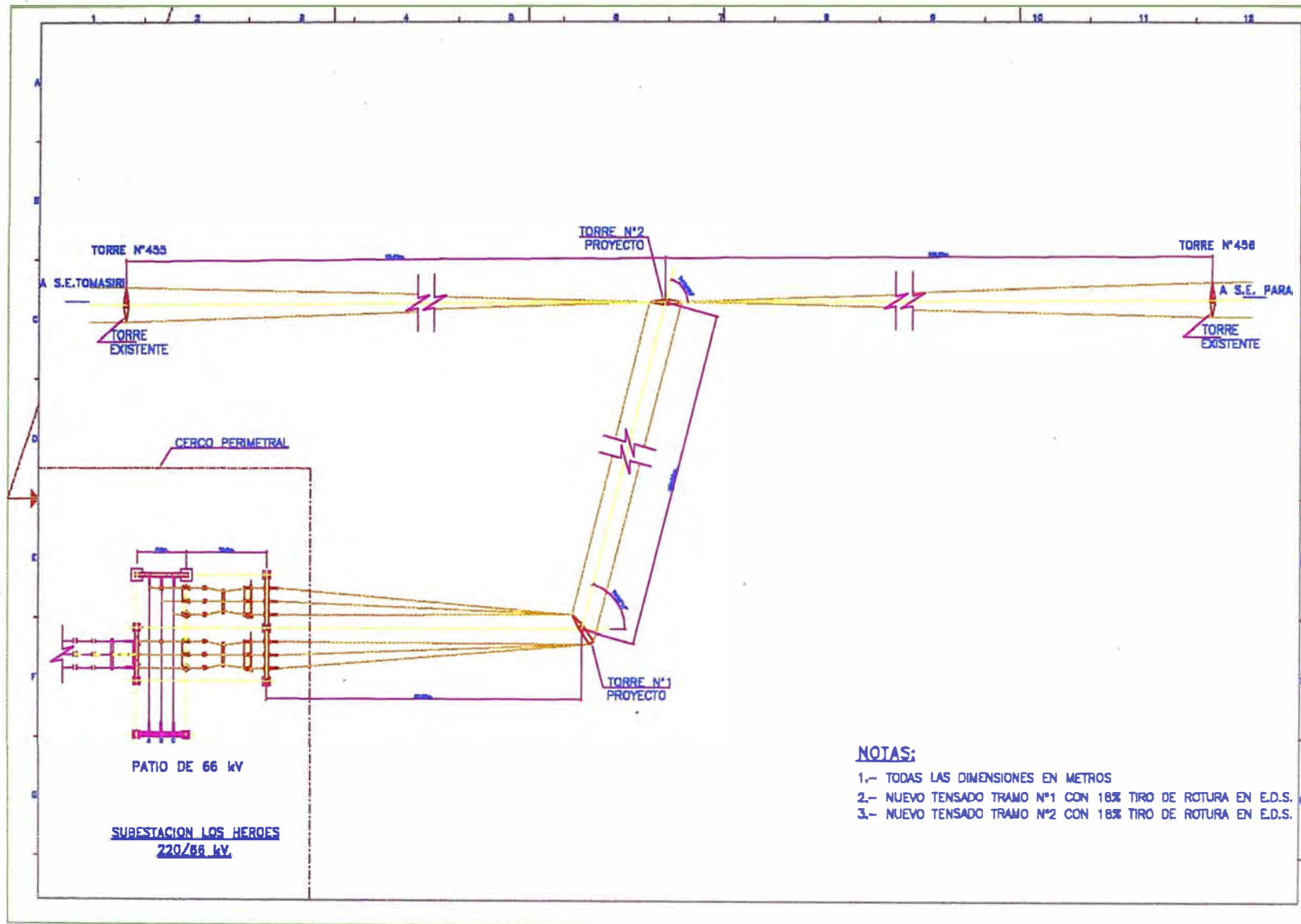


Fig. 1.4: SALIDAS EN 66 KV S.E TOMASIRI Y S.E TACNA

## **CAPITULO II DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO**

### **2.1 Ubicación**

El proyecto se encuentra ubicado en la zona sur del país, en la ciudad y Departamento de Tacna, aproximadamente a 1 400 Km. de la ciudad de Lima.

### **2.2 Vías de Acceso**

- **Vía terrestre:** utilizando la Carretera Panamericana Sur.
- **Vía aérea:** a través del aeropuerto de la ciudad.
- **Vía marítima:** a través de los puertos de Arica e Ilo, ubicados a 40 y 120 Km. de la ciudad de Tacna respectivamente. Desde la ciudad de Tacna hasta la zona del proyecto se puede llegar por vía terrestre utilizando la carretera Panamericana Sur y el desvío que va al monumento del Alto de Alianza.

### **2.3 Actividad Económica**

La actividad económica que se desarrolla en la zona con mayor incidencia es la del comercio, en menor escala se desarrollan la agricultura, ganadería y pesquería; así como industrias derivadas de estas actividades.

El comercio en la zona se ha visto incentivada por la creación de los CETICOS de Tacna e Ilo, sobre todo en la zona de Ilo debido a la nueva carretera Ilo – Desaguadero, que proporciona una ruta de acceso rápido hacia Bolivia.

## **2.4 Clima y Vegetación**

La zona del Estudio es de clima cálido, típica de la zona sur del Perú, con temperaturas promedios:

Temperatura máxima	30 °C
Temperatura media	20 °C
Temperatura mínima	10 °C

Las precipitaciones son moderadas durante los meses de verano.

La agricultura está orientada al cultivo de árboles frutales y cítricos.

## **2.5 Instalaciones Existentes**

### **2.5.1 Líneas de Transmisión**

En la actualidad existe la Línea de Transmisión Aricota II - Tomasiri – Tacna de 66 kV 93,3 Km. de longitud total, propiedad de EGESUR, cuyas características técnicas se indican a continuación:

#### **Tramo S.E. Aricota II – S.E. Tomasiri**

- Tensión Nominal (kV) 66
- Número de Ternas Una
- Longitud (Km.) 58.3
- Conductor 120 mm<sup>2</sup> ACSR

- Tipo de Estructuras Torres metálicas autoportadas

#### **Tramo S.E. Tomasiri – S.E. Tacna**

- Tensión Nominal (kV) 66
- Número de Ternas Una
- Longitud (Km.) 35
- Conductor 120 mm<sup>2</sup> ACSR
- Tipo de Estructuras Torres metálicas autoportadas

#### **2.5.2 Subestaciones de Transformación**

- **Subestación C. H. Aricota II 138/66/10,5 kV**

Esta subestación cuenta con un banco de autotransformadores monofásicos que tienen en conjunto una potencia de 30/30/14.1 MVA. El lado de 138 kV cuenta con una bahía para la línea hacia Toquepala. En el lado de 66 kV cuenta con dos bahías de línea, una para la línea 66 kV S.E Aricota II – S.E Aricota I, y la otra para la línea 66 kV Aricota II - Tomasiri – Tacna. El lado de 10,5 kV, sirve para evacuar la energía de la C. H. Aricota II de 14 MVA.

- **Subestación Tomasiri 66/10,5 kV**

Esta subestación se une a la línea mediante una derivación en "T". Cuenta con un transformador de potencia de 3 MVA de 66/10,5 kV el cual se encuentra protegido con un seccionador fusible de potencia en el lado de 66 kV. En el lado de 10,5 kV tiene dos circuitos de distribución para

alimentación de las localidades de Tomasiri, Locumba, Puerto Grau y localidades del litoral.

- **Subestación Los Héroes 220/66 kV**

REDESUR realizó la construcción de la S.E Los Héroes 220/66 kV. Cuenta con un transformador de potencia de 50/50//10MVA, 220/66/10,5 kV. En el lado 220 kV cuenta con una bahía para la línea Montalvo - Tacna. Se ha previsto el espacio suficiente para la futura implementación de un sistema de barras simple en 220 kV y una bahía de línea. En el lado de 66 kV, se habilitará un sistema de barras simple, el cual tendrá espacio para albergar tres bahías de línea, dos de las cuales serán utilizadas en el presente proyecto.

Para efectos del presente proyecto esta subestación será considerada como existente con el equipamiento antes indicado.

- **Subestación Tacna 66/10,5 kV**

Es en la actualidad la principal subestación de distribución de la ciudad de Tacna, cuenta con dos transformadores de potencia de 5 MVA, uno de 3 MVA 66/10,5 kV y un transformador de 3,75 MVA.

En el lado de 66 kV se tienen Tres bahías para las líneas hacia las subestaciones Tomasiri, La Yarada y Parque Industrial. La línea que va hacia la subestación Parque Industrial continúa hasta la subestación de la C.T. Calana.

Ver en la figura 2.1 diagrama unifilar del sistema eléctrico del sur asociado al proyecto y en la figura 2.2 la ubicación geográfica del sistema eléctrico de Tacna.

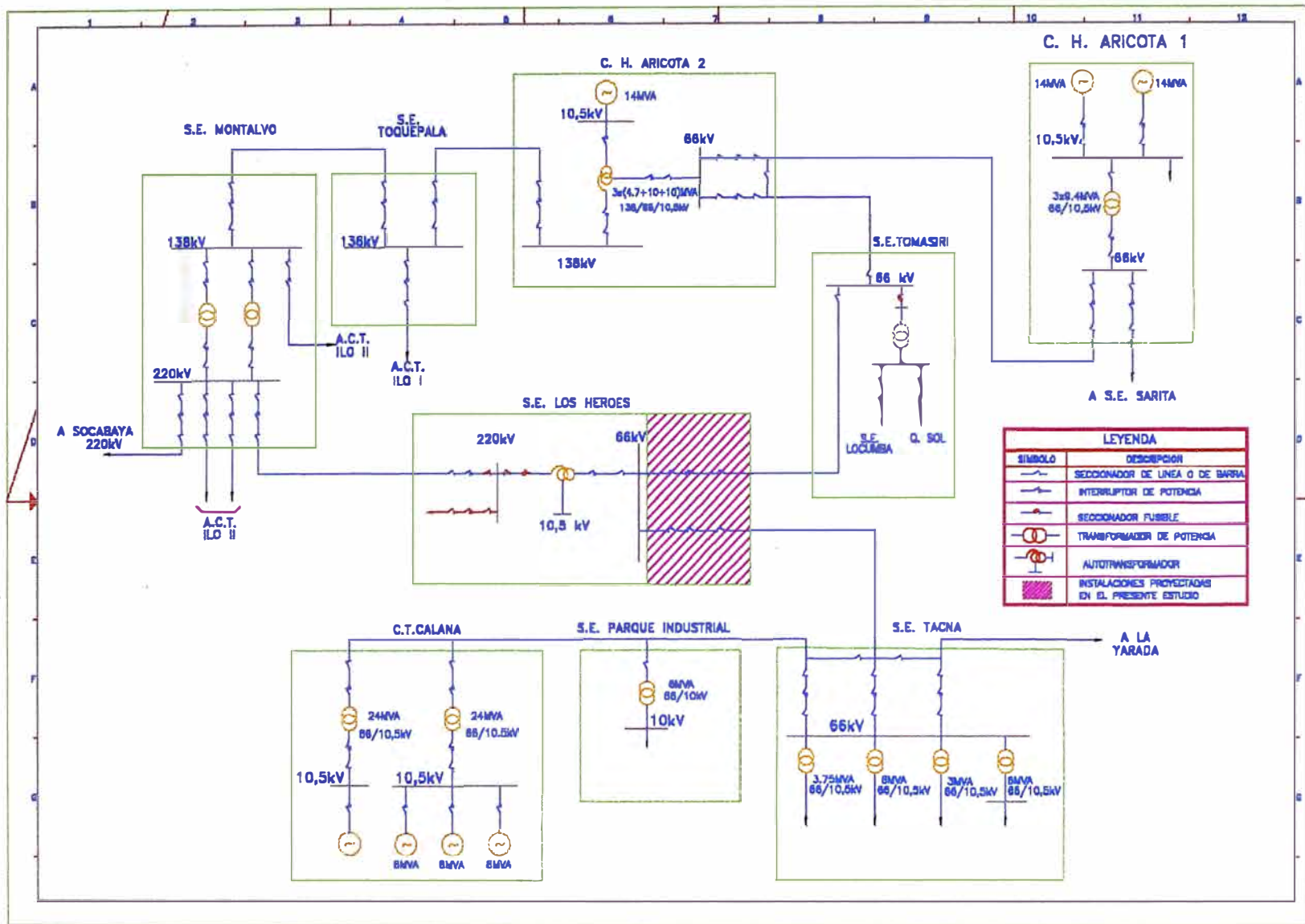


Fig. 2.1: DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA ELECTRICO DEL SUR

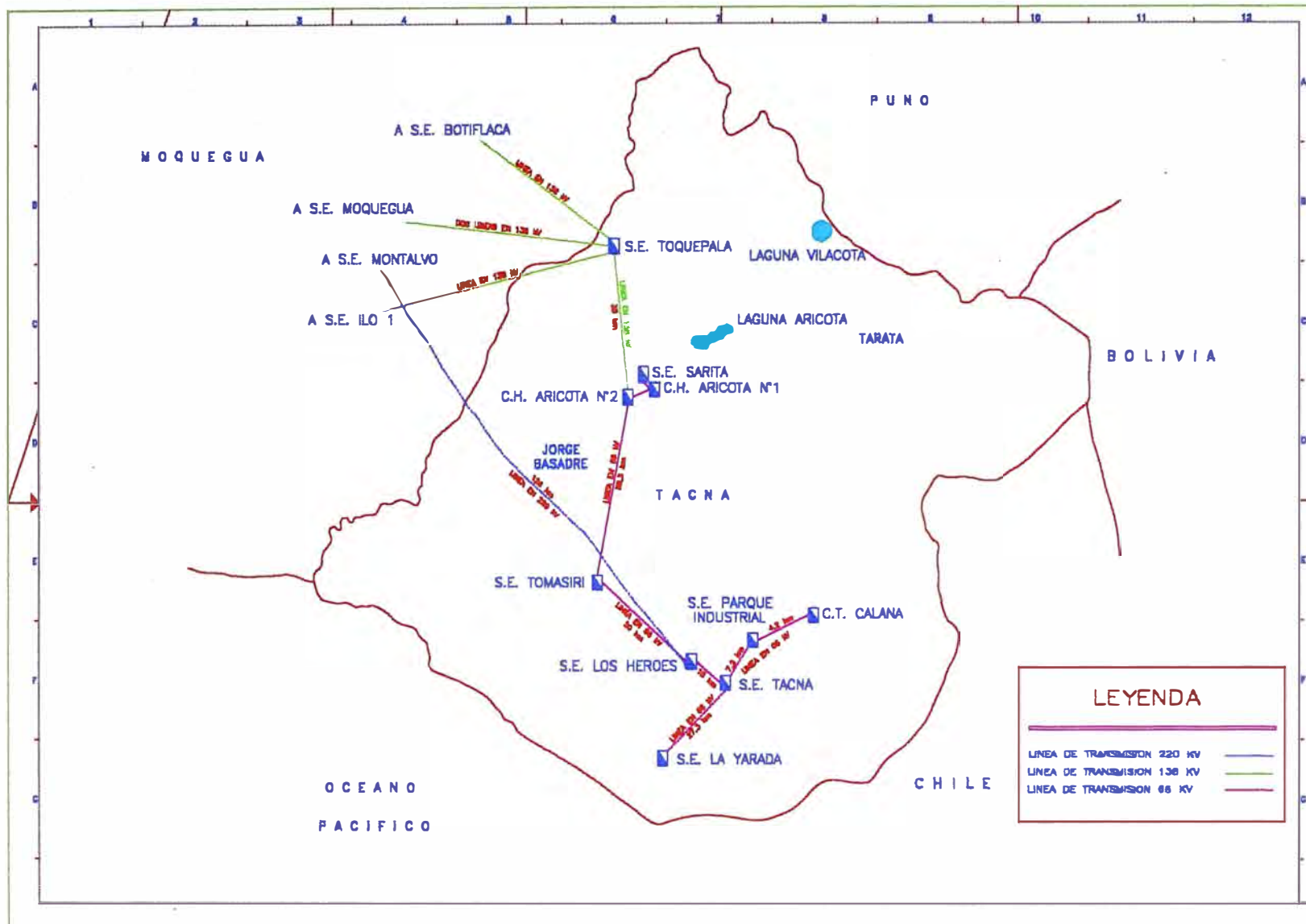


Fig. 2.2 : UBICACION GEOGRAFICA DEL SISTEMA ELECTRICO DE TACNA



## **CAPITULO III**

### **CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA**

#### **3.1 Generalidades**

El presente capítulo trata sobre los criterios básicos usados para el desarrollo de la ingeniería de acuerdo a cada sección de obra. Para las líneas de transmisión, subestaciones y sistemas de telecomunicaciones se han empleado las partes aplicables del Código Nacional de Electricidad, normas internacionales y prácticas de diseño de uso general en estudios similares.

#### **3.2 Línea de Transmisión**

Se realizará una derivación en la línea existente Tomasiri - Tacna en 66 kV de aproximadamente 600 m de longitud; éste tramo de línea ha sido diseñado para una configuración en doble terna tal como se muestra en los planos del proyecto.

Para realizar la derivación se ha previsto cortar la línea en el vano comprendido entre las estructuras existentes N° 455 y 456, lo cual implica realizar un nuevo tensado de los conductores (con el 18% del tiro de rotura), en dos tramos:

- Primer Tramo Torre N° 445 anclaje existente a la torre N° 2 proyectada.
- Segundo Tramo : Torre N° 459 anclaje existente a la torre N° 2 proyectada.

### **3.2.1 Códigos y Normas**

Los criterios empleados para el diseño de la derivación de la línea de transmisión 66 kV, se rigen por las disposiciones del Código Eléctrico del Perú, las normas alemanas VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker), otras normas internacionales específicas, así como criterios reconocidos internacionalmente para estudios similares.

### **3.2.2 Condiciones Climatológicas**

Las condiciones climatológicas adoptadas para el diseño de la línea se dan a continuación:

- Temperatura mínima 0 °C
- Temperatura media 20 °C
- Temperatura máxima 45 °C
- Viento máximo 90 km/h
- Humedad relativa media 90 a 100 %

### **3.2.3 Diseño Eléctrico**

#### **a. Tensión y Número de Circuitos**

Considerando que la línea materia del presente proyecto es una prolongación del sistema existente, la tensión será de 66 kV.

#### **b. Efecto de Altura**

No se considerará el factor de corrección por altura sobre el nivel del mar, teniendo en cuenta que la mayor altura alcanzada por trazo de ruta de la línea a proyectar es de 715 m.s.n.m.

### **c. Distancias Mínimas de Seguridad**

En base a las normas señaladas, se consideró como distancias mínimas de seguridad del conductor a cruces de la línea, los siguientes valores principales:

- Al suelo sobre el terreno no transitado por vehículos 6,0 m
- Sobre carreteras 9,0 m
- Sobre trochas, calles y caminos rurales 6,5 m
- A otras líneas que se cruzan 3,5 m
- A puntos accesibles de construcciones 4,5 m

## **3.2.4 Diseño Mecánico**

### **a. Hipótesis de Estados del Conductor**

Para el cálculo mecánico del conductor ha ser empalmado a la Nueva Subestación Tacna, se ha considerado las siguientes hipótesis de acuerdo a las condiciones ambientales de la zona del proyecto, las que se muestran a continuación en el cuadro 3.1:

Cuadro 3.1: Hipótesis de Estado del Conductor

Hipótesis	Temperatura °C	Presión de Viento, kg/m <sup>2</sup>	Esfuerzo Máximo, %Trot	Observaciones
1	20	0	5	EDS
2	0	39	40	Máximo esfuerzo
3	45	0	-	Temperatura Máx.
4	0	0	40	Temperatura Mínima.
5	20	19.5	-	Oscilación de Cadena

Para el nuevo tensado del conductor de los dos tramos (T 445 – Torre N° 2; T 459 – Torre N° 2) de la línea existente se utilizará las mismas hipótesis, con la observación que en la hipótesis EDS el esfuerzo de tensado será del 18 % del tiro de rotura.

## b. Cálculo Mecánico de Estructuras

### b.1 Vanos Característicos:

Cada tipo de estructura será diseñada en función de sus vanos característicos siguientes:

- **Vano máximo** El vano más largo admisible de los adyacentes a la estructura, que determina las dimensiones geométricas.
- **Vano viento** La longitud proyectada de la semisuma de los vanos adyacentes (para el cálculo de la carga debida al viento).
- **Vano gravante** : La distancia horizontal entre los puntos más bajos (reales o ficticios) del perfil del conductor en los dos vanos adyacentes a la

estructura y que determinan la reacción vertical sobre la estructura en el punto de amarre del conductor.

