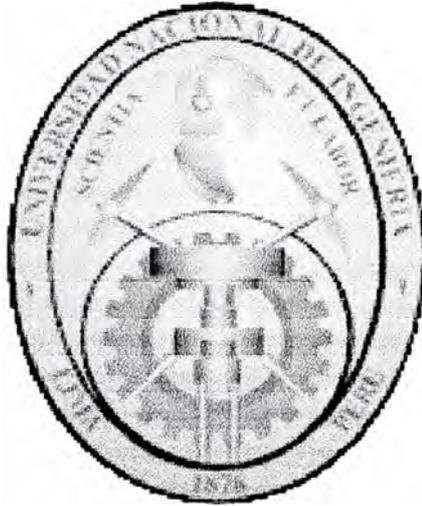


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**"MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE  
SUBESTACIONES DE ALTA TENSIÓN"**

**INFORME DE INGENIERÍA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR:

**JOSÉ LUIS HUAMANÍ POMARINO**

PROMOCIÓN 1994 – I

LIMA – PERÚ

2002

**Un agradecimiento  
eterno a mi madre, a mi  
padre y a mi esposa  
por su permanente  
apoyo .**

**MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE  
SUBESTACIONES DE  
ALTA TENSIÓN**

## **SUMARIO**

La construcción de una Subestación de Alta Tensión tiene un termino de plazo de ejecución, que constituye una permanente preocupación para los responsables de ésta. El proceso de ejecución de la Obra obedece a un plan de trabajo y cronograma cuidadosamente elaborado para garantizar el término de la obra en el plazo previsto.

Este informe describe el Desarrollo del Montaje Electromecánico con una organización adecuada para que la ejecución sea exitosa, presentando un conjunto de experiencias técnico-administrativas y administrativas, que ayudaran a la conducción gerencial de una obra de este tipo.

El conocimiento y la experiencia del personal en el desempeño de las labores es de vital importancia para que la obra se concluya con calidad y en el plazo previsto.

## **INDICE**

<b>PROLOGO</b>	<b>01</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>ETAPAS DEL DESARROLLO DE UNA SUBESTACION</b>	<b>02</b>
<b>1.1 Introducción</b>	<b>02</b>
<b>1.2 Estudio</b>	<b>03</b>
<b>1.2.1 Perfil</b>	<b>03</b>
<b>1.2.2 Estudio de Prefactibilidad</b>	<b>04</b>
<b>1.2.3 Estudio de factibilidad</b>	<b>04</b>
<b>1.2.4 Estudio Definitivo</b>	<b>05</b>
<b>1.2.5 Estudio Ejecutivo</b>	<b>06</b>
<b>1.2.6 Proceso de Licitación</b>	<b>06</b>
<b>1.2.7 Modalidad de Contratación</b>	<b>07</b>
<b>1.3 Construcción</b>	<b>09</b>
<b>1.3.1 Definiciones administrativas de obra</b>	<b>09</b>
<b>1.4 Explotación</b>	<b>11</b>

## **CAPITULO II**

<b>ESPECIALIDADES QUE PARTICIPAN EN LA CONSTRUCCION</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Ingeniería Civil</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Ingeniería Mecánica</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Ingeniería Eléctrica</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones</b>	<b>14</b>

## **CAPITULO III**

<b>PLANEAMIENTO DE LA OBRA Y RUTA CRÍTICA</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Administración de suministros</b>	<b>16</b>
<b>3.1.1 Metrado del contrato</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Programación de actividades</b>	<b>24</b>
<b>3.2.1 Diagramación de la Red</b>	<b>24</b>
<b>3.2.2 Análisis de la Ruta Crítica</b>	<b>25</b>
<b>3.2.3 Diagrama de Gantt</b>	<b>26</b>
<b>3.2.4 Cronograma de Avance de Obra</b>	<b>26</b>
<b>3.3 Organigrama de Obra</b>	<b>31</b>
<b>3.3.1 Personal Técnico Especializado</b>	<b>31</b>
<b>3.3.2 Composición de cuadrillas por fase</b>	<b>31</b>
<b>3.4 Equipos y vehículos</b>	<b>32</b>
<b>3.4.1 Obras civiles</b>	<b>32</b>

<b>3.4.2</b>	<b>Montaje Electromecánico</b>	<b>32</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Telecomunicaciones</b>	<b>35</b>
<b>3.5</b>	<b>Sistemas de Aseguramiento y Seguridad</b>	<b>35</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Poliza de seguros para las obras</b>	<b>35</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Poliza de seguridad de responsabilidad civil</b>	<b>36</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Poliza de seguros contra accidentes de trabajadores</b>	<b>36</b>
<b>3.5.4</b>	<b>Seguridad</b>	<b>36</b>

## **CAPITULO IV**

	<b>DESARROLLO DEL MONTAJE</b>	<b>38</b>
<b>4.1</b>	<b>Montaje de equipos de alta tensión</b>	<b>40</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Montaje de Estructuras soporte de equipos y Pórticos</b>	<b>40</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Transformador de Potencia</b>	<b>41</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Interruptor de potencia</b>	<b>44</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Seccionadores</b>	<b>46</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Transformadores de tensión</b>	<b>48</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Transformadores de corriente</b>	<b>50</b>
<b>4.1.7</b>	<b>Pararrayos</b>	<b>50</b>
<b>4.1.8</b>	<b>Trampa de onda</b>	<b>52</b>
<b>4.2</b>	<b>Instalaciones en alta tensión</b>	<b>52</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Sistema de barras</b>	<b>52</b>

<b>4.2.2</b>	<b>Cables de potencia</b>	<b>53</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Celdas interiores de 10 KV</b>	<b>54</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Transformador de servicios auxiliares</b>	<b>55</b>
<b>4.3</b>	<b>Montaje de equipos de baja tensión</b>	<b>55</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Tableros eléctricos</b>	<b>55</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Baterías, Cargador y Rectificador</b>	<b>57</b>
<b>4.4</b>	<b>Instalaciones en baja tensión</b>	<b>60</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Cables de control</b>	<b>60</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Sistema de iluminación y tomacorrientes</b>	<b>61</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Sistemas de tierra</b>	<b>62</b>
<b>CAPITULO V</b>		
<b>PRUEBAS Y VERIFICACIONES TÉCNICAS DE RECEPCION PARA FUNCIONAMIENTO BAJO GARANTIA</b>		<b>63</b>
<b>5.1</b>	<b>Personas presentes en las pruebas</b>	<b>63</b>
<b>5.2</b>	<b>Equipos de pruebas</b>	<b>64</b>
<b>5.3</b>	<b>Pruebas en blanco</b>	<b>65</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Inspección durante la recepción</b>	<b>66</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Pruebas individuales</b>	<b>66</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Transformador de potencia</b>	<b>67</b>
<b>5.3.4</b>	<b>Interruptores</b>	<b>76</b>

<b>5.3.5</b>	<b>Seccionadores</b>	<b>81</b>
<b>5.3.6</b>	<b>Transformador de tensión</b>	<b>83</b>
<b>5.3.7</b>	<b>Transformador de corriente</b>	<b>84</b>
<b>5.3.8</b>	<b>Pararrayos</b>	<b>86</b>
<b>5.3.9</b>	<b>Celdas de 10 KV</b>	<b>87</b>
<b>5.3.10</b>	<b>Tableros eléctricos</b>	<b>89</b>
<b>5.3.11</b>	<b>Cables de potencia</b>	<b>90</b>
<b>5.3.12</b>	<b>Sistema de tierra</b>	<b>92</b>
<b>5.3.13</b>	<b>Ajuste y calibración de relés</b>	<b>92</b>
<b>5.3.14</b>	<b>Calibración de equipos de medición</b>	<b>94</b>
<b>5.3.15</b>	<b>Pruebas de inyección de corriente primaria</b>	<b>95</b>
<b>5.3.16</b>	<b>Baterías y Cargadores de baterías</b>	<b>96</b>
<b>5.3.17</b>	<b>Pruebas en el sistema de comunicaciones</b>	<b>97</b>
<b>5.3.18</b>	<b>Pruebas en los sistemas de seguridad</b>	<b>97</b>
<b>5.4</b>	<b>Puesta en Servicio</b>	<b>97</b>
<b>5.4.1</b>	<b>Verificaciones previas para energizar</b>	<b>97</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Coordinaciones con sistemas de comunicaciones</b>	<b>99</b>
<b>5.4.3</b>	<b>Secuencia de operaciones para la energización</b>	<b>99</b>
<b>5.5</b>	<b>Recepción provisional de obra</b>	<b>102</b>
<b>5.6</b>	<b>Operación experimental</b>	<b>103</b>

<b>5.7</b>	<b>Recepción definitiva de obra</b>	<b>103</b>
<b>5.8</b>	<b>Liquidación de obra</b>	<b>103</b>
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>105</b>
<b>ANEXOS</b>		
<b>A</b>	<b>Formatos de Protocolos de Pruebas</b>	
<b>B</b>	<b>Relación de planos de Ingeniería de Detalle del Montaje Electromecánico</b>	
<b>C</b>	<b>Relación de planos de los tableros</b>	
<b>D</b>	<b>Muestra de algunos Manuales Técnicos del fabricante</b>	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		

## **PROLOGO**

La finalidad del siguiente Informe de Ingeniería es presentar una descripción del Montaje Electromecánico de una Sub-Estación de Alta Tensión, en vista que, en el país se implementará proyectos de Líneas de Transmisión Y Subestaciones asociadas en el período 2001 – 2010.

En el Capítulo I se describe las etapas de desarrollo de una Subestación, como son la de Estudio, Construcción y Explotación.

En el capítulo II se presenta las especialidades que intervienen en la construcción de una Subestación, con sus respectivas actividades.

En el capítulo III se describe el esquema de organización y los recursos necesarios para la planificación, ejecución y control del proyecto; la organización creada para el desarrollo del mismo, definición de responsabilidades, así como los equipos y herramientas a utilizarse.

En el capítulo IV se describe los conceptos básicos a tener en consideración para la ejecución de las Obras Electromecánicas, lo cual permite obtener el control de la calidad del producto final.

En el capítulo V se describe los tipos de pruebas individuales y en conjunto de los equipos e instalaciones para la correcta operación de la Subestación.

## **CAPITULO I ETAPAS DEL DESARROLLO DE UNA SUBESTACIÓN**

### **1.1 Introducción**

El país cuenta con un Plan Nacional de Expansión de la Frontera Eléctrica detallado en el Plan Referencial, que es el generador del Programa de Electrificación Provincial, Distrital y Rural, y tiene como principal objetivo racionalizar la aplicación de los limitados recursos disponibles, para extender progresivamente a nivel nacional, la prestación de Servicio Público de Electricidad y elevar el grado de electrificación; la meta hasta el año 2010 es alcanzar el 90%, siendo el grado de electrificación actual, aproximadamente de 75%.

Según lo cual es fundamental el estudio del Mercado Eléctrico nacional que tiene como principal objetivo la determinación de la Demanda de Potencia y Energía Eléctrica para el corto, mediano y largo plazo, tanto de los sistemas eléctricos interconectados y por interconectarse, así como de los sistemas correspondientes a localidades menores y pequeños centros poblados comprendidos en el Plan Nacional de Electrificación.

Debe indicarse que contándose con el estudio del Mercado Eléctrico Nacional se procede al planeamiento de la expansión de los sistemas eléctricos, en sus aspectos de generación y transmisión, de allí la fundamental importancia del mercado en la determinación del programa

óptimo de equipamiento y su correspondiente programa económico y financiero.

## **1.2 Estudio**

Los estudios de desarrollo de proyectos se derivan de las directrices del planeamiento en función de la oportunidad técnico económica que depende del mercado. El desarrollo del estudio deberá efectuarse de acuerdo con los Términos de Referencia, según la Normas MEM/DEP serie 500 referente a Estudios de Ingeniería.

Los estudios se desarrollan en niveles progresivos o bien según lo defina la oportunidad de un proyecto. Desarrolla las siguientes etapas o niveles:

- Perfil
- Estudio Prefactibilidad
- Estudio Factibilidad
- Estudio Definitivo
- Estudio Ejecutivo

### **1.2.1 Perfil**

Es la primera etapa de un estudio, en la que se plantea un esquema general descriptivo del proyecto, sin precisar los objetivos ni predeterminar su solución. Esto mediante la definición de las siguientes características:

Diagnóstico

Objetivo del proyecto

Unidad ejecutora

Alternativas

Alcances

Tipo de proyecto

### **1.2.2 Estudio de Prefactibilidad**

Es la etapa del estudio que consiste en la identificación de una o más alternativas viables estudiando las ideas presentadas en el perfil.

Sirve de un primer filtro para destacar soluciones, previo análisis e investigaciones que no necesariamente conducen a resultados aceptables y que buscan proponer dentro de las soluciones las alternativas factibles.

El proceso de formulación del estudio de prefactibilidad comprende:

Identificación de alternativas

Identificación de soluciones

Elección de alternativas

Toma de decisiones

### **1.2.3 Estudio de Factibilidad**

Es la etapa del estudio en la cual se define la alternativa óptima técnico y económicamente viable, para que el proyecto a través de establecer y reunir todos los elementos de juicios, asuma la toma de decisión e inicie la ejecución o cauce el rechazo del proyecto.

Los lineamientos considerados específicos que están dentro del marco conceptual que asegure el estudio son los siguientes:

Análisis y evaluación de la información disponible

Reconocimiento de las instalaciones existentes

Estudio del mercado eléctrico actual y proyectado

Investigaciones de gabinete

- Diseño electromecánico y obras civiles preliminares
- Estudio de impacto ambiental
- Costo de inversión
- Análisis económico
- Análisis financiero

#### **1.2.4 Estudio Definitivo**

Es la etapa en el desarrollo del proyecto en la cual se definen las características finales.

En general, el expediente técnico comprenderá como mínimo lo siguiente:

- Resumen ejecutivo, en el que se presentará los planos de ubicación, esquemas unifilares del alcance del proyecto, las etapas de implementación, el cronograma de ejecución de obra y costo del proyecto.
- Memoria descriptiva, deberá ser lo más ilustrativa posible, describiendo e indicando claramente los componentes del proyecto.
- Especificaciones técnicas de Suministro de acuerdo a normas MEM/DEP
- Especificaciones técnicas de Montaje Electromecánico de acuerdo a normas MEM/DEP
- Análisis de precios unitarios
- Metrado y presupuesto
- Cronograma de Ejecución de Obras
- Planos de obra y esquemas eléctricos
- Estudio de impacto ambiental, el que incluirá el certificado de no-

afectación del patrimonio cultural, expedido por el Instituto Nacional de Cultura del Perú.

- Análisis del Sistema Eléctrico
- Cálculos de Diseño
- Evaluación económica, financiera y social

### **1.2.5 Estudio Ejecutivo**

Es la etapa final del Estudio en la cual se desarrollan y se actualizan situaciones existentes, complementando y/o diseñando nuevamente. Lo hace el contratista de la obra a partir del Estudio Definitivo proponiendo el diseño de detalle y los replanteos realizado en los tópicos siguientes:

- Diseño Ejecutivo de obras civiles: Movimiento de tierras, bases de equipos, cimentaciones, etc.

Diseño ejecutivo de obras electromecánicas: Montaje de equipos de alta tensión, media y baja tensión.

- Cableado y conectado de equipos electromecánicos
- Protocolo de pruebas de aceptación de equipo en obra
- Protocolo de pruebas: Presentación del modus operandi de las pruebas de las instalaciones en su conjunto y puesta en servicio, incluye equipos, formatos, condiciones, etc.
- Pruebas y resultados: Presentación de resultados de pruebas y contraste con los valores teóricos.

### **1.2.6 Proceso de Licitación**

Una vez definida la Subestación en el Estudio Definitivo, se prepara los documentos para la contratación del suministro, transporte y montaje de los

equipos y materiales electromecánicos, así como la ejecución de las obras civiles, incluyendo todo lo referente a los diseños de ejecución.

Los documentos de Licitación son los contenidos en:

- Información para los Proponentes
- Memoria Descriptiva
- Especificaciones Administrativas
- Formularios
- Condiciones Generales del Contrato
- Modelo de Contrato
- Especificaciones técnicas
- Planos

### **1.2.7 Modalidad de Contratación**

De acuerdo al Reglamento de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado existen dos sistemas o procedimientos que se utilizarán para determinar el precio y sus posibles ajustes, por los cuales se podrá convocar a Licitación y contratar la ejecución de Obras Públicas como:

#### **Sistema de Licitación a Suma Alzada.**

Sistema por el cual los postores presentan su propuesta para ejecutar por un monto fijo y por un determinado plazo de ejecución por una obra definida por sus planos y especificaciones técnicas. El postor presenta además el desgregado por partidas que dan origen a su propuesta.

#### **Sistema de Licitación por Precios Unitarios.**

Sistema en el que el postor formula su propuesta proponiendo precios unitarios de partidas pre-establecidas por la entidad licitante, las que se

valorizan de acuerdo a los metrados realmente ejecutados.

Las bases de los procesos de selección indicaran la forma o modalidad en que se realizará la ejecución del contrato en lo referente a su financiamiento y/o en lo relativo al cumplimiento total de la o las prestaciones que constituyen el objeto del mismo.

Estas modalidades pueden ser:

**a- Por el Financiamiento**

**Con Financiamiento de la Entidad**

En esta modalidad la Entidad financia el costo de los bienes, servicios o ejecución de obras.

**Con Financiación del contratista**

En esta modalidad el postor se compromete a asumir directamente el financiamiento del monto total o parcial del contrato de adquisición de los bienes, servicios o ejecución de obras.

**b- Por el alcance del contrato**

**Licitación Llave en Mano.**

Sistema por el cual el postor oferta en conjunto, la construcción, el equipamiento y montaje para la puesta en servicio de determinada obra, pudiendo incluir, además los estudios de Arquitectura e Ingeniería del proyecto, así como su financiamiento.

**Licitación con financiación del contratista.**

Sistema en que la financiación total o parcial de una obra corresponde al contratista.

**Licitación por Administración Controlada.**

Sistema por el cual la propuesta del postor se ciñe tan solo a la dirección técnica y administración contable de una obra.

### **Licitación por Concurso Oferta.**

Sistema por el cual el postor concurre ofertando: expediente técnico, ejecución de la obra, plazos, y de ser el caso, terreno. Para la ejecución de la obra el postor podrá ofertar sistemas constructivos convencionales o no convencionales, siempre que estos últimos permitan futuras ampliaciones de obra por el sistema convencional.

## **1.3 Construcción**

La Ejecución del Proyecto es la etapa donde se invierte la mayor parte del capital, del personal y del material, pues esta etapa, tiene una relación directa con el éxito del conjunto.

Se inicia de acuerdo al Cronograma de Avance de Obra presentado antes de la suscripción del contrato, este es un programa detallado de la ejecución del proyecto ajustado a las fechas calendario de iniciación y terminación contractual, en el que se muestre el orden en que se ha de proceder a la ejecución de los diferentes trabajos, guardando equivalencia con relación al programa presentado en la propuesta.

### **1.3.1 Definiciones administrativas en la Obra**

#### **Cuaderno de Obra.**

Es el medio oficial por el cual se comunican las instrucciones relativas a la buena ejecución de la obra por parte del Supervisor al Contratista y por el cual este último solicita aclaraciones y/o instrucciones que tienen que ver con los aspectos técnicos del desarrollo de la obra. Las instrucciones dadas,

respecto a otras etapas del proyecto y/o conjunto licitado, pueden darse por otro medio escrito.

### **Gerente de Proyecto.**

Es el encargado de la gestión administrativa de los recursos necesarios para la ejecución del proyecto.

### **Ingeniero Residente.**

Representante técnico del Contratista, responsable de la ejecución de la obra, con residencia permanente en el sitio de la misma. El mismo estará sujeto a la aprobación del Contratante.

### **Supervisor.**

Representante del Contratante, que podrá ser una firma Consultora contratada para el efecto o un profesional habilitado con autoridad para supervisar que el contratista ejecute el proyecto cumpliendo las especificaciones técnicas y demás estipulaciones del contrato.

### **Documentos para la Ejecución.**

El Contratante pondrá a disposición del Contratista un juego de planos y bases así como los demás documentos necesarios para la ejecución del proyecto.

### **Certificado o Valorización Mensual de Avance de Obra**

Es el documento que certifica los cómputos métricos resultantes de las mediciones de los trabajos ejecutados hasta la fecha, verificados por el Supervisor, para ser pagados por el Contratante. Este se presentará durante los primeros cinco días del mes siguiente a la ejecución de los trabajos.

## 1.4 Explotación

Comprende la Ingeniería de Mantenimiento y la Ingeniería de Operación. La Ingeniería de Mantenimiento permite garantizar la correcta operación y funcionamiento de los equipos y sistemas, y brindar de esa manera la confiabilidad requerida para la Operación del sistema eléctrico y permite que los equipos cumplan con el periodo de vida útil esperado.

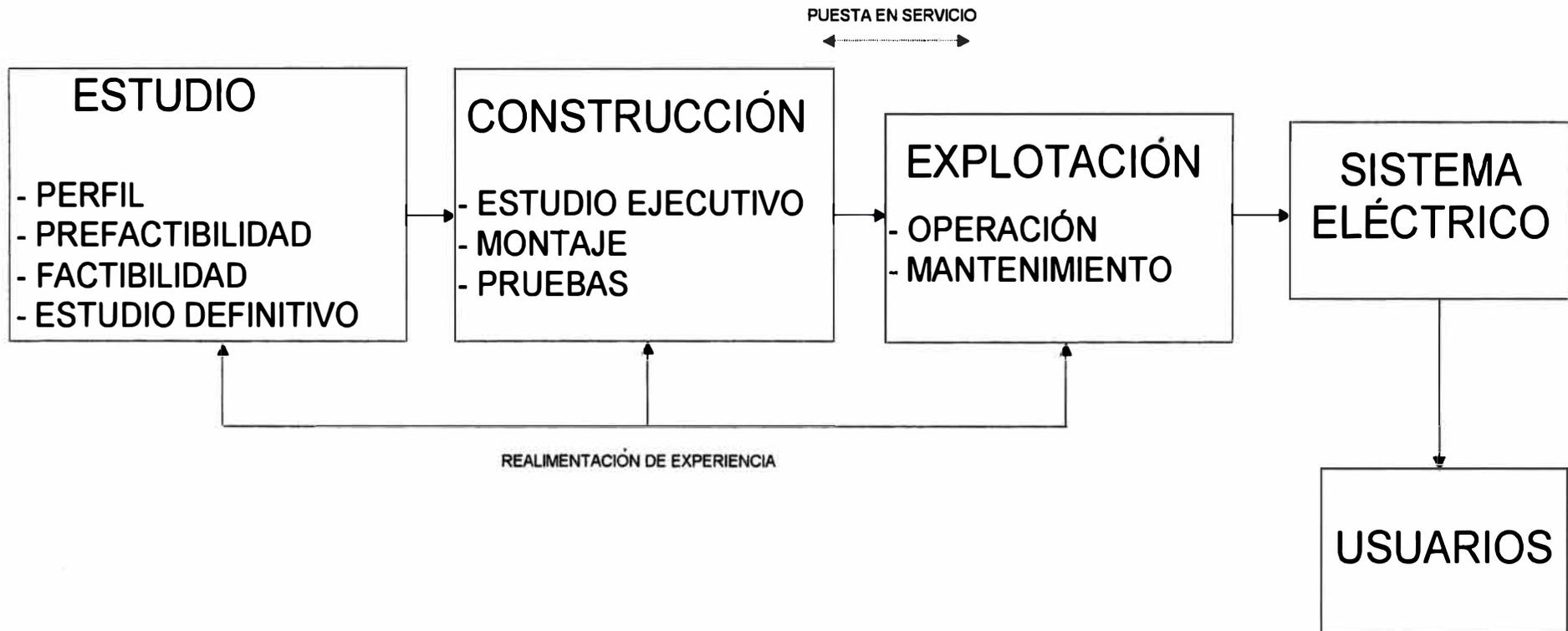
La ingeniería de Operación es la función directamente ligada a la explotación del sistema eléctrico y relacionada con los usuarios.