En el diseño de las estructuras normales, se tomará además en consideración el ángulo de desvío máximo admitido de los conductores.

## **b.2 Cargas de Diseño de Estructura:**

### **b.2.1 Hipótesis 1 Cargas Normales:**

En condiciones de carga normales se admitirá que la torre está sujeta a la acción simultánea de las siguientes fuerzas:

#### **b.2.1.1 Cargas verticales**

- El peso de los conductores, aisladores y accesorios para el vano Gravante correspondiente.
- El peso propio de la torre.

#### **b.2.1.2 Cargas transversales horizontales**

- La presión del viento sobre el área total neta proyectada de los conductores, aisladores para el vano medio correspondiente.
- La presión del viento sobre la estructura de la torre.
- La componente horizontal transversal de la máxima tensión del conductor, determinada por el ángulo relativo máximo del desvío.
- La componente horizontal en dirección transversal a la torre del conductor de empalme a la subestación.

#### **b.2.1.3 Cargas longitudinales**

- La componente en la dirección longitudinal a la torre del conductor de empalme a la subestación.

### **b.2.2 Hipótesis 2 Cargas Normales:**

### **b.2.2.1 Cargas verticales**

- El peso de los conductores, aisladores y accesorios para el vano Gravante correspondiente.
- El peso propio de la torre.
- La componente horizontal transversal del conductor de empalme a la torre.

### **b.2.2.2 Cargas transversales horizontales**

- La proyección de la resultante de los tiros de los conductores, a temperatura mínima, en dirección de la bisectriz del ángulo de línea.

### **b.2.2.3 Cargas longitudinales**

- La presión del viento longitudinal sobre la estructura.
- La presión del viento longitudinal sobre la semisuma de los conductores de vanos adyacentes.
- La proyección de la resultante de los tiros de los conductores, a temperatura mínima, en dirección normal a la bisectriz del ángulo de línea.
- La componente en la dirección longitudinal a la torre del conductor de empalme a la subestación.

### **b.2.3 Hipótesis 3 Cargas excepcionales – Rotura de Conductor superior:**

En condiciones de carga excepcional se admitirá que la torre está sujeta, además de las cargas normales, a una fuerza longitudinal, correspondiente a la rotura de un conductor el que origine el mayor esfuerzo en el elemento considerado para el cálculo.

Esta fuerza tendrá el valor siguiente:

- Para torres angulares: 100% de la máxima tensión del conductor superior.

Esta fuerza será determinada en sus componentes longitudinal y transversal, según el correspondiente ángulo de desvío.

**b.2.4 Hipótesis 4 Cargas excepcionales – Rotura de Conductor Medio:**

Ídem a hipótesis 3 para conductor medio.

**b.2.5 Hipótesis 5 Cargas excepcionales – Rotura de Conductor Inferior:**

Ídem a hipótesis 3 para conductor inferior.

**b.2.6 Hipótesis 6 Cargas de Montaje:**

Se considera cargas verticales iguales al doble de las cargas verticales normales.

**3.2.5 Selección del Conductor**

Para el empalme de la línea de transmisión en 66 kV con la Nueva Subestación Tacna, se empleará el mismo tipo de conductor de la línea existente, cuyas características son las siguientes:

- Material : Aluminio reforzado con alma de acero ACSR
- Sección nominal : 120 mm<sup>2</sup>
- Sección real : 125 10 mm<sup>2</sup>
- N° hilos de acero : 1x4,77
- N° hilos de aluminio : 6x4,77
- Diámetro exterior : 14,31 mm
- Peso unitario : 0,433 kg/m
- Carga de rotura : 3820 kg
- Módulo de elasticidad : 8000 kg/mm<sup>2</sup>
- Coeficiente dilatac : 19,2 x 10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup>

- Resistencia eléctrica 0,2677 ohm/km a 20°C

Las cadenas de aisladores a ser utilizadas tendrán las siguientes características:

#### **Ensamble de suspensión Simple**

- Grillete recto.
- Adaptador anillo bola alargado.
- Adaptador casquillo ojo alargado.
- Grapa de suspensión.
- Varilla de armar.

#### **Ensamble de anclaje normal**

- Grillete recto.
- Adaptador anillo bola alargado.
- Adaptador casquillo ojo alargado.
- Grapa de anclaje tipo pistola.

### **3.2.6 Selección del Aislamiento**

El aislamiento de la línea para este nivel de tensión (<300 kV) se diseña para soportar las sobretensiones de frecuencia industrial, las sobretensiones de impulso tipo atmosférico y por distancia de fuga.

- Material Porcelana o vidrio
- Tipo estándar
- Acoplamiento bola casquillo IEC (16 mm)
- Espaciamiento 146 mm
- Distancia de fuga 292 mm (mínima)



- Carga electromecánica : Mínima de rotura
- Onda de Impulso : 110 kV
- Tensión de perforación : 110 kV
- Peso aproximado : 4,10 Kg.

### 3.2.7 Selección de Estructuras

Las nuevas estructuras de llegada a la Subestación Los Héroes, serán de las mismas características que las existentes, es decir estructuras metálicas autoportadas de celosía.

Las estructuras serán para doble terna, con la disposición de los conductores para cada terna en forma vertical, permitiendo el ingreso a la nueva Subestación en forma conveniente de la disposición de fases y mayor separación entre conductores.

El tipo de estructura que ha de ser utilizado es el siguiente:

Tipo	Utilización	Vano Diseño (m)	Vano Gravante (m)	Vano Lateral (m)	Angulo Máximo De línea
T	Retención Angular (Terminal)	200	300	300	15°

### 3.2.8 Puestas a Tierra

La función principal del sistema de puesta a tierra es proteger a las personas contra las tensiones de toque o paso peligrosas y proporcionar un camino fácil y seguro para las corrientes de dispersión.

En base al reconocimiento de campo, que permitió apreciar el tipo de terreno donde se instalarán las estructuras, se ha previsto el tipo básico de puesta a tierra siguiente:

**Tipo A** Cuatro electrodos verticales más cuatro contrapesos horizontales. El conductor utilizado para los contrapesos será de Copperweld por su buena conductividad y su alta resistencia al corte para evitar sustracciones.

### **3.2.9 Fundaciones**

Las fundaciones se diseñan basados en las normas que se indican a continuación

#### **Códigos y Normas:**

- Concreto : Norma Peruana de Concreto NTE.060.
- Sismo : Norma Peruana de Diseño Antisísmico NTE.030  
Reglamento Nacional de Construcciones.
- Suelos y Cimentaciones : Norma Peruana NTE.050.
- Materiales : American Society of Testing and Materials –  
ASTM.
- Acero : Manual of Steel Construction–Allowable Stress  
Desing – 9 edition. – American Institute of Steel  
Construction AISC.

#### **Cargas de Diseño**

Para el diseño estructural de las bases de concreto se han considerado las cargas de servicio:

Cargas verticales:

- Cargas muertas

Pesos de la torre, conductores, cables de guarda, peso de las cimentaciones y rellenos.

- Carga vivas

Sobrecarga por cortocircuito, montaje y mantenimiento

Cargas horizontales:

Se ha considerado la fuerza horizontal del viento aplicado en la cara expuesta de la torre.

Factores de Seguridad

- Arrancamiento 1,5
- Estabilidad 1,5

### **Características del suelo de fundación**

Se ha considerado la unidad Geotécnica (U.G 1): Esta unidad tiene una cobertura de suelos eólicos de 0,10 a 0,20 m de espesor, de constitución arenosa de grano fino a medio, polvorientos y secos. Hacia abajo, hasta 0,88 m de profundidad, se halla constituida por una mezcla heterogénea de gravillas, arenas gruesas y finas, con abundante cementación salina, carbonatos y yeso. Por debajo de 0,88 m hasta el fondo de la prospección, se presentan intercalaciones de arenas de grano grueso a fino, limos arenosos, sales y gravas menores de ¾" de tamaño, sub redondeados, en un porcentaje aproximado del 10%, que por lo general presentan como cementante sales y carbonatos. Estos depósitos son de origen marino.

Los análisis granulométricos indican que la fracción grava varía entre 2% a 6% y el tamaño máximo predominante es 3/4"; la arena varía entre 88% a 92%, con claro predominio del tamaño medio a fino. La fracción de finos varía entre 5% a 7%, de naturaleza no plástica.

Según la Clasificación SUCS, en la trinchera # 01, el suelo de cimentación es arena bien graduada, limosa, con algo de grava (SW-SM) y en las calicatas # 01 y 02, son arenas mal graduadas, limosa, con algo de grava (SP-SM). Tienen un peso unitario seco de 1,534 y 1,579 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, considerados como bajo; una humedad natural de 0,96% a 1,36 %. El peso específico de sólidos es 2,642 g/cm<sup>3</sup>.

En el ensayo de Corte directo, realizado en muestra remoldeada de la trinchera # 1, la densidad seca total (peso unitario) es 1,529 g/cm<sup>3</sup> y el ángulo de fricción interna es 31,88°. En la calicata # 01, la densidad seca total es 1,579 g/cm<sup>3</sup> y el ángulo de fricción interna estimado es 30°. (Ver Cuadros 3.2).

Cuadro 3.2: Características principales de suelos.

Unidad Geotécnica I	Qa Kg/cm <sup>2</sup>	Clasif. SUCS	Granulometría		Propiedades Geotécnicas					
			Arenas %	Finos %	$\gamma_n$ gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_s$ gr/cm <sup>3</sup>	W %	LL %	LP %	$\phi$ Grados
LT-01 (0.88-2.94)	1.61	SW-SM	88.82	5.68	1.555	1.534	1.36	20.80	---	31.88
C-01 (0.64 – 2.70)	1.94	SP-SM	91.76	6.49	1.593	1.579	0.96	18.42	---	30.0

### **3.3 Criterios básicos de diseño de Subestaciones**

#### **3.3.1 Generalidades**

El presente estudio contempla las siguiente instalaciones:

- Implementación de dos bahías de salida de línea en 66 Kv.
- Ampliación de los sistemas de iluminación, servicios auxiliares y puesta a tierra.
- Instalación de los tableros de protección para las bahías de línea proyectados.
- Implementación de los equipos de telecomunicaciones necesarios para la correcta operación del sistema.

#### **3.3.2 Niveles de tensión**

De acuerdo con las instalaciones existentes en el sistema eléctrico se utilizará la tensión nominal de 66 kV.

#### **3.3.3 Regulación de tensión**

La regulación de tensión en el sistema esta a cargo de los transformadores de potencia con cambiadores de tomas bajo carga y de las centrales de generación térmica e hidráulicas existentes.

#### **3.3.4 Coordinación de aislamiento**

El nivel de aislamiento de los equipos a ser instalados en las subestaciones del proyecto ha sido determinado y seleccionado de acuerdo con las Normas IEC y ANSI. La subestación se encuentra a una altitud que no sobrepasa los 1 000 msnm, por lo que no se ha considerado factores de corrección por altitud. Las instalaciones del proyecto se ubican en una zona con ausencia de descargas atmosféricas.

Tomando en cuenta los criterios anteriores, para los equipamientos de las subestaciones, se han seleccionado los siguientes niveles de aislamiento:

**a) Premisas de Diseño**

- Altitud (m.s.n.m.) : menor a 1000
- Factor de corrección por altura : 1,00
- Tipo de sistema : 66 kV
- Margen de seguridad para : Estrella aterrado
- Sobretensiones al impulso : 1,25
- Sobretensiones de maniobra : 1,15
- Grado de aislamiento 66 kV : Pleno

**b) Niveles de Aislamiento**

- Tensión nominal : 66 kV
  - Tensión máxima : 72,5 kV
- Tensiones de prueba:
- Al impulso - BIL : 325 kV pico
  - A frecuencia industrial : 140 kV RMS

**c) Distancias de Seguridad**

- Tensión nominal : 66 kV
- Distancia mínima entre fase y tierra : 1,20 m
- Distancia mínima entre fases : 1,50 m
- Distancia mínima del borde inferior del aislador de un equipo, a tierra : 2,25 m

- Distancia mínima del borde superior del aislador de un equipo, a tierra  
: 4,00 m
- Altura mínima de partes activas por encima de áreas accesibles  
: 4.00 m

### 3.3.5 Capacidad de Cortocircuito

Los niveles de cortocircuito en las barras de 66 kV de la Subestación Los Héroes , para un escenario de máxima generación correspondiente al año 2 010 serán:

<b>Nivel de Tensión kV</b>	<b>Icc 3Ø(kA)</b>	<b>Icc 1Ø (kA)</b>
66	3.75	2.73

Como podemos ver los valores esperados de cortocircuito están por debajo de los niveles estándares de los equipos en 66 kV. Puesto que existen equipos en 66 kV en la bahía del transformador, es recomendable, por criterios de estandarización, considerar los mismos niveles de cortocircuito para los nuevos equipos a adquirir.

Los siguientes son los niveles de cortocircuitos adoptados para el presente proyecto:

#### **Seccionadores de línea y barra:**

- Tensión Nominal : 66kV
- Capacidad nominal de interrupción : 8kA RMS simétricos
- Capacidad de sostenimiento, 3 segundos : 8kA RMS
- Capacidad momentánea de sostenimiento : 20kA pico

#### **Interruptores de potencia:**

- Tensión Nominal : 66kV

- Capacidad nominal de interrupción 10kA RMS simétricos
- Capacidad de sostenimiento, 3 segundos 10kA RMS
- Capacidad momentánea de sostenimiento : 25kA pico

### **3.3.6 Configuración de los Diagramas Unifilares**

La Subestación Los Héroes cuenta con un transformador de 50/50/10 MVA – ONAN de 220/66/10 kV conexión YNynd5 con arrollamiento terciario de compensación. En el lado de 66 kV se cuenta con un sistema de barras simple, con una bahía de transformación existente y espacio disponible para tres (03) bahías de línea.

Dos (02) de estas bahías de línea serán implementadas en el presente proyecto.

### **3.3.7 Sistema de Protección**

El sistema de protección propuesto considera el uso de un esquema de protecciones principales y de respaldo compatibles con los existentes y que permitan una correcta operación del sistema de protección ante la ocurrencia de fallas en el sistema de potencia.

Los equipos de protección considerados serán de tipo digital, de última generación, multifuncionales, que permitan funciones de protección, medición, señalización y registro.

Contarán con puertos de comunicación para permitir el acceso local o remoto con la finalidad de verificar el estado de los equipos, extraer información almacenada en ellos, realizar cambios de ajuste, etc.

Los equipos de protección en general serán capaces de comunicarse directamente con el COES SINAC a través del centro de control de



EGESUR, para lo cual deberán contar con el protocolo de comunicaciones IEC 870-5-101, y puertos de comunicación del tipo RS 232. Las funciones de cada equipo como mínimo estarán de acuerdo con las especificaciones y diagramas unifilares de protección.

- **Protección principal de líneas de transmisión 66 kV**

La protección principal de la línea será proporcionada por una protección direccional de corriente (67) para fallas entre fases, con curvas de protección temporizadas, las cuales podrán ser coordinadas con los sistemas de protección adyacentes.

Para la protección de fallas a tierra de alta resistencia, se contará con una protección direccional de sobrecorriente a tierra (67N).

- **Protecciones de respaldo.**

Como parte de las protecciones de respaldo se contará con la función de mínima tensión (27) para completar el esquema de protección de la línea de transmisión y las barras de 66 kV en la nueva subestación Tacna.

Adicionalmente se contará con la función de verificación de sincronismo (25), para asegurar la correcta operación de los interruptores.

### **3.3.8 Sistema de Mando y Control**

La Subestación Los Heroes 220/66 kV ha sido diseñada para operar en el modo no atendido. El control de las bahías en 66 kV a implementar por EGESUR, estará preparado para a futuro, ser comandadas desde el centro de control de EGESUR.

El control incluye funciones de telemedida, teleprotección, telemando y telegestión de las bahías a ser implementadas en el presente proyecto;

además se deberá contar con indicación de posición del interruptor y seccionador de barras en 66 kV de la bahía del transformador de potencia propiedad de REDESUR.

El protocolo de comunicaciones utilizado por el sistema de control de Socabaya es el IEC 870-5-101.

El control y supervisión de los equipos de la subestación estará dividido en dos niveles:

- Control/supervisión a nivel de bahía (control local) desde el tablero propio de cada equipo.
- Control/supervisión desde el centro de control de EGESUR.

Por esta razón, los equipos de seccionamiento a ser instalados deberán estar preparados para ser controlados desde cualquiera de los dos niveles antes descritos. El contratista preverá todos los componentes y accesorios que sean necesarios para este efecto.

La señalización remota se verá reflejada en una unidad de control de bahía. En esta unidad de control se representará el esquema mímico correspondiente a cada bahía, desde la cual se podrán realizar las operaciones de cierre y apertura de los equipos.

Para operar los interruptores, seccionadores de barras o de líneas desde la unidad de control de bahía se darán los siguientes pasos:

- 1) Se selecciona el equipo a operarse pulsando repetidas veces el botón de selección hasta iluminar el equipo deseado.
- 2) Se da la orden de cierre o apertura (según sea el caso).

3) La posición del equipo operado cambiará su representación gráfica en el esquema mímico de acuerdo a la orden dada, verificando la correcta operación del equipo.

Adicionalmente, los interruptores serán operados a posición abierto por acción de la protección, independientemente de los mandos de la unidad de control. En este caso, en la unidad de control debe señalizarse esta operación mediante el cambio de la representación gráfica correspondiente al interruptor operado. Asimismo deberá indicarse en el bloque de alarmas el tipo de falla que ha originado la apertura del equipo.

Cuándo el personal inspeccione los tableros, podrá saber que equipo actuó y qué dispositivo de protección ordenó la apertura.

### **3.3.9 Sistema de Medición**

Se ha previsto utilizar instrumentos electrónicos, multifunción, totalmente programables, para doble tarifa, registro de energía en los cuatro cuadrantes, con funciones de indicación, con posibilidad de transmisión remota de datos y registros de máxima demanda. Entre las funciones de registro se considera:

- Energía activa
- Energía reactiva
- Máxima demanda

Dentro de las funciones de indicación se tendrá entre otras: tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia.

Los medidores de energía serán instalados en los tableros de protección y medición de líneas en 66 kV correspondiente.

### **3.3.10 Servicios Auxiliares**

La alimentación para los servicios auxiliares se tomará de las instalaciones existentes. Tanto en corriente alterna como continua se cuenta sólo con un circuito de salida disponible, por lo cual se ha previsto la instalación de un armario de campo en el cual se instalarán los interruptores termomagnéticos necesarios para alimentar a los circuitos de fuerza de las bahías de 66 kV proyectadas.

### **3.3.11 Sistema de puesta a tierra**

El sistema de puesta a tierra es existente. Se realizará la ampliación de la red de tierra superficial en la zona donde se construirán las nuevas bahías de línea en 66 kV.

### **3.3.12 Sistema de alumbrado de la subestación**

La subestación cuenta con un sistema de alumbrado normal y de emergencia. Para el alumbrado normal se utilizan reflectores de vapor de sodio de alta eficiencia y bajo factor de potencia. Para el alumbrado de emergencia se utilizan lámparas de servicio autónomo.

Siguiendo la configuración de las instalaciones existentes, en la zona de ampliación se ha previsto la instalación de lámparas para iluminación normal y de emergencia similares a las existentes y dispuestas en forma que proporcionen niveles de iluminación uniformes y suficientes para el uso en subestaciones.

La alimentación de estas lámparas de alumbrado normal y de emergencia será derivada de los circuitos existentes. La iluminación perimetral general será complementada con lámparas ubicadas en el sector

de la ampliación. De la misma manera, estas luminarias serán alimentadas a partir de los circuitos existentes.

### **3.3.13 Obras Civiles**

#### **Características del Terreno y Plataformas de Construcción**

La ampliación de la Nueva Subestación Tacna tendrá un área aproximada de 500 m<sup>2</sup> y con un sólo nivel de plataforma el cual será 715 msnm, donde se ubicarán todas las estructuras e instalaciones correspondientes a las obras civiles.

El área donde se realizarán los trabajos para la construcción de la Subestación presenta una topografía con pocos cambios de cotas, es por eso que se ha escogido un sólo nivel de plataforma. La superficie de la plataforma será nivelada y compactada para facilitar el trazado, marcado y estacado en el terreno conforme indican los planos correspondientes. Asimismo se fijará un B.M. para el control de niveles durante el proceso de la construcción.