La operación de Sistemas Eléctricos tiene tres etapas. La de **Planeamiento Operativo** que puede ser efectuado semanal, mensual, hasta 1 a 5 años, mediante. Estudios energéticos, Estudios eléctricos, Programación de la operación.

La segunda es la **Operación en tiempo real** que es ejecutada diariamente cada hora en Tiempo real. Supervisando y controlando la producción y coordinaciones para los mantenimientos.

La tercera etapa es la **Evaluación de la Operación** que se efectúan diariamente, al mes y/o anualmente. Mediante Informes de: producción energética, Eventos, Mantenimientos, Contabilización de energía, y Informes operativos en general.

# ETAPAS DE DESARROLLO DE UNA SUBESTACIÓN



## **CAPITULO II ESPECIALIDADES QUE PARTICIPAN EN LA CONSTRUCCIÓN**

### **2.1 Ingeniería Civil**

Es la primera especialidad que inicia en obra sus actividades, siendo las principales, las siguientes:

- Replanteo topográfico
- Explanación y movimiento de tierras
- Construcción del cerco perimétrico
- Construcción del Edificio de control
- Construcción de las fundaciones y anclajes exteriores
- Construcción de los buzones y canaletas
- Tratamiento de accesos
- Acabados

### **2.2 Ingeniería Mecánica**

Esta especialidad se encarga del diseño, construcción y montaje de las estructuras soporte de los equipos y los pórticos. Normalmente, la construcción se realiza fuera de la obra.

Debe verificar los agujeros necesarios para el montaje, en coordinación con la construcción civil y los manuales de equipos.

### **2.3 Ingeniería Eléctrica**

En el Diseño y Construcción de Subestaciones, el campo de la

Ingeniería Eléctrica abarca áreas o especialidades como:

- Análisis de Sistemas de Potencia
- Protección de Sistemas de Potencia
- Diseño y Especificaciones Técnicas de Equipos y Materiales
- Diseño y Especificaciones Técnicas de Montaje

Se responsabiliza del montaje de equipos, las instalaciones en alta y baja tensión que permitan la operación de la S.E. y verificando que el suministro cumpla con las exigencias de la instalación, mediante pruebas al entregar la obra.

#### **2.4 Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones**

La subestación como parte de un sistema de potencia para que funcione adecuadamente y eficientemente, necesita de las telecomunicaciones, que:

- Provee comunicaciones para la operación del sistema
- Provee comunicaciones para el mantenimiento del sistema
- Provee comunicaciones para resolver asuntos administrativos

Los sistemas de Telecomunicaciones utilizados para cumplir con estos objetivos son:

- Sistema de Onda Portadora
- Sistema de Microondas
- Sistema de Radio VHF

A través del sistema de telecomunicaciones se pueden implementar los siguientes sistemas de Telecontrol:

- Telemedición de valores momentáneos

- **Teleconteo**, para valores que se obtienen mediante integración
- **Teleseñalización**, para señalización de alarmas, posición de los equipos de maniobra, posición del conmutador de tomas .
- **Telemando**, para mando de los equipos de maniobra y comandos de ajuste
- **Teleprotección**, para la protección de Líneas de Transmisión

## **CAPITULO III PLANEAMIENTO DE LA OBRA Y RUTA CRÍTICA**

### **3.1 Administración de Suministros**

En la etapa de la oferta, se detalla la marca, tipo, métodos y normas de fabricación y demás características técnicas garantizadas exigidas en las Normas MEM-DEP 110, 221, 222, 224 y 225.

Por cada equipo y/o sistema propuesto se adjunta los documentos siguientes:

- Documento extendido por el fabricante, garantizando que los materiales y/o equipos ofrecidos son nuevos y fabricados con material de alta calidad, y su perfecto estado de conservación, comprometiéndose a la reposición o reemplazo de aquellas partes que resulten defectuosas, siempre que estas no se deban a su utilización indebida.
- Documento emitido por el fabricante, garantizando el buen funcionamiento de los equipos por el plazo mínimo de dos años contados a partir de la fecha de la firma del Acta de Recepción Provisional de Obra.
- Documento extendido por el fabricante que garantice la disponibilidad de repuestos y componentes para los equipos y materiales ofertados por un plazo de 10 años.

Asimismo, en ésta etapa se conoce el tiempo que durara la fabricación

y transporte a obra de cada equipo y material, por ejemplo los materiales y equipos de importación como el Transformador de Potencia estará en obra a los 8 meses, un Recloser estará en obra a los 6 meses, los aisladores del tipo composite estará en obra a los 3 meses, etc.. Por lo que se analizará el Cronograma de Avance de Obra para colocar las Ordenes de Compra en el mejor momento después de recibir el monto del Anticipo, evitando retrasos en la obra por Suministro.

Es indispensable contar con un almacén muy organizado, que controle la llegada a obra de los suministros, donde con el propietario o su representante en la obra se pueda evaluar su calidad y cantidad para y así incluirlos en el certificado mensual de avance de obra.

Se mantendrá una estrecha coordinación con el Almacén, para verificar sobre la base de la ingeniería de detalle, este considerado la compra de todos los equipos, materiales permanentes y materiales consumibles de uso en la construcción de una Subestación; y así tener oportunidad en caso que falte algo, comprarlo a tiempo sin perjudicar el avance y/o la calidad de la obra. Por que un almacén, está directamente ligado a la administración y logística de la Obra.

También se debe verificar el estado operativo de las herramientas, con pruebas, para que en caso de que no trabajen correctamente se les de mantenimiento o reemplazarlas y así no causen pérdidas de tiempo.

### **3.1.1 Metrado del contrato**

Son tablas de cantidades, de las obras civiles, electromecánicas y de comunicaciones, que se ve en las paginas 18 a 23.

## METRADO

PROYECTO :SUBESTACION 60/22.9/10 KV Y SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

Sección A : SUMINISTRO INSTALADO

PARTIDA Nº	DESCRIPCION	METRADO	
		UNIDAD	CANT
<b>1.0</b>	<b>TRANSFORMADOR DE POTENCIA 60/22.9/10 KV</b>		
1.1	Transformador de Potencia trifasico 60+-13 x 1%/22.9 - 10 kv.; MVA (ONAN) con regulación de tensión bajo carga y con transformadores de corriente tipo bushing	U	1.00
<b>2.0</b>	<b>INTERRUPTORES DE POTENCIA</b>		
2.1	Interruptor tripolar para 60 KV en SF6, 72.5 KV 325 KVp BIL 800 A 15 KA con sus dispositivos de mando y estructura de soporte	U	1.00
2.2	Interruptor tripolar para 22.9 KV con SF6, 24 KV 170 KVp BIL 1250 A 40 KA con sus dispositivos de mando y estructura de soporte	U	2.00
<b>3.0</b>	<b>SECCIONADORES 60 KV</b>		
3.1	Seccionador tripolar con cuchilla de P.A.T. Para 60 KV 72.5 KV, 325 KVp BIL y 800 A, para montaje vertical (seleccionador de lineas)	U	1.00
3.2	Seccionador tripolar con cuchilla de P.A.T. Para 22.9 KV 24 KV, 170 KVp BIL y 630 A, para montaje vertical (seleccionador de lineas)	U	1.00
<b>4.0</b>	<b>TRANSFORMADOR DE TENSION</b>		
4.1	Transformador de tensión monofasico capacitivo para 80 KV, 60: 3/0.1:3/0.1:3 KV. 30 VA-3P 30 VA-CL 0.5 con estructura soporte y caja de agrupamiento de cables (una caja para cada 3 transformadores).	U	3.00
4.2	Transformador de tensión monofasico capacitivo para 22.9 KV, 22.9: 3/0.1:3 KV. 30 VACL 0.5 para montaje en portico.	U	3.00
<b>5.0</b>	<b>PARARRAYOS</b>		
5.1	Pararrayos 60 kv, 10 KA	Cjto	1.00
5.2	Pararrayos 22.9 kv, 10 KA	Cjto	1.00
<b>6.0</b>	<b>CONEXIONES ALTA TENSION</b>		
6.1	Conexión de la línea con el portico de 60 kv.		
	- Cadena de aisladores de suspensión de 60 Kv	U	3.00
	- Cadena de aisladores de anclaje de 60 Kv	U	3.00

## METRADO

PROYECTO :SUBESTACION 60/22.9/10 KV Y SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

## Sección A : SUMINISTRO INSTALADO

PARTIDA Nº	DESCRIPCION	METRADO	
		UNIDAD	CANT
	- Conectores de 60 kv para los equipos y el conductor	Cjto	1.00
6.2	Conectores de la línea con el portico de 22.9 kv. - Cadena de aisladores de anclaje de 22.9 Kv - Conectores de 22.9 kv. para los equipos y conductor	U	3.00
		Cjto	1.00
<b>7.0</b>	<b>CELDAS DE 10 KV</b>		
7.1	Celda metálica protección transformador servicios auxiliares, conteniendo el siguiente equipamiento : - Una base portafusible - Aisladores portabarras 10 kv. - Sistema de barras colectoras de 10 kv. - Soporte para terminal de cable 1 (3x35) mm 0.6/1 kv. - 3 Elementos fusibles (cartucho), 10 kv., 3A	Cjto	1.00
7.2	Celda metal-clad de llegada de transformador de potencia conteniendo el siguiente equipamiento : - 1 Interruptor tripolar extraible - 3 Transformador corriente 500/1/1A - 3 Transformadores de tensión 10:V3/0.1:V3/0.1:3 kv. - Aisladores portabarras 10 kv. - Sistema de barras colectoras 10 kv. - Soporte para terminal de cable 3(1x240 mm), 8.7/15 kv. - 1 Ampermetro con conmutador - 1 Voltmetro con conmutador - 1 Medidor de energía electronico igual o equivalente al Quantum - 1 Rele detector de P.A.T. - 1 Software para programación del Quantum	Cjto	1.00
7.3	Celda metal-clad de salida conteniendo el siguiente equipamiento : - 1 Interruptor tripolar extraible - 3 Transformador corriente 1200/1/1A - Aisladores portabarras 10 kv. - Sistema de barras colectoras 10 kv. - Soporte para terminal de cables - 1 Ampermetro con conmutador - 1 Medidor de energía electronico - 1 Rele de sobrecorriente	Cjto	3.00
<b>8.0</b>	<b>CABLE DE POTENCIA DE 10 KV</b>		

**METRADO****PROYECTO :SUBESTACION 60/22.9/10 KV Y SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES****Sección A : SUMINISTRO INSTALADO**

PARTIDA Nº	DESCRIPCION	METRADO	
		UNIDAD	CANT
8.1	Cable unipolar 15 kv. Seco con aislamiento de polietileno de 1x240 mm	m	60.00
<b>9.0</b>	<b>TERMINALES PARA CABLE SECO DE 10 KV</b>		
9.1	Terminal unipolar 15 kv. Tipo exterior para cable seco de 240 mm	U	6.00
<b>10.0</b>	<b>TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES</b>		
10.1	Transformador trifasico de 50 KVA y 10+-2x2.5% /0.380-0.230 kv.	U	1.00
<b>11.0</b>	<b>TABLERO DE CONTROL, MANDO, PROTECCION, MEDICION, ALARMA Y SEÑALIZACION</b>		
11.1	Tablero de Supervisión y Mando (cuadro sinoptico) que incluye : - Pulsadores de mando de los interruptores y seccionadores de las celdas de 60 kv y 22.9 kv - 2 Amperímetros con conmutadores - 2 Voltímetros con conmutadores - 2 Vatímetros - 2 Varímetros - Alarmas completas	Cjto	1.00
11.2	Tablero de protección y medición de las líneas de 60 kv. que incluye : - 1 Rele de distancia - 1 Rele direccional a tierra - Reles auxiliares	Cjto	1.00
11.3	Tablero de protección y Medición del transformador de potencia que incluye : - 1 Rele diferencial - Reles de sobrecorriente lado de 60,22.9 y 10 Kv - Reles auxiliares - 2 Medidores multifunción de energía	Cjto	1.00
<b>12.0</b>	<b>TABLEROS DE SERVICIOS AUXILIARES</b>		
12.1	Tablero de servicios auxiliares de corriente alterna 380 Vca de tipo autosoportado con interruptores termomagneticos del tipo extraible que incluye : - Amperímetro con conmutador - Voltímetro con conmutador - Rele de minima tensión - Transformadores de corriente y tensión	Cjto	1.00

## METRADO

## PROYECTO :SUBESTACION 60/22.9/10 KV Y SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

## Sección A : SUMINISTRO INSTALADO

PARTIDA Nº	DESCRIPCION	METRADO	
		UNIDAD	CANT
12.2	Tablero de servicios auxiliares de corriente continua 110 Vcc de tipo autosoportado con interruptores termomagneticos del tipo extraible que incluye : - Amperimetro - Voltmetro - Rele detector de fallas de tierra - Rele de minima tensión	Cjto	1.00
12.3	Tablero de servicios auxiliares de corriente continua 48 Vcc del tipo autosoportado con interruptores termomagneticos del tipo extraible que incluye : - Amperimetro - Voltmetro - Rele detector de fallas de tierra - Rele de minima tensión	Cjto	1.00
<b>13.0</b>	<b>EQUIPO DE CORRIENTE CONTINUA</b>		
13.1	Bateria de acumuladores de 110 Vcc del tipo plomo ácido de 100 A-H, incluyendo fusibles, soportes, conexiones y accesorios.	Cjto	1.00
13.2	Bateria de acumuladores de 48 Vcc del tipo plomo ácido de 60 A-H, incluyendo fusibles, soportes, conexiones y accesorios.	Cjto	1.00
13.3	Cargador - rectificador 380 Vca/110 Vcc 50A tipo tristor controlado, montado en armario metálico	Cjto	1.00
13.4	Cargador - rectificador 380 Vca/48 Vcc 30A tipo tristor controlado, montado en armario metálico	Cjto	1.00
<b>14.0</b>	<b>CABLES DE BAJA TENSION</b>		
14.1	Cables 380 Vca, completos e instalados	Glb	1.00
14.2	Cables 110 Vcc, completos e instalados	Glb	1.00
14.3	Cables 48 Vcc, completos e instalados	Glb	1.00
14.4	Cables auxiliares de medición, protección, señalización, alarma, etc.	Glb	1.00
<b>15.0</b>	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
15.1	Alumbrado exterior y tomacorriente de patio de llaves		
15.1.1	- Cable NYY de 6 mm	M	200.00
15.1.2	- Cable TW de 4 mm	M	180.00

**METRADO****PROYECTO :SUBESTACION 60/22.9/10 KV Y SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES****Sección A : SUMINISTRO INSTALADO**

PARTIDA Nº	DESCRIPCION	METRADO	
		UNIDAD	CANT
15.1.3	- Poste de concreto de 9.00 m con pastoral parabolico	U	6.00
15.1.4	- Reflector con lampara de vapor de sodio de 250 W	U	12.00
15.1.5	- Reflector con lampara incandescente de 50 W	U	4.00
15.1.6	- Tomacorriente trifasico a prueba de agua	U	2.00
15.1.5	- Tomacorriente monofasico a prueba de agua	U	2.00
15.1.7	- Cajas de 100 x 100 x 50 mm	U	4.00
15.1.7	- Tubos de PVC, pesado de 20 mm de diametro	U	40.00
15.2	<b>Alumbrado interior y tomacorriente de Edificio de Control</b>		
15.2.1	- Artefactos fluorescente de 2 lamparas de 40W	U	6.00
15.2.2	- Artefactos fluorescente circular de 1 lamparas de 30W	U	3.00
15.2.3	- Artefacto con lampara incandescente de 100 W	U	1.00
15.2.4	- Braquete con lampara incandescente de 100 W	U	1.00
15.2.5	- Artefacto con lampara incandescente de 50 W	U	3.00
15.2.6	- Tomacorriente monofasico	U	8.00
15.2.7	- Interruptores de 1 golpe	U	6.00
15.2.8	- Interruptores de 2 golpes	U	2.00
15.2.9	- Caja cuadrada de pase de 100 x 100 mm	U	4.00
15.2.10	- Caja de pase octogonal	U	2.00
15.2.11	- Salida telefonica	U	2.00
15.2.12	- Salida para radio	U	1.00
15.2.13	- Tubos de PVC, pesado de 20 mm	U	25.00
15.2.14	- Conductor TW de 4 mm	m	80.00
15.2.15	- Conductor TW de 2.5 mm	m	20.00
15.2.16	- Extintor portatil de incendios de 12 Kg de polvo quimico seco	U	2.00
<b>16.0</b>	<b>RED DE TIERRA</b>		
16.1	Red de Tierra profunda con conductor de Cu desnudo 70 mm y accesorios	m	420.00
16.2	Pozos de P.A.T. Compuesto por :		
16.2.1	- Electrodo Coperweld de D=5/8" L=8'	U	6.00
16.2.2	- Grapa de conexión	U	6.00
16.3	Empalme y conexiones	Glb	1.00
16.4	Red de tierra superficial compuesto por platinas de cobre desnudo de 3 x 30 mm que se conectará a las partes metálicas no vivas.	Glb	1.00
<b>17.0</b>	<b>ESTRUCTURAS METALICAS</b>		
17.1	Portico de llegada de línea 60 Kv, compuesto por : - 2 Montantes de 9.50 m - 1 Travesaño de 6.00 m		

**METRADO****PROYECTO :SUBESTACION 60/22.9/10 KV Y SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES****Sección A : SUMINISTRO INSTALADO**

PARTIDA Nº	DESCRIPCION	METRADO	
		UNIDAD	CANT
17.2	- 2 Vigas de 6.00 m	Cjto	1.00
	Portico de llegada de línea 22.9 Kv, compuesto por : - 2 Montantes de 8.50 m - 1 Travesaño de 5.00 m - 3 Vigas de 6.00 m	Cjto	1.00
<b>18.0</b>	<b>PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO</b>		
18.1	Prueba y puesta en servicio	Cjto	1.00
<b>19.0</b>	<b>SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES</b>		
19.1	Telefonía	Cjto	
19.2	Onda portadora	Cjto	
19.3	Radio	Cjto	
19.4	Repetidora	Gbl	
19.5	Equipos móviles portátiles	Gbl	

## **3.2 Programación de Actividades**

Esta parte trata sobre los aspectos básicos de planificación y programación de proyectos, como las relaciones entre actividades y los cálculos de programación. Puede ser desarrollada utilizando el Microsoft Project, que es un sistema que está influido por métodos más complejos y tradicionales de administración de proyectos como son:

- **Método de Ruta crítica (CPM ó MRC)**
- **PERT** (Técnica de revisión de evaluación del programa; llamado diagrama de red)
- **Diagrama de Gantt**

Para llevar a cabo un proyecto siempre es necesario seguir los siguientes pasos:

- 1 Definir el objetivo.
- 2 Identificar todas las actividades necesarias para lograr este objetivo.
- 3 Estimar el tiempo requerido para cada una de estas actividades.
- 4 Determinar la secuencia en que deberán ser ejecutadas todas las actividades.
- 5 Calcular el tiempo total requerido por el proyecto e identificar las actividades críticas.
- 6 Refinar el proyecto.
- 7 Actualizar el proyecto periódicamente.

### **3.2.1 Diagramación de la Red**

Red es la representación gráfica del orden de realización de las actividades necesarias para ejecutar un proyecto. La diagramación de la red

requiere del conocimiento de varios elementos simples mencionados en el acápite anterior, que volvemos a mencionar:

- El proyecto final deseado o resultado del proyecto.
- Las actividades a llevar a cabo para terminar el proyecto.
- La secuencia en la que se llevaran a cabo las actividades.
- Los hitos que indican la terminación de actividades.

Usar una flecha para definir una actividad cuya magnitud muestra el paso del tiempo, las flechas o actividades son conectadas para mostrar el flujo lógico del proceso constructivo, cada vez que se añada una actividad a la red responde a las siguientes preguntas:

- ¿Qué actividades deben estar terminadas para que esta pueda comenzar?
- ¿Qué actividades pueden llevarse a cabo al mismo tiempo que éstas?
- ¿Qué actividades no pueden comenzar hasta que haya terminado?

### **3.2.2 Análisis de la Ruta Crítica**

Para comenzar a planificar un proyecto, debe definirse el proceso constructivo o llevarse a cabo a través de una red, la cual consta de una serie de actividades relacionadas entre sí, en tal forma que una actividad puede comenzar en cualquier momento o solo después que otras hayan terminado, asimismo debe definirse la duración de cada actividad. Esta red de relaciones predecesoras y sucesoras, entre las actividades constituye la base del análisis de la ruta crítica.

La Ruta Crítica permite identificar la cantidad de tiempo necesario para terminar el proyecto. La ruta crítica es la secuencia de actividades

interrelacionadas que posee la mayor duración acumulada. El proyecto no puede terminar hasta que cada una de las actividades que se encuentren en el camino crítico no haya terminado, siendo obvio que aquellas actividades que no se encuentren en el camino crítico son también importantes y deben terminar, pero sus relaciones en la red y duración no afecta las fechas de terminación prevista.