#### **Obras Civiles a Ejecutarse**

- a.- Pista de Acceso Interno
- b.- Sardineles
- c.- Bases de Pórticos y Equipos
- d.- Canaletas de cables

##### **a) Pista de Acceso Interno**

La pista de acceso interno de la Subestación será una estructura de pavimento flexible, estará conformada por capas de sub – base de 15 cm de espesor, base de 15 cm de espesor, luego se colocará la carpeta asfáltica

de 1<sup>1/2</sup>" pulgadas de espesor, cuyas dimensiones se muestran en los planos respectivos.

### **b) Sardineles**

La pista de acceso interno en todo su recorrido tendrá como borde un sardinel, que servirá para separar dicha pista con la capa de balasto del patio de llaves.

El sardinel sobresaldrá 0.30 m del nivel de plataforma, con una altura total de 0.55 m y ancho de 0.15 m; se colocarán juntas de dilatación cada 4 m y serán de concreto ciclópeo de  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ .

### **c) Bases de Pórticos y Equipos**

Las bases de pórticos y equipos estarán ubicados en el Patio de Llaves, cuyo nivel de plataforma es 715 msnm, donde se harán los trabajos de construcción de las bases de concreto armado  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

Para la protección de las estructuras contra los sulfatos se usará pintura asfáltica sobre la superficie en contacto con el suelo, según se indica en las recomendaciones del estudio de suelos.

Sobre la plataforma del Patio de Llaves se colocará una capa de grava, de 0.10 m de espesor, material que servirá de aislante y cuyo límite será el sardinel de la pista de acceso interno. Dichas bases sobresaldrán 20 cm del nivel de Plataforma.

Las bases de pórticos y equipos son los siguientes:

- Base del Seccionador de Barras.
- Base del Seccionador de Línea.
- Base del Transformador de Corriente.

- Base del Transformador de Tensión.
- Base del Pórtico de Barras.
- Base de Torre Terminal.

#### **d) Canaletas de Cables**

Las canaletas de cables serán de concreto armado  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , en su interior tendrán soportes empotrados al concreto, en los cuales se apoyarán los cables de energía, además para dar protección a los cables con el medio ambiente, estas canaletas llevarán tapas del mismo material de la canaleta.

Para drenar los fluidos se ha considerado poner un dado con grava y arena en la parte baja de dichas canaletas para que por éste se infiltre el posible fluido que ingrese a las mismas.

Con el fin de proteger el concreto de la presencia de sulfatos se usara una capa de pintura asfáltica, sobre la superficie que este en contacto con el suelo. Las dimensiones y refuerzo se podrán ver en el plano respectivo.

### **3.4 Telecomunicaciones**

#### **3.4.1 Generalidades**

Las telecomunicaciones para el presente proyecto tendrán la finalidad de brindar la continuidad del enlace de telefonía existente en la C.H. Aricota 2 y la S.E. Tacna.

#### **3.4.2 Configuración del Sistema**

Con el objetivo de soportar el servicio requerido, el Sistema de Telecomunicaciones Propuesto está constituido por un Sistema de Onda

Portadora, como se indica en el Plano N° 143-GE1-001, el cual muestra el Diagrama de Principio respectivo.

### **3.4.3 Consideraciones de Diseño**

Bajo el considerando que está en proceso un proyecto integral de telecomunicaciones para las unidades operativas de EGESUR, en el presente proyecto de la S.E Los Héroes solo se ha estimado mantener la continuidad del enlace de onda portadora entre la C.H. Aricota 2 y la S.E. Tacna, haciendo un by-pass de HF en la S.E. Los Héroes.

Debido al mínimo valor de potencia de emisión (27 dBm/canal) del equipo de onda portadora existente y considerando también el by-pass de HF existente en la S.E. Tomasiri para este enlace, se tendría una operación adecuada (con compandor) en las condiciones favorables de la línea, esto es, en el 90% del tiempo de acuerdo a las estadísticas de las Recomendaciones Internacionales.

Con el fin de dejar preparada a la S.E. Los Héroes para aceptar enlaces de onda portadora en variadas configuraciones de topología, acoplamiento y plan de frecuencias, es recomendable que los transformadores de tensión capacitivos de la subestación tengan implementado el módulo de conexión a onda portadora y que su capacitancia sea de valor alto, tal como 5,000 pF o mayor.

En el Plano N° 143-GE1-002 se muestra la Configuración de Enlace de Onda Portadora Propuesto.

### **3.4.4 Cantidad de Equipamiento**

El equipamiento necesario es el siguiente:



- 02 Trampas de Onda.
- 02 Dispositivos de protección y acoplamiento del tipo fase-tierra.
- 01 Dispositivo de by-pass.
- 01 Lote de materiales de instalación.

## **CAPITULO IV ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

### **4.1 Tableros de control**

#### **4.1.1 Objeto**

Las presentes especificaciones técnicas tienen por objeto definir las condiciones del suministro de los tableros de protección, control y medida para los módulos de líneas en 66 kV; el armario de campo para servicios auxiliares, y la ampliación de los tableros de servicios auxiliares existentes. El suministro incluye los accesorios y cableado correspondiente.

Los equipos suministrados deberán cumplir con las especificaciones siguientes y en general deberán ser compatibles con el sistema de control existente en la subestación, el suministro permitirá un acoplamiento pleno y directo, sin necesidad de interfases físicas y/o lógicas (hardware y/o software).

#### **4.1.2 Normas aplicables**

El diseño, construcción, equipamiento y pruebas de los tableros de control, deberán cumplir con las exigencias de la Norma IEC Publicación N° 60947 Low - voltage switchgear and controlgear

#### **4.1.3 Alcances del suministro**

El suministro comprende el diseño, fabricación, pruebas en fábrica y supervisión del montaje de los tableros de protección, control y medida debidamente ensamblados, las ampliaciones planteadas a los tableros de servicios auxiliares existentes, y la instalación del armario de campo con todos sus componentes y listos para entrar en operación, de acuerdo a las especificaciones técnicas que se indican en éste documento.

#### **4.1.4 Filosofía del sistema de operación y supervisión**

La nueva subestación Tacna 220/66 kV ha sido diseñada para operar en el modo no atendido. El control de las bahías en 66 kV a implementar por EGESUR, estará preparado para, a futuro, ser comandadas desde el centro de control de EGESUR.

El control incluye funciones de telemedida, teleprotección, telemando y telegestión de las bahías a ser implementadas en el presente proyecto; además se deberá contar con indicación de posición del interruptor y seccionador de barras en 66 kV de la bahía del transformador de potencia propiedad de REDESUR. El protocolo de comunicaciones utilizado por el sistema de control de Socabaya es el IEC 870-5-101.

El control y supervisión de los equipos de la subestación estará dividido en dos niveles:

- Control / supervisión a nivel de bahía (control local) desde el tablero propio de cada equipo.
- Control / supervisión desde el centro de control de EGESUR.

Por esta razón, los equipos de seccionamiento a ser instalados deberán estar preparados para ser controlados desde cualquiera de los dos niveles

antes descritos. El contratista preverá todos los componentes y accesorios que sean necesarios para este efecto.

La señalización remota se verá reflejada en una unidad de control de bahía. En esta unidad de control se representará el esquema mímico correspondiente a cada bahía, desde la cual se podrán realizar las operaciones de cierre y apertura de los equipos. Para operar los interruptores, seccionadores de barras o de líneas desde la unidad de control de bahía se darán los siguientes pasos:

- 1) Se selecciona el equipo a operarse pulsando repetidas veces el botón de selección hasta iluminar el equipo deseado.
- 2) Se da la orden de cierre o apertura (según sea el caso).
- 3) La posición del equipo operado cambiará su representación gráfica en el esquema mímico de acuerdo a la orden dada, verificando la correcta operación del equipo.

Adicionalmente, los interruptores serán operados a posición abierto por acción de la protección, independientemente de los mandos de la unidad de control. En este caso, en la unidad de control debe señalizarse esta operación mediante el cambio de la representación gráfica correspondiente al interruptor operado. Asimismo deberá indicarse en el bloque de alarmas el tipo de falla que ha originado la apertura del equipo. Cuando el personal inspeccione los tableros, podrá saber que equipo actuó y qué dispositivo de protección ordenó la apertura.

#### **4.1.5 Filosofía de la protección**

El sistema de protección propuesto considera el uso de un esquema de protecciones principales y de respaldo compatibles con los existentes y que permitan una correcta operación del sistema de protección ante la ocurrencia de fallas en el sistema de potencia.

Los equipos de protección considerados serán de tipo digital, de última generación, multifuncionales, que permitan funciones de protección, medición, señalización y registro. Las funciones mínimas de cada equipo estarán de acuerdo con las especificaciones y diagramas unifilares de protección.

- **Protección principal de líneas de transmisión 66 kV**

La protección principal de la línea será proporcionada por una protección direccional de corriente (67) para fallas entre fases, con curvas de protección temporizadas, las cuales podrán ser coordinadas con los sistemas de protección adyacentes.

Para la protección de fallas a tierra de alta resistencia, se contará con una protección direccional de sobrecorriente a tierra (67N).

- **Protecciones de respaldo**

Como parte de las protecciones de respaldo se contará con la función de mínima tensión (27) para completar el esquema de protección de la línea de transmisión y las barras de 66 kV en la nueva subestación Tacna.

Adicionalmente se contará con la función de verificación de sincronismo (25), para asegurar la correcta operación de los interruptores.

#### **4.1.6 Sistema de medición**

La medición de los parámetros eléctricos para cada bahía de línea del proyecto será realizada por la unidad de control de bahía, los valores de cada parámetro eléctrico serán mostrados en una pantalla de cristal líquido.

La medición de los parámetros eléctricos desde el centro de control de EGESUR, para lo cual se instalarán los transductores requeridos de acuerdo con los planos del proyecto.

El sistema de medición de energía eléctrica de la subestación estará compuesto por contadores de energía electrónicos, multifunción, para medición de energía activa (kW-h), energía reactiva (kVAR-h), máxima demanda, doble tarifa como mínimo, bidireccionales, con memoria de masa para registro y con accesorios para acceso remoto (módem). Los contadores contarán con precisión clase 0,2.

#### **4.1.7 Sistemas de alarmas**

Cada tablero de protección para las bahías nuevas será suministrado con un sistema de alarmas que permita tener localmente señalización visual y auditiva de aquellas alarmas que no sean señalizadas en los dispositivos de control y protección digitales.

El anunciador de alarmas se alimentará con tensión auxiliar en corriente continua ( $\pm 20\%$ ), tendrá un mínimo de 16 señales y tendrá las siguientes características:

Una sirena en corriente continua

- Una sirena en corriente alterna
- Botones pulsadores para funciones de:
- Prueba de lámparas

- Prueba de función
- Silenciador bocina
- Reconocimiento de alarma
- Reposición

El anunciador deberá tener capacidad para transmisión remota de información mediante el protocolo de comunicación IEC-570-5-101. De la misma manera, deberá estar capacitado para recibir órdenes remotas para la ejecución de todos los comandos antes descritos desde el centro de control.

El suministro del bloque anunciador de alarmas deberá incluir placas de señalizaciones de repuestos sin grabar (16 unidades).

Lógica de funcionamiento:

Ante la ocurrencia de una falla, se acciona la señalización luminosa intermitente y la alarma sonora, luego del reconocimiento de la falla (cancelación de la alarma sonora), la señalización luminosa deberá quedar accionada sin intermitencia hasta la eliminación de la falla. Si ocurriera otra falla antes de la eliminación de la falla anterior, el sistema de alarma deberá proceder de acuerdo a la secuencia precedente, alarma luminosa intermitente y sonora – reconocimiento de falla – señalización luminosa sin intermitencia – reposición.

Paralelamente el anunciador enviará una señal al centro de control poniendo en evidencia la ocurrencia de una falla, en el caso de una falla temporal, el operador podrá realizar la secuencia de reposición antes

0. descrita en forma remota; de persistir la falla, se deberá realizar una inspección en el campo para verificar las instalaciones.

#### **4.1.8 Equipamiento**

##### **a.- Tableros de protección, medición y mando de líneas en 66 Kv para instalación a la intemperie (proyectado).**

Se suministrarán dos tableros, uno por cada bahía. En estos tableros se instalarán las unidades de control de bahía, los relés de protección, el medidor de energía, el anunciador de alarmas y los accesorios necesarios para que los equipos antes indicados funcionen adecuadamente.

En estos tableros se proveerán las borneras de salida necesarias para llevar las señales de telemedida, teleprotección, telemando y telegestión de las bahías a ser implementadas en el presente proyecto hacia el futuro panel centralizador de telecomunicaciones. Además, en el tablero de la bahía correspondiente a la línea hacia Aricota se deberá incluir las borneras para llevar las señales indicadoras de posición del interruptor y seccionador de barras en 66 kV de la bahía del transformador de potencia propiedad de REDESUR.

La unidad de control de bahía tendrá las siguientes funciones:

- Permitirá representar el esquema mímico (diagrama unifilar) de la bahía correspondiente, sobre el cual se podrán realizar las operaciones de mando requeridas, así como visualizar la posición de los equipos de maniobra.
- Permitirá tener indicación de los principales parámetros eléctricos de cada bahía, tales como: tensión entre fases y fase tierra (V), corriente entre fases y fase tierra (A), potencia activa (W), potencia reactiva (VAR).



- **Registro de eventos**

Los relés de protección serán de última generación, electrónicos, digitales y deberán cumplir con las funciones que se indican en los diagramas unifilares.

Los medidores de energía serán del tipo multifunción similares a los utilizados por EGESUR.

Los tableros tendrán dos puertas con chapa y llave, (anterior y posterior). La puerta anterior permitirá tener acceso al frente de los equipos de protección, medición y control instalados, (frente muerto), mientras que la puerta posterior permitirá tener acceso al cableado interno, según se muestra en los planos del proyecto. El ingreso de los cables será por la parte inferior de cada tablero.

Las características de los relés de protección, los medidores de energía, los equipos de control y los tableros en sí, se indican en las tablas de datos técnicos garantizados.

**b.- Tablero de fuerza y climatización (existente).**

Este tablero es existente, contiene reservas equipadas de las cuales utilizaremos una para alimentar el armario de campo EGESUR a ser implementado por el presente proyecto.

**c.- Tablero principal 125 Vcc (existente).**

Este tablero es existente; se reemplazará un interruptor termomagnético existente por otro de mayor capacidad (tal como se muestra en los planos). Con este circuito se alimentará al armario de campo de EGESUR a ser implementado por el presente proyecto.

**d.- Armario de campo de EGESUR (proyectado).**

En este tablero se instalarán los interruptores termomagnéticos necesarios para alimentar las cargas tanto en corriente continua como alterna, incluidas en la ampliación proyectada, tendrá acceso sólo por el frente.

**4.1.9 Características principales de diseño y montaje**

Los materiales a utilizarse deberán ser de la mejor calidad y cuidadosamente elaborados y trabajados.

La tensión auxiliar disponible para los equipos de protección y control se muestra en las tablas de datos técnicos garantizados; el suministrador deberá proveer los relés auxiliares necesarios para las interfases con equipos que utilicen otras tensiones diferentes a las indicadas.

**a.- Tableros**

Los tableros serán del tipo autosoportado, y para instalación a la intemperie, en el patio de llaves.

Cada tablero será construido considerando un 20% de borneras de reserva con un mínimo de 10 unidades para futuras ampliaciones y/o modificaciones.

El fabricante de los tableros tiene la obligación de someter los planos y croquis de diseño a la aprobación por parte del propietario y/o el supervisor. Esta es una condición obligatoria para el inicio de la fabricación de los tableros.

Los tableros serán blindados, autoportados, sin partes accesibles bajo tensión con un grado de protección IP 55, debiendo suministrarse completos con todos sus componentes debidamente ensamblados y cableados, listos para la puesta en servicio.

En la parte frontal de los tableros deberán estar instalados los aparatos, instrumentos y equipos, los cuales deberán estar protegidos por una puerta con chapa y llave.

En la parte posterior los tableros de control deberán tener acceso hacia el interior de los mismos para fines de cableado y conexión mediante puerta con chapa y llave. Deberá preverse la iluminación interior de los tableros al momento de abrirse la puerta, las lámparas deberán operar con corriente continua.

Los tableros cumplirán como mínimo con los siguientes requerimientos.

1. Los componentes de los tableros deben ser de última tecnología, con características iguales o mejores a lo señalado en las especificaciones técnicas de este documento.
2. Para el cableado de los circuitos de corriente y control se utilizarán conductores de cobre cableado, con calibres mínimos de 4 y 2,5 mm<sup>2</sup> respectivamente, cubierto con aislamiento de polietileno, resistente al calor y humedad no inflamable y con un nivel de aislamiento de 600 V.
3. En circuitos donde la corriente no exceda de 5 A, podrá usarse conductor de calibre 1,5 mm<sup>2</sup>.
4. El cableado será dividido en varios circuitos independientes, por ejemplo en circuitos de tensión, mando, señalización, alarma, etc.

5. La protección contra cortocircuitos y sobrecarga de los diferentes circuitos debe realizarse por medio de interruptores termomagnéticos, a excepción de los circuitos de calefacción e iluminación que pueden ser a base de fusibles. La operación de uno de los interruptores no deberá afectar la operatividad de las demás unidades.

6. Los tableros contarán con una señal luminosa que indique pérdida de tensión auxiliar CC, la señal deberá ser alimentada en corriente alterna.

7. Los circuitos de corriente para medición y protección no tendrán interruptores ni fusibles, por lo que se suministrarán borneras del tipo cortocircuitables para efectuar con facilidad un cortocircuito en los cables que conectan la parte secundaria de los transformadores de corriente y así dejar libre la parte interna del tablero.

8. Todos los cables deberán ser marcados adecuadamente, de tal forma que se identifique claramente el circuito al cual pertenece además irán dentro de canaletas de plástico de fácil acceso.

9. Debe proveerse borneras o regletas terminales para las conexiones de todos los cables de control, éstas serán para una tensión de 600 V - 30 A y con una tira de marcación de vinílico, de tal manera que cada punto terminal y cada regleta estén debidamente identificados, las marcas deberán ser con tinta indeleble y firmemente fijadas de modo que no se desprendan de su posición. Las regletas o borneras deberán estar separadas en secciones de acuerdo a funciones determinadas, por ejemplo, circuitos de corriente, circuitos de tensión, mandos del interruptor, teled medida, etc.

**10.** Se deberá proveer un 20 % de terminales de reserva para las conexiones externas que desee hacer el propietario, estas borneras deberán ser adecuadas para alojar conductores de 2,5 mm<sup>2</sup> como mínimo.

**11.** El control se hará respetando el código de identificación de colores siguiente:

- Circuitos secundarios de los transformadores de tensión      Rojo
- Circuitos secundarios de los transformadores de corriente      Azul
- Circuitos en corriente alterna excepto circuitos de potencia      Verde
- Neutro      Blanco
- Protección y puesta a tierra      Amarillo

Cables de salida trifásicos para circuitos en corriente alterna:

- Fase A      Negro
- Fase B      Azul
- Fase C      Rojo

Cables alimentadores de corriente continua

- Positivo      Blanco
- Negativo      Negro

**12.** El diseño será tal que permita sacar o reemplazar cualquiera de los equipos sin necesidad de afectar a los demás ni de remover conectores u otros elementos.

**13.** El gabinete será fabricado con perfiles estructurales y planchas de acero de acabado liso de un espesor no menor a 2,5 mm con puerta con chapa y llave.

**14.** Las planchas de los extremos laterales deberán ser removibles, de modo que permitan adicionar o eliminar tableros.

**15.** EL gabinete tendrá en la parte inferior una plancha metálica con agujeros para el ingreso de los cables de control; estos agujeros tendrán tapas removibles para facilitar el montaje y mantener la hermeticidad del tablero.

**16.** Las puertas deberán llevar empaquetaduras de material adecuado y resistente para dotar al tablero de la hermeticidad solicitada (grado de protección IP-55 IEC).

**17.** Todas las partes metálicas serán limpiadas y protegidas contra óxidos mediante un proceso basado en fosfatos o equivalentes, el que será seguido inmediatamente por dos capas de impregnación de pintura anticorrosiva, añadiéndose las capas necesarias de acabado con sistema vinílico de color gris claro en coordinación con el propietario.

**18.** Los tableros serán suministrados con orejas, fijadas en la parte superior capaces de soportar el izamiento de todo el tablero con su equipamiento completo montado en él.

**19.** Los equipos de control, medición, protección, cuadros anunciadores, etc., serán instalados en la parte frontal de los tableros correspondientes, serán del tipo para empotrar, con cubierta de plástico removible para protección contra el polvo.