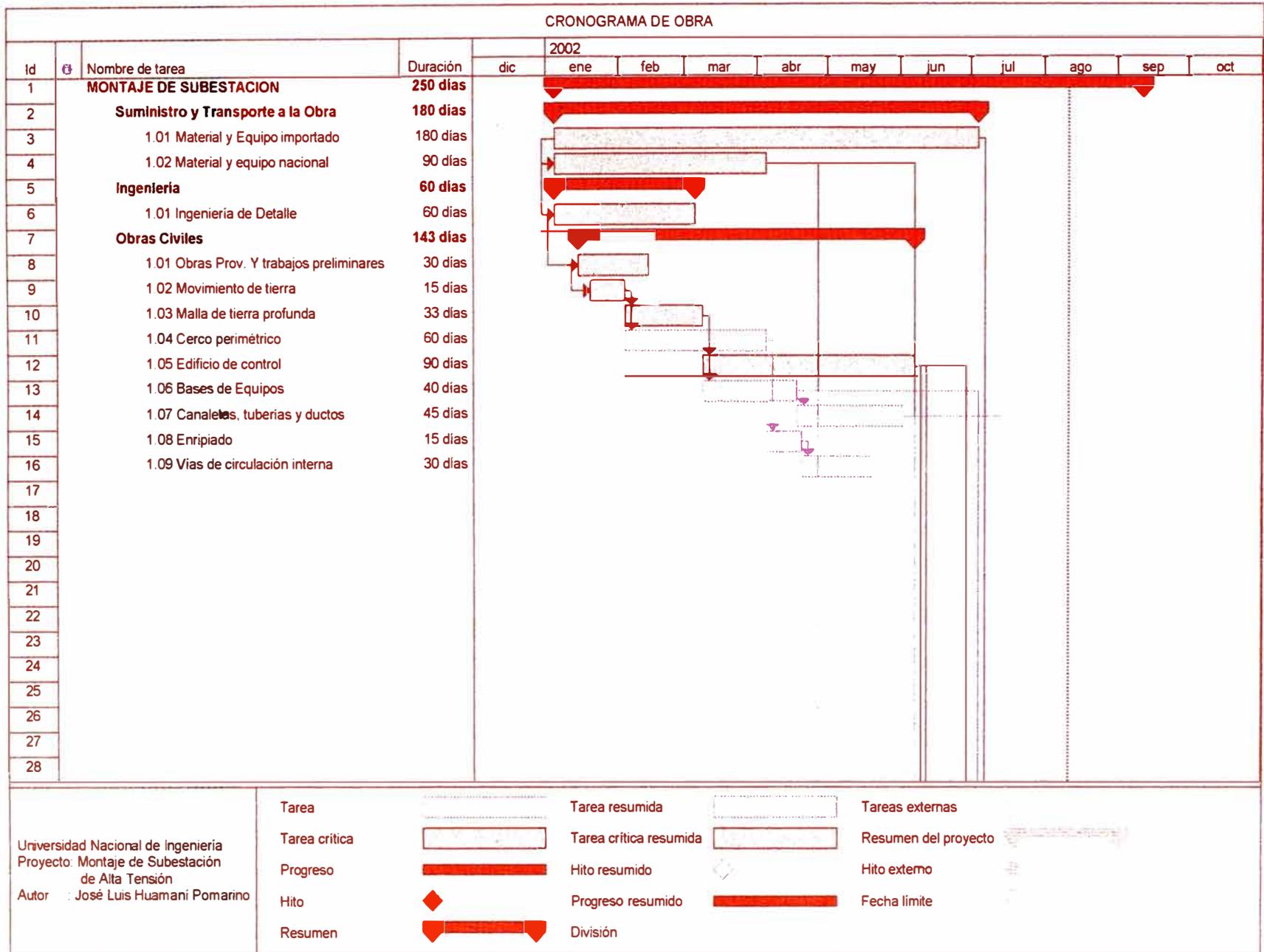
### **3.2.3 Diagrama de Gantt**

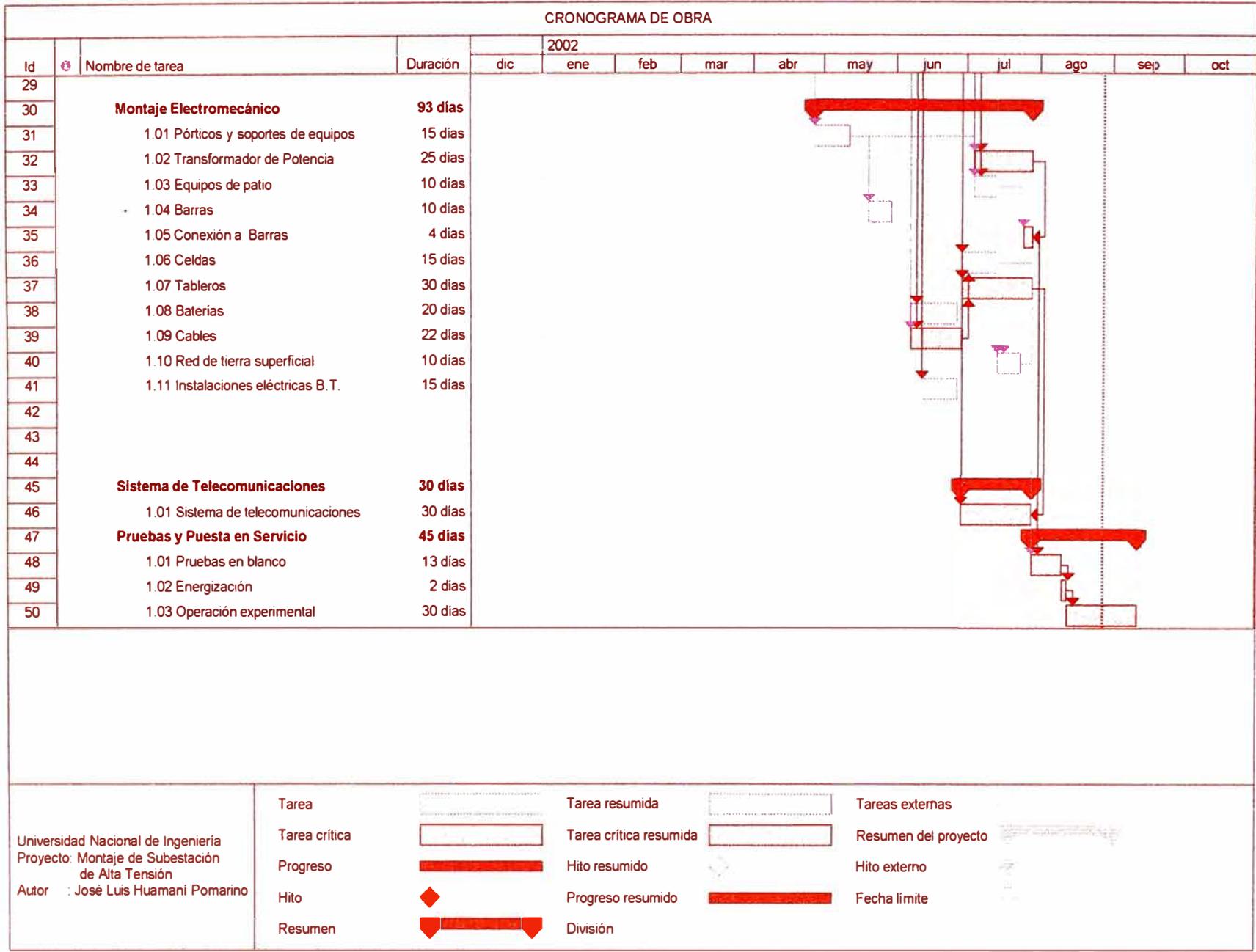
Es un modo de representar gráficamente las actividades a lo largo de una escala de tiempos. Inicialmente llamadas Diagramas de Barras de Gantt, estas representaciones gráficas, han pasado a llamarse Diagramas de Gantt en honor al inventor del sistema. Podrá utilizar el Diagrama de Gantt de Microsoft Project para crear una programación, así como para hacer el seguimiento e imprimir informes.

El Diagrama de Gantt consta de una tabla de información de las tareas y un diagrama de barras que muestra la programación del proyecto.

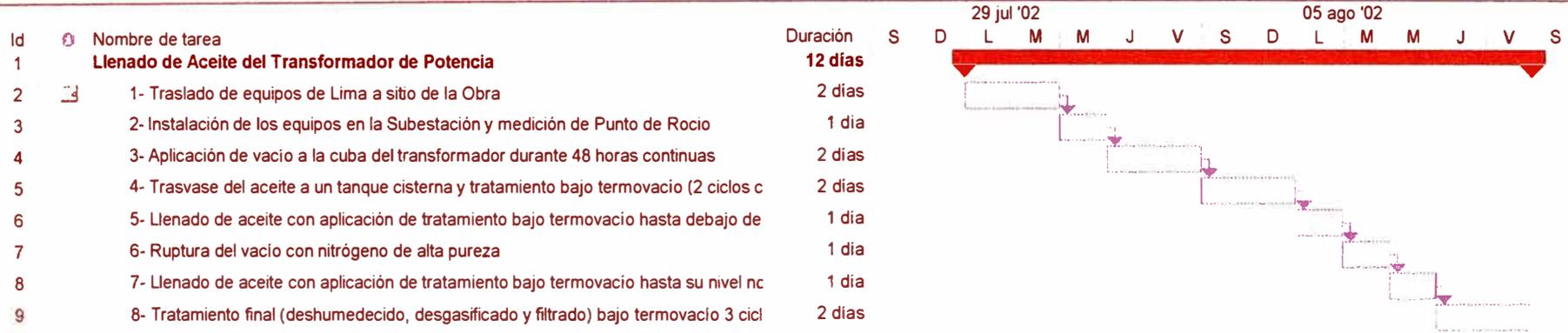
### **3.2.4 Cronograma de Avance de Obra**

El software empleado para esta programación es el Microsoft Project, donde se desagrega en actividades principales y secundarias a un nivel suficiente que permite identificar claramente los eventos fundamentales del estudio definitivo, estudio de impacto ambiental, servidumbre, ingeniería de detalle, fabricación, pruebas en fábrica, fecha de embarques, transporte internacional, desaduanaje, transporte nacional, obras civiles, montaje electromecánico, pruebas, puesta en servicio, operación experimental y recepción provisional del conjunto, como se puede ver en paginas 27 a 29.





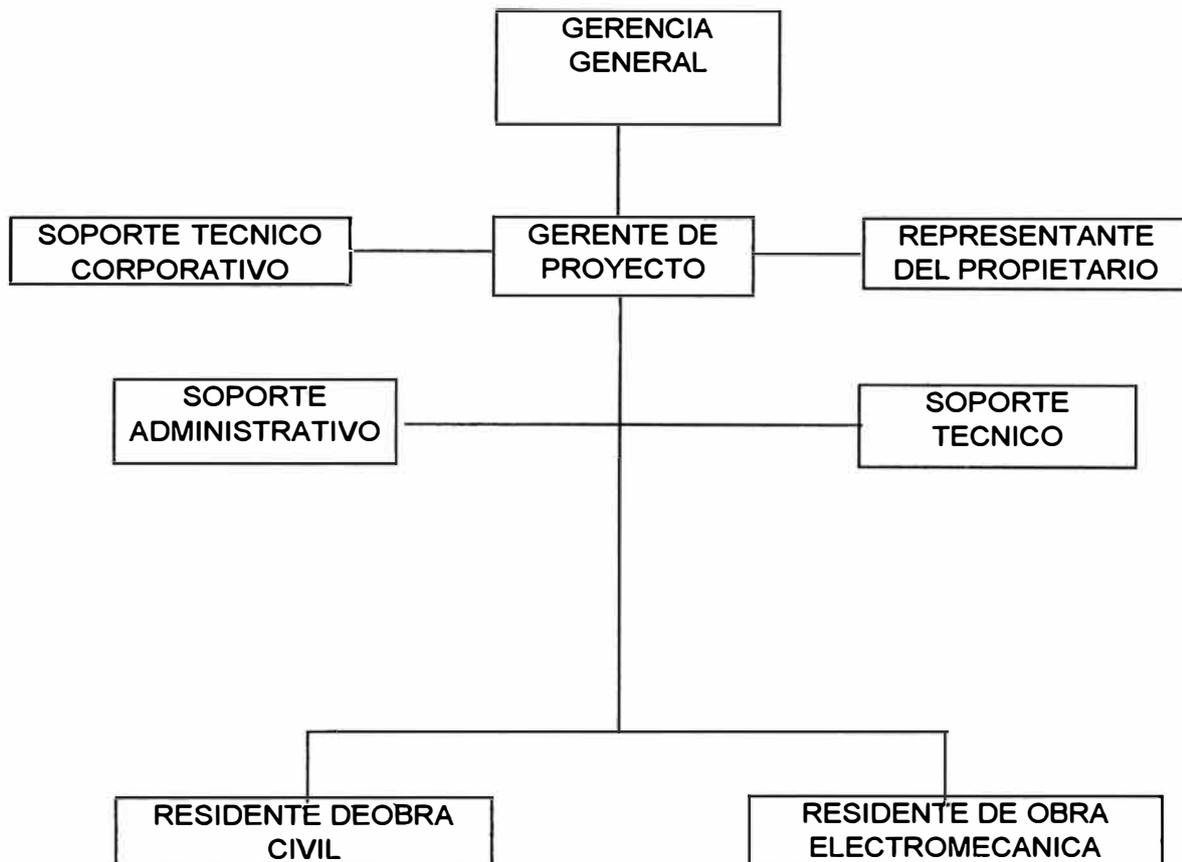
CRONOGRAMA DE LLENADO DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA



Universidad Nacional de Ingeniería  
 Proyecto: Montaje del Transformador d  
 Autor : José Luis Huamani Pomarino

Tarea		Hito		Tareas externas
División		Resumen		Hito externo
Progreso		Resumen del proyecto		Fecha limite

## ORGANIGRAMA DE OBRA



### **3.3 Organigrama de Obra**

Da una comprensión clara de cómo encajan las actividades de las diferentes áreas de responsabilidad, es decir el cuadro general de lo que será y lo que hará la organización del proyecto; ver pagina 30.

#### **3.3.1 Personal Técnico especializado**

- Gerente General
- Gerente de Proyecto
- Jefe de Logística
- Residente de Obra Civil
- Residente de Obra Electromecánica
- Administrador
- Supervisor de Obra Civil
- Supervisor de Obra mecánica
- Supervisor de Obra Eléctrica
- Supervisor de Obra en Telecomunicaciones

#### **3.3.2 Composición de cuadrillas por fase**

##### **Cuadrilla de Obra Civil**

- Demolición: 1 operario, 1 ayudante
- Selección, relleno y compactación: 1 oficial, 2 ayudantes
- Encofrado: 1 operario, 1 oficial, 2 ayudantes
- Concreto armado: 1 operario, 1 ayudante
- Acero de refuerzo: 1 operario, 1 oficial, 1 ayudante
- Mampostería: 1 operario, 1 ayudante

##### **Cuadrilla de montaje Electromecánico**

- Alineación: 1 operario, 1 oficial, 1 ayudante
- Estructuras: 2 operarios, 1 soldador, 3 ayudantes
- Instalación de tubería PVC: 1 operario, 1 oficial, 1 ayudante
- Cableado: 1 operario, 1 oficial, 2 ayudantes
- Instalación de bandejas: 1 operario, 1 oficial, 1 ayudante
- Instalación de instrumentos: 1 operario, 1 oficial, 1 ayudante

### **3.4 Equipos y vehículos**

#### **3.4.1 Obras civiles**

- Cargador frontal L 120 Volvo
- Motoniveladora 1200
- Nivel
- Plancha compactadora
- Rodillo vibratorio
- Retroexcavadora
- Teodolito
- Motosierra
- Vibrador a gasolina
- Andamios
- Encofrado acrow
- Cajón metálico de herramientas
- Tablero de distribución eléctrico
- Máquina de soldar

#### **3.4.2 Montaje Electromecánico**

- Calibrador pie de rey

- Equipo de pintura
- Maquina de soldar de 400 Amper
- Micrómetro
- Poleas de 2 ton de una vía
- Torquímetro
- Llave francesa
- Llave stílson
- Camioneta pick up doble cabina
- Camión grúa
- Multímetros
- Medidor de aislamiento 5 a 15 KV
- Medidor de resistividad del terreno y puesta a tierra
- Pinza amperimétrica
- Secuencímetro
- Detector de polaridad
- Medidor de resistencia de contacto
- Registrador de tiempos de operación de interruptores
- Densímetro
- Equipo de tratamiento de aceite
- Bomba de vacío
- Poleas de conductores
- Comelones para conductores
- Esmerillones
- Prensa empalmadora con matriz y dados

- Portabobinas
- Estrobos de acero
- Grilletes de acero
- Escaleras livianas de aluminio 5 M
- Extensiones eléctricas
- Mesa de trabajo mas tornillo portátil
- Walkie talkie
- Maletines eléctricos
- Maletines mecánicos
- Compresora de aire
- Juego de llaves desde 1/8 hasta 1 1/2"
- Gatas hidráulicas de 20 Ton
- Tortugas de 30 ton
- Tecles rat chet
- Tecles de cadena
- Tirford de 5 ton
- Teodolito
- Nivel óptico
- Nivel de precisión
- Taladro Hilti
- Esmeril recto
- Esmeril angular
- Equipo oxicorte
- Máquina de soldar

- Dobladora de tubos
- Equipo de pintar
- Pórtico de maniobra
- Andamios
- Correas de seguridad
- Grupo electrógeno de 5 KVA
- Grupo electrógeno de 50 KVA
- Tablero de distribución eléctrica 380/220 V
- Detector de fuga de gas

### **3.4.3 Telecomunicaciones**

- Voltímetro selectivo a diferente frecuencia
- Equipos de prueba para sistemas de teleprotección
- Medidores de Intensidad de campo
- Medidores de potencia de RF
- Alineadores de sistemas de radio banda VHF/UHF/SHF
- Medidores de relación de onda estacionarias

## **3.5 Sistemas de aseguramiento y seguridad**

### **3.5.1 Póliza de Seguros para las Obras**

La Póliza de Seguros para las Obras, consistirá en una póliza contra todo riesgo para Contratistas, además de una póliza de incendios y líneas aliadas en el cual se considera los siguientes riesgos:

- Huelga conmocional civil
- Daño malicioso, vandalismo y terrorismo
- Desastres naturales

Adicionalmente el Contratista deberá tomar un seguro que cubra el transporte marítimo y terrestre, contra todo riesgo, incluyendo guerras, huelgas, motines, conmoción civil, vandalismo y daños maliciosos para todos los equipos, desde fábrica hasta sitio de la obra. Este seguro será por un monto igual al ciento cincuenta por ciento del valor CIF de los equipos importados o ciento diez por ciento del valor ExWork de los equipos nacionales.

El Contratista contratará ambas pólizas por el importe total de la obra a ejecutarse, las mismas que inclusive se contrataran endosadas a favor del contratante cuyos originales deben ser entregados a esta entidad para su custodia respectiva. Dichas pólizas deben estar permanentemente en vigencia hasta la recepción de obra.

### **3.5.2 Póliza de Seguro de Responsabilidad Civil**

Póliza por un monto no menor de veinte mil dólares de los Estados Unidos de América por daños a personas afectadas incluyendo muerte accidental y un monto no menor de treinta mil dólares de los Estados Unidos de América por daños materiales.

### **3.5.3 Póliza de Seguro contra accidentes de los trabajadores**

Póliza flotante permanente que cubra contra infortunios provenientes del trabajo durante la ejecución de la obra a todo su personal técnico y / o profesional. El capital asegurado será igual a cien veces el monto mensual que se les abona por sus servicios profesionales.

### **3.5.4 Seguridad**

El Contratista está obligado a tomar todas las medidas de seguridad

necesarias para evitar peligros contra la integridad, la vida y la propiedad de las personas, instituciones o firmas durante la realización del proyecto.

### **Plan de Seguridad**

El Contratista elaborará y realizará un plan de Seguridad para la normal ejecución de la Obra. Este plan comprende entre otros:

- La seguridad del personal de obra, del personal del propietario y de la supervisión que fuera destacado en la obra, así como de terceros, por lo que se dotará al personal de los equipos y accesorios de seguridad, prescrito en las normas de seguridad industrial para trabajos en instalaciones eléctricas y mecánicas.
- Medicinas y Equipos de primeros auxilios.
- Medios de transporte adecuados para el traslado de heridos o enfermos.
- Higiene en las zonas de trabajo
- Seguridad de las instalaciones contra agentes atmosféricos, animales o bichos y acción de terceras personas.
- Riesgos contra la electrocución del personal de la obra, así como, no se permitirá trabajos en circuitos energizados, y el residente del contratista será el responsable de coordinar sus labores con el Propietario, o las autoridades y responsables de las instalaciones eléctricas en donde se requiera, por efecto del proyecto.
- Por lo menos dos de cada treinta trabajadores deberán ser entrenados para administrar primeros auxilios y estarán equipados con un maletín para esos fines.

## **CAPITULO IV DESARROLLO DEL MONTAJE**

Esta sección provee una guía con relación al montaje e instalación de equipos electromecánicos en una subestación en base a la Norma MEM/DEP 223, como complemento de los planos de obra y los catálogos del fabricante que acompañan a cada equipo. Estos catálogos incluyen instrucciones de transporte, almacenaje, montaje, pruebas de campo y mantenimiento del equipo, que son guías fundamentales para obtener un producto final óptimo.

Si la obra civil ésta concluida en el patio de llaves, es decir el sistema de tierra profunda, la base de los equipos, la base del pórtico, la base y vía del transformador, cerco perimétrico, canaletas, vías de acceso, buzones y con la aprobación del Residente de obra civil de que las bases pueden soportar ya el peso de los equipos, se procede a realizar el montaje electromecánico.

Los pórticos deben ser ubicados en sus posiciones antes de cualquier equipo para no dañarlo por accidente en su proceso de armado, al poder caer alguna pieza o herramienta. Luego podemos montar los soportes de los equipos a nivel e instalar el sistema de barras.

El transportista que trae el transformador, normalmente lo deja ya sobre la base o vías del transformador en su posición final, limitándonos a

fijarlo y vestirlo de acuerdo a planos e instrucciones del fabricante.

Los Interruptores, los transformadores de medida, los Pararrayos, los seccionadores, son ubicados en sus posiciones con una grúa que ofrezca seguridad en las maniobras, porque la pérdida de un equipo puede ocasionar serios problemas para culminar la obra en el plazo previsto.

Ubicados los equipos ya en su posición final se procede a su conexión a barras y entubar desde la canaleta a sus cajas de mando y/o bornera, y así dejarlos expedito para cablear. También se terminará la puesta a tierra de soportes y equipos.

Si el edificio de control está listo para acceder el montaje electromecánico, procederemos a ubicar tableros y celdas en sus posiciones para fijarlos y aterrizar de acuerdo a los detalles de los planos.