**20.** En la cara frontal de cada tablero de protección se incluirán los relés de protección y equipos de medición según se indica e los planos correspondientes. El armario de campo contendrá los interruptores termomagnéticos necesarios para alimentar las cargas proyectadas.

**21.** Los relés y contadores de energía serán diseñados para ser empotrados en los tableros correspondientes, serán del tipo extraíble de forma tal que cuando se requiera extraerlos por efectos de mantenimiento u otra razón, no sea necesario desconectar su cableado, debiendo quedar los circuitos de corriente cerrados y los de tensión abiertos.

**22.** Los equipos de protección deberán llevar una placa de identificación indicando las funciones de protección y las fases a las que protegen.

**23.** Las cubiertas y/o carcasas de los equipos componentes que normalmente no están conectadas a las partes vivas de los circuitos principales o auxiliares, deben conectarse a tierra mediante un conductor no menor a 4 mm<sup>2</sup>. La continuidad de éste conductor debe estar asegurada.

**24.** El neutro de los circuitos de tensión y corriente debe ser conectado a la barra del neutro y a la barra de tierra del tablero.

**25.** El proveedor suministrará los relés auxiliares necesarios para cumplir con la filosofía de protección, señalización y control.

**26.** EL tablero tendrá una lámpara de alumbrado en corriente continua con su respectivo interruptor y un tomacorriente para 600V-30A.

**27.** El sistema de alarma sonora será instalado en la parte superior del tablero de protección.

**28.** Se deberá proveer placas de identificación para lo siguiente:

a) Para la identificación de cada tablero, una en la parte superior frontal y otra en la parte superior posterior, la identificación será de acuerdo a lo indicado en los planos correspondientes, será mediante etiqueta de plástico

laminado, con fondo negro y letras blancas, estarán fijadas con tornillos sin que sea visible la cabeza de éstos.

b) Para la identificación de la función de cada dispositivo y/o equipo en la parte exterior e interior del tablero.

**29.** Los tableros deberán estar provistos de borneras de pruebas, de forma que cada circuito pueda ser probado mediante la inyección de tensión y corriente, sin necesidad de energizar todo el Sistema.

**30.** Los tableros, en donde sea necesario, deberán estar provistos de borneras para enviar y/o recibir las señales a transmitir por el sistema de control y mando.

**31.** Todos los tableros deberán tener una barra de cobre de 5x25 mm fija en la parte posterior inferior de los mismos para puesta a tierra. Esta barra llevará un terminal de cobre para un conductor de 70 a 120 mm<sup>2</sup>.

**32.** Cada tablero deberá contar con un calefactor de 150 W en 220 Vca.

#### **b.- Unidades de protección**

Las unidades de protección serán dispositivos compactos, multifuncionales, de última generación, completamente digitales, multiprocesadores y de control numérico. Las funciones mínimas de cada equipo estarán de acuerdo con las especificaciones y diagramas unifilares de protección.

Las unidades de protección y sus funciones serán las apropiadas para trabajar en sistemas eléctricos de 66 kV y altamente resistentes a las interferencias electromagnéticas.



Los relés de sobrecorriente direccional deberán ser capaces de operar de modo instantáneo y bajo curvas de tiempo inverso, según el caso, con posibilidad para programar rangos de operación en tiempo inverso, muy inverso, definido o más. Deben tener ajustes de corriente, en principio, del orden del 5% al 300% de la corriente nominal en pasos de 1%, y con rango de ajuste de tiempo (temporizado) de 10% al 100%.

Los relés de tensión estarán preparados para operar con tensión fase-neutro y con una sola fase como mínimo. Todas las unidades contarán con sistemas internos de auto-supervisión con diagnóstico de fallas.

Las unidades que así lo requieran contarán con funciones de localización de falla y de registro de perturbaciones. Las unidades contarán con una interfaz Hombre-Máquina (MMI) para comunicación con el personal en sitio. La interfaz estará compuesta por una pantalla de cristal líquido y pulsadores necesarios para las operaciones. La Interfaz permitirá realizar los ajustes de los parámetros de las protecciones, el manejo de la información más importante de las últimas perturbaciones, los valores de los parámetros eléctricos medidos, los códigos de fallas internas detectadas por el autodiagnóstico de la unidad, realizar las pruebas de puesta en servicio del equipo, etc.

Deberán estar preparados para comunicación remota por medio del protocolo de comunicaciones IEC 870-5-101. Las unidades contarán con salidas (outputs) programables por el usuario y disponibles para señalización y alarma.

El consumo en voltamperios deberá ser lo más bajo posible y deberán estar provistos de enchufes de pruebas de tipo corredizo u otro, a fin de poder efectuar pruebas sin necesidad de mover el relé.

Las unidades deberán ser diseñadas de tal manera que sean extraídas sin que queden abiertos los circuitos secundarios de los transformadores de corriente, cables de control y medida, a los que estaban conectados.

Cada relé deberá ser identificado mediante tarjetas y además deberá poseer un mecanismo que indique la operación y reposición del relé. Deberán estar diseñados para trabajar con variaciones de tensión auxiliar de  $\pm 20\%$ , provenientes del sistema de corriente continua de la subestación.

Estará previsto como parte del suministro el software que permita realizar el ajuste, calibración, programación, recuperación y evaluación de información, necesarios para una óptima operación del equipamiento dentro del esquema de operación previsto en el proyecto.

Las características principales de funciones requeridas en las distintas unidades de protección serán las siguientes:

**Función Sobrecorriente direccional de fases y fase - tierra (67/67N)**

- Función de protección de sobrecorriente direccional de fases y fase a tierra. Será usado como protección principal para fallas en el esquema de protección de líneas.
- Con dos elementos de medida de direccionalidad apropiados para esquemas de teleprotección con la protección del otro extremo de la línea.

- Con esquemas de teleprotección típicos, seleccionables a criterio del usuario. Para ser usados con canales de comunicación de onda portadora ó de radio - enlace digital.
- La protección contará con características de temporización seleccionable entre las de tiempo inverso y las de tiempo definido.

### **Función de Verificación de Sincronismo (25)**

- Verificación por medio de las señales de tensión a ambos lados del interruptor. Podrá existir tensión monofásica en ambos extremos o podrá existir tensión monofásica en un extremo y tensión trifásica en el otro extremo.
- La verificación de sincronismo se realizará midiendo la diferencia entre las magnitudes de las tensiones, la diferencia entre los ángulos de fase y la diferencia de la frecuencia. Los límites permitidos de estas diferencias serán seleccionables por el usuario.
- La unidad contará también con verificación para energización. Contará con umbrales de alta y baja tensión seleccionables por el usuario. La verificación de energización podrá ser en un sentido, en sentido contrario y en ambos sentidos.
- Se contará con un sistema de selección de tensión.
- Deberá incluir las siguientes opciones de chequeo de sincronismo:
  - Barra viva – Línea muerta
  - Barra viva – Línea viva
  - Barra muerta – Línea viva
  - Barra muerta – Línea muerta

### **c.- Unidad de control de bahía**

En cada tablero de protección se instalará una unidad de control de bahía, la cual será electrónica, de última generación, basada en microprocesadores, con capacidad de procesamiento en tiempo real.

La unidad de control deberá tener funciones de control, medición, monitoreo y comunicación.

Deberá poseer una interface hombre máquina de fácil operación, esta interfaz deberá incluir por lo menos lo siguiente:

- Pantalla gráfica para representación del diagrama unifilar de la bahía
- Indicadores luminosos (LEDS) de diferentes colores para alarmas, estado y auto-supervisión
- Pulsadores de selección de equipos
- Pulsadores de control de las funciones de apertura y cierre de equipos.
- Selectores de control local – remoto con llave.

Dentro de las funciones de control, la unidad permitirá representar gráficamente el diagrama unifilar de la bahía a controlar en la pantalla gráfica, en la cual se indicará la posición de los equipos de maniobra (interruptor y seccionadores). Se podrá realizar las funciones de apertura y cierre de los interruptores y seccionadores mediante el siguiente procedimiento:

- Se selecciona el equipo a operar mediante los pulsadores de selección.
- Se presiona el pulsador de control de función de apertura o cierre según se desee, con lo cual la representación gráfica del equipo cambiará de estado según corresponda verificando la ejecución de la operación.

En lo referente a las indicaciones de medida, la unidad podrá tener las siguientes opciones:

- Posibilidad de programar la relación de transformación de los transformadores de tensión y corriente.
- Posibilidad de utilizar señales de tensión fase tierra y fase – fase.
- Indicación de los siguientes parámetros:

**Por medición directa:**

- Corrientes en las tres fases
- Corriente de fase a tierra
- Tensiones fase tierra para las tres fases
- Frecuencia

**Por cálculo:**

- Tensiones fase - fase en las tres fases
- Corrientes promedios y máximas en las tres fases
- Potencia real, activa y reactiva
- Factor de potencia
- Energía real, activa y reactiva

La unidad de control deberá tener un terminal para comunicaciones mediante un puerto serial del tipo RS232 con posibilidad de comunicación remota a través del protocolo de pruebas IEC 870-5-101.

El suministro incluirá el Software de programación para las calibraciones, lector óptico, accesorios de interface a computadora, Manuales completos de instalación, operación y mantenimiento, licencias del software, etc.

#### **d.- Medidores de Energía**

Los medidores deberán ser electrónicos, del tipo estático, para empotrar en tablero, para conexión posterior, a prueba de polvo, con cubierta transparente removible.

Los medidores serán diseñados y fabricados bajo los requerimientos exigidos en las normas internacionales IEC y ANSI más recientes.

Deberán estar predispuesto para medir las magnitudes y cantidades eléctricas siguientes:

Valores Instantáneos de:

- Potencia Activa : kW (Bidireccional)
- Potencia Reactiva : kVAR (Bidireccional)
- Corriente : A
- Tensión : V
- Factor de potencia :  $\text{Cos } \varphi$

Valores acumulados por mes (en fecha de cambio de mes):

- Energía activa : kWh (Bidireccional)
- Energía reactiva : kVARh (Bidireccional)
- Máxima demanda : Kw. (Bidireccional)

Valores acumulativos en memoria del perfil de carga con integración de 15 minutos de:

- Potencia activa Kw. (Bidireccional)
- Potencia aparente Kva. (en los cuatro cuadrantes)
- Potencia reactiva kVAR (Bidireccional)

Los medidores estarán preparados para 2 períodos tarifarios como mínimo (Punta y Fuera de punta), tomará en cuenta tanto los días laborables como los feriados, estos periodos podrán ser reprogramados de acuerdo a las necesidades.

La precisión de los medidores será igual o mejor que la clase 0,2, Norma IEC - 687 (1980). La adquisición de la información del medidor en forma local será por lectora ó PC portátil, a través de puerto óptico ó conexión RS-232 C. Para la adquisición de información en forma remota desde el centro de control de Socabaya, se contará con un Módem interno ó externo. El protocolo de comunicación será: IEC 870-5-101.

Los medidores contarán con salidas de pulsos por medio de contactos KYZ para efectuar telecuentas de energía y a través de LED's infrarrojos que permitan efectuar pruebas de contraste con Sistemas Patrones de Medición.

La sincronización del medidor debe ser independiente de la frecuencia de red, debiendo efectuarse mediante un reloj de cristal de cuarzo que constituirá la base de tiempo real del sistema de medición.

El display debe ser de cristal líquido y deberá permitir una buena visibilidad incluso con baja iluminación.

➤ **Condiciones de Servicio**

Los medidores serán trifásicos de tres sistemas (elementos) con tensión nominal de 3 x 63.5 V - 4 hilos, con corriente de 5 amperios, para una frecuencia de 60 Hz, esta tensión también servirá como alimentación auxiliar al medidor.

➤ **Conservación de la información**

El Período de conservación del perfil de carga, en Memoria de Masa, debe ser como mínimo de 50 días continuos, para 6 canales.

Los medidores deberán conservar la información acumulada por un período no menor de 30 días sin contar con la alimentación auxiliar. La información, acumulada en el medidor, al ser cargada a una PC debe permitir ser leída por programas de base de datos (Dbase ó FoxPro) y hojas de calculo (QPRO o Excell)

➤ Conformación del equipo

Las partes del medidor se deben agrupar en una sola unidad. La caja del medidor será de tipo Standard y debe permitir insertar terminales de prueba (test plugs). El medidor podrá ser extraído de su caja, sin alterar los circuitos de medición.

La tapa debe tener un visor que permita visualizar la pantalla y los datos de placa del medidor.

➤ Seguridad del Equipo

El equipo debe estar protegido contra sobrecorrientes y sobretensiones. Contará con una batería interna de una vida útil no menor de 10 años, para evitar perder información en caso de ausencia de la alimentación auxiliar.

El acceso al medidor debe tener por lo menos dos niveles de seguridad. Un primer nivel que permita el acceso a todas las opciones de programación y un segundo nivel que permita el acceso de lectura de las medidas registradas. El medidor deberá mostrar por pantalla los desperfectos o fallas que ocurran tanto en el equipo como su conexionado.

➤ Consumo



El consumo del medidor (VA) del sistema de medida y de su fuente auxiliar debe ser como máximo de 6 VA para no cargar a los transformadores de medida.

➤ Alcances Complementarios

Se proporcionarán para cada unidad los certificados de pruebas efectuadas en fábrica sobre la exactitud de los mismos según Normas IEC. Se proporcionará el **software** completo para la programación, manejo, control y operación de las unidades de medición.

**e.- Transductores de Medida**

Los Transductores de medida tendrán las siguientes características:

- Secundario de los transformadores de tensión : 3 x 63,5 V - 4 hilos
- Secundario de los transformadores de corriente : 5 A
- Frecuencia Nominal : 60 Hz.

Valores de salida del Transductor para

- Corriente, tensión y frecuencia : 0 – 5 mA
- Potencia activa y reactiva :  $\pm 2,5$  mA
- Clase de precisión : 0,2
- Tiempo de respuesta : < 300 ms

**f.- Panel de alarmas**

El panel de alarmas será de tipo electrónico (solid state) y señalará cualquier falla, funcionamiento anormal o cualquier indicación que sea necesaria de ser puesta en conocimiento del operador para complementar las alarmas y señalizaciones de las unidades de control y protección.

El anunciador deberá tener las funciones de prueba, reconocimiento de falla y reposición, la indicación luminosa será mediante un display numérico y la indicación sonora mediante una sirena las cuales serán accionadas al momento de la actuación.

Se proveerá un puerto serial para conectar el anunciador a un sistema de reporte de eventos, sistemas automáticos, etc.; deberá ser programable por medio de pulsadores ubicados en el frente del panel e inmune a interferencias eléctricas.

La tensión auxiliar de alimentación al panel de alarmas será de 48 Vcc

#### **g.- Borneras de Prueba**

En los tableros se proveerán borneras de prueba para los circuitos de entrada de corriente y tensión de los relés y equipos de medición.

Estas borneras deberán tener dispositivos para cortocircuitar los circuitos de corriente sin necesidad de realizar conexiones adicionales y de aislar los circuitos de tensión. Deberán ser compactas y del mejor acabado existente en el mercado.

#### **h.- Interruptores en baja tensión**

- Los aparatos para la protección y maniobra de alimentación de los circuitos de servicios auxiliares en corriente alterna y corriente continua en los casos que se requiera, deberán ser del tipo termomagnéticos, en caja moldeada (molded case), para montaje frontal en tablero y conexión posterior, de mecanismo de disparo libre. Además, deberán tener un elemento térmico de apertura para el caso de sobrecarga con un apropiado retardo de tiempo, en concordancia con el grado de magnitud de la

sobrecarga. No obstante esta unidad, no debe operar con las corrientes de arranque, como en el caso de conectar circuitos de iluminación o arranques de motores.

Un elemento electromagnético deberá abrir el circuito en condiciones de cortocircuito. Los interruptores deberán tener tres posiciones, conectado (ON), desconectado (OFF) y operación automática (TRIP) debidamente identificadas con banderas de colores. Además, deberán tener contactos auxiliares para efectos de señalización y alarma.

#### **4.1.10 Pruebas en fábrica**

a) Las inspecciones, controles y pruebas de rutina serán efectuadas de acuerdo a las recomendaciones de las normas establecidas en el acápite 2 del presente documento. Los costos que demanden estas actividades serán por cuenta del Proveedor.

La siguiente lista no es limitativa:

- Inspección general
- Revisión del cableado
- Pruebas individuales de los equipos que integran los tableros, tales como instrumentos, relés, etc.
- Pruebas funcionales.

b) Todas las inspecciones y pruebas requeridas deberán ser presenciadas por representantes autorizados del propietario y ningún tablero podrá ser transportado antes que se reciba el correspondiente permiso del propietario.

c) Todos los documentos de protocolos de pruebas serán entregados por el postor con los certificados de inspección y pruebas correspondientes. Los

informes detallados y completos incluyendo datos de medidas, diagramas, gráficos, etc., serán entregados por el fabricante inmediatamente después de la realización de los ensayos. Tales informes serán elaborados en idioma español y enviados al propietario, corriendo enteramente por cuenta del fabricante.

d) Si las pruebas revelasen deficiencias en los equipos o en sus componentes, el Propietario podrá exigir todas las nuevas pruebas que en su opinión fuesen necesarias para asegurar la conformidad con las exigencias del contrato. Los gastos por dichas pruebas suplementarias serán cubiertos por el postor.

e) La aprobación de las pruebas y la aceptación de los certificados (informes) de ensayos no liberarán de ninguna manera al fabricante de sus obligaciones contractuales.

#### **4.1.11 Pruebas en sitio**

Como parte de las obligaciones contractuales el proveedor / fabricante del suministro deberá efectuar las pruebas de verificación, calibraciones y ajustes de señalizaciones, medidores y relés, debiendo considerar en su oferta los costos de personal técnico, empleo de equipos de prueba y calibración que demande esta actividad.

La siguiente lista de pruebas no es limitativa:

- Inspección general
- Verificaciones individuales de los equipos integrantes de las celdas y las calibraciones a valores definitivos
- Pruebas funcionales

## **4.2 Estructuras Metálicas para la Subestación**

### **4.2.1 Generalidades**

Estas especificaciones técnicas tienen por objeto definir las condiciones del suministro de las estructuras metálicas de los pórticos de llegada y los soportes de equipos de la Ampliación del Patio de Llaves en 66 kV de la Nueva Subestación Tacna.

Se definen las dimensiones principales, condiciones de diseño, fabricación, pruebas inspecciones e informaciones a suministrar en la licitación y en la obra.

### **4.2.2 Alcances del suministro**

El suministro comprende lo siguiente:

- Torres de retención, Pórticos de llegada y soportes de equipos del Patio de llaves de la Subestación Tacna en las cantidades indicadas en la Tabla de Cantidades y Precios.
- Los estribos o ensambles de placas para soportar las cadenas de aisladores de suspensión y las cadenas de anclaje; los agujeros, pernos y tuercas para la puesta a tierra; placas de identificación de fases y de peligro.
- Cálculo de esfuerzos, Planos de fabricación y planos de montaje de todas las piezas que conforman los pórticos y soportes.
- Los pernos de anclaje a la cimentación de concreto con sus correspondientes tuercas, contra tuercas, arandelas, placas.
- Los ensayos de materiales, embalajes correspondientes.
- Transporte al sitio y montaje de estructuras

En condiciones de cargas normales se admite que la estructura estará sujeta a la acción simultánea de las siguientes fuerzas:

- **Cargas verticales.-** El peso de los conductores, aisladores, accesorios para el vano gravante correspondiente, el peso propio de la estructura.
- **Cargas transversales horizontales.-** La presión del viento sobre el área total neta proyectada de los conductores, y cadena de aisladores. La presión del viento sobre la estructura. La componente horizontal transversal de la máxima tensión del conductor determinada por el relativo ángulo máximo de desvío.
- **Cargas de Montaje y de Mantenimiento.-** Las fuerzas adicionales que afectan a la estructura durante su montaje y mantenimiento. Al respecto, la estructura será calculada por una carga vertical mínima igual al doble de la carga especificada en el punto sobre cargas verticales.

#### **b) Cargas Excepcionales**

En condiciones de carga excepcional se considera que la estructura estará sujeta, además de la carga de viento indicada, a una fuerza horizontal correspondiente a la rotura de un conductor o cable de guarda. Esta fuerza tiene el valor siguiente:

100% de la máxima tensión sin viento del conductor y del cable de guarda. Esta fuerza será determinada en sus componentes longitudinal y transversal según el correspondiente ángulo de desvío.

#### **c) Carga Sísmica**

### **4.2.3 Normas de referencia**

Las publicaciones abajo listadas forman parte de esta especificación en toda su extensión:

- ASTM A 36 Standard Specification for General Requirements for Rolled Steel Plates, Shapes, Sheet Piling, and Bars for Structural Use.
- ASTM A 572 - High strength low alloy structural steel.
- ASTM A 394 Galvanized Steel Transmission Tower Bolts and Nuts
- ASTM A 153 Zinc Coating (hot dip) on Iron and Steel Hardware
- ASTM B 201 Testing Chromate Coatings on Zinc and Cadmium Surfaces.
- ASCE N° 52 Guide for Design Transmission Towers
- Otras que no se indican aquí pero que son mencionadas mas adelante.

### **4.2.4 Requerimientos de diseño**

#### **A.- Tipo**

Todas las estructuras de la Ampliación de la Subestación serán de acero galvanizado, reticuladas ensambladas por pernos y tuercas de preferencia semejantes a las existentes.

Los pórticos serán estructuras del tipo reticulado de perfiles de acero galvanizado, ensamblados por pernos y tuercas y su forma será de acuerdo al plano número 3202-151-GD1-001-01.

#### **B.- Cargas de Diseño**

Para el diseño y cálculo de los elementos de las estructuras se consideran dos tipos de carga:

##### **a) Cargas Normales**

Es considerada como condición excepcional de funcionamiento. La estructura estará sujeta, además de las cargas de viento indicadas, a una fuerza horizontal y vertical generada por una actividad sísmica equivalente a:

$$F_h = 0.5 W$$

$$F_v = 0.3 W$$

$$\text{Donde } W = \text{carga vertical}$$

#### **d) Cargas del Viento**

La carga del viento sobre las estructuras es calculada de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$W = 1.5 \times q \times A$$

Donde:

W Es la carga total del viento en Kg

q Es la presión del viento, en Kg/m<sup>2</sup>. El valor de la presión del viento se asume igual a 75 kg/m<sup>2</sup>.

A Área neta proyectada de una cara de la estructura.

#### **e) Cargas de Cortocircuito**

Es considerada como condición excepcional de funcionamiento. La estructura estará sujeta, además de las cargas de viento, a las fuerzas de Cortocircuito, las cuales se presentan como resultado de una falla eléctrica.

#### **E.- Criterios de Cálculo y Diseño**

El fabricante será responsable del cálculo y diseño de las estructuras metálicas de acuerdo con los requerimientos de los equipos a suministrar y de las solicitudes de cargas que se presentan en este documento y en los planos correspondientes.



Las estructuras serán suministradas con todo lo necesario para acomodar los equipos y accesorios previstos en este proyecto.

El fabricante someterá a la aprobación del Propietario la memoria de cálculo completa y detallada de cada tipo de estructura, indicando el valor de las cargas para cada condición de carga y para cada elemento de la estructura.

#### **a) Factor de Seguridad**

El factor de seguridad, es decir la relación entre el esfuerzo límite de cada elemento de la estructura y el esfuerzo máximo en el mismo elemento calculado para la condición de carga más desfavorable, no es menor que :

- Para cargas normales 2.00
- Para cargas excepcionales 1.30

Cuando la estructura es sometida a cualquier condición de carga multiplicada por el factor de seguridad correspondiente, no debe ocurrir ninguna deformación permanente ni avería en los perfiles, placas o pernos.

#### **b) Esfuerzos Límites**

El esfuerzo de cada elemento de la estructura será:

- Para los esfuerzos de tracción: el límite elástico del acero
- Para los esfuerzos de compresión: el esfuerzo límite de pandeo calculado de acuerdo a la norma ASCE u otra práctica de diseño aceptada.

#### **c) Máximas Relaciones de Esbeltez Admisibles**

- La relación de esbeltez de los elementos a compresión no excederá los límites siguientes:  $L/r = 150$  para montantes y crucetas, 200 para riostras diagonales y otros elementos y 250 para elementos redundantes.
- La relación de esbeltez de elementos a tracción no excederá los límites siguientes:  $L/r = 240$  para miembros principales y 300 para miembros secundarios

#### **d) Cálculo de los Pórticos**

El cálculo de los pórticos se realizará teniendo en cuenta sus diagramas de cargas, y los diseños ejecutivos serán desarrollados por el fabricante y aprobados por la Supervisión.

#### **e) Cálculo de los Soportes de Equipos**

Los soportes de equipos, deberán resistir los esfuerzos máximos admisibles aplicables a los bornes de los aparatos, así como los esfuerzos del viento sobre ellos y los equipos mismos.

Se deberá tomar también en cuenta las solicitaciones causadas por los esfuerzos electrodinámicos de cortocircuito y solicitaciones sísmicas. La rigidez de las estructuras será tal que el alineamiento de los aparatos a los cuales soporta no será perturbado por las fuerzas a las que estarán sujetas.

### **4.2.5 Características técnicas constructivas**

#### **A.- Materiales**

##### **a) Perfiles**

Los perfiles laminados serán de acero al carbono de preferencia acero estructural, conforme a la Norma ASTM A36 y a la designación St 37-2 de la

Norma DIN 17100. Las propiedades mecánicas mínimas de estos aceros se indican a continuación:

	ASTM A36	DIN St37-2
Esfuerzo de fluencia (kg/mm <sup>2</sup> )	25	24
Resistencia en tensión(kg/mm <sup>2</sup> )	37-41	37-45
Alargamiento de rotura(%)	25 %	25 %

Las propiedades dimensionales de los perfiles serán las indicadas en las Tablas de Perfiles del "Manual of Steel Construction" del American Institute of Steel Construction. Cualquier variación de estas propiedades deberá limitarse a las tolerancias establecidas en la misma Norma.

#### **b) Tamaños Mínimos**

El espesor mínimo permitido para perfiles y placas es de 6 mm (1/4") para los elementos de montantes y de 3 mm (1/8") para los demás elementos.

No se utilizarán perfiles inferiores a 2" x 2" x 1/4" para elementos de montantes y de 1" 1/2 x 1" 1/2 x 1/8" para todos los demás elementos. El diámetro mínimo de los pernos será de 1/2" para las montantes y demás elementos.

#### **c) Pernos**

La calidad y características de resistencia para pernos, tuercas y arandelas, serán conforme a la Norma DIN 267.

Los pernos tendrán la cabeza hexagonal forjados de una barra sólida, perfectamente concéntricas y a escuadra con el vástago, el cual será

perfectamente recto. El punto donde el vástago del perno se une a la cabeza, tendrá un empalme de radio suficiente para eliminar excesivas concentraciones de esfuerzos.

Arandelas planas de seguridad a presión serán provistas bajo todas las tuercas. Las arandelas serán de acero, y de a lo menos tres milímetros de espesor. Arandelas estructurales biseladas serán provistas cuando sea necesario.

Todos los pernos (incluyendo la parte roscada), tuercas (excepto las roscas) y arandelas serán galvanizados en conformidad con la normas ASTM A394 y/o A153 o equivalentes.

Todos los pernos se suministrarán con sus tuercas atornilladas en talleres a fin de asegurar su ajuste correcto. Las tuercas deberán atornillarse manualmente a los pernos y serán rechazadas si en opinión del Supervisor se consideran que tienen un juego excesivo o están demasiados ajustadas.

Las roscas de todos los pernos y tuercas serán aceitadas antes de la expedición. Deberá suministrarse una cantidad adicional de pernos, tuercas y arandelas equivalentes al 5% del total necesario para los pórticos.

## **B.- Fabricación**

**a) Corte.-** Durante la fabricación, los perfiles, las placas de esfuerzos y los cubrejuntas, etc, serán cortados con guía y podrán ser cizallados o aserrados y toda la rebaba del metal será cuidadosamente eliminada. Todos los perfiles, refuerzos y cubrejuntas, etc. serán perfectamente rectos.

**b) Doblado.-** Cuando Perfiles y placas de refuerzo necesiten ser doblados, éste se realizará en caliente. Donde por razones particulares los elementos

son doblados en frío, el material será posteriormente recocido o aliviado de tensiones.

**c) Perforaciones.-** Los elementos de las estructuras tendrán todas sus perforaciones hechas en el taller, de manera que no sea necesario hacer perforación en el sitio para añadir cualquier elemento. La distancia desde el centro de las perforaciones para pernos a la orilla de cada sección de acero no será menor que 1.5 veces el diámetro del perno; además, la distancia mínima entre los centros de las perforaciones para pernos adyacentes no será inferior a 2.5 veces al diámetro del perno correspondiente. El aspecto final de las perforaciones deberá ser circular, sin rebabas o grietas.

**d) Perfiles.-** La máxima tolerancia admisible en el corte de las piezas será de 1 por mil. La diferencia máxima admisible entre el diámetro de la perforación y el diámetro del perno no excederá 1.5 mm.

La máxima tolerancia admisible en la posición mutua de los agujeros serán las siguientes

En el mismo extremo del perfil :  $\pm 0.5$  mm

Entre extremos opuestos del perfil :  $\pm 1.0$  mm

No se admitirá ninguna tolerancia en la posición de los ejes de las perforaciones con respecto a los ejes del perfil.

**e) Juntas.-** Las juntas de los montantes serán del tipo de tope. Sin embargo, se podrá utilizar juntas de recubrimiento previa aprobación de la Supervisión. Las esquinas de los perfiles cubrejuntas interiores serán chaflanadas a fin de asegurar un contacto directo y continuo entre las paredes de los perfiles a

empalmar. El largo mínimo de las juntas será de 300 mm. con 6 pernos como mínimo.

**f) Soldaduras.-** No está permitido el uso de soldaduras en ningún elemento de los pórticos.

**g) Marcado.-** Todos los elementos de las estructuras serán marcados con la misma identificación de los planos de fabricación y de montaje.

**h) Pernos de Anclaje.-** Los pernos de anclaje destinados a ser empotrados en el concreto de las fundaciones tendrán dispositivos adecuados para aumentar la adherencia entre el acero y el concreto. Todas las piezas serán galvanizadas en su integridad. Deberán suministrarse completas con sus tuercas, contratuercas, arandelas, platinas.

**i) Galvanizado.-** Todos los elementos de las estructuras y los destinados a ser empotrados en el concreto, serán galvanizados en conformidad con las normas ASTM A123, A153 y A394, según corresponda. Si el galvanizado de las piezas va a ser realizado fuera de la planta del fabricante de los pórticos el Postor lo indicará así en su Propuesta. En el caso que se encuentre partes galvanizadas con formación de "moho blanco" durante el envío o en el almacenamiento en Sitio, la Supervisión tendrá la facultad de:

a. Aprobar un sistema de limpieza y pintura protectora para aplicarse en terreno, si en su opinión éste es conveniente.

b. Ordenar inmediatamente la prohibición del empleo de las partes afectadas, y que todos los futuros embarques reciban, antes de despacharlos de los talleres, un tratamiento especial, sin cargo extra para la Empresa.

Ninguna de las medidas indicadas arriba será acogida como razón valedera para justificar atrasos en la terminación de la Obra.

### **C.- Accesorios**

**a) Secuencia de Fases.-** Las placas indicadoras de las fases de los conductores, serán de aluminio anodizado u otro material, sus dimensiones y tipo de material serán aprobados por la Supervisión.

**b) Placas de Ensamble.-** Las placas de ensamble serán montadas en dirección perpendicular a la de los conductores en el extremo de cada viga. Serán calculadas para un tiro del conductor de 4,400 kg con coeficiente de seguridad no menor de tres (3) y además serán del tipo adecuado para acoplar las cadenas de aisladores y/o anclajes del conductor o cable de guarda.

### **C.- Embalaje y Embarque**

Los elementos de la estructura serán embalados en paquetes tan robustos como sea posible para asegurar que tengan la resistencia y rigidez necesaria para soportar un manipuleo negligente.

Los paquetes deben contener elementos de la misma marca y pertenecientes a la misma estructura. Cada paquete llevará la identificación correspondiente a su contenido y cualquier otra información que el fabricante considere necesario.

Se tomarán las medidas necesarias para evitar dañar el galvanizado durante las operaciones de manipuleo y transporte y para protegerlo de la corrosión. Cualquier daño o pérdida como consecuencia de un embalaje

inadecuado o realizado sin la necesaria diligencia serán de exclusiva responsabilidad del Fabricante.

#### **D.- Supervisión**

La Supervisión verificará la calidad del producto, debiendo el fabricante permitir el acceso a todas sus instalaciones. Los reportes de control de calidad elaborados por el fabricante, deberán ser aprobados por la Supervisión. Asimismo los ensayos de control de calidad deberán realizarse en presencia de la Supervisión.

**a) Montaje en Blanco.-** A fin de controlar la calidad de la elaboración, los elementos para el montaje de un ejemplar de cada tipo de estructura, completos, con todos sus elementos, pernos y tuercas, serán seleccionados al azar y ensamblados en el suelo, en presencia de la Supervisión en el taller del fabricante.

Todas las partes deberán encajar exactamente con las otras correspondientes, sin necesitar ninguna otra junta o pieza de ajuste distinta a lo previsto en los planos. Ningún ajuste de perforación o deformación de cualquier parte estará permitido durante esta prueba.

#### **b) Certificados de Prueba de Materiales**

Antes de proceder con cualquier prueba o ensayo de rutina tal como se describe a continuación, el fabricante someterá a la aprobación de la Supervisión el certificado de análisis químico expedido por la fábrica.

#### **c) Pruebas a Efectuarse**

Durante la fabricación se ejecutarán pruebas de rutina con muestras elegidas al azar de cada partida de material, a fin de controlar las



características mecánicas del material mismo y de la calidad de fabricación de las piezas.

En principio, cada lote de material sufrirá, como mínimo, las pruebas siguientes:

- Prueba de tracción
- Prueba de doblado
- Prueba de galvanización (conforme con la Norma VDE 0210)
- Las pruebas de los pernos y las tuercas, así como los métodos de selección de muestras y los criterios de selección o rechazo, serán conformes con los requerimientos de la Norma DIN 267 (hojas 3 y 4)

### **4.3 Materiales de puesta a tierra**

#### **4.3.1 Alcance**

Estas Especificaciones Técnicas cubren las condiciones requeridas para el suministro de accesorios del Sistema de Puesta a Tierra de las Estructuras; describen su calidad mínima aceptable, tratamiento, inspección, pruebas y entrega.

#### **4.3.2 Normas aplicables**

Las Normas a ser usadas para el suministro del conductor de puesta a tierra, varillas, y accesorios, serán las correspondientes ASTM (Metales No-Ferrosos) en su última versión.

El Postor indicará claramente que Normas o Valores particulares adopta en su Oferta para los accesorios que se refiere la presente especificación.

#### **4.3.3 Descripción de los materiales**

**A.- Cable de puesta a tierra**

Será de alma de acero con recubrimiento de cobre tipo Copperweld, calibre 2 AWG con una conductividad aproximada del 30% y su fabricación estará en concordancia con la última versión de las Normas ASTM, el cable será de 7 hilos.

**B.- Varillas**

Será de alma de acero con recubrimiento de cobre tipo Copperweld con una conductividad aproximada del 30% y su fabricación estará en concordancia con la última versión de las Normas ASTM. Las dimensiones serán de 16 mm de diámetro y 2.40 m de longitud.

**C.- Conector Varilla-Cable**

Será de bronce estañado y unirá el conductor del rubro 3.1 y la varilla del punto 3.2.

**D.- Conector de Doble Vía**

Será de bronce estañado apto para unir entre si conductores del rubro 3.1.

**4.3.4 Inspecciones y pruebas**

Las pruebas de modelo, de rutina y de aceptación serán realizadas en presencia de los inspectores del PROPIETARIO. El costo de realizar las pruebas estará incluido en los precios cotizados por los postes.

**4.3.5 Información técnica a presentar**

El Postor adjuntará a su oferta la siguiente información:

- a) Cuadros con Datos Técnicos garantizados completamente llenados

- b) Planos con las dimensiones de cada tipo de conjunto de dispositivos a escala 1 : 5.
- c) Planos con las dimensiones de cada pieza de los diversos dispositivos, a escala 1 : 1, con indicación del peso y del material usado.
- d) Descripción de los dispositivos contra el aflojamiento de los pernos.
- e) Información solicitada en cada una de las Especificaciones Técnicas.

#### **4.4 Sistema de puesta a tierra**

##### **4.4.1 Objetivo**

Estas especificaciones determinan desde el punto de vista técnico, el suministro del sistema de puesta a tierra, conductores, equipos y aparatos destinados a las subestaciones.

##### **4.4.2 Normas aplicables**

Los materiales y accesorios de esta especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, vigentes a la fecha de suscripción del Contrato.

INTINTEC 370.042 : Conductores de cobre recocido para el uso Eléctrico.

ANSI C 135.14 : Staples with rolled of slah points

##### **4.4.3 Generalidades**

La malla de tierra, con todas sus conexiones a los equipos, será suministrada e instalada por el contratista de acuerdo con los planos, dejándolos en perfecto estado de funcionamiento desde el punto de vista de operación y explotación.

La Red de Puesta a tierra en el patio de llaves de las subestaciones

tiene como finalidad brindar seguridad al personal, limitando las tensiones de paso, de toque y de malla a valores tolerables y no perjudiciales durante las condiciones de falla.

#### **4.4.4 Red de tierra**

##### **a) Red de tierra superficial**

Se utilizará conductor de cobre desnudo recocido de 70 mm<sup>2</sup> y unirá las partes metálicas de los equipos e instalaciones con la Red de tierra profunda.

##### **b) Red de tierra profunda**

Esta red de tierra estará formada por una malla de conductor de cobre cableado desnudo recocido de 70 mm<sup>2</sup>.

La malla deberá ir enterrada a una profundidad determinada la cual está indicada en los planos. El Contratista deberá tener especial cuidado de que la continuidad de la malla no se vea interrumpida o dañada por la posterior instalación de los equipos y/o materiales tales como las bases, fundaciones, cables de potencia, etc.

Los empalmes en cruz y en "T" de la malla, así como las derivaciones de ella al exterior y en general todas las conexiones internas y externas, deberán ser efectuadas mediante un tipo de soldadura de proceso exotérmico o similar.

La malla de tierra será complementada, en los puntos indicados, por un número determinado de electrodos de puesta a tierra. Estos electrodos deberán ir instalados en pozos adecuados para una fácil inspección.

Las cuchillas de puesta a tierra de los seccionadores, deberán ser conectadas directamente a la red de tierra. Los pararrayos estarán conectados a la red de tierra por los conductores oportunamente aislados y protegidos, y en correspondencia de su enlace, la red de tierra será convenientemente reforzada con electrodos de tierra.

La conexión de los neutros de los transformadores de potencia con la malla de tierra será convenientemente protegida por tubos desde el suelo hasta una altura segura que evite contactos accidentales. Todas las partes metálicas, que normalmente están bajo tensión y que puedan tener contacto con personas, deberán ser conectadas a la red de tierra.

Se tendrá cuidado especial con la calidad del material de relleno y con su colocación alrededor de los electrodos de tierra. Los conductores de puesta a tierra podrán desconectarse de los elementos puestos a tierra, a fin de permitir efectuar los controles necesarios. Las partes del conductor de puesta a tierra, correspondientes al enlace con la malla misma, estarán sujetas definitivamente a las bases de las fundaciones o eventualmente atravesarán dichas bases por medio de vainas previstas a ese efecto.

Todas las edificaciones tendrán conductores de conexión con la red de tierra profunda. A estos conductores se conectarán todas las partes metálicas instaladas en ellas que no estén normalmente bajo tensión y los puntos que eléctricamente así lo requieran.

#### **4.4.5 Descripción de los materiales**

##### **A.- Conductor**

El conductor para la red de tierra, será de cobre desnudo, cableado y recocido de 70 mm<sup>2</sup> de sección y cuyas características principales se muestran en las tablas de datos técnicos.

#### **B.- Electrodo de puesta a tierra**

Los electrodos o dispersores de puesta a tierra serán de acero recubierto con cobre de 2,4 m de longitud y 16 mm de diámetro.

#### **C.- Conexiones a compresión**

Los empalmes en cruz y en "T" de la malla, así como las derivaciones de ella al exterior y en general todas las conexiones internas y externas deberán ser efectuadas mediante compresión.

#### **4.4.6 Datos técnicos garantizados**

El Contratista entregará un suministro completo en perfecto estado y ejecutará sus prestaciones de manera que den plena satisfacción del Propietario durante el período de operación previsto.

El Contratista deberá llenar las tablas adjuntas, indicando los datos técnicos garantizados, los mismos que servirán de base para el análisis técnico-económico de la Oferta presentada, y el posterior control de los suministros.