Para la instalación de cable de control entre tableros, celdas y equipos de patio se instala primero en todas las canaletas las bandejas portacables y su respectiva tierra superficial. Luego con el plan de cableado se puede instalar el cable de control.

Concluirán los trabajos de montaje en la subestación si cumplimos en realizar todo lo solicitado en los planos y las observaciones que tenga el propietario para un mejor resultado en la operación actual y futura de la subestación. Cabe remarcar que la máxima duración y seguridad durante el servicio de las instalaciones eléctricas, depende en sobremanera del correcto montaje, así como del adecuado manejo y mantenimiento regular y cuidadoso de la aparamenta de maniobra instalada en las mismas. Para lograr lo anterior deben seguirse atentamente las observaciones y directivas

expuestas en las instrucciones del fabricante por cada equipo.

#### **4.1 Montaje de equipos de Alta Tensión**

##### **4.1.1 Montaje de Estructuras soporte de equipos y Pórticos**

Es muy importante que durante la etapa de construcción civil, en este caso la cimentación de bases exista una supervisión muy detallada en la colocación de los pernos de anclaje, de tal manera que se obtengan las dimensiones entre pernos como precisan los planos. Se debe asegurar de tal manera que cuando se vacíe y vibre concreto no se muevan; un método para garantizar esto, es soldar la parte inferior del perno a la estructura del cimiento y en la parte superior colocarle y empernar un molde de plancha de acero con la disposición de huecos de acuerdo al plano. Todo esto permitirá no tener contratiempos en el montaje y pérdida de material y mano de obra.

Verificar con planos de montaje que estén completos los perfiles, vigas, arandelas, tuercas y contratuercas, que componen un pórtico o soporte de equipo; cada perfil está marcado para reconocer su posición, normalmente esta marca está en bajorrelieve.

Verificar que las piezas estén perfectamente galvanizadas en caliente y los pernos del grado correspondiente.

Se procede al montaje de acuerdo a planos mecánicos; los perfiles o cuerpos armados mientras no se instalen se apoyan sobre madera para evitar que estén en contacto con la tierra y no se perjudique la capa de galvanizado. Luego mediante una grúa u otro método se termina de armar, preferentemente los pórticos.

Cada perno de la estructura debe ser ajustado con su par de apriete

correspondiente con el torquímetro, teniendo en cuenta que esta quedara perfectamente nivelada.

Todos los puntos que hayan sido mecanizados en obra, por taladro, cortes o soldadura, deben ser tratados convenientemente, para evitar oxidaciones posteriores, con pintura rica en CINC (galvanizado en frío), tal como GALVANIN, ZINGA, CRC, etc.

Se procede a poner a tierra cada estructura, juntando a esta la mecha de tierra superficial dejada para este fin al costado de la cimentación. El cable subirá a la estructura interponiendo un conector bimetálico compatible electroquímicamente entre el CINC de la estructura y el COBRE del conductor.

#### **4.1.2 Montaje del Transformador de Potencia**

Antes de proceder al montaje del transformador, se verificará los datos de la placa de características técnicas, y se familiarizará con los manuales de mantenimiento y montaje, además de verificar la lista de embarque y repuestos.

Normalmente las subestaciones están diseñadas para que el transportista especializado en este tipo de carga, acceda fácilmente a depositar el transformador sobre sus vías o tan cerca de ellas, que utilizando gatas hidráulicas, tirford y los puntos de tiro (obra civil), procedemos a rodarlo a su posición final.

Se efectuará una minuciosa inspección exterior con el objeto de verificar que no haya signos de daños externos, así como se revisarán las condiciones de presión, contenido de oxígeno y punto de rocío del nitrógeno

o aire seco según el caso (se inyecta para preservación de los aislamientos y evitar la entrada de humedad durante su transporte).

Si el transformador fue empacado en fábrica y transportado con las bobinas, inmersas en aceite aislante y siendo el resultado de la inspección exterior favorable, no será necesario efectuar la inspección interior.

Las partes que vienen separadas del transformador estarán selladas con tapas provisionales las cuales serán retiradas conforme se vaya efectuando el proceso de armado. Antes de instalarse los radiadores se lavaran perfectamente con aceite dieléctrico, limpio y caliente (25°-35°C), lo mismo se hará con el tanque conservador, tuberías y válvulas de aceite. El montaje se realizará sobre la base de las instrucciones del fabricante, teniendo presente las precauciones indicadas en las especificaciones sobre el contenido de oxígeno y llenado preliminar.

El manejo e instalación de bushings se hará siempre en posición vertical y deberán estar limpias y secas, así como se tomarán precauciones durante su montaje para evitar roturas y daños de la porcelana. Se debe evitar que objetos extraños caigan o quede dentro del transformador durante el montaje de los aisladores tipo bushing. Las herramientas que se empleen deberán ser amarradas al tanque con cintas de algodón mientras se estén montando.

Los empaques u "o ring" que se usan para el montaje de los accesorios deberán estar limpios, así como las superficies y alojamiento; su montaje se hará con cuidado comprimiéndolos uniformemente para garantizar un sellado perfecto.

En caso de que el transformador esté sin aceite aislante y lleno de nitrógeno a presión positiva, evacuar éste con bomba de vacío, y para prevenir la entrada de humedad al abrir el transformador, se realizará un llenado que cubra las bobinas con aceite aislante desgasificado y deshidratado a una temperatura de 30°C, calentando núcleo y bobinas para reducir la posibilidad de condensación de humedad.

Si la presión del gas es “cero” o “negativo”, y el contenido de oxígeno y punto de rocío mayores que los esperados, existe la posibilidad de que los aislamientos del transformador estén contaminados con aire y humedad de la atmósfera, por lo que será necesario someter el transformador a un riguroso proceso de secado después de su armado.

El aceite aislante que se usará para el llenado definitivo del transformador, será un aceite deshidratado desgasificado, con un contenido máximo de agua de 10 p.p.m., el resto de las pruebas del aceite, tanto químicas como físicas estarán dentro de los límites de especificaciones de un aceite dieléctrico nuevo.

Finalmente el aceite se recirculará a través de la planta de tratamiento durante 12 horas continuas; con objeto de eliminar la humedad residual y gases sueltos, durante este proceso se tendrán operadas las bombas de aceite, al terminar esta operación se dejara el transformador en reposo por un mínimo de 24 horas para efectuar las pruebas y verificaciones.

Una vez que ha finalizado el montaje y conexión del transformador de potencia, se procederá a realizar la inspección visual para constatar que el estado general del transformador es satisfactorio.

Esta inspección consistirá en lo siguiente:

- Verificar que los aisladores pasatapas de alta y baja tensión estén conectados correctamente:
- Verificación el buen estado de la fundación y los rieles.
- Verificación del nivel del aceite.
- Verificación del buen estado de los indicadores de temperatura.
- Verificación de no existe escapes de aceite.
- Verificación de la puesta a tierra.
- Verificación de la pintura.
- Verificación del purificador de aceite.
- Verificación del cableado y equipos de medición y protección incorporados.

#### **4.1.3 Montaje del Interruptor de Potencia**

Antes de proceder al montaje definitivo de los interruptores, se procederá a verificar los datos de la placa de características técnicas y revisados inmediatamente para verificar que no hayan sufrido desperfecto alguno en el transporte.

El interruptor viene desmontado en varias unidades para su transporte. Las partes están marcadas para permitir un fácil montaje. Los polos del interruptor y el mecanismo de accionamiento han sido probados conjuntamente y están marcados para su montaje de acuerdo a planos de montaje. No intercambiar partes con otro interruptor similar, el equipo esta garantizado sólo con sus piezas correspondientes con las que fue probado.

La estructura soporte del interruptor debe ser plana y nivelada.

Al ser los tres polos parecidos, se debe verificar que los orificios de los pernos del mecanismo de accionamiento estén orientados en la misma dirección, para permitir el montaje del sistema de gas.

Inspeccionar los polos del interruptor antes de montarlos en el soporte del bastidor para ver si se han producido fugas en el transporte. Para izar el interruptor colocar la eslinga de acuerdo a instrucciones del fabricante.

Verificar que el número de serie del mecanismo de accionamiento sea el mismo que el del interruptor. Elevar y montar el mecanismo de accionamiento con un par de apriete fijado en las instrucciones; desbloquear la posición cerrado ( posición de transporte) y montar varillas de transmisión si hubiere.

Montar el indicador de densidad y con el equipo apropiado proceder al llenado de gas (antes eliminar humedad de las mangueras) hasta la presión recomendada por el fabricante considerando la temperatura ambiente.

Montar los terminales de alta tensión después de recibir tratamiento de pasta de contacto.

Montar los cables de control y conectarlos a los bloques de bornes de acuerdo con el diagrama del circuito aplicable y con los terminales apropiados.

Conectar todos los soportes y la cabina de mecanismo de accionamiento a la red existente de tierra, conectar el cable de tierra y el apantallado de los cables de control al terminal de tierra de la cabina del mecanismo de accionamiento.

En los interruptores unipolares que se interconectan con cable, verificar

como alcanza el cable que viene como suministro conjuntamente con este, por si faltara se corregirá la ruta de la tubería de interconexión.

Después de finalizar el llenado de gas efectuar una somera inspección de la estanqueidad del gas utilizando agua jabonosa o un detector de fugas alrededor de los conectores del sistema de gas.

Una vez finalizado el montaje se operará eléctricamente si solo sí se compruebe que tenga la presión de gas SF6 recomendada. Se comprobará que todos los pernos queden perfectamente ajustados con par de apriete recomendado.

Se conectará firmemente a tierra las partes metálicas sin tensión o bornes de tierra del interruptor.

#### **4.1.4 Seccionadores**

Para un correcto funcionamiento de estos aparatos y realizar el montaje en un tiempo prudente, es necesario seguir con detenimiento las instrucciones de montaje del fabricante.

Antes de proceder al montaje de los seccionadores, se procederá a verificar los datos de la placa de características técnicas señaladas en los planos.

Antes de iniciar el montaje del seccionador, comprobar si la propia base, pórtico, o estructura de obra, reúnen las condiciones adecuadas en cuanto a nivelación horizontal/vertical, situación y dimensionado de huecos de fijación, distancia entre ejes de los soportes es la adecuada y si están los puntos de apoyo de las tres bases en un mismo plano, caso de existir diferencias notables, modificar adecuadamente y prever los medios para

corregir las imperfecciones. Comprobadas y conseguidas estas circunstancias, se puede iniciar la colocación de los seccionadores izándolo mediante una grúa de acuerdo a instrucciones de transporte para no dañar el equipo.

No debe sufrir la bancada del seccionador deformaciones por imperfecciones de asiento, caso de existir deben corregirse mediante suplementos antes de su apriete.

Para evitar equivocaciones en cuanto a la situación de los tres polos sobre las estructuras, se debe realizar la identificación de los mismos según las marcas realizadas en las placas de cada polo y comprobar que estén de acuerdo con el plano de montaje.

En los seccionadores de 245 KV, proceder a montar los aisladores de apoyo que se envían sueltos, sobre las bancadas del seccionador, efectuando un moderado apriete previo de los tornillos de fijación sobre ellas y en los de unión entre los dos elementos que normalmente forman el conjunto, proceder seguidamente a montar las líneas de corriente, instalando los contactos fijos directamente en los aisladores extremos.

El montaje de los seccionadores de alta tensión deberá ser ejecutado tomando en cuenta además lo siguiente:

- Se tomarán precauciones necesarias para evitar que se rompan los aisladores. Asimismo, se evitará el mover los seccionadores sujetándolos por los aisladores o por las partes conductoras.
- El montaje de los seccionadores sobre sus estructuras, soportes o sobre las estructuras tipo pórtico, deberá ser lo más rígido posible, utilizándose

para su fijación los accesorios adecuados y el par de apriete adecuado de acuerdo a tablas del fabricante..

- Se deberá asegurar un alineamiento perfecto de las cuchillas o pinzas de contacto evitándose esfuerzos indebidos a los aisladores o distorsiones de la superficie de contacto, se observara que la entrada de contactos se realiza con suavidad y no se producirá vibraciones en las cuchillas al abrirse.
- Los seccionadores con mando manual ó a distancia, deberán ser montados de manera tal que su manejo sea fácil y que no se produzcan flexiones ni vibraciones de las barras de transmisión, cuando se accione dicho mando manual.
- Conexión a tierra de los soportes y cajas de mando. Verificar que la conexión flexible este bien conectada en el seccionador de puesta a tierra.

#### **4.1.5 Transformadores de Tensión**

Cada equipo trae un manual de instrucciones para transportarlo, desembalarlo e izarlo, de tal manera que se realice una eficiente y cuidadosa instalación. Después de haber abierto las cajas, revisar el estado de los aisladores y gabinete, verificando que no presenten rotura y fugas de aceite. Se debe abrir la puerta de la caja de accesorios carrier (si fuera el caso) y salidas secundarias, verificando el estado de los componentes y del cableado. Operar la cuchilla de puesta a tierra para verificar que no hayan sido dañadas durante el transporte.

Revisar que las características técnicas indicadas en placa cumplan

con las especificadas. Si viene preparado para sistema de onda portadora, en su caja de bornes secundarios tiene un punto de conexión especificado.

En el caso de transformadores de tensión instalados sobre estructuras soporte individual, se verificará previamente a la instalación del transformador si la fundación de la estructura es la adecuada, si es perfectamente rígida y nivelada.

Comenzar el izaje levantando el transformador, mediante una cruceta y cuatro cables que se enganchan o amarran en los cáncamos de izaje que trae el transformador sobre la tapa del gabinete, además de una soga amarrada a los 4 cables para dar seguridad y equilibrio al momento de levantamiento y transporte del transformador. Nunca levantarlo de la terminal primaria.

La base del gabinete tiene 4 agujeros como mínimo para ser fijados con pernos, arandelas, tuerca y contratuerca a un determinado para de apriete.

Es importante también considerar el par de apriete de los tornillos que sujetan las bridas tanto inferior como superior de todos los niveles de tensión. Se instala en el soporte central la caja de agrupamiento de cables, donde llegan los puntos de conexión secundaria de cada transformador.

Las conexiones de transformadores de tensión a la línea de barra, se realizarán mediante conductores de calibre adecuados y utilizando los conectores apropiados.

Conexión a conductor de tierra superficial del borne de tierra del equipo mediante conectores bimetálicos que disminuya la incompatibilidad

electroquímica entre el cinc y el cobre.

#### **4.1.6 Transformadores de Corriente**

Ante de proceder al montaje definitivo de los transformadores de corriente se deberá verificar la placa de características para constatar si los datos contenidos en ella coincidan con las especificaciones exigidas, también la placa de conexiones primarias para ajustarlo a la relación que va a trabajar.

Para la instalación de los transformadores de corriente se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Se verificará antes de instalarlos que estén en buen estado y que no han sufrido daños durante el transporte.
- Izarlo considerando las recomendaciones del fabricante y se deberá utilizar los accesorios de fijación adecuados.
- Las conexiones de los transformadores de corriente a la línea o barra, se realizarán mediante conductores de calibre adecuado y utilizando los conectores apropiados. Verificar dirección de bornes de alta.
- Conexión a tierra del soporte y borne de tierra del equipo
- Se instala en el soporte central la caja de agrupamiento de cables, donde llegan los puntos de conexión secundaria de cada transformador.

#### **4.1.7 Pararrayos**

Antes de proceder al montaje definitivo de los pararrayos, se procederá a verificar los datos de la placa de características técnicas sean como indican los planos; se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar que se rompan los aisladores.

- Antes de montarlos se verificará que no hayan sufrido daño en el transporte.

Dependiendo del tipo de pararrayo, su montaje podrá ser sobre estructura soporte individual o montado sobre los pórticos de la subestación. En ambos casos se deberá verificar que los accesorios de fijación son los adecuados dependiendo del tipo de montaje.

La unidad inferior del pararrayos se emplaza correctamente mediante un nivel de burbuja y se atornilla a continuación. Si fuera necesario, pueden calzarse chapas de compensación.

Las unidades que se dispongan sobre la primera se elevarán mediante un dispositivo apropiado (grúa, polipasto), engancho los cables a los cancamos.

Antes de superponer la última unidad en la parte superior se recomienda montar en la brida superior los correspondientes accesorios externos de control y la placa de conexión.

Debe tenerse en cuenta que los materiales utilizados sean compatibles electroquímicamente.

En el caso de pararrayos montados individualmente sobre estructuras soporte, deberán ser conectados a tierra directamente a la malla de tierra.

La conexión a tierra de la estructura soporte no deberá ser utilizada para la conexión a tierra del pararrayos.

En el caso de pararrayos montados sobre pórticos, podrán ser conectados a tierra con una conexión común.

El conductor de conexión a tierra deberá ser llevado por el camino más

corto posible con un mínimo de curvas y conectado a la malla de tierra de la subestación. No deberá utilizarse la puesta a tierra de la estructura pórtico para la conexión a tierra del pararrayos.

La conexión del pararrayos a la línea o a la barra, deberá ser hecho mediante los conectores y conductores adecuados

#### **4.1.8 Trampa de Onda**

- Es suficiente subirla al pórtico por medio de una polea y soga, si se trata de colgarla en aisladores; o dependiendo del peso colocarla con una grúa directamente sobre el transformador de tensión si ambos vienen preparados para conectarse.
- Por cada trampa de onda que se instale, se instalará en el soporte del transformador de tensión de la fase correspondiente una Unidad de Acoplamiento para sistema de onda portadora.

### **4.2 Instalaciones de Alta Tensión**

#### **4.2.1 Sistema de Barras.**

Se comienza a instalar apenas termine el montaje de los pórticos. Se procede primero dándole el acabado un extremo, es decir, prensando su grapa de anclaje y colgarlo al pórtico con la ferretería y aislador correspondiente, el otro extremo del cable se jala con un teclé y dinamómetro a la tensión pedida para cortar el cable a medida. Luego se baja todo al suelo y se miden el cable de las las otras fases para igualarlas y luego prensarles sus grapas de anclaje correspondientes.

Una vez montados todos los equipos de alta tensión, se procede a conectar los mismos al sistema de barras, considerando lo siguiente:

- Preparar el conductor a medida sin deteriorar los extremos, encintando estos antes de cortar, así también el conductor no debe ensuciarse.
- Verificar en el momento de conectar de no tensar y/o flexionar el equipo a conectar con el conductor, los seccionadores serian los primeros en sentir las consecuencias.
- La conexión entre el conector del equipo, el conductor y el conector cable equipo debe aplicársele una pasta de empalmes, para mejorar la unión entre cuerpos.

#### **4.2.2 Cables de Potencia**

Antes de proceder al montaje de los cables de potencia, se deberá verificar las características principales del cable así como su embalaje. Se deberá verificar la sección del conductor así como la conformación de su envoltura y los datos que se indican en el forro exterior del cable, coincidan con las características técnicas ofrecidas en el Contrato. El montaje de los cables de potencia será realizado siguiendo todas las recomendaciones del fabricante, respetando en todo momento:

- El uso de herramientas y equipos especiales para el tendido del cable, para sus empalmes, puestas a tierra, conexión con sus terminales.
- Los tiros máximos permitidos
- Radios de curvatura

La operación de tendido de los cables deberá efectuarse por métodos que no dañen al conductor, en su aislamiento y su cubierta protectora. Se utilizará un portabobinas con personal que la controle en el ingreso y personal que jale u opere un pequeño winche a la salida. Se jalará el cable

mediante mordazas especiales tipo media, que envuelven toda la superficie del cable en su extremo de jalada. La tensión de instalación deberá ser constante y regulable, si se utiliza el winche.

Durante la instalación del cable el personal contará equipos de comunicación que garantice la cobertura total para buen montaje del cable.

#### **4.2.3 Celdas Interiores de 10 kV**

Antes de proceder el montaje definitivo de las celdas al interior, se deberá revisar la placa de características de la celda y cada uno de los equipos que contiene, de manera de constatar que los datos en ellas contenidos coinciden con los de las Especificaciones Técnicas.

Las celdas del tipo interior, generalmente alojan interruptores de potencia de extracción horizontal para salida de líneas, llegadas del transformador, transformadores de tensión y corriente.

En el montaje de las celdas se deberá tomar en cuenta muy especialmente lo siguiente:

Las celdas deberán ser revisadas cuidadosamente para determinar si ha habido daños durante el transporte tanto en las celdas como en los elementos que contiene.

Antes de la instalación se deberá verificar que la fundación de las celdas es la adecuada y que existe concordancia entre los accesorios de fijación de las celdas con las previsiones dejadas a tal efecto en la fundación.

Las celdas deberán ser instaladas de manera que exista una alineación perfecta entre todos los cubículos.

Las conexiones entre las barras de las diferentes celdas deberá ser lo más rígido posible.

El cableado de interconexión entre las celdas deberá estar perfectamente claro e instalado de manera que su inspección sea fácil.

En general, todo el cableado deberá estar identificado de acuerdo a lo establecido en el Proyecto.

Se deberá ejecutar la conexión de tierra de los transformadores de medición a la barra de tierra.

Se deberá ejecutar la conexión de tierra de las estructuras metálicas de la celda, la barra de tierra de las celdas a la malla de tierra.

#### **4.2.4 Transformador de Servicios Auxiliares**

Se verificará antes de realizar el montaje, el estado de los aisladores, nivel de aceite y que no haya fuga de aceite.

Por ser de pequeña potencia, viene completamente armado y lleno de aceite. Se fija de acuerdo a detalles de los planos y se conecta a tierra el tanque de los transformadores en aceite y la armazón de los transformadores en seco.

Para cambiar la posición del conmutador, jalar hacia arriba la cabeza del conmutador hasta que el fin de fijación salga de la ranura y girarla hasta llegar a la posición deseada. El indicador debe corresponder con uno de los números, soltando la cabeza, el pin deberá introducirse en la ranura hasta el tope inferior.

Conectar mediante terminales correspondientes al proyecto al lado de alta los cables que vienen de la celda y al lado de baja los cables que van a

el tablero de servicios auxiliares.

### **4.3 Montaje de equipos de Baja Tensión**

#### **4.3.1 Tableros Eléctricos**

En general los tableros deberán ser instalados en sala de control de acuerdo a los planos de disposición proyectados. El montaje de estos tableros, deberá ser realizado tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Antes de instalar el tablero, verificamos el nivel de piso, estando conforme, procedemos a mover los tableros con el cargador manual (pato) a su respectiva ubicación.
- Se deberán fijar los tableros en el piso con los respectivos accesorios de fijación.
- Los tableros deberán estar perfectamente alineados.
- Los tableros normalmente llegan a obra equipados, borneras y cables debidamente señalizados y cableados interiormente, salvo equipos muy frágiles que se les embala cuidadosamente en cajas aparte para ser reinstalados en obra.
- Los equipos instalados sobre los tableros deberán ser fijados de una manera segura mediante los accesorios de fijación adecuados.
- Verificar que los extremos de los cables a conectar con los equipos y/o regleta, estén apropiadamente prensadas a sus terminales de conexión.