#### **4.4.7 Embalaje**

El conductor se entregará en carretes de madera de suficiente rigidez para soportar cualquier tipo de transporte y debidamente cerrado con duelas de listones, también de madera para proteger al conductor de cualquier daño.

Los otros materiales serán cuidadosamente embalados en cajas de madera de dimensiones adecuadas.

## **4.5 Aisladores de porcelana**

### **4.5.1 Alcance**

Estas Especificaciones Técnicas cubren el suministro de aisladores tipo standard con ensamble bola - casquillo, describen su calidad mínima aceptable, fabricación, pruebas y entrega.

### **4.5.2 Normas aplicables**

El material cubierto por estas Especificaciones, cumplirá con las prescripciones de Normas siguientes, según la versión vigente a la fecha de la convocatoria a la licitación.

- IEC 120 Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units.
- IEC 372 Locking devices for ball and socket couplings of Partes 1 y 2string insulator units.
- IEC 383 Test on insulators of ceramic material or glass for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V.
- IEC 437 Radio Interference test on high-voltage insulators.
- IEC 507 Artificial Pollution tests on High Voltage Insulators to be used on AC System.
- ANSI C29.2 Wet-Process Porcelain Insulators (Suspension type)
- ANSI C29.6 Wet-Process Porcelain Insulators (High Voltage Pin Type)
- ASTM A 153 Zinc coating (hot Dip) on Iron and Steel Hardware.

### **4.5.3 Descripción del material**

#### **A.- Material del Dieléctrico**

El material del dieléctrico aislante deberá ser de porcelana o vidrio templado.

**a) Porcelana**

La porcelana será de una estructura homogénea, libre de defectos, cuidadosamente vitrificada. El vidrioado será uniforme y cubrirá todas las partes del aislador no recubierta por el metal.

**b) Vidrio**

El vidrio tendrá una estructura homogénea sin trazas de cristalización y sin defectos internos, y será oportunamente templado para alcanzar la máxima resistencia mecánica a los choques, compatible con la naturaleza del material.

**B.- Material de las partes metálicas**

El material de las partes metálicas deberá ser de hierro maleable o acero galvanizado en caliente, según Norma ASTM A153, con pasadores de bloqueo de material resistente a la corrosión, tal como bronce fosforoso, latón o acero inoxidable.

Las partes metálicas serán galvanizadas mediante inmersión en caliente para lograr una capa de zinc de  $600 \text{ gr/m}^2$

**C.- Cementación**

Los elementos aislantes serán fijados a las partes metálica mediante cemento u otro material de fijación de una probada calidad, que no deberá reaccionar químicamente con las partes metálicas, ni ser motivo de fractura o aflojamiento debido a contracción y/o dilatación.



Las características mecánicas y térmicas del material deberán quedar inalteradas en el tiempo, sin fenómenos de envejecimiento.

#### **4.5.4 Características de los aisladores**

Los aisladores para cadena de anclaje, serán del tipo "standard" con ensamble tipo bola y casquillo (Ball and Socket). Los aisladores tipo "standard" deberán tener un acoplamiento IEC 16 mmA. Asimismo los aisladores tipo "standard" serán adecuados para ser usados en cadenas de aisladores.

Los aisladores deberán tener un diseño adecuado, que permita un eficiente lavado a mano, en especial de los pliegues internos.

Los aisladores deberán llevar una indicación clara del modelo, marca de fábrica, año de fabricación y carga de rotura correspondiente.

En los Cuadros Técnicos que se adjuntan se muestran las características mínimas requeridas de los aisladores solicitados.

#### **4.5.5 Pruebas**

##### **A.- Pruebas de tipo**

##### **a) Muestras**

Las pruebas de tipo se llevarán a cabo sobre una cadena de anclaje y otra de suspensión.

##### **b) Pruebas a efectuarse**

Se llevarán a cabo las siguientes pruebas tipo:

- Prueba de resistencia al impulso según IEC-383
- Prueba de resistencia bajo lluvia a frecuencia industrial según IEC-383.
- Prueba de radio interferencia según IEC-437

## **B.- Pruebas de Modelo**

### **a) Muestras**

La selección de las muestras se efectuará en conformidad con las recomendaciones IEC-383.

### **b) Pruebas a efectuarse**

Se llevarán a cabo las siguientes pruebas de modelo:

- Verificación de las dimensiones según IEC-383
- Prueba de ciclo de temperatura según IEC-383
- Prueba de carga electromecánica según IEC-383
- Prueba de perforación según IEC-383
- Prueba de porosidad (solo para aisladores de cerámica) según IEC-383
- Prueba de choque térmico (solo para aisladores de vidrio) según IEC-383.
- Pruebas de galvanización según IEC-383. Se efectuarán, las siguientes pruebas: Prueba del peso del zinc, prueba de uniformidad de la capa, mediante cinco (5) inmersiones.

### **c) Rechazo**

El procedimiento a seguir para la repetición de las pruebas que no hayan sido superadas será conforme a las recomendaciones IEC-383. Las partidas no conformes a las prescripciones de prueba de las recomendaciones IEC-383 serán rechazadas.

## **C.- Pruebas de Rutina**

El Propietario tendrá el derecho de ordenar la ejecución de las siguientes pruebas de rutina:

- Control visual según IEC-383
- Prueba mecánica según IEC-383
- Prueba eléctrica según IEC-383

#### **4.5.6 Embalaje**

Se requiere un embalaje particularmente robusto en previsión del transporte marítimo y terrestre.

Los aisladores serán suministrados en fuertes cajas de madera y en conjuntos de 5 unidades con precauciones especiales debidas a la naturaleza particularmente frágil del material.

#### **4.5.7 Inspecciones y costos de las pruebas**

Las pruebas de modelo, de rutina y de aceptación serán realizados en presencia de los inspectores del Propietario.

En la oferta estarán incluidos los gastos de desplazamiento y estadía hacia las fábricas y laboratorios de prueba de un (1) inspector del Propietario, por el mismo tiempo que sea necesario ejecutar las pruebas y recepción del suministro.

El costo de realizar las pruebas estará incluidas en los precios cotizados de los postes.

#### **4.5.8 Información técnica a presentar**

El Postor remitirá con su oferta la siguiente información:

- a) Cuadros con datos técnicos garantizados
- b) Planos dimensionales de los aisladores
- c) Copia de las pruebas tipo realizados sobre los aisladores ofertados.
- d) Referencias comerciales

e) Información y descripción de la fábrica, así como descripción y procesos de fabricación.

f) Certificación ISO 9001.

## **4.6 Conductor de aluminio reforzado con alma de acero (ACSR)**

### **4.6.1 Alcance**

Estas Especificaciones Técnicas cubren el suministro del conductor de aluminio reforzado con alma de acero (ACSR), describen la calidad mínima aceptable, fabricación, inspección, pruebas y entrega.

### **4.6.2 Normas Aplicables**

Las normas a ser usadas para el suministro del conductor de aluminio reforzado con alma de acero (ACSR), fabricación de los alambres, cableado de los conductores, pruebas e inspección, serán las siguientes; según versión vigente a la fecha, en el orden y precedencia indicado.

ASTM B 498	Zinc Coated (Galvanized) Steel Core Wire for Aluminium Conductors Steel Reinforced
ASTM B 230	Aluminium Wire, 1350 – H19 for Electrical Purposes
ASTM B 232	Aluminium Conductors, Concentric – Lay Stranded Steel Reinforced (ACSR)

### **4.6.3 Fabricación**

La fabricación del conductor se realizará de acuerdo a las normas establecidas en estas especificaciones. Asimismo el proceso y procedimiento para la fabricación del conductor se efectuará en ambientes especialmente acondicionados para tal propósito.

Durante la fabricación y almacenaje se deberán tomar precauciones para evitar cualquier daño físico del conductor, así como se deberá evitar la contaminación del conductor de aluminio - acero, por el cobre u otros materiales que puedan causar efectos adversos.

En caso que la maquinaria, ha utilizarse para la fabricación del conductor de aleación de aluminio haya sido utilizada en la fabricación de conductores distintos a los de aleación de aluminio, el Postor lo indicará en su Oferta; y durante la fabricación proporcionará al Propietario un certificado que la maquinaria ha sido cuidadosamente limpiada antes de ser usada en la fabricación.

En todo momento del proceso de fabricación del conductor, el fabricante deberá prever que las longitudes en fabricación sean tales que en una bobina alcance el conductor de una sola longitud, sin empalmes de ninguna naturaleza, caso contrario este será rechazado, salvo acuerdo previo y aceptación por parte del Propietario.

En la fabricación de los conductores se cuidará de alcanzar la mínima rotación natural y la máxima adherencia entre los alambres de cada capa y entre capas, a fin de evitar daños cuando se desarrollen bajo tensión mecánica.

#### **4.6.4 Descripción del Material**

El conductor de aluminio reforzado con alma de acero (ACSR), será concéntrico, desnudo y compuesto de alma de acero de 1 hilo y una capa

exterior de 6 hilos de aluminio, para la sección nominal requerida en el Proyecto, según tabla de datos técnicos.

Los hilos de la capa exterior serán cableados en sentido derecho, estando las capas interiores cableados en sentido contrario entre sí.

Las características principales requeridas son las que se indican en los Cuadros Técnicos de estas Especificaciones.

#### **A.- Grasa de Protección**

Para proteger los conductores de aluminio – acero contra el peligro de corrosión, el alma de acero será protegida con una grasa especial. Ella tendrá el más bajo coeficiente de fricción posible, para facilitar el desenrollado bajo tensión mecánica y deberá resistir a las condiciones ambientales prevalecientes en el sitio y una temperatura permanente de 80°C sin alteración de sus propiedades.

Ella cumplirá con los requerimientos siguientes:

a) Los números ácidos y básicos (número total ó base fuerte) determinados de acuerdo con el método IP-139/59 del Instituto del Petróleo (Institute of Petroleum) serán inferiores a 0.1

b) El contenido de azufre será nulo. Método de prueba:

Una placa de plata pulida sumergida en grasa a 120°C durante 50 horas, no presentará ninguna alteración de matriz.

c) La corrosividad será nula. Método de prueba:

Una muestra de acero dulce (conteniendo 0.1 a 0.7% de carbón), pulido de acuerdo a métodos metalográficos será sumergida en grasa a 120°C durante 50 horas. La muestra será, en seguida, perfectamente por

medio de benzol o tetracloruro de carbón, químicamente puro y libre de tiofene. La superficie pulida será inmediatamente examinada en un microscopio amplificador, en más o menos 50 veces (en diámetro). Ninguna señal de corrosión deberá aparecer.

d) El punto de goteo determinado por el método IP-31/57, no deberá ser menor que 90°C.

e) Después de sumergir la grasa en agua durante 50 horas no mostrará absorción de agua. El contenido de agua será determinado de acuerdo al método IP-74/62

#### **4.6.5 Inspecciones y Pruebas**

El fabricante deberá contar con ambientes y equipos necesarios, así proporcionará las facilidades del caso, para las inspecciones y pruebas que se requieran previa coordinación con el Propietario en forma anticipada.

Los instrumentos a utilizarse en las mediciones y pruebas deberán tener certificado de calibración vigente expedido por un organismo de control estatal o institución particular autorizada.

El Propietario podrá verificar los datos relativos al peso, longitud del tramo en carrete; cuando lo considere oportuno, para lo cual el fabricante proporcionará las facilidades necesarias.

#### **A.- Selección de las Muestras**

Cada una de las pruebas de tipo prescritas en los párrafos 1.2, 1.6, 1.8 y 1.9 se llevarán acabo sobre una muestra del conductor. Para los conductores de aluminio – acero las pruebas se llevarán a cabo sobre dos muestras, una para el conductor completo, y una para el alma de acero.

#### **B.- Pruebas de Tensión Mecánica**

Se efectuará una prueba de tensión mecánica o ruptura, sobre una muestra larga no menor de 5.0 m de cable completo y acabado, registrándose el diagrama del alargamiento axial en función de la tensión aplicada.

#### **C.- Pruebas de Torsión**

Se efectuará una prueba de torsión sobre una muestra larga no menor de 40 metros, registrando el diagrama del número de rotaciones del cable en función de la tensión aplicada.

Para esta prueba se aplicará una tensión axial variable hasta la ruptura fijando el cable en la maquina de prueba, de manera que sea libre de desenvolverse.

#### **D.- Pruebas a Efectuarse sobre los Alambres**

- a) Medida del diámetro y control de la superficie de los alambres;
- b) Prueba de tensión mecánica;
- c) Prueba de elongación y
- d) Prueba de resistividad.

#### **E.- Rechazo**

Si para la muestra de cualquier bobina, en la opinión del Propietario, los resultados no están conforme con los requerimientos, dos muestras adicionales serán tomadas de la misma bobina y probadas. Estas dos muestras deberán satisfacer los requerimientos, pues de lo contrario la bobina será rechazada.

#### **4.6.6 Embalaje**



El conductor será entregado en carretes tipo caracol, metálicos o de madera, de suficiente robustez para soportar cualquier tipo de transporte y debidamente cerrado para proteger el conductor de cualquier daño. Cada carrete llevará en un lugar visible la siguiente descripción:

- a) Nombre del Propietario
- b) Nombre del Proyecto
- c) Tipo y formación del conductor
- d) Sección, en mm<sup>2</sup>
- e) Longitud del conductor en el carrete, en metros
- f) Peso bruto y neto, en kilogramos
- g) Número de identificación del carrete
- h) Datos del certificado de prueba del conductor
- i) Nombre del fabricante y fecha de fabricación
- j) Una flecha indicadora del sentido en que debe ser rodado el carrete durante su desplazamiento.

El embalaje será en carretes de madera y eventualmente en carretes metálicos robustos, debidamente protegidos contra la corrosión, previa aprobación de sus materiales componentes por el Propietario

➤ **Carretes de Madera**

Todos los componentes de madera del carrete deberán ser manufacturados de madera suave, seca, sana, libre de defectos y capaz de permanecer en prolongados almacenamientos sin deteriorarse.

Las caras de los carretes serán construidas de dos piezas de madera con sus vetas transversales entre sí.

Las tablas serán colocadas juntas entre sí para proporcionar máxima solidez. La unión de las caras del carrete se harán con clavos robustos con cabeza perdida cuando se utilicen en la parte interna de los mismos. El barril del carrete donde se arrolle el conductor, será segmentado y robusto. El barril y caras estarán encajonadas con seguridad por medio de no menos de 6 pernos de 20 mm de diámetro.

La cubierta de tablas que cierra el carrete en toda su circunferencia, deberá encerrar completamente al conductor. Estas tablas que cubren el perímetro del carrete serán fijadas de una manera apropiada.

El extremo interno del conductor será extraído a través de la cara del carrete y asegurada a este, mediante grapas y protegido por una placa metálica conveniente. El extremo del conductor estará asegurado a la superficie externa de la cara. El barril del carrete será cubierto con una lámina de plástico impermeable o con papel encerado o pintado con pintura a base de aluminio. La superficie interna del carrete se pintará con pintura a base de aluminio o bituminosa.

La capa de arrollamiento del conductor en el carrete será cubierta con una lámina de plástico o de papel encerado, asegurado debajo de los listones que encierran la circunferencia del carrete de tal manera que no estén en contacto con el conductor.

El embalaje para cada tipo de conductor será de dimensiones estándares y adecuados para un almacenamiento prolongado.

El costo del embalaje será cotizado por el Proveedor y los carretes no serán devueltos.

#### **4.6.7 Información Técnica a Presentar**

La presentación de las ofertas deberá sujetarse a las Bases de Licitación y Condiciones Generales. El postor remitirá con su oferta lo siguiente:

- a) Cuadro de datos técnicos garantizados debidamente llenados.
- b) Planos, características técnicas y detalles del embalaje propuesto.
- c) Curvas de Esfuerzo - Deformación (Stress - Strain curve) para el tipo de conductor que se licita. Se incluirán cuando menos la curva inicial y final de una hora, 24 horas, un año y 10 años de envejecimiento, indicando las condiciones en las que han sido determinadas.
- d) Información técnica sobre el comportamiento de los conductores a la vibración, recomendando esfuerzos de trabajo adecuados, así como datos sobre los accesorios que los protejan del deterioro por vibración.

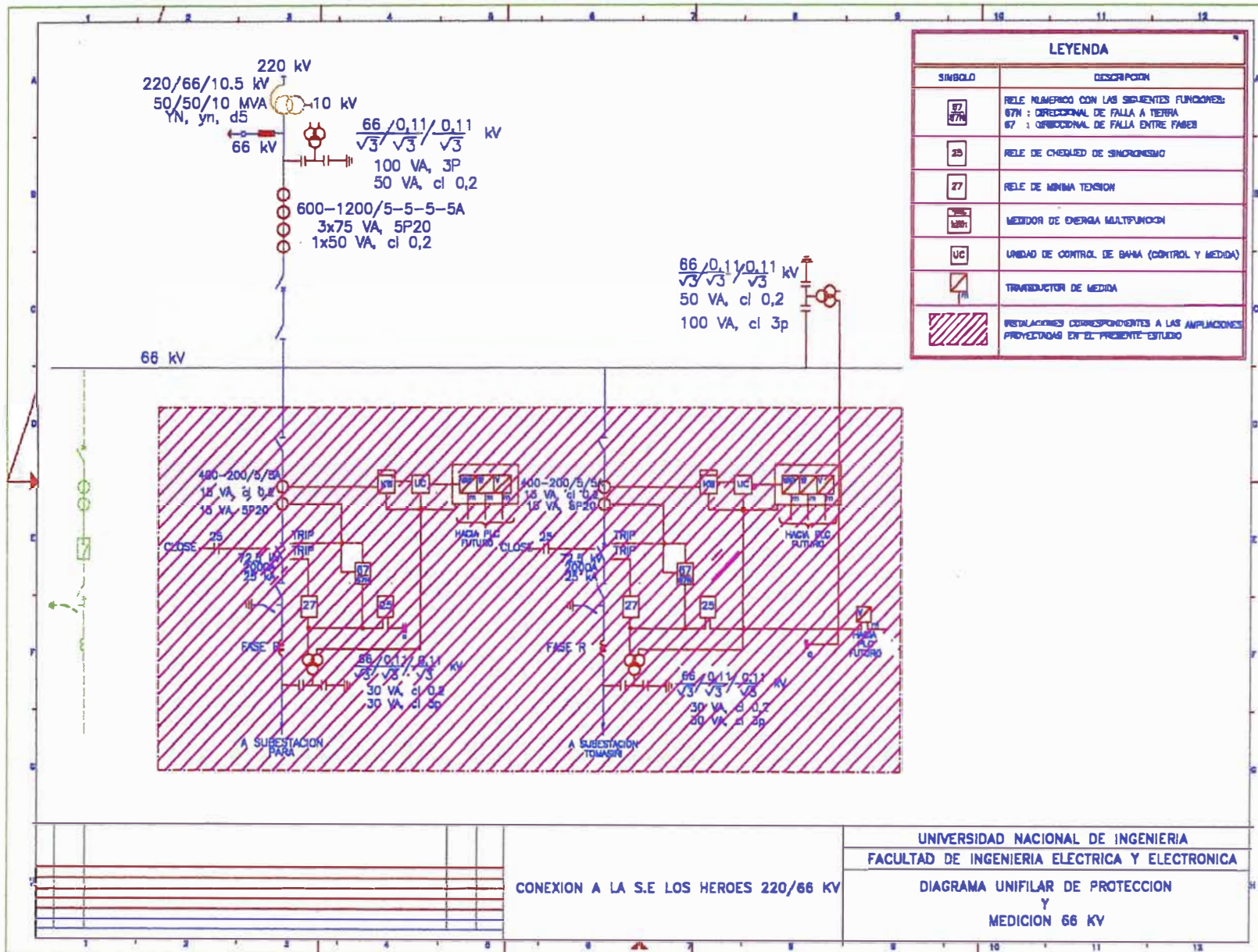
## CONCLUSIONES

1. La ejecución del proyecto de Conexión a la S.E Los Héroes 220/66 KV tuvo una duración de 5 meses fue puesto en operación el 8 de Octubre del 2001. Esta obra significo un gasto aproximado de USS 500,000.00 y fue realizada en la modalidad de llave en mano.
2. Con la puesta en servicio de la conexión se mejoro notablemente los problemas de tensión, la tensión es regulado automáticamente desde la S.E los Héroes que cuenta con un Transformador de Potencia de 50 MVA 220/66/10.5 KV con Taps variable bajo carga en el lado de 66 KV.
3. Como consecuencia de la regulación de tensión desde la S.E Los Héroes ya no es necesario el arranque de la C.T Calana para este fin, reduciéndose el sobre costo de la energía por regulación de Tensión, actualmente la C.T Calana arranca solo cuando es requerido por el Sistema Eléctrico Nacional.
4. Se mejoro la confiabilidad de suministro a la ciudad de Tacna con la puesta en servicio de la conexión , el año 2002 no se produjo ningún corte de suministro en la barra de 66 KV de la S.E Tacna. Así mismo

mejora la disponibilidad de suministro desde el SEIN durante labores de mantenimiento.