Finalmente queda realizar la conexión entre tableros y los cables que vienen de los equipos de patio debidamente señalizados. La entrada al tablero debe ser bien ordenada, los cables de control se sujetan con cintillos plásticos al tablero y para ingresar a las canaletas se les libra de su forro de

intemperie. La conexión con las borneras y/o bornes de los equipos también es realizada con los conectores de calibre correspondiente al cable, para obtener una óptima conexión mediante el prensado con la herramienta para ese fin.

#### **4.3.2 Baterías y Cargador-Rectificador**

La instalación de las baterías y del cargador rectificador, se ciñe a las instrucciones para la recepción, instalación, operación y mantenimiento, que el Fabricante suministra junto con el equipo. Estas instrucciones contienen como mínimo los siguientes puntos:

- Recepción.
- Desembalaje y manejo.
- Instalación.
- Carga inicial.
- Operación.
  - Carga flotante.
  - Igualación de carga.
  - Control del electrolito.
  - Limpieza.
  - Registros.
- Lecturas hidrométricas.
- Reparaciones, mantenimiento, almacenamiento.

Para la instalación de baterías y cargador-rectificador, se deberá seguir las siguientes instrucciones de carácter general.

Antes de instalar las baterías, se debe revisar el embalaje de las

mismas para verificar que no han habido daños durante el transporte. Si las cajas en las cuales son empacadas las baterías presentan daños o roturas, esto quiere decir que ha habido un mal manipuleo de las mismas. Esto debe ser comunicado al suministrador de la batería.

Se debe verificar el electrolito en cada una de las celdas. El nivel debe estar comprendido dentro del indicador de nivel alto. Si las placas están cubiertas, pero el nivel está más bajo que el indicador del nivel alto, será necesario añadir electrolito en aquellas celdas de bajo nivel de manera de lograr que obtengan el mismo nivel promedio de las otras celdas.

No se debe añadir electrolito hasta la línea del nivel superior hasta que la batería haya finalizado su carga inicial.

La sala de baterías debe estar limpia, y bien ventilada con los extractores de aire que se instalan en la pared que da al exterior.

El montaje de las celdas en los soportes, se hará en forma rígida en filas simples escalonadas o según se muestran en los planos.

Los soportes serán de madera tratada o metálicos pintados con una capa básica de pintura resistente al ácido y un terminado de esmalte gris. El soporte inferior del estante no debe estar a menos de 30cm. sobre el piso. En la colocación de las celdas sobre sus soportes o bastidores, se deberá tomar muy en cuenta la facilidad de acceso a cada celda de manera que las lecturas individuales por celda así como el suministro de electrolito puede realizar sin ninguna dificultad.

Las celdas son dispuestas en su soporte o bastidor de manera que el terminal positivo de cada una de ellas pueda conectarse al terminal negativo

de la celda próxima. Los terminales positivos y negativos de las celdas están marcados con símbolos en la cubierta. Un signo más (el símbolo +) identifica al terminal positivo y un signo menos (el símbolo -) indica el terminal negativo de la celda.

No se debe retirar de la celda, la grasa sobre los conectores, con la cual debe venir provista de fábrica.

Cuando se realizan las conexiones se debe tener cuidado de no apretar los pernos del conector con una tensión superior a la especificada por el fabricante.

Se debe verificar la polaridad de las celdas para las conexiones positivas y para las negativas y el ajuste de todos los pernos de los conectores. Como una última verificación, se debe leer la tensión de la cantidad total de celdas en la batería con un voltímetro de corriente continua. Este valor debe ser igual a 1.20 veces la cantidad de celdas en la batería; si la lectura es menor que este valor, alguna de las celdas ha sido instalada incorrectamente.

Las baterías vienen equipadas con un tapón de plástico roscado de forma que permita la ventilación, la adición de electrolito, y la verificación de la densidad y temperatura del electrolito que no permitan la caída de insectos dentro de la celda.

Para la identificación de las baterías vienen provistas de placas indicadoras de material no corrosivo que permiten determinar fácilmente el número correspondiente a cada celda. Durante la instalación, es una práctica común comenzar con la celda número uno (1) en el terminal positivo

y continuar el circuito eléctrico con los número que siguen.

Finalmente, las baterías deben conectarse al cargador de baterías provisto para tal fin. Se deberá conectar el terminal positivo de la batería con el terminal positivo del cargador, y el terminal negativo de la batería con el terminal negativo del cargador.

### **Carga inicial**

Como las baterías pierden carga eléctrica durante el transporte y mientras permanecen sin conectarse durante la instalación, lo primero que debe realizarse una vez terminada la instalación y conexión de la batería es la carga inicial y de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Los cargadores de baterías serán del tipo seco, con regulación constante de la tensión de salida y control de la corriente con un límite de 110% de la nominal. Entonces para la carga inicial se debe utilizar el método de la tensión constante. Se determina primeramente la máxima tensión permisible que pueda aplicarse al equipo conectado.

Una vez que se ha completado la carga inicial se deberá proceder a la lecturas y registro de los valores de tensión y gravedad específica para cada celda.

## **4.4 Instalaciones de Baja Tensión**

### **4.4.1 Cables de Control**

Los cables se instalarán en canaletas, en ductos, y en tuberías, tal como se muestra e indica en los planos y especificaciones.

Antes de iniciar la instalación de los cables, se remitirá al Supervisor para su aprobación, los planos de instalación, mostrando la ruta y las conexiones de

los cables así como todo otro plano que sea necesario.

Durante la instalación de los cables se tendrá especial cuidado en su manipulación para evitar daños de cualquier tipo. Al desarrollarlos o sacarlos de los carretes se procederá con cuidado para evitar causar daño a los cables o a sus cubiertas debido a cambios repentinos de curvatura. Se evitará, asimismo, someterlos a curvas innecesarias ni a curvas de radios menores a los mínimos permisibles, debiendo en lo posible, ser tendidos en forma más recta posible. Se evitará apoyarlos contra aristas agudas.

Con el plan de cableado, se tienden y sujetan sobre las bandejas portacables. Cada cable se marcará en sus extremos con su respectiva denominación, temporalmente se marcará con cinta de papel, el definitivo será el que pida el proyecto. Luego cada hilo se numera y se conecta a su respectiva bornera de acuerdo también a los planos de bornes.

#### **4.4.2 Sistema de Iluminación y Tomacorrientes**

Se instalarán las tuberías, los cables, soportes, luminarias y demás equipos propios del sistema de iluminación y tomacorrientes localizados en el patio de llaves y edificio de control, siguiendo las indicaciones de los planos del proyecto.

Se verificará que los tomacorrientes y equipos de iluminación sean de la capacidad solicitada y con el grado de protección correspondiente.

Una vez tendido el cable, se conectará a los interruptores de los tableros de servicios auxiliares y gabinetes de control de los equipos de acuerdo a las listas de cables, teniéndose el cuidado de no dañar el cable ni las luminarias durante el tendido e instalación.

#### **4.4.3 Sistema de Tierra**

Para el tendido del conductor se trazará la cuadrícula efectuando una excavación de profundidad que exija el proyecto y el ancho que permita colocar el cable y el ingreso del operario que soldará los cables. Posteriormente, se iniciará el tendido de cable, soldado de los puntos de cruce del cable, relleno compactado de las zanjas e hincado de varillas.

La construcción de la malla se realizará coordinadamente con los detalles de la excavación y construcción de las cimentaciones de tal manera que los cables no las atraviesen, y pasen por un lado, se tendrá cuidado de dejar las mechas de los cables de conexión a las estructuras y equipos (tierra superficial) de modo tal que no resulten embebidos en el concreto.

Los empalmes en cruz y en "T" de la malla, así como las salidas de ella al exterior y en general todas las conexiones internas y externas de la malla, son efectuadas en cable seco y limpio mediante un tipo de soldadura de proceso exotérmico o similar. Todos los puntos de unión y conexión del conductor de cobre, no deberán presentar un punto mas caliente que el conductor mismo, al paso de la corriente eléctrica.

El hincado de varillas se ejecutará a golpeo en terreno blando y en terreno semiduro o duro, se hará por medio de perforación; la varilla deberá quedar firmemente enterrada para evitar falsos contactos.}

Las salidas al exterior o Tierra Superficial se realizarán de acuerdo al detalle de los planos para cada equipo, soporte y pórtico. Los conectores a usar son bimetálicos compatibles electroquímicamente entre el CINC de la estructura y el COBRE del conductor.

## **CAPÍTULO V PRUEBAS Y VERIFICACIONES TÉCNICAS DE RECEPCIÓN PARA FUNCIONAMIENTO BAJO GARANTÍA**

Las pautas para la inspección, supervisión, pruebas y recepción de Subestaciones de Transmisión están establecidas en la Norma Técnica MEM/DEP 223-3.

### **5.1 Personas presentes en las pruebas**

Una vez recibido el aviso del Contratista, el Propietario nombrará por escrito a las personas encargadas de representarla en las pruebas de aceptación, quienes serán las encargadas de aprobar o desaprobar el documento técnico que contiene Protocolo de Inspección y Pruebas de Aprobación de la Subestación, el mismo que se ajustará a estas especificaciones.

El Contratista indicará por escrito, el aviso a la Supervisión sobre la terminación de la obra, el nombre de su representante durante las pruebas y el del personal técnico que se encargará de efectuar las mismas. Estas personas deberán estar investidas de la autoridad necesaria para atender y llevar cualquier modificación en las instalaciones ordenados por el presente Propietario y para autorizar el inicio del programa y pruebas.

Deberá mantener en el sitio además de su representante, un montador electricista que ayude a realizar las conexiones de los equipos de pruebas indicados por el representante del Propietario.

El Ingeniero Residente del Contratista será la persona encargada de conducir el desarrollo de las pruebas.

Cualquier defecto de montaje o equipo defectuoso que se haya comprobado así durante las pruebas, será reparado dentro del lapso que le indique por escrito el representante del Propietario al término de las pruebas.

Si por defectos de montaje comprobados durante las pruebas, se hace necesario la repetición de esta en parte o en todo, el Contratista asumirá los gastos de utilización del equipo de prueba durante la realización de la repetición de las pruebas.

El Contratista será responsable de los daños que puedan resultar en los equipos e instalaciones como consecuencia de procedimientos de ensayos impropios, debiendo reparar o reemplazar el equipo o material dañado por cuenta propia.

En forma conjunta, se llevará un registro de todos los eventos y pruebas en la que se indicará la fecha, las personas que intervinieron en las pruebas, el equipo o material probado, el procedimiento y tipo de prueba realizada y los resultados. Este documento formará parte del Acta de Aceptación de la Subestación.

La Supervisión es el responsable de efectuar las coordinaciones y maniobras necesarias para realizar los ajustes de tensión y frecuencia en el Sistema Eléctrico, de tal manera que se puedan llevar a cabo las pruebas de aceptación sin contratiempos.

## **5.2 Equipo de Pruebas**

Los equipos de pruebas necesarios para la realización de las pruebas

de puesta en servicio de recepción, estarán de acuerdo con las especificaciones de montaje de los equipos y serán suministrados por el Contratista.

La precisión de los patrones utilizados para la comprobación de otros equipos de medida, deberán ser de las siguientes clases de precisión:

<u>Clase de Instrumento</u>	<u>Clase de Precisión Mínima</u>
1.5	1.0
1.0	0.5
0.5	0.2

### **5.3 Pruebas en Blanco**

Las Pruebas en Blanco de las Subestaciones tiene por objeto la verificación por parte del Supervisor de la buena calidad de los materiales y el correcto montaje y mantenimiento de todas las instalaciones de acuerdo a las especificaciones técnicas.

Durante el periodo de pruebas se deberá mostrar que todas las obras han sido ejecutadas de estricto acuerdo con el Contrato respectivo y que están listas para su explotación comercial.

Los resultados de las pruebas no liberan al Contratista de las responsabilidades adquiridas en el Contrato, ni hace al Propietario responsable de cualquier daño o defecto que posteriormente a la fecha de las pruebas y dentro de los plazos de garantía, puede aparecer en los

equipos e instalaciones probadas.

El Propietario podrá exigir durante la recepción cualquier otra prueba no incluida, que se considere necesaria y que no exceda a los regímenes prescritos en las especificaciones técnicas de los equipos en particular.

### **5.3.1 Inspección durante la Recepción**

Se comprueba las características de todos y cada uno de los equipos suministrados, tomando como referencia las características anotadas en las placas de los mismos, para compararlas a las especificaciones técnicas ofrecidas.

Se realiza una inspección ocular sobre el montaje de todos los equipos y materiales utilizados para determinar posibles errores u omisiones ocurridos durante la ejecución de la obra.

Se realizan medidas de las distancias mínimas entre los siguientes puntos correspondientes a cada nivel de tensión existente, para comprobar el cumplimiento de las especificaciones:

- Entre fases.
- De fase a masa.
- De la parte viva a nivel de piso.
- De la parte viva inferior de la porcelana del aislador portabarras al nivel del piso.

### **5.3.2 Pruebas Individuales**

En general consistirá en la verificación del funcionamiento de los controles, operación del equipo, protecciones propias y de seguridad de cada componente por separado. Es recomendable seguir los métodos y

procedimientos descritos en los catálogos de equipos de pruebas y normas IEEE, ASTM e IEC como guías para pruebas en campo, los valores obtenidos se comparan con los reportes de pruebas de fábrica.

### **5.3.3 Transformador de Potencia**

#### **Documentos de Base**

El equipo cuenta con Manuales Técnicos, Planos de Montaje, Certificados de Pruebas y Reportes de prueba en fábrica que garantizan el funcionamiento de éste, de acuerdo a Normas Internacionales como IEC 76 exigida por el Ministerio de Energía y Minas en MEM/DEP 221/ETS-SE-001.

#### **Secuencia de Pruebas de Campo**

##### **1- Inspección**

- Control de las características de placa según protocolo de fábrica.
- Cimentación, rieles y anclaje.
- Aisladores de porcelana.
- Control del nivel de aceite, así como de la posición de todas las válvulas de cierre en los ductos del aceite y radiadores de refrigeración.
- Revisión de los sitios previstos con empaquetaduras.
- Estanqueidad.
- Elemento de entrada de aire seco para el tanque del conservador y del conmutador (silicagel de color azul, comprobar el estado de limpieza del filtro, así como su respectiva hermeticidad).
- Para los indicadores de temperatura del aceite, incluyendo los de la imagen térmica, serán sacados de su posición y comparados con un termómetro de mercurio mediante el calentamiento forzado en agua y en

aceite.

- Resistencia calefactora.
- Puesta a tierra de rieles, carcaza, tablero y neutros.
- Pintado exterior.
- Radiadores
- Ventiladores (sentido de giro, rodajes, motor).
- Conexionados, conectores y acometidas sobre los terminales, los que no deben ejercer esfuerzos mecánicos sobre los aisladores pasantes.
- Astas espinterométricas.
- Tableros.
- Tanque de expansión.
- Relé buchholz del transformador y del conmutador.
- Relé de presión.

## **2- Pruebas**

Se deberán realizar las siguientes pruebas para verificar el funcionamiento y características del transformador de potencia y llenar los protocolos:

- Se harán operar mediante excitación directa todas las alarmas y disparos para la protección del transformador.
- Pruebas de medición de aislamiento (IEC 76-1 CI 10.1.3/IEEE Std 62 CI 6.1.5).
- Prueba de Factor de Potencia y capacitancia (IEC 76-1 CI 10.1.3/IEEE Std 62 CI 6.1.6/ ASTM 924).
- Prueba de Resistencia de arrollamientos (IEC 76-1 CI 10.2/IEEE Std 62

CI 6.1.1).

- Prueba de Relación de Transformación en todas las derivaciones (IEC 76-1 CI 10.2/IEEE Std 62 CI 6.1.2.3).
- Se someterá al aceite a una prueba de rigidez dieléctrica (ASTM 877).
- Verificación del funcionamiento del conmutador en todos sus escalones, para prever falsos fines de carrera o falsos bloqueos mecánicos.
- Control de la coincidencia de la posición del mando mecánico del conmutador con las derivaciones correspondientes.
- Para reguladores bajo carga se hará el control del bloqueo, entre mando remoto-local y eléctrico-manual del conmutador, así como el bloqueo de las posiciones extremas. Se verificará el funcionamiento del conmutador comandado por el mismo regulador de tensión
- Prueba de continuidad para todas las posiciones del regulador de carga

### **Medición de Resistencia de Aislamiento**

Esta prueba es utilizada para determinar los estados de secado del aislante y si hay baja resistencia entre bobinados, entre bobinados y tierra como resultado de deterioro de aislamiento de las bobinas. Puede también descubrir peligros en los bushing.

El método de medición de resistencia de aislamiento es normalmente ejecutada con megóhmetros de voltaje continuo mayores a 5000 voltios, comúnmente llamado megger, el cual indica directamente la resistencia de aislamiento en megohm.

Los valores de prueba medidos son afectados por variables como la temperatura, la humedad, el voltaje de prueba y el tamaño del

transformador. Resultados de prueba de aislamiento pueden ser engañosos a menos que se admitan en el contexto pruebas de aparatos similares o pruebas en la misma pieza tomados en fábrica. Los datos de prueba serán guardados para propósito de futuras comparaciones. Los valores de prueba serán normalizados a 20°C para poder comparar. La regla general, que es usada para aceptar valores para energización segura es 1 megohm por KV de la relación de placa + 1 megohm; los procedimientos de prueba son como sigue:

No desconectar la conexión de tierra del tanque y núcleo del transformador. Asegurarse que el tanque y núcleo estén aterrados.

Desconectar las conexiones de alto voltaje, bajo voltaje y neutro, los pararrayos, sistema de ventilación, medidores, o algún sistema de control de bajo voltaje que esta conectado al bobinado del transformador.

Antes de empezar la prueba, juntar con puentes todos los bushing del alto voltaje, asegurando que los puentes sean limpios y no rocen partes de tierra. También juntar todos los bushing de bajo voltaje y neutro.

Usar un megóhmetro con escala mínima de 20000 megohm.

Las medidas de resistencia son hechas entre el set de bobinados y tierra.

La lectura del megóhmetro sería mantenida por un periodo de un minuto.

Hacer las siguientes lecturas para transformadores de dos bobinados:

Bobinado de alto voltaje a bobinado de bajo voltaje y tierra

Bobinado de alto voltaje a tierra

Bobinado de baja a bobinado de alta y tierra

Bobinado de baja a tierra

### Bobinado de alto voltaje a bobinado de bajo voltaje

Para transformadores de 3 arrollamientos la prueba sería hecha como sigue:

Alta a Baja, terciario y tierra

Terciario a alta, baja y tierra

Baja a alta, terciario y tierra

Alta, Baja y terciario a tierra

Alta y terciario a Baja y tierra

Baja y terciario a Alta y tierra

Alta y Baja a terciario y tierra

No hacer prueba con el megóhmetro en un transformador sin líquido, porque los valores de aislamiento serán mucho más menores que con líquido. También no hacer pruebas de resistencia de aislamiento cuando este esté bajo vacío, por la posibilidad de una descarga a tierra.

### **Prueba de Rigidez Dieléctrica.**

Esta es una prueba de sobrevoltaje AC, es una medición de la habilidad que tiene un aceite aislante para soportar una diferencia de campo eléctrico, sin que se produzca un arco entre los electrodos del campo.

Esta prueba se hace en un probador especial denominado "Probador de Rigidez Dieléctrica", la muestra del aceite se toma de la parte inferior del tanque del transformador por medio de la válvula de drenaje. Medidor portátil del dieléctrico de aceite es usualmente utilizado para hacer pruebas en el campo, son unidades con un alto voltaje variable de 40 KV o mayor entre los electrodos y tienen aisladores de prueba de bakelita. Instrucciones y

procedimientos de la prueba son como sigue:

Los electrodos y la tasa de prueba serían limpiados con paño seco de algodón, papel de seda, o con un limpiador de gamuza seco, también los electrodos y la taza de prueba podrían ser lavados y secados con hidrocarburo solvente o otros solventes convenientes hasta que ellos estén enteramente limpios. Para evitar alguna posible contaminación, preocuparse de evitar tomar los electrodos o los lados de la taza después de haberlos limpiado.

Déjese fluir algo de aceite a través de la válvula de muestreo, antes de tomar la muestra, para eliminar las impurezas que puedan existir, luego enjuagar la taza con el aceite.

Después de una limpieza completa, la taza es llenada con una nueva muestra dejándola reposar por 4 minutos para eliminar las burbujas, el voltaje es aplicado y uniformemente incrementado a una tensión aproximadamente de 3 KV/S de valor rms hasta que ocurra la ruptura. En ocasiones descargas momentáneas que no resultan en permanentes arcos pueden ocurrir, ellos serían despreciados. Si la rigidez no es menor que los valores establecidos del aceite que esta siendo probado, la prueba de la taza sería considerada en condiciones satisfactorias para prueba. Si un más bajo valor es obtenido, la taza sería nuevamente limpiada completamente para repetir la prueba.

Al empezar cada prueba los electrodos serían examinados para corrosión por picaduras y acumulación de carbón, y el espacio entre los electrodos sería chequeado

Si la prueba de una muestra esta debajo del valor de rigidez que esta siendo usado por el operador como un valor mínimo satisfactorio, la taza sería limpiada y preparada antes de probar la siguiente muestra.

Cuando se busca determinar el voltaje de ruptura del dieléctrico de un liquido, cinco rupturas pueden ser hechas en una taza llena con 1 minuto de intervalo entre rupturas. El promedio de las cinco rupturas sería considerado el voltaje de ruptura del dieléctrico de la muestra, Si el voltaje de ruptura no encuentra los criterios, el contenido de la taza sería descartado, la muestra contenida es suavemente invertida y girada, la taza nuevamente llenada, y cinco rupturas hechas en el segundo llenado de la taza. El promedio de las 10 rupturas sería considerado como voltaje de ruptura del dieléctrico de la muestra. No sería descartada la no ruptura.

### **Prueba de relación de transformación**

El método de medición mas usado es por medio de un aparato denominado TTR (Transformer Test-Turn Ratio). La TTR funciona para asegurar que la relación del número de vueltas del transformador es correcta, esto es, ningún bobinado esta cortocircuitado. Básicamente esto compara el número de vueltas en bobinado 1 con el número de vueltas en bobinado 2. La prueba estaría funcionando para cada posición de Tap para transformadores equipados con conmutador de tomas de regulación. La prueba TTR puede también verificar la polaridad del transformador. La prueba TTR para recepción no sería mas grande que 0.5% como comparación a valores calculados.

La prueba TTR aplica 8 VAC al bobinado de bajo voltaje de el

transformador bajo prueba y el transformador diferencial en el equipo TTR. El bobinado de alto voltaje del transformador bajo prueba y el transformador referencial del TTR están conectados a través de un instrumento detector de cero (null). Después la polaridad ha sido establecida a 8V. Cuando el detector lee cero, la lectura del dial indicará la relación de prueba del transformador bajo prueba.

Los procedimientos siguientes son usados para conducir la prueba de TTR:

- Familiarizarse con el manual de operación del TTR

- El transformador es aislado , marcado y desconectado.

- Leer datos de placa del transformador.

- Observar polaridad y vectores (fasores).

- Calcular relación para cada posición de las tomas de carga y no carga.

### **Prueba de polaridad del transformador.**

Hay un número de equipos de prueba de relación de transformación avalados por la industria de potencia que da este servicio. Estos instrumentos cuando son operados en concordancia con las instrucciones de manufactura, proporciona convenientemente una lectura de exactitud de relación de transformación y polaridad en transformadores de potencia.

Si un equipo de pruebas comercial no es disponible, entonces la polaridad del transformador puede ser medida y interpretada usando los siguientes procedimientos mostrados en un transformador de dos bobinados:

**Medición de polaridad del transformador por fuerza inductiva:** Polaridad por fuerza inductiva puede ser medida usando dos voltímetros DC y fuente DC de corriente. Por razones de protección es preferible aplicar la fuente DC

a través del bobinado de alto voltaje. Un voltímetro DC sería colocado a través de terminales H1 – H2 , con el terminal positivo conectado al terminal H1. Otro voltímetro DC sería colocado a través de terminales X1 – X2, con el positivo conectado al terminal X1.

Una fuente de bajo voltaje, tal como una batería, sería conectado a los terminales H1 – H2 , de este modo causa una pequeña pero notoria deflexión del voltímetro DC conectado a través de terminales H1 – H2. La conexión de fuente de DC sería tal que el voltímetro DC está indicando positivo. La magnitud de la deflexión no es importante. La dirección de la deflexión del voltímetro DC conectado a través de terminales X1 – X2 sería observado cuando la excitación es rota.

Si la deflexión es positiva entonces el transformador es aditivo. Si la deflexión es negativa entonces el transformador es substractivo. La magnitud de la deflexión no es importante, solamente la polaridad.

Esta prueba sería repetida para cada fase de un transformador polifásico, cada fase de un transformador polifásico tendría la misma polaridad relativa cuando es probada en acordancia con cualquiera de los métodos mostrados o con un instrumento comercial.

**Medida de polaridad del transformador por voltaje alterno:** Si una relación de transformación es menor que 30 entonces la polaridad puede ser medida usando una conveniente fuente de corriente alterna, un puente entre H1 y X1, y un voltímetro AC conectado entre H2 y X2.

Un pequeño voltaje alterno, proporcionado por un transformador variable protegido por fusible sería aplicado a terminales H1 – H2. Si la

lectura de voltímetro AC es menor que el voltaje de la fuente entonces la polaridad es sustractiva. Si el voltímetro indica un valor mayor que la fuente de voltaje entonces la polaridad del transformador es aditiva.

### **Prueba de resistencia de bobinado en DC.**

Esta prueba mide la resistencia DC del bobinado del transformador y esta hecho con un medidor de baja resistencia o un puente Kelvin. La medición es hecha fase a neutro para un transformador trifásico en estrella y fase-fase en uno de bobinado delta. En toda prueba, su lectura sería convertida a una temperatura común como 75°C que den un resultado significativo, desde la mayoría de datos de fábrica son dados a esta temperatura.

Para bobinados de cobre la siguiente fórmula puede ser usada a convertir el resultado de prueba a 75°C.

$$R_{75} = R_{\text{prueba}}(234.5 + 75)/(234.5 + \text{temp arroll } ^\circ\text{C}.$$

Los valores de prueba después de la corrección de temperatura serian comparados con los valores de fábrica o prueba anterior para evaluar las condiciones del transformador. Los criterios de aceptación para pruebas de campo es que ellas estarían dentro de los límites del 2% de los valores de fábrica. Un gran cambio están indicando cortocircuitos, empalmes malos o malos contactos del conmutador de tomas del transformador.

### **5.3.4 Interruptores**

#### **Documentos de Base**

El equipo cuenta con Manuales Técnicos, Planos de Montaje, Certificados de Pruebas y Reportes de prueba en fábrica que garantizan el funcionamiento de este de acuerdo a Normas Internacionales como IEC 56 , 60, 265, 267, 376 y 694 exigidas por el Ministerio de Energía y Minas en MEM/DEP 221/ETS-SE-002.

## **Secuencia de Pruebas de Campo**

### **1- Inspección**

- Control de montaje, conexionado y fijación, puesta a tierra del interruptor.
- Control de datos de placa según protocolo de fábrica.
- Control de equipamiento de los paneles de accionamiento y mando eléctrico.
- Control de Presión o fugas de SF6 de acuerdo al tipo de interruptor.
- Control de enclavamientos.

### **2- Pruebas**

Luego de lo anterior se procederá a verificar la parte operacional, es decir el funcionamiento y ciertas características eléctricas, por lo que cada interruptor de potencia deberá ser sometido a las siguientes pruebas:

- Verificación de operación de apertura y cierre con cada uno de los mandos previstos y del correcto funcionamiento del contador de maniobras (IEC 56-2 cl 6.102.3.2).
- Verificación del ciclo de operación y de indicado de posición (IEC 265-2 cl 6.101.1).
- Tiempos de apertura y cierre (IEC 56/ANSI C37.09).
- Tensión auxiliar de mando.

- Medición de resistencia de contactos (IEC 694 cl 6.4.1).
- Pruebas de medición de aislamiento (IEC 694 cl 6.4).
- Pruebas de presión y/o pérdida de gas.
- Verificación de discordancia de polos.
- Verificación del sistema de antibombeo.
- Verificación del funcionamiento de todos los equipos de medición, relés alarmas y disparos.
- Verificación de los bloqueos al cierre y apertura por acción de los equipos propios del interruptor.

#### **Prueba de Medición de resistencia de aislamiento.**

La prueba de medición de resistencia de aislamiento puede ser ejecutada en todos los tipos de interruptores eléctricos, usando el medidor de resistencia de aislamiento comúnmente conocido como MEGGER . La prueba de resistencia de aislamiento consiste en aplicar voltaje (500 – 15000 VDC) a los aparatos para determinar el valor en megohms de resistencia. Varios factores serían tomados en cuenta cuando funciona esta prueba. En vista de esto, los resultados de prueba solamente serían interpretados para propósito de comparación. Esto no indica la calidad en primera cuenta del sistema aislante, desde el punto de vista de la estabilidad del dieléctrico. Cuando se este probando es recomendable que equipo auxiliar tal como transformador de potencial, y pararrayos hayan sido removidas sus conexiones al interruptor. La prueba de resistencia de aislamiento es hecha con el interruptor en posición abierta y posición cerrada, considerando que la prueba de aislamiento para barras es hecha con una fase a tierra en un

tiempo. Con las otras dos fases aterrizadas. Los procedimientos para esta prueba son como sigue

- 1- Interruptor abierto: conectar terminal de alto voltaje a polo 1. Aterrizarse todos los otros polos. Repetir para polo 2 hasta 6, cambiando, con otros polos aterrizados.
- 2- Interruptor cerrado: Conectar terminal de alto voltaje a polo 1 o 2 como sea conveniente, con cada otro polo de fase 2 y 3 aterrizados. Repetir para fases 2 y 3 con otras fases aterrizadas.
- 3- Barras: Conectar terminal de alto voltaje a fase 1 con fases 2 y 3 aterrizadas. Repetir lo mismo para fases 2 y 3 con otras fases aterrizadas. Repetir esta prueba para chequear resistencia de aislamiento entre fase 1 a 2, fase 2 a 3 y fase 3 a 1.

### **Prueba de medición de resistencia de contactos**

Contactos estacionarios y movibles son fabricados de aleaciones que están formulados a sufrir (aguantar) los abusos del arco eléctrico. De cualquier modo, la resistencia eléctrica de sus contactos debido a repetidos arcos, resulta en un significativo decrecimiento en la capacidad para transportar corriente. La excesiva corrosión de los contactos esta en detrimento al funcionamiento del interruptor. Un camino a chequear contactos es aplicar corriente DC y medir resistencia de contactos o caída de voltaje a través de los contactos cerrados. La resistencia de contactos del interruptor estaría medida desde el terminal de bushing al terminal de bushing con el interruptor en posición cerrada. Es recomendable que para pruebas de resistencia en mediana y alta tensión sean hechas con 100 A ó

mayores en DC. El uso de valores de corriente más altos da resultados más confiables que usando valores más bajos de corriente. El valor de resistencia es usualmente medido en microhms. La evaluación sería hecha comparando los valores de resistencia de las tres fases, con cada otra, o con valores de resistencia de otros interruptores similares. Una diferencia de más del 50% en valores de resistencia entre las tres fases de un interruptor justificaría promover una investigación.

### **Análisis del tiempo en apertura y cierre del interruptor.**

Esta prueba es usualmente utilizada en interruptores de mediana y alta tensión, detecta problemas en el mecanismo de operación. Esta prueba puede ser ejecutada con un analizador mecánico o electrónico de tiempo de viaje. Hoy el analizador electrónico de tiempo de viaje está reemplazando a los analizadores mecánicos de tiempo de viaje, el sistema TR3000 de la DOBLE mide precisamente el funcionamiento electrodinámico y mecánico de interruptores de alto voltaje. Con cada analizador , la información de la operación mecánica del interruptor es proporcionada en forma de planos o gráficos los cuales pueden ser usados a evaluar:

- 1- Velocidad de apertura y cierre
- 2- Golpe de contactos.
- 3- Sincronización.
- 4- Tiempo de apertura y cierre.
- 5- Operación de disparo.
- 6- Operación de desconexión libre. Operación de desconexión y recierre.

Los problemas usualmente detectados con esta prueba son, deficiente

retardo, deficiente ajuste, débil aceleración de arranque.

### **5.3.5 Seccionadores**

#### **Documentos de Base**

El equipo cuenta con Manuales Técnicos, Planos de Montaje, Certificados de Pruebas y Reportes de prueba en fábrica que garantizan el funcionamiento de este de acuerdo a Normas Internacionales como IEC 129, 168, 265, 273 y 694 exigidas por el Ministerio de Energía y Minas en MEM/DEP 221/ETS-SE-003.

#### **Secuencia de Pruebas de Campo**

##### **1- Inspección**

Una vez instalado el Seccionador se deberá verificar visualmente lo siguiente:

- Rigidez de montaje
- Estado de los contactos
- Estado de los aisladores soportes
- Conexión a tierra
- Alineación con las estructuras y conexiones de alta tensión.
- En los Seccionadores de puesta a tierra se verificará que la conexión flexible es adecuada y está correctamente conectada, además se verificará de que el contacto entre la cuchilla y el borne de aterramiento esté lo suficientemente bien hecho para asegurar una buena puesta a tierra.

##### **2- Pruebas**

Para verificar la operación correcta del Seccionador, incluyendo

mecanismo de accionamiento, señalización y enclavamiento, se deberán ejecutar las siguientes pruebas de funcionamiento.

**Operación de apertura y cierre (IEC 129 cl 6.102.3).**

Utilizando el mando manual, el mando a distancia a motor eléctrico, o el mando local no manual, se deberá verificar lo siguiente:

- Ejecución adecuada de las órdenes de apertura y cierre.
- Simultaneidad de apertura y cierre de los tres polos del Seccionador sin sobrecarreras inadecuadas.
- Alineamiento correcto de los contactos al momento de apertura y cierre.

**Enclavamiento mecánico y eléctrico (IEC 129 cl 5.104.1).**

- Se deberá verificar que el cierre y/o apertura del Seccionador tenga un enclavamiento eléctrico con el interruptor respectivo.
- Se deberá verificar el enclavamiento mecánico entre la cuchilla de puesta a tierra y el seccionador.

**Medición de la resistencia de los contactos (IEC694 cl 6.4).**

Un camino a chequear contactos es aplicar corriente DC y medir resistencia de contactos o caída de voltaje a través de los contactos cerrados. La resistencia de contactos del seccionador estaría medida desde el terminal de bushing al terminal de bushing con el seccionador en posición cerrada. Es recomendable que para pruebas de resistencia en mediana y alta tensión sean hechas con 100 A ó mayores en DC. El uso de valores de corriente más altos da resultados más confiables que usando valores más bajos de corriente. El valor de resistencia es usualmente medido en microhms con un equipo llamado Microhmímetro. La evaluación sería hecha

comparando los valores de resistencia de las tres fases, con cada otra, o con valores de resistencia de otros seccionadores similares.

### **Medición de Resistencia de Aislamiento (IEC 694 cl 6.4).**

Esta prueba puede ser conducida en aplicaciones de 5000 a 15000 voltios. El instrumento usado es el Megóhmetro, de manivela, a motor o electrónico, que indicara la resistencia de aislamiento en megohmios.

La calidad de aislamiento es una variable dependiente de la temperatura, humedad y otros factores del medio ambiente. Por lo tanto, todas las lecturas pueden ser corregidas a la temperatura estándar para la clase de equipamiento bajo prueba. Esta prueba puede ser útil en dar una indicación del deterioro que toma el sistema de aislamiento de los polos.

### **5.3.6 Transformadores de Tensión**

#### **Documentos de Base**

El equipo cuenta con Manuales Técnicos, Planos de Montaje, Certificados de Pruebas y Reportes de prueba en fábrica que garantizan su funcionamiento, de acuerdo a Normas Internacionales como IEC44 , 186 y 358 exigidas por el Ministerio de Energía y Minas en MEM/DEP 221/ETS-SE-004.

#### **Secuencia de Pruebas de Campo**

##### **1- Inspección**

Se deberá proceder a realizar una inspección ocular del transformador de tensión para verificar que las condiciones generales son las correctas; esta inspección visual consistirá en lo siguiente:

- Verificar el tipo de transformador.

- Revisión del estado de los aisladores.
- Control de datos de placa según protocolo de fábrica.
- Control de caja de bornes.
- Comprobación del nivel de aceite aislante (sí el equipo tiene los dispositivos).
- Revisión que no existe escapes de aceite.
- Revisión del conexionado, que la conexión a tierra sea la correcta.
- Revisión de la rigidez del montaje.

## **2- Pruebas**

Las pruebas a las cuales deberán ser sometidas los transformadores de tensión para la verificación de su funcionamiento y de sus características eléctricas son las siguientes:

- Verificación de la secuencia de fases en los circuitos secundarios trifásicos.
- Verificación de la indicación de los aparatos en el tablero de mando.
- Verificación de la Polaridad (IEC 44-2).
- Resistencia de aislamiento en el primario y secundario (IEC 186/IEEE C57.13).
- Se verificará su relación de transformación (IEC 44-2).

### **5.3.7 Transformadores de Corriente**

#### **Documentos de Base**

El equipo cuenta con Manuales Técnicos, Planos de Montaje, Certificados de Pruebas y Reportes de prueba en fábrica que garantizan el funcionamiento de este de acuerdo a Normas Internacionales como IEC 44 ,

185 Y 296 exigidas por el Ministerio de Energía y Minas en MEM/DEP 221/ETS-SE-005.

## **Secuencia de Pruebas de Campo**

### **1- Inspección**

Se realizará una inspección ocular para verificar que las condiciones generales del transformador de corriente son las correctas. Esta inspección visual consistirá en lo siguiente:

- Control de datos de placa según especificaciones de fábrica.
- Revisión de la fundación de la estructura soporte si fuera el caso.
- Revisión del estado de los aisladores.
- Revisión de que no existen escapes de aceite.
- Comprobación del nivel de aceite (si el equipo cuenta con estos dispositivos).
- Verificar caja de bornes y conexionado.
- Verificación de que la conexión a tierra es la correcta.
- Verificación de que las conexiones externas de alta tensión son firmes y con los conectores adecuados.
- Verificación de la rigidez de la estructura soporte si fuera el caso.

### **2- Pruebas**

Las pruebas a las cuales deberán ser sometidos los transformadores de corriente para la verificación de su funcionamiento y determinación de sus características eléctricas son las siguientes:

- Pruebas de Intensidad de corriente primaria, que consiste en la aplicación de corriente a través de los circuitos primarios de todos los

transformadores de corriente con el fin de verificar la relación de transformación y la correcta conexión de los circuitos secundarios de corriente, verificando la polaridad. Esta prueba de intensidad primaria se realiza primero sobre un transformador de corriente solamente tomando medidas de corriente secundaria, corriente primaria y corriente de retorno (IEEE/ANSI C57.13.1.6 y 7).

- Resistencia de arrollamientos (IEEE/ANSI C57.13.1.8).
- Chequeo del uso apropiado de los secundarios del transformador de medida.
- Prueba de Resistencia de aislamiento (IEEE/ANSI C57.13.1.5)

### **5.3.8 Pararrayos**

#### **Documentos de Base**

El equipo cuenta con Manuales Técnicos, Planos de Montaje, Certificados de Pruebas y Reportes de prueba en fábrica que garantizan el funcionamiento de este de acuerdo a Normas Internacionales como IEC 60 e IEC 99 e IEC 37 exigidas por el Ministerio de Energía y Minas en MEM/DEP 221/ETS-SE-006.

#### **Secuencia de Pruebas de Campo**

##### **1- Inspección**

Una vez instalado el pararrayos se deberá verificar visualmente lo siguiente:

- Rigidez del montaje
- Rigidez de la estructura soporte
- Estado de los aisladores

- Fundación de la estructura soporte
- Verificación de la conexión a tierra del pararrayos
- Estado del contador de descargas.

## **2- Prueba**

Las pruebas a las cuales deberán ser sometidos los pararrayos son las siguientes:

- Se deberá medir el aislamiento del pararrayos con respecto a la masa (IEC99-4).
- Se deberá verificar la conexión entre el pararrayos y el contador de descarga

### **5.3.9 Celdas de 10 KV**

#### **Documentos de Base**

El panel cuenta con Manuales Técnicos, Planos de Montaje, Certificados de Pruebas y Reportes de prueba en fábrica que garantizan el funcionamiento de este de acuerdo a Normas Internacionales como IEC 51, 144, 157, 158 y 298, 337 , 186 y 358 exigidas por el Ministerio de Energía y Minas en MEM/DEP 222/ETS-SE-103.

#### **Secuencia de Pruebas de Campo**

##### **1- Inspección**

Una vez instalado las celdas se deberá verificar visualmente lo siguiente:

- Revisión de la fundación y su anclaje.
- Estado de las porcelanas aislantes.
- Pintura externa e interna.

- Rigidez del conjunto.
- Combaduras o aplastamiento en chapas.
- Hermeticidad y cerradura de la puerta.
- Candado o pasador de la puerta.
- Protección contra insectos y animales pequeños.
- Ventilación interna.
- Calefacción interna.
- Iluminación interna.
- Puesta a tierra.
- Revisión del cableado interior para verificar que el mismo corresponde a los diagramas presentados por el Contratista.
- Se exige que la identificación sea tal que permita una revisión fácil y rápida del cableado y simplifique los eventuales cambios y reparaciones.
- Se verificará que aquellos equipos y conexiones que deben ser accesibles, en efecto lo sean.
- Se verificará que todos los materiales utilizados son inoxidable.
- Estado de todos los equipos y materiales.

## **2- Pruebas**

Las pruebas a que deben ser sometidas las celdas metálicas y sus componentes serán todas aquellas que están especificadas para cada tipo de equipo (por ejemplo: interruptores de potencia (IEC 157,337), transformador de tensión(IEEE C57.13), transformadores de corriente (IEEE C57.13.1), relés de protección, equipos de medición y control, etc.) además de las que se señalan a continuación:

- Pruebas de funcionamiento y de características eléctricas.
- Verificación de posición y enclavamiento.
- En la posición de mantenimiento (desconectado).
- Interruptor en posición: Barra a tierra.
- Interruptor en posición: Conectado (servicio).
- Seccionador de tierra en posición: Abierto o cerrado.
- Verificación de operación de los circuitos de control.
- Aislamiento de barras.
- Aislamiento de empalmes y copas terminales.

### **5.3.10 Tableros Eléctricos**

#### **Documentos de Base**

El equipo cuenta con Manuales Técnicos, Planos de Montaje, Certificados de Pruebas y Reportes de prueba en fábrica que garantizan el funcionamiento de este de acuerdo a Normas Internacionales como IEC 51, 144, 157, 158 y ANSI 61 exigidas por el Ministerio de Energía y Minas en MEM/DEP 222/ETS-SE-103.

#### **Secuencia de Pruebas de Campo**

##### **1- Inspección**

La inspección visual de los tableros consistirá en los siguiente:

- Verificación de la rigidez del conjunto.
- Verificación del numero y ubicación de la celda.
- Revisión de la firmeza de las conexiones entre todos los elementos del tablero o gabinete.
- Verificación de la limpieza del gabinete o tablero.

- Verificación de que no existe oxidación.
- Inspección visual del buen estado de todos y cada uno de los componentes de las celdas, (relés, medidores, conmutadores, de control, etc.).
- Revisión de la conexión a tierra del gabinete o tablero.
- Revisión de que el cableado interno corresponde a los esquemas de cableado presentados por el Contratista.

## **2- Pruebas**

En general el tablero en sí no es sometido a ninguna prueba. Los elementos componentes del tablero (relés, medidores, conmutadores, relés auxiliares, etc.) son sometidos a pruebas de funcionamiento y características eléctricas en forma particular o asociados junto con los equipos principales con los cuales están accionados.

- Pruebas del panel de alarmas
- Verificación del funcionamiento del chequeo del sincronismo
- Verificación de los bloqueos entre interruptores y seccionadores
- Verificación de la apertura de interruptores con fallas simuladas
- Pruebas en servicio de los relés
- Pruebas con tensión en vacío
- Pruebas con carga
- Pruebas por muestreo del aislamiento.
- Revisión de que el cableado interno corresponde a los esquemas de cableado presentados por el Contratista.

### **5.3.11 Cables de Potencia**

## **Documentos de Base**

Los terminales y cables de energía cuenta con Manuales Técnicos, Planos de Montaje, Certificados de Pruebas y Reportes de prueba en fábrica que garantizan el funcionamiento de este de acuerdo a Normas Internacionales como IEC 228, 502, 540 y 230 exigidas por el Ministerio de Energía y Minas en MEM/DEP 222/ETS-SE-104.

### **1- Inspección**

Durante el montaje y una vez finalizado este trabajo, se realizará una inspección para verificar el estado general de los cables y accesorios, de tal manera que no haya nada anormal, antes del inicio de las pruebas.