5. Con la puesta en servicio de la conexión el suministro de energía a la ciudad de Tacna quedo garantizado a largo plazo, la máxima demanda actual es de 20 MW y es alimentado a través de un Transformador de 50 MVA ubicado en la S.E Los Héroes.

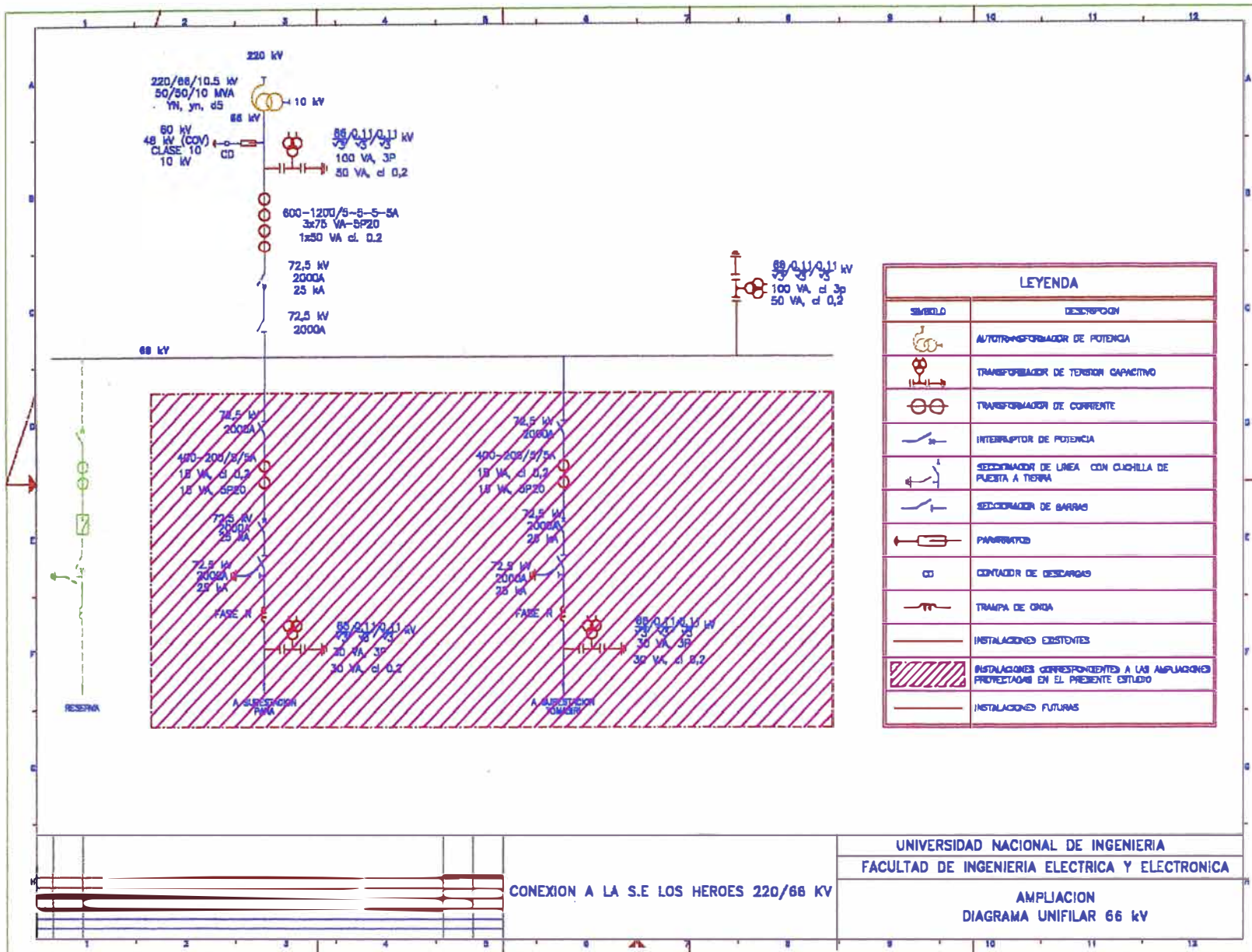
## **ANEXOS**



CONEXION A LA S.E LOS HEROES 220/66 KV

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

DIAGRAMA UNIFILAR DE PROTECCION  
Y  
MEDICION 66 KV



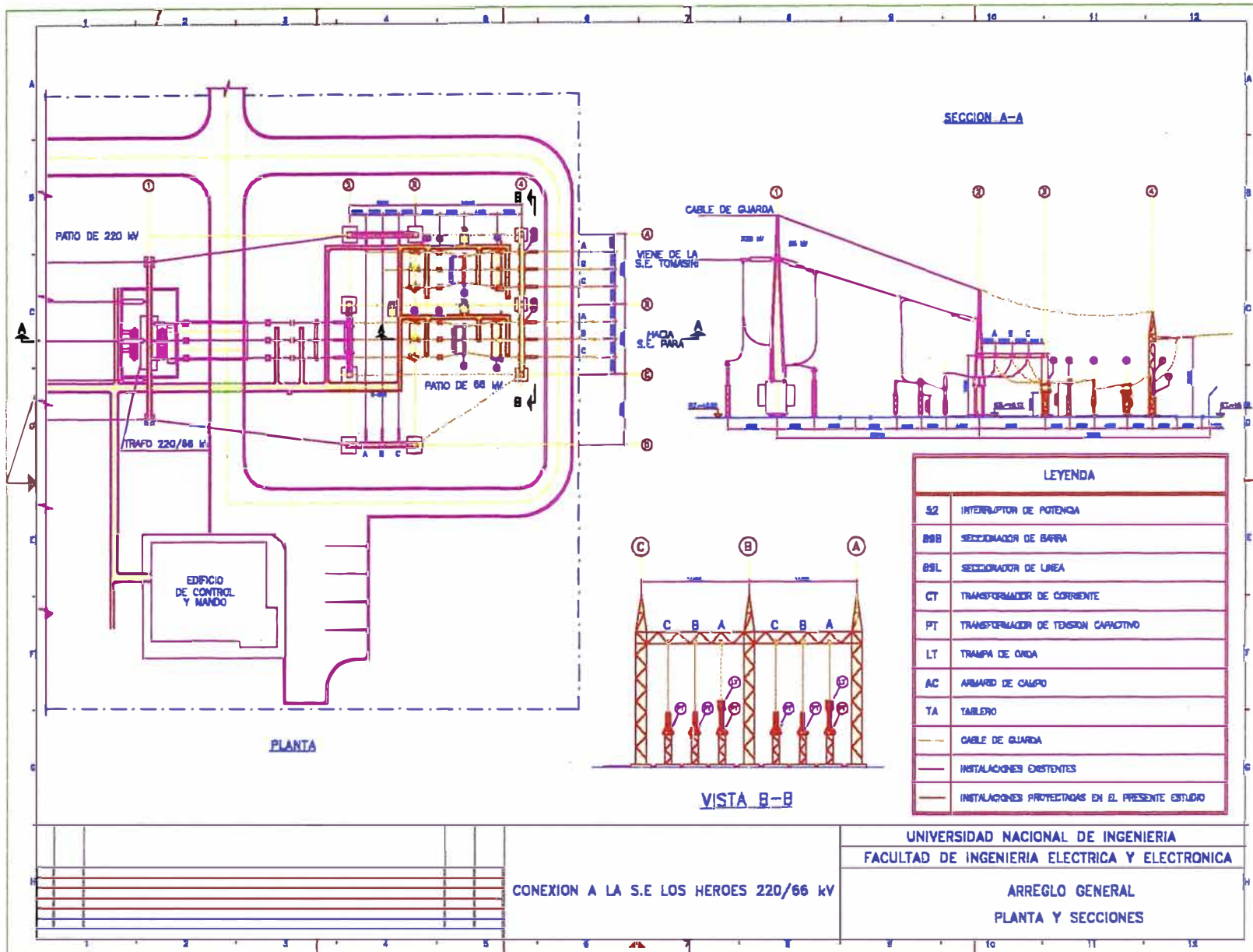
LEYENDA	
SIMBOL	DESCRIPCION
	AUTOTRANSFORMADOR DE POTENCIA
	TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
	INTERRUPTOR DE POTENCIA
	SECCIONADOR DE LINEA CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA
	SECCIONADOR DE BARRAS
	FANALONES
	CONTADOR DE DESCARGAS
	TRAMPA DE ONDA
	INSTALACIONES EXISTENTES
	INSTALACIONES CORRESPONDIENTES A LAS AMPLIACIONES PROYECTADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO
	INSTALACIONES FUTURAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

AMPLIACION  
 DIAGRAMA UNIFILAR 66 kV

CONEXION A LA S.E. LOS HEROES 220/66 kV





SECCION A-A

PLANTA

VISTA B-B

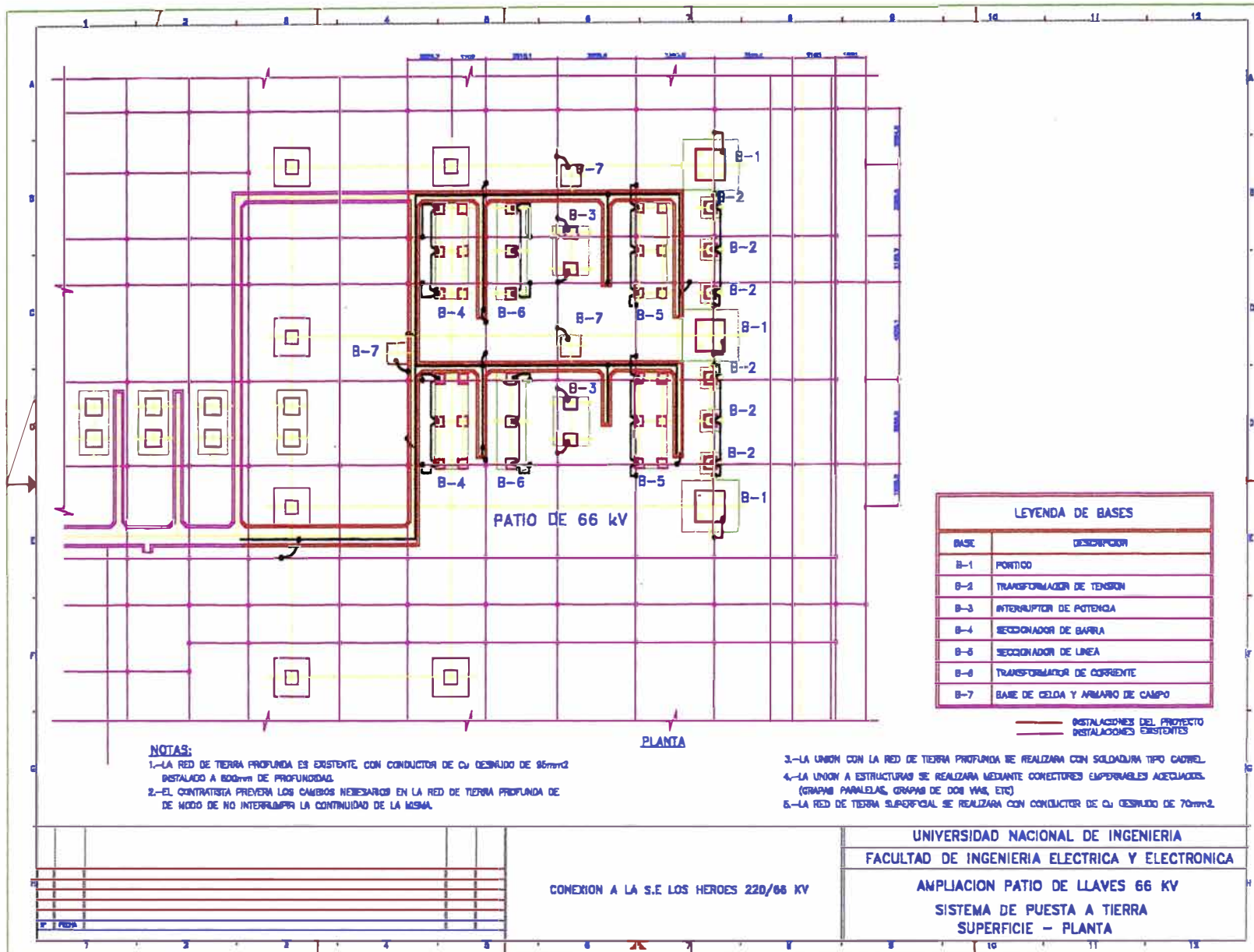
LEYENDA

S2	INTERRUPTOR DE POTENCIA
B9B	SECCIONADOR DE BARRA
B9L	SECCIONADOR DE LINEA
CT	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
PT	TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO
LT	TRAMPA DE ONDA
AC	ARMADO DE CALPO
TA	TABLERO
—	CABLE DE GUARDA
—	INSTALACIONES EXISTENTES
—	INSTALACIONES PROYECTADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO

CONEXION A LA S.E. LOS HEROES 220/66 kV

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ARREGLO GENERAL  
PLANTA Y SECCIONES



**NOTAS:**

- 1.-LA RED DE TIERRA PROFUNDA ES EXISTENTE, CON CONDUCTOR DE CU DE SECCION DE 96mm<sup>2</sup> INSTALADO A 800mm DE PROFUNDIDAD.
- 2.-EL CONTRATISTA PREVERA LOS CAMBIOS NECESARIOS EN LA RED DE TIERRA PROFUNDA DE MODO DE NO INTERRUPTAR LA CONTINUIDAD DE LA MISMA.

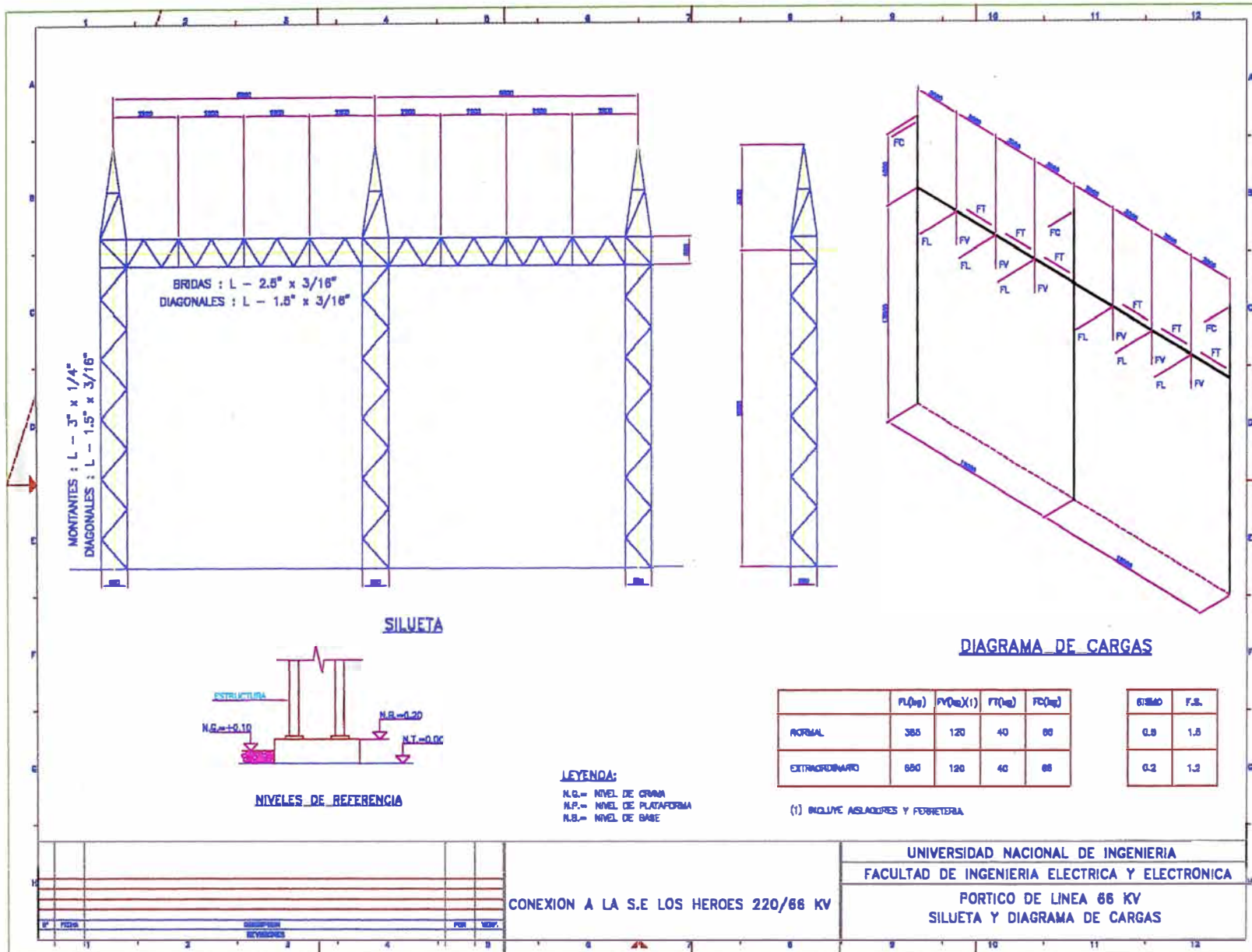
- 3.-LA UNION CON LA RED DE TIERRA PROFUNDA SE REALIZARA CON SOLDADURA TIPO CABRIL.
- 4.-LA UNION A ESTRUCTURAS SE REALIZARA MEDIANTE CONECTORES EMPERNALES ADECUADOS (GRAPAS PARALELAS, GRAPAS DE DOS VAS, ETC)
- 5.-LA RED DE TIERRA SUPERFICIAL SE REALIZARA CON CONDUCTOR DE CU DE SECCION DE 70mm<sup>2</sup>.