La inspección consistirá en lo siguiente:

- Verificación del estado físico de los cables
- Verificación de las distancias entre cables
- Rotulado de cables

### **2- Pruebas**

Las pruebas de recepción en el sitio de montaje de los cables de potencia, serán realizadas con equipos apropiados y siendo las siguientes:

- Verificación que el cable corresponde a la sección especificada en los planos.
- Verificación de la puesta a tierra de la pantalla protectora del cable.
- Verificación del rotulado e identificación.
- Medición de la resistencia óhmica de cada cable.
- Medición de los valores de inductancia.
- Aislamiento entre fases y fases a tierra.

- Prueba de tensión con corriente continua.

### **5.3.12 Sistema de tierra**

Con este fin se verificará y recalculará, el sistema de puesta a tierra de las subestaciones del Proyecto con los valores de resistividad reales obtenidos por medición en el lugar de emplazamiento de las instalaciones, siguiendo las recomendaciones de la norma IEEE 80.

El método utilizado para medir la puesta a tierra es el Método de los tres electrodos. Utiliza la configuración de los tres electrodos en línea recta.

El primer electrodo "E" es la misma puesta a tierra, el segundo electrodo "P2" es el de Potencial el que va a 62% de la distancia a "E" del electrodo de Corriente "C2", que es el tercer electrodo.

### **5.3.13 Ajuste y Calibración de Relés de Protección**

Se verificará la calidad y características técnicas de los equipos para la calibración y ajuste de los relés de protección, de acuerdo al Estudio de Coordinación, que forman parte del Estudio de Ingeniería de Detalle de Subestaciones bajo normas IEC 68, 255, 297, 529, 144 y 801.

Las pruebas consistirán en la inyección de corriente y/o tensión secundaria a cada relé de protección para determinar que su ajuste y tiempo de funcionamiento corresponde a las características ofrecidas.

En particular, se realizarán como mínimo las siguientes pruebas:

#### **Relés de sobrecorriente**

Con los ajustes requeridos para cada caso, se determinará lo siguiente:

- Corriente de arranque del elemento temporizado.
- Tiempo de funcionamiento con tres valores de la corriente de ajuste.

- Corriente de arranque del elemento instantáneo (si lo hay).
- Tiempo de funcionamiento del elemento instantáneo.
- Operación de la señal óptica.
- Operación de alarma.
- Operación del interruptor asociado al relé.

### **Relé diferencial del transformador**

Con los ajustes requeridos se realizarán las siguientes pruebas:

- Corriente de arranque.
- Tiempo de funcionamiento.
- Estabilidad para fallas externas a la zona de protección.
- Operación de la señal óptica.
- Operación de alarma.
- Operación del interruptor y relés asociados a la protección diferencial.

### **Relés direccionales**

Se aplicará al relé los valores nominales, de tensión y corriente según sea el tipo de polarización y se determinará:

- Ángulo máximo par.
- Tiempo de funcionamiento a máximo par.
- Estabilidad del relé con sólo la tensión o corriente de polarización aplicada.
- Operación de la señal optima.
- Operación de alarma.
- Operación del interruptor y relés asociados a la protección direccional.

### **Relé de distancia**

Con todos los ajustes, tanto la impedancia como de tiempos realizados, se procederá a las siguientes pruebas mediante la aplicación de cada tipo de falla de una impedancia regulable y una tensión de polarización adecuada:

- Impedancia o corriente de arranque de cada fase.
- Tiempos de funcionamiento para las diferentes zonas.
- Operación y funcionamiento de cada una de las funciones del relé como recierre, sobrecorriente, verificación dimensionismo, etc.
- Operación de la señal óptica.
- Operación de alarma.
- Operación del interruptor y equipos asociados al relé de distancia.

#### **Relé de reenganche**

Los relés, tanto rápidos como lentos, serán sometidos a las siguientes verificaciones a los ajustes adecuados en cada caso:

- Operación del control sin o con reenganche.
- Operación del control del tipo de reenganche.
- Tiempo de cada tipo de reenganche medido entre la excitación del reenganche por el relé de protección y la orden de cierre al disyuntor.
- Tiempo de bloqueo, tanto del reenganche rápido como lento.

#### **5.3.14 Calibración de Equipos de Medición**

Consistirá en realizar la inyección de corriente y/o tensión secundaria a los circuitos de medición para determinar por medio de equipos patrones, el error de los diferentes instrumentos de medición a valores variados de carga.

La inyección de corriente se hará desde la bornera del tablero de medición de llegada de los cables provenientes de los transformadores de

corriente, para de esta forma verificar las conexiones de los equipos de medición.

La tensión puede ser inyectada de la misma forma que como los circuitos de intensidad, desde la bornera, o como método alternativo se podrá utilizar la tensión de barras, pero determinando la diferencia angular entre ésta y el equipo de carga artificial.

El error de los amperímetros será determinado a cargas de 25, 50, 75 y 100% de su valor nominal.

El error de los voltímetros será determinado a cargas de 80, 90, 100 y 110% de su valor nominal.

El error de los equipos indicadores o registradores de potencia en todas sus formas, será determinado por cargas de 25, 50, 75 y 100% de su valor nominal. El factor de potencia no podrá ser menos a 0.5 para los equipos de potencia activa, ni mayor a ese mismo valor para equipos de potencia reactiva.

Las normas a consultar son IEC 68, 255, y 801.

### **5.3.15 Pruebas de Inyección de Corriente Primaria**

Consiste en la inyección de corriente a través de los circuitos primarios de todos los transformadores de corriente con el fin de verificar la relación de transformación y la correcta conexión de los circuitos secundarios de corriente.

La inyección primaria se realizara primero sobre un transformador de corriente, solamente tomando medida de corriente secundaria, corriente primaria y corriente de retorno, se elevará la corriente a valores iguales a 50,

75 y 100% el nominal.

### **5.3.16 Baterías y Cargadores de Baterías**

#### **Secuencia de Pruebas de Campo**

##### **1- Inspección**

La inspección consistirá en una inspección visual de manera de verificar lo siguiente:

- Verificación de que las baterías y el cargador no ha sufrido ningún daño físico.
- Verificación de que no existe derramamiento del electrolito de la batería.
- Verificación del nivel de electrolito en cada celda.
- Verificación de que el montaje ha sido realizado de acuerdo a las especificaciones del fabricante y que presenta rigidez. Se verificará que las conexiones entre las celdas y entre el conjunto de baterías y su cargador son las adecuadas.
- Verificación de que el sitio de ubicación de las baterías esta limpio y seco.

##### **2- Pruebas**

Las pruebas a que serán sometidas las baterías y su cargador para verificar el funcionamiento de las mismas serán las siguiente:

- Medición de la gravedad específica del electrólito de cada celda.
- Medición de la tensión de cada celda y de la tensión total del banco de baterías. En caso de que el valor obtenido sea menor que el valor especificado como carga inicial, se deberá proceder a una nueva carga.
- Prueba de carga a fondo del cargador de batería.

- Prueba de carga de compensación del cargador de batería.
- Prueba de descarga para comprobar la capacidad en Amperio-hora (Ah) del banco de baterías.
- Verificación para el cargador de batería, del funcionamiento correcto de todos los interruptores, conmutadores y demás elementos de maniobra y protección.
- Verificación del funcionamiento correcto, automático de regulación del cargador de batería mediante una fuente de tensión de corriente continua variando el valor de tensión y observando el funcionamiento del cargador.
- Medición de la tensión de entrada y salida del cargador de batería.

### **5.3.17 Pruebas en el sistema de Comunicaciones**

#### **Secuencia de Pruebas de Campo**

- Prueba en la red de Telecomunicaciones por Onda Portadora.
- Prueba en los equipos de radio VHF
- Prueba en los equipos de telefonía.

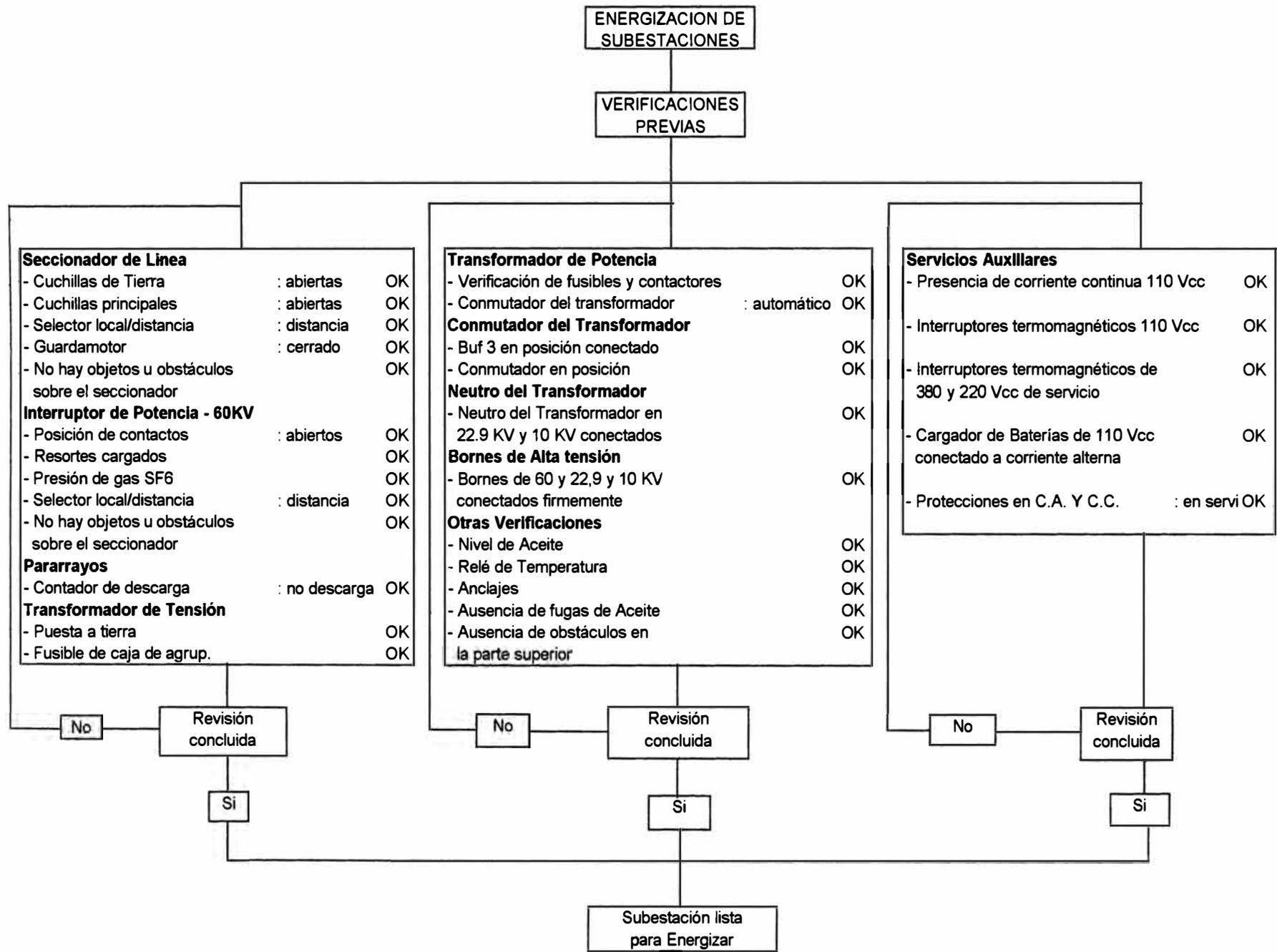
### **5.3.18 Pruebas en los equipos de Seguridad**

#### **Secuencia de Pruebas de Campo**

- Control mecánico y pruebas en el servicio de antiincendio.
- Verificar la existencia de los materiales y equipos de seguridad
- Verificar las señales de seguridad

## **5.4 Puesta en Servicio.**

### **5.4.1 Verificaciones previas para energizar**



- 1- La cuchilla de tierra del seccionador de línea debe estar abierta.
- 2- Todos los seccionadores deben estar abiertos.
- 3- Todos los interruptores deben estar abiertos.
- 4- Deben estar cerrados todos los seccionadores fusibles de los transformadores de servicios auxiliares y de los transformadores de tensión inductivo

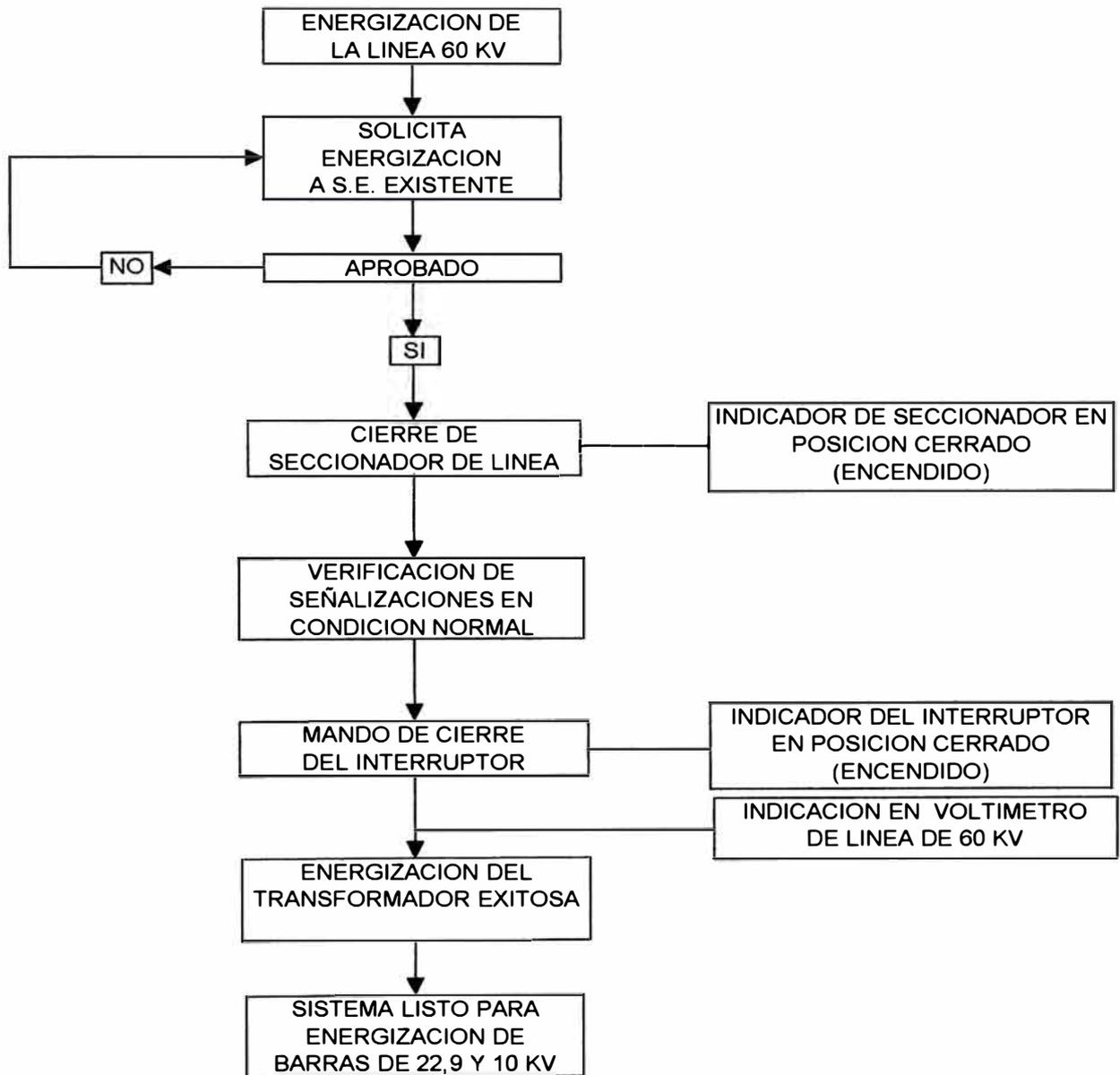
#### **5.4.2 Coordinación con sistemas de comunicaciones.**

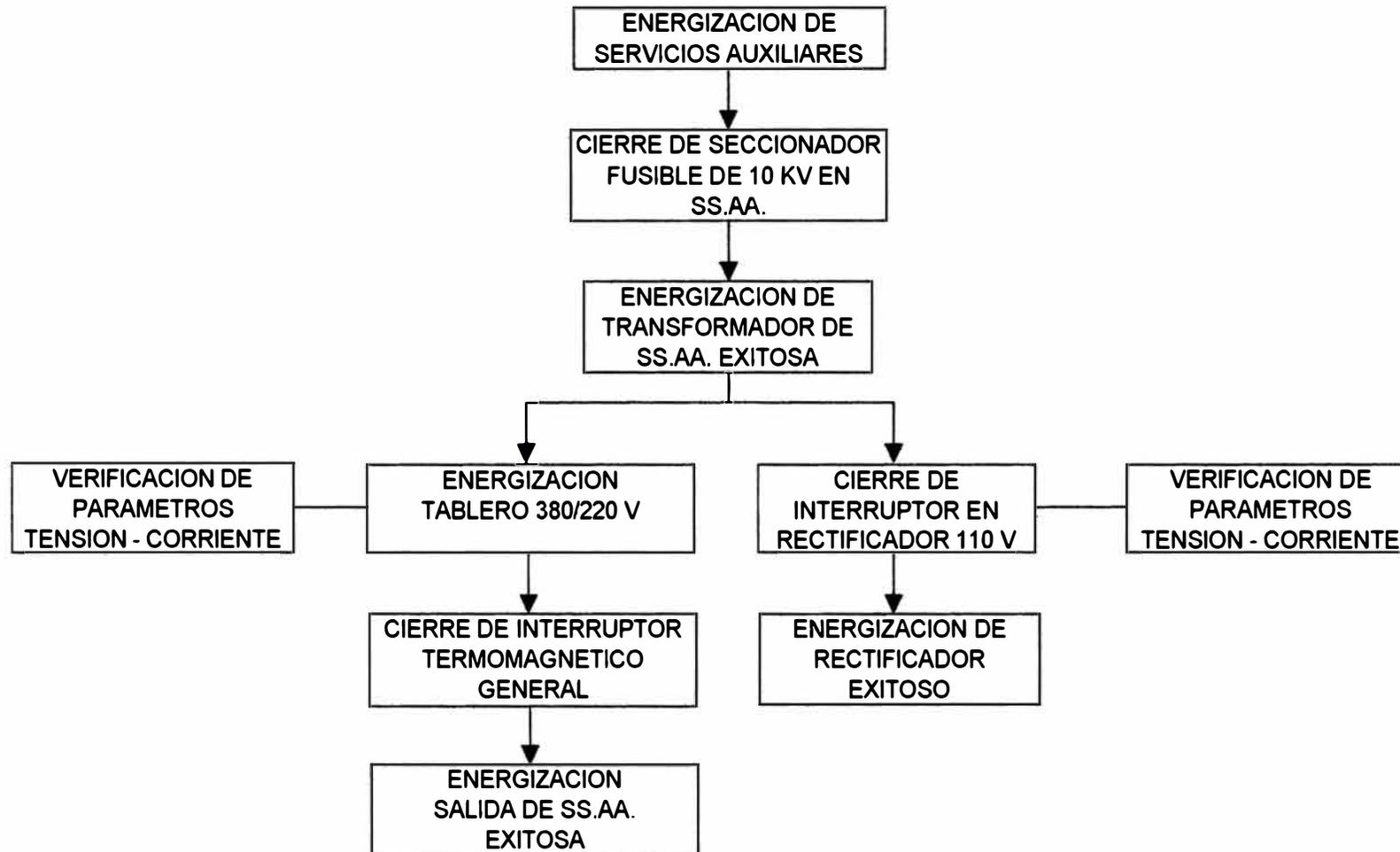
En todo momento, por medio del sistema de comunicaciones, y radio transmisores se tendrá una comunicación constante entre S.E. existente y la S.E del proyecto para la coordinación del programa de maniobras para la puesta en servicio de la Línea de Transmisión y Subestaciones, con la ayuda del diagrama unifilar codificado del Sistema eléctrico.

#### **5.4.3 Secuencia de operaciones para la energización.**

Estando previamente energizada la Línea de Transmisión de Llegada, con la coordinación de la S.E. existente, se procede a seguir la siguiente secuencia de operaciones:

- a- Energización del transformador de Potencia de S.E. del proyecto.
  - 1- Cerrar el seccionador de línea 60 KV
  - 2- Cerrar Interruptor en 60 KV
- b- Energización de la Barra 22.9 KV
  - 1- Cerrar seccionador principal en 22.9 KV
  - 2- Cerrar Interruptor principal en 22.9 KV
- c- Energización del circuito de salida 22.9 KV





- 1- Cerrar seccionador en 22.9 KV
  - 2- Cerrar Interruptor en 22.9 KV
- d- Energización del circuito de salida en 10 KV
- 1- Cerrar seccionador en 10 KV
  - 2- Cerrar Interruptor en 10 KV

La secuencia de operación para sacar fuera de servicio se recomienda por razones de seguridad ir operando contrariamente a la puesta en servicio; es decir sacar la carga tanto en 22.9 KV, 10 KV, no debe afectar al sistema, para ello se dispone de elementos adecuados de control y protección.

### **5.5 Recepción Provisional de Obra**

El ministerio designará una comisión de Recepción de obra dentro de los 45 días calendario anterior al vencimiento del plazo contractual.

Una vez que el Contratista concluya la obra, dirigirá una carta al Supervisor, solicitando se fije el día y hora para la Recepción Provisional de Obra. Este a su vez, si juzgara que la obra se encontrara satisfactoriamente concluida, presentará un informe al ministerio a efectos que se designe y/o instale la respectiva comisión de Recepción de Obra

Si la obra, a juicio del Supervisor, y de la comisión de recepción de obra se halla correctamente ejecutada conforme a los planos, especificaciones técnicas, ordenes de cambio y anotaciones del cuaderno de obras, y después de las pruebas que sean necesarias para comprobar el correcto funcionamiento de las instalaciones y equipos, se procederá a dicha **Recepción Provisional de Obra**, de lo cual se dejará constancia escrita en Acta que se levantará al efecto, la que será suscrita por los miembros de la

Comisión de Recepción de Obra, el representante del Contratista y el representante del Supervisor.

### **5.6 Operación Experimental**

Desde la fecha de Recepción Provisional empieza la **Operación Experimental** por 30 días calendario. Durante este período el Contratista mantendrá personal técnico en las subestaciones para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y corregir los defectos y / u observaciones que se hubieran presentado en la fecha de recepción provisional o presentado durante este período.