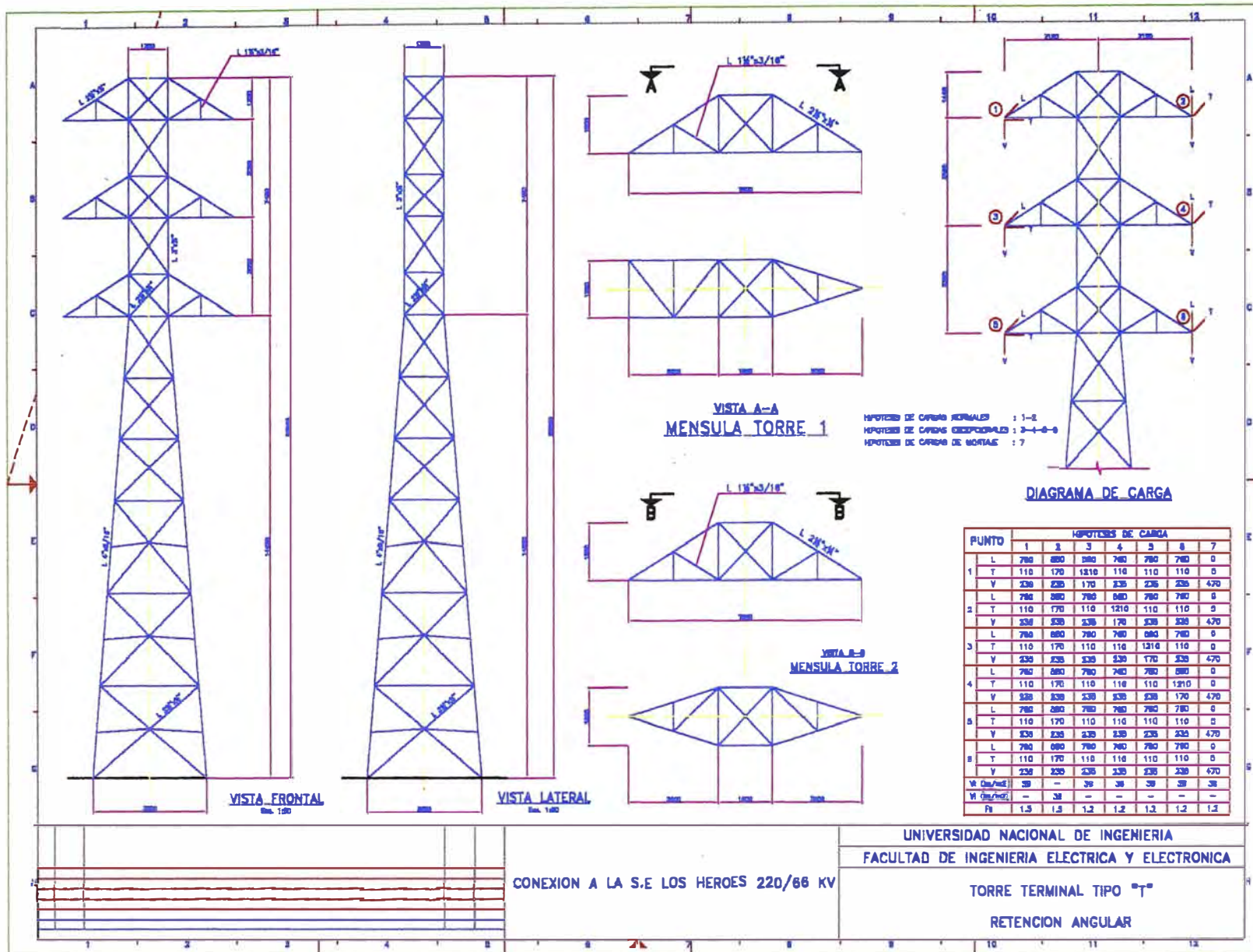
LEYENDA DE BASES	
BASE	DESCRIPCION
B-1	PORTICO
B-2	TRANSFORMADOR DE TENSION
B-3	INTERRUPTOR DE POTENCIA
B-4	SECCIONADOR DE BARRA
B-5	SECCIONADOR DE LINEA
B-6	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
B-7	BASE DE CELDA Y ARMARIO DE CAMPO

— — — — — INSTALACIONES DEL PROYECTO  
 - - - - - INSTALACIONES EXISTENTES

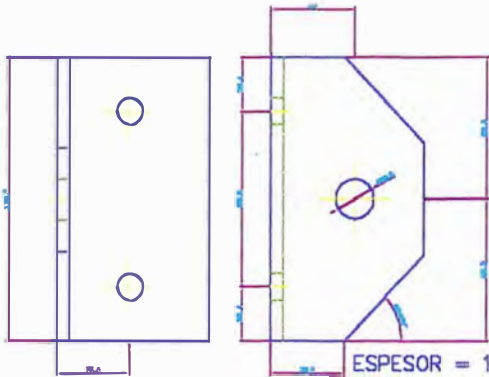
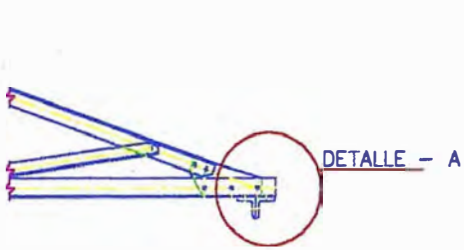
CONEXION A LA S.E. LOS HEROES 220/66 KV

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA  
 AMPLIACION PATIO DE LLAVES 66 KV  
 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA  
 SUPERFICIE - PLANTA



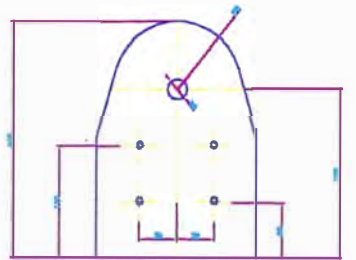
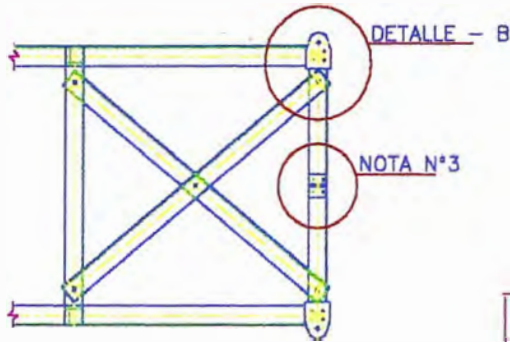


**ESTRIBO PARA CADENA DE AISLADORES EN SUSPENSIÓN (ESTRUCTURA N°1)**



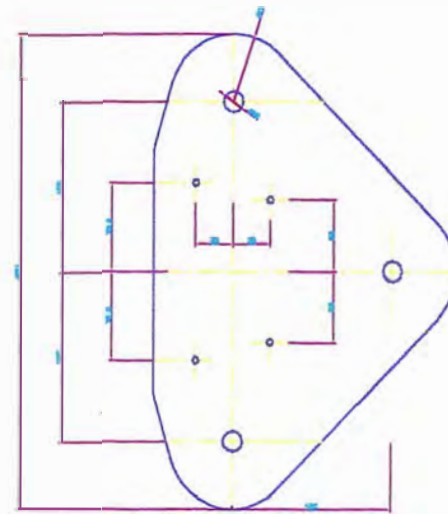
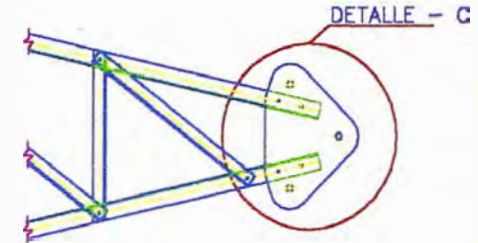
**DETALLE-A**

**ESTRIBO PARA CADENAS DE AISLADORES EN ANCLAJE ANGULAR (ESTRUCTURA N°1)**



**DETALLE-B**

**ESTRIBO PARA CADENAS DE AISLADORES EN ANCLAJE TERMINAL (ESTRUCTURA N°1 Y 2)**



**DETALLE-C**

**NOTAS :**

1. UNIDADES EN MILIMETROS

2. DIMENSIONES REFERENCIALES

3. VER ESTRIBO PARA CADENA DE AISLADORES EN SUSPENSIÓN

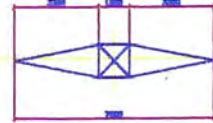
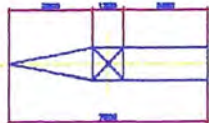
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

CONEXION A LA S.E LOS HEROES 220/68 KV

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

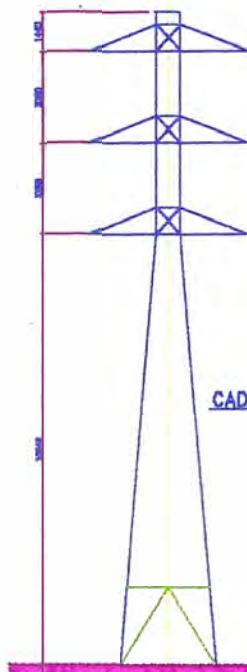
LINEAS DE TRANSMISION  
ESTRUCTURAS  
EXTREMOS DE MENSULAS

TIPO	T
FUNCION	RETENSION ANGULAR
ANGULO DE LINEA	15°
VANO VIENTO	200m
VANO GRAVANTE	300m
VANO LATERAL MAX.	300m

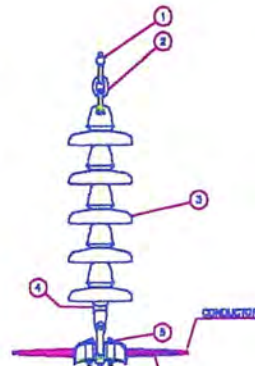


TIPO DE MENSULA TORRE N°1

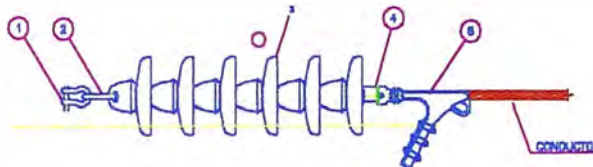
TIPO DE MENSULA TORRE N°2



TORRE TIPO "T"



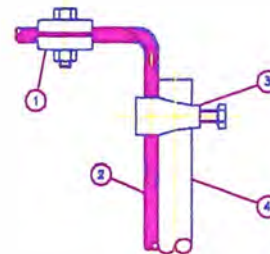
CADENA DE SUSPENSION



CADENA DE ANCLAJE NORMAL



1 CONECTOR DE BRONCE DE VIAS PARALELAS



DETALLE DE CONEXION ELECTRODO-CONDUCTOR

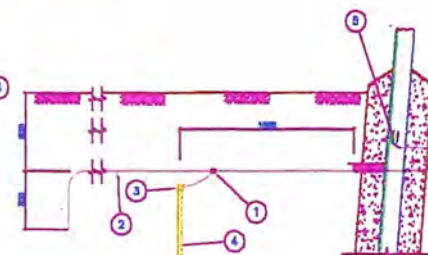
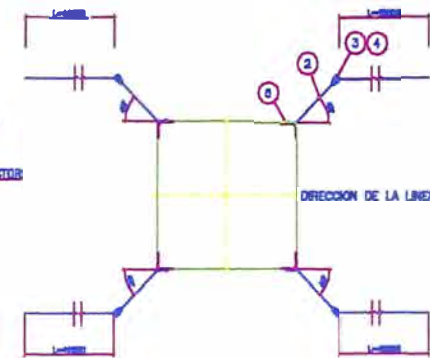
LISTA DE MATERIALES POR ENSAMBLE				
NUMERO	DESCRIPCION	SUSPENSION	ANCLAJE NORMAL	
1	GRILLETE RECTO	1	1	
2	ANILLO BOLA	1	1	
3	AISLADOR	8	8	
4	CASQUILLO C/O ALARGADO	1	1	
5	GRAPA DE SUSPENSION	1	-	
6	GRAPA DE ANCLAJE TIPO PISTOLA (4 PERFOR)	-	1	
7	VARILLA DE ARMAR	1	-	

NOTAS:

1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS EXCEPTO LAS INDICADAS

PUESTAS A TIERRA

TIPO A : CUATRO ELECTRODOS + CONTRAPESOS DOBLES



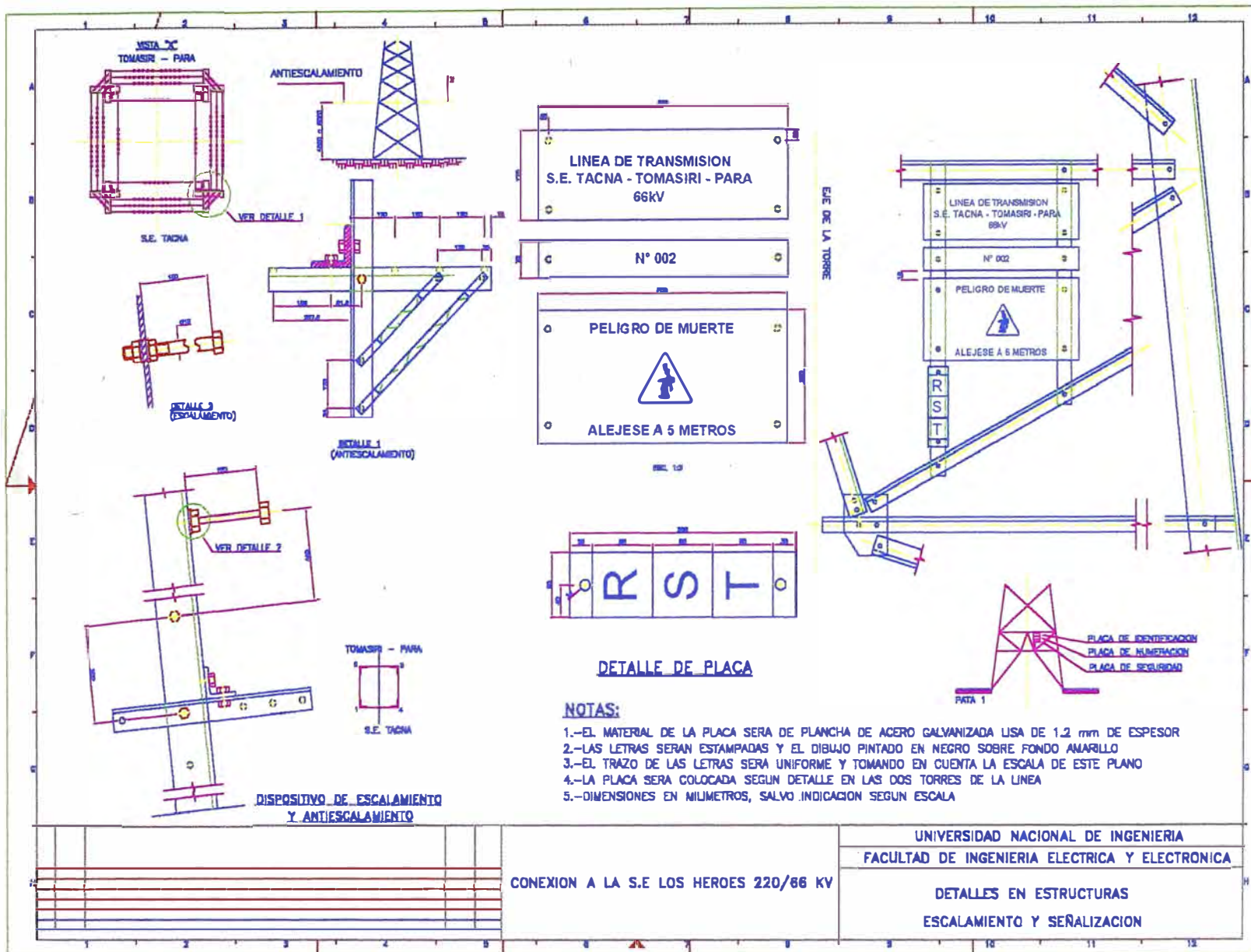
RELACION DE MATERIALES

N°.	DESCRIPCION	CANT.	TIPO A
1	CONECTOR DE BRONCE DE VIAS PARALELAS PARA CONDUCTOR 2 ANO	u	4
2	CONDUCTOR DE ACERO CON RECUBRIMIENTO DE COBRE N° 2 ANO.	m	180
3	CONECTOR CONDUCTOR - VARILLA	u	4
4	ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA 18 mm φ x 2,40 m.	u	4
5	CONECTOR CONDUCTOR - ESTRUCTURA	u	4

CONEXION A LA S.E LOS HEROES 220/66 KV

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

TIPO DE ESTRUCTURA  
ENSAMBLAJE DE CADENA DE AISLADORES  
PUESTA A TIERRA



LINEA DE TRANSMISION  
S.E. TACNA - TOMASIRI - PARA  
66kV

N° 002

PELIGRO DE MUERTE  
  
ALEJESE A 5 METROS

R S T

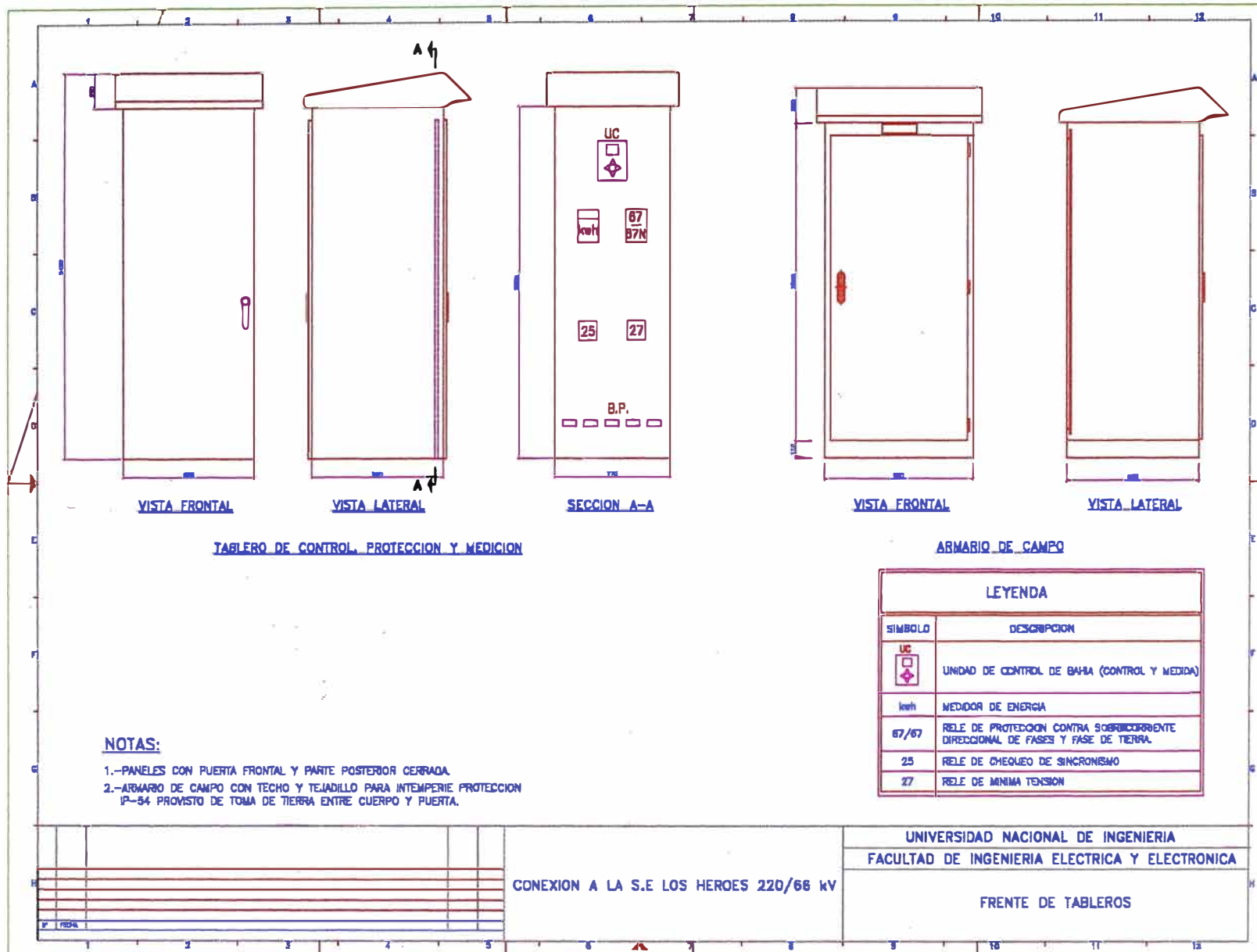
**DETALLE DE PLACA**

- NOTAS:**
- 1.-EL MATERIAL DE LA PLACA SERA DE PLANCHA DE ACERO GALVANIZADA LISA DE 1.2 mm DE ESPESOR
  - 2.-LAS LETRAS SERAN ESTAMPADAS Y EL DIBUJO PINTADO EN NEGRO SOBRE FONDO AMARILLO
  - 3.-EL TRAZO DE LAS LETRAS SERA UNIFORME Y TOMANDO EN CUENTA LA ESCALA DE ESTE PLANO
  - 4.-LA PLACA SERA COLOCADA SEGUN DETALLE EN LAS DOS TORRES DE LA LINEA
  - 5.-DIMENSIONES EN MILIMETROS, SALVO INDICACION SEGUN ESCALA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

CONEXION A LA S.E LOS HEROES 220/66 KV

DETALLES EN ESTRUCTURAS  
ESCALAMIENTO Y SEÑALIZACION



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

SECCION A-A

VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

TABLERO DE CONTROL, PROTECCION Y MEDICION

ARMARIO DE CAMPO

**NOTAS:**

- 1.-PANELES CON PUERTA FRONTAL Y PARTE POSTERIOR CERRADA.
- 2.-ARMARIO DE CAMPO CON TECHO Y TEJADILLO PARA INTEMPERIE PROTECCION IP-54 PROVISTO DE TOMA DE TIERRA ENTRE CUERPO Y PUERTA.

**LEYENDA**

SIMBOLO	DESCRIPCION
UC 	UNIDAD DE CONTROL DE BAHIA (CONTROL Y MEDIDA)
kwh	MEDIDOR DE ENERGIA
87/87	RELE DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL DE FASES Y FASE DE TIERRA.
25	RELE DE CHEQUEO DE SINCRONISMO
27	RELE DE MINIMA TENSION

CONEXION A LA S.E LOS HEROES 220/68 kV

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

FRENTE DE TABLEROS



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. PEPISA ; “Estudio definitivo Conexión de EGESUR a la nueva S.E Tacna 220/66 KV”, Tacna 2001.
2. CHECA, L.M. ; “Líneas de Transporte de Energía”. Editorial Marcombo, Boixareau Editores, 3ra Edición. Barcelona 2000.
3. HARPER, E. ; “Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas”. Editorial Limusa, 2da Edición. México 2002.
4. STEVENSON, W.D. ; “Análisis de Sistemas de Potencia”. Editorial McGraw-Hill, 1era Edición. México 1995.