Al término de este período y a la entrega de la Ingeniería de Detalle se suscribirá un Acta de Conformidad de Operación Experimental y automáticamente se iniciará el Período de Garantía por 12 meses.

### **5.7 Recepción Definitiva de la Obra**

La **Recepción Definitiva de la Obra** tendrá lugar dentro de los 30 días calendario posteriores al vencimiento del Período de Garantía, y estará a cargo de la misma comisión de Recepción de Obra u otra que designe el Ministerio. Si no hubiere observaciones se procederá a la redacción y suscripción del **Acta de Recepción Definitiva**.

### **5.8 Liquidación de obra**

La liquidación final deberá ser acreditada con un certificado de Terminación de Obra, otorgado por el Supervisor y visado por dos representantes de la Comisión de Recepción de Obra, si han sido levantadas todas las observaciones señaladas en la Recepción Provisional, y haya quedado acreditado que el Contratista no adeuda suma alguna al

Sistema Nacional de Pensiones, y que además no tiene pendientes reclamaciones por concepto de remuneraciones y/o beneficios sociales de sus trabajadores.

Previo al pago del Certificado de Liquidación final, se descontaran del importe del mismo, los siguientes conceptos:

- a) Sumas anteriores ya pagadas en las planillas o Certificados Mensuales de Avance de Obra
- b) Reposición por daños atribuidos al Contratista, si hubiera.
- c) El porcentaje correspondiente a la recuperación de los anticipos, si hubieran saldos pendientes.
- d) Las multas y penalidades, si hubieran.

Una vez obtenido el certificado de liquidación final y estando este debidamente aprobado, el supervisor lo remitirá a la Comisión de Recepción de Obra para su revisión final y respectivo procesamiento de pago.

La liquidación final del contrato y del proyecto se aprobará por resolución del Director Ejecutivo de Proyectos, a propuesta del Supervisor y del Director de Proyectos Mayores.

## CONCLUSIONES

- 1- Es fundamental, antes de empezar el montaje, revisar con la Ingeniería de Detalle y verificar si cada equipo y soporte cumple con lo planificado. También si el material a utilizar está en almacenes.
- 2- En caso de que la Obra sea una ampliación definir y asegurarse como se interconectan en todos los campos, observando el espacio necesario y la conexión a los equipos existentes.
- 3- Analizando los esquemas de los tableros, celdas y plan de cableado, hacer una lista del material necesario para su interconexión con cable. Normalmente por ser material menudo no se metra.
- 4- Para equipos que tienen caja de mando. Si existe más de uno del mismo tipo, verificar que no se cambien, por que el equipo está garantizado que funciona óptimamente con lo que es probado. En caso contrario el proveedor no reconoce su cambio en caso de deterioro.
- 5- Conseguir anticipadamente los catálogos, reportes de pruebas de fábrica y planos de montaje que el fabricante suministra junto con los equipos.
- 6- La Subestación presentada en este Informe es una Subestación tradicional intemperie de 60 KV a más. Tomando como referencia una de 60 KV.

# **ANEXOS**

**A**

**- Formatos de Protocolos de Prueba**

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 1 de 4

### TRANSFORMADOR DE POTENCIA

SET		CELDA
ITEM	CARACTERISTICAS	RESULTADOS
1	Marca	
2	Tipo	
3	No. serie	
4	Refrigeración	
5	Relación de transformación	
6	Potencia (MVA)	
7	Tensión primaria (kV)	
8	Tensión secundaria (kV)	
9	Corriente primaria (A)	
10	Corriente secundaria (A)	
11	Tensión de C.C. (%)	
12	Nivel de Aislamiento AT KV	
13	Nivel de Aislamiento MT KV	
14	Nivel de Aislamiento BT KV	
15	Frecuencia	
16	Grupo de conexión	
17	Tipo de aceite	
18	Número de Taps	
19	Altura de Instalación	
20	Peso (Kg)	
21	Año de fabricación	
ITEM	CONDICIONES INICIALES	
<b>A</b>	<b>MONTAJE ELECTROMECHANICO</b>	
1	Fundación	
2	Anclaje	
3	Rieles y puesta a tierra	
4	Posición correcta de montaje de piezas y accesorios	
5	Porcelana de terminales, aisladores	
6	Nivel de aceite del tanque y conmutador	
7	Deshumecedor del tanque y conmutador (azul )	
8	Lubricación de las ariculaciones del conmutador	
9	Revisión de empaquetaduras	
10	Puesta a tierra de la carcaza, tablero de mando y accionamiento del conmutador	
11	Puesta a tierra del neutro	
12	Válvulas en radiadores, bloqueadas en posición	
13	Válvulas de drenaje de aceite, muestreo y recirculación	
14	Pintura y galvanizado	
15	Limpieza general	

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 2 de 4

<b>TRANSFORMADOR DE POTENCIA</b>		
SET		CELDA
ITEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
	Tableros de mando y accesorios	
	Ventiladores	
	Radiadores	
	Válvulas del Relé Buchholz	
	Ajuste de bornes ( torquimetro )	
	Ajuste general de pernos ( torquimetro )	
	Fuga de aceite	
<b>B</b>	<b>MEDIDA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO</b>	
1	Temperatura ambiente ( °C )	
2	Temperatura del aceite ( °C )	
3	Humedad relativa	
4	Tensión de prueba	
5	AT-Tierra con neutro desconectado ( M Ω )	
6	MT-Tierra con neutro desconectado ( M Ω )	
7	BT-Tierra ( M Ω )	
8	AT-MT con neutro desconectado ( M Ω )	
9	AT-BT ( M Ω )	
10	MT-BT ( M Ω )	
11	Circuito de control-Tierra ( M Ω )	
<b>C</b>	<b>APARATOS DE PROTECCION</b>	
1	Pos.: montaje relé buchholz.	
2	Alarma relé buchholz	
3	Apertura relé buchholz	
4	Purga aceite relé buchholz	
<b>D</b>	<b>NIVELES DE ACEITE</b>	
1	Temperatura aceite (°C)	
2	Alarma superior conservador trafo	
3	Alarma inferior conservador trafo	
4	Alarma superior conservador conmutador	
5	Alarma inferior conservador conmutador	
6	Secador de aire	
7	Chimenea de sobrepresión	
<b>E</b>	<b>FUNCIONAMIENTO TERMOMETROS</b>	
1	Alarma ( ° C )	
2	Apertura interruptor AT ( ° C )	
<b>F</b>	<b>IMAGEN TERMICA</b>	
1	Posicion correcta	
2	Ajuste	
3	Parada de ventiladores ( ° C )	

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 3 de 4

TRANSFORMADOR DE POTENCIA		
SET	CELDA	
ITEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
4	Arranque de ventiladores (°C)	
5	Alarma (°C)	
6	Apertura interruptor AT (C)	
<b>G</b>	<b>BORNES</b>	
1	Purga AT, BT, T.	
2	Limpieza	
<b>H</b>	<b>INSPECCION DE VALVULAS</b>	
1	.....conservador trafo	
2	.....vaciamiento trafo	
3	.....vaciamiento conservador	
4	.....muestra trafo	
5	.....muestra conservador	
6	.....muestra conservador conmutador	
7	.....radiador superior e inferior	
<b>I</b>	<b>MOTO-VENTILADORES</b>	
1	Aislamiento motores a masa con ...Vcc ( M Ω )	
2	Sentido de rotación	
3	Mando eléctrico remoto motor conmutador, orden del regulador de tensión (todos los escalones)	
4	Bloqueo, mando eléctrico motor local-remoto.	
5	Bloqueo mando manual-eléctrico.	
6	Bloqueo mecánico posiciones extremas.	
7	Bloqueo eléctrico posiciones extremas	
<b>J</b>	<b>CONMUTADOR DE TOMAS BAJO CARGA</b>	
1	Operación manual conmutador	
2	Mando eléctrico local motor conmutador	
3	Mando eléctrico remoto motor conmutador, orden del regulador de tensión (todos los escalones)	
4	Bloqueo, mando eléctrico motor local-remoto.	
5	Bloqueo mando manual-eléctrico.	
6	Bloqueo mecánico posiciones extremas.	
7	Bloqueo eléctrico posiciones extremas	
<b>K</b>	<b>CONMUTADOR SIN CARGA</b>	
1	Operación manual (todas las poslciones)	
2	Bloqueo eléctrico (apertura interrupt. AT)	
3	Continuidad para todas las posiciones	
4	Coincidencia de las derivaciones con el indicador de posiciones, todas las posiciones.	
<b>L</b>	<b>RIGIDEZ DIELECTRICA</b>	
1	Rigidez dieléctrica de aceite tanque (kV)	

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 4 de 4

<b>TRANSFORMADOR DE POTENCIA</b>			
<b>SET</b>		<b>CELDA</b>	<b>OBRA:</b>
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>RESULTADOS</b>	
2	Rigidez dieléctrica aceite tanque conmutador (kV)		
<b>M</b>	<b>RESISTENCIA DE ARROLLAMIENTOS</b>		
1	ALTA	H1-H2 H2-H3	H1-H3
2	MEDIA	X1-X2 X2-X3	X1-X3
3	BAJA	A-B B-C	A-C
<b>N</b>	<b>RELACION DE TRANSFORMACION</b>		
		A-B B-C	A-C
<b>Ñ</b>	<b>PRUEBAS VARIAS.</b>		
1	Control de grupo de conexión		
2	Prueba de tensión gradual con el trafo en vacío en diferentes puntos del conmutador bajo carga.		
3	Comportamiento del relé diferencia alimentando el trafo de potencia a plena tensión y en vacío.		
4	Verificar conexionado para ver la estabilidad de la protección diferencial contra fallas externas.		
5	Pruebas de corto circuito trifásico aislado de tierra fuera de la zona de protección diferencia para ver la estabilidad del relé.		
6	Control de apertura de interruptor de A.T. por relé diferencial.		
7	Control de apertura interruptor por relé de máx. corriente.		
<b>O</b>	<b>RELACION DE EQUIPOS DE PRUEBA</b>		
1	Medidor de relación de potencia		
2	Medidor de aislamiento		
3	Medidor de Rigidez Dieléctrica		
4	Multímetro		

**Firman en señal de conformidad**

--

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

### TRANSFORMADOR DE POTENCIA

SET

CELDA

### DEL TRANSFORMADOR

ITEM	TENSION DE DESCARGA (KV)	PROMEDIO DE LAS TENSIONES SELECCIONADAS (KV)	RIGIDEZ DEL ACEITE (KV/CM)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

### DEL CONMUTADOR

ITEM	TENSION DE DESCARGA (KV)	PROMEDIO DE LAS TENSIONES SELECCIONADAS (KV)	RIGIDEZ DEL ACEITE (KV/CM)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

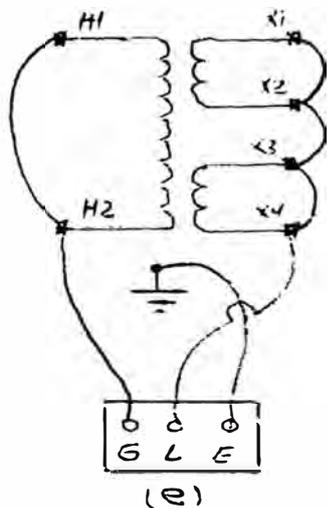
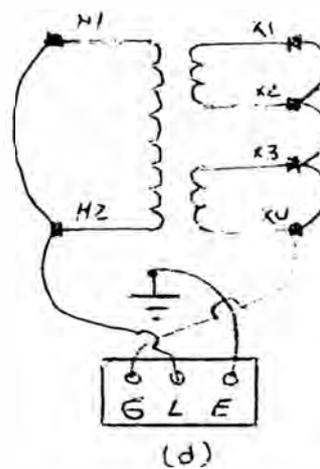
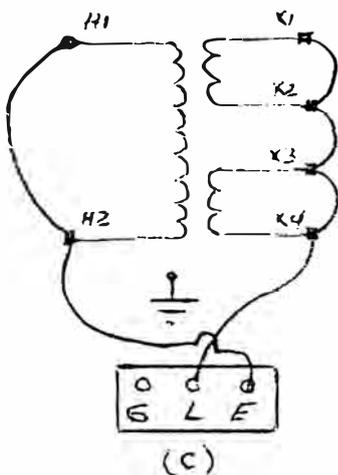
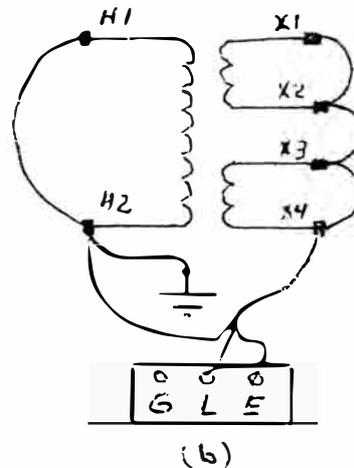
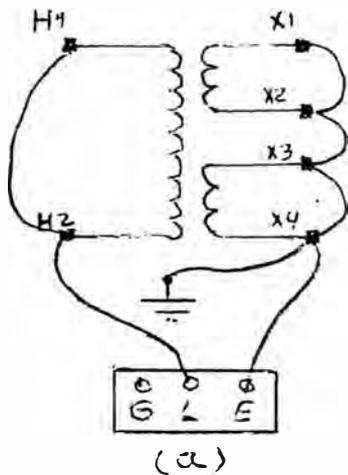
### CONDICIONES DE LAS PRUEBAS

1	Temperatura del ambiente (°C)	
2	Separación de los electrodos (mm)	
3	Tipo de electrodos (norma)	
4	Ellevación gradiente (KV/seg)	



# TRANSFORMADOR DE POTENCIA

## 1. AISLAMIENTO



\* 

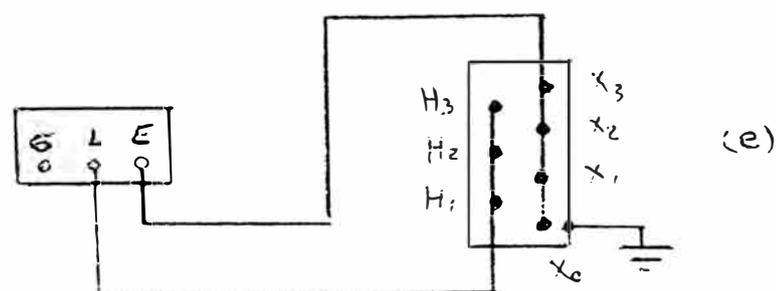
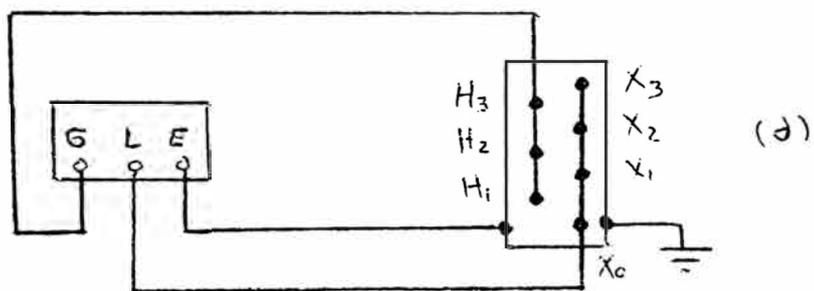
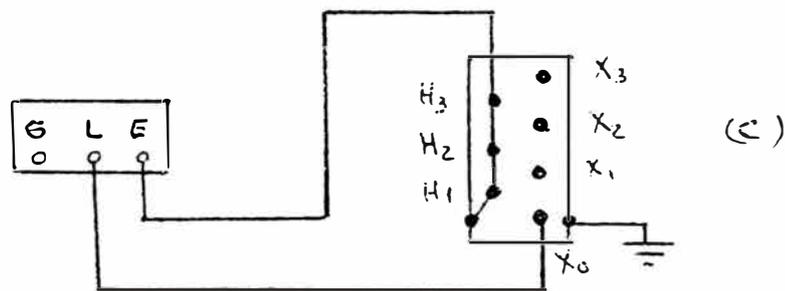
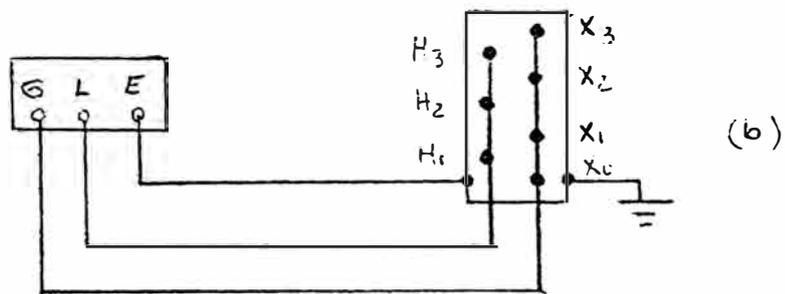
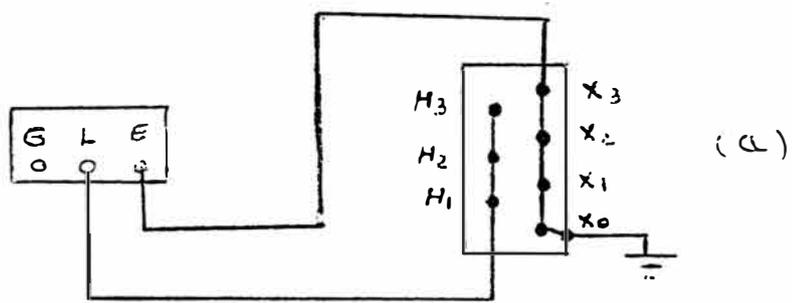
G	L	E
GUARD	LINE	EARTH

\* BORNES DEL MEGOHMETRO

# TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Megohmetro

Transformador



# TRANSFORMADOR DE POTENCIA

## 2. POLARIDAD

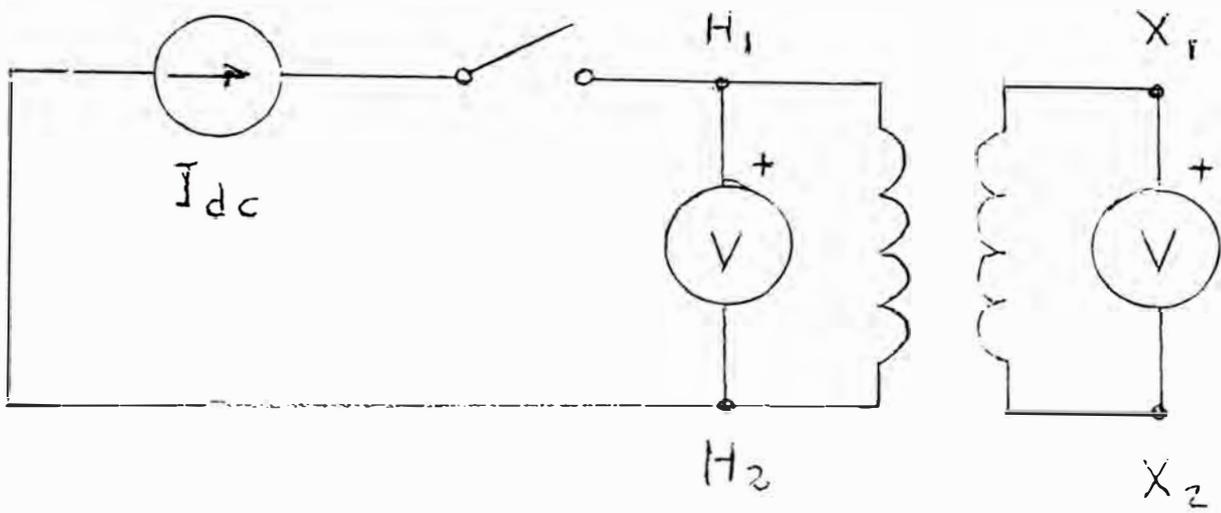
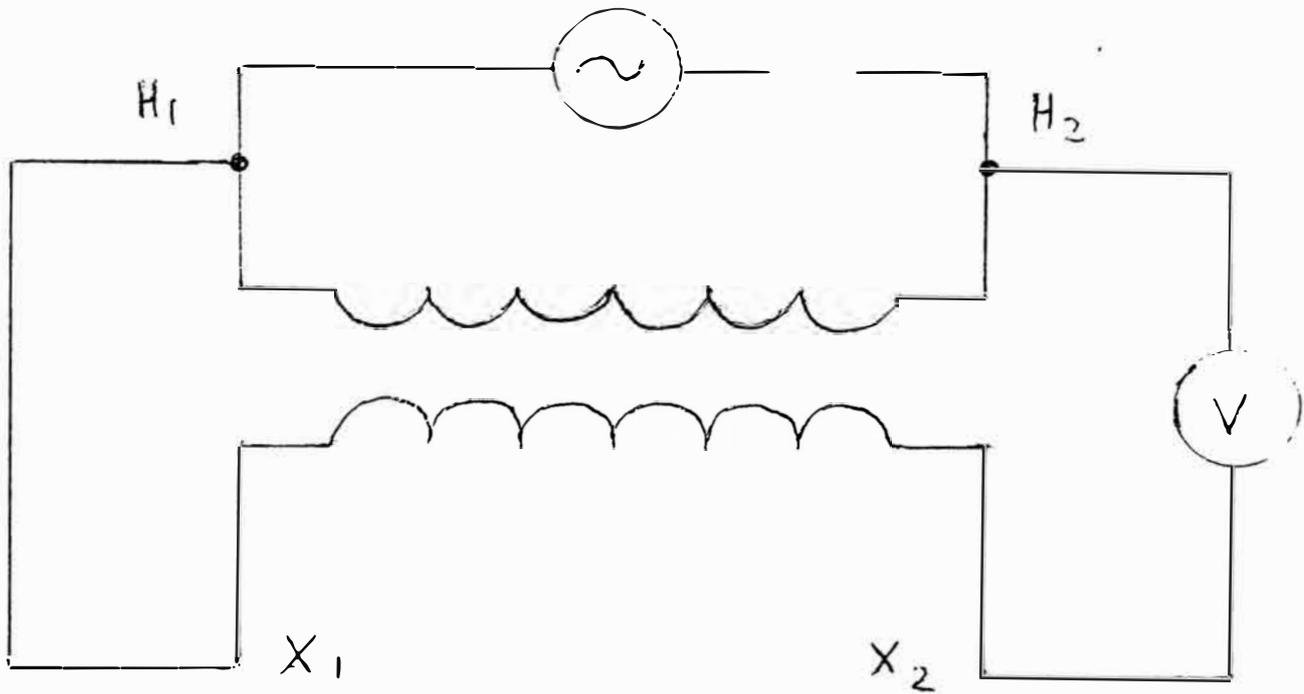


FIGURA 3



## TRANSFORMADOR DE POTENCIA

TABLA 1  
FACTORES DE CORRECCION DE TEMPERATURA

TEMPERATURA °C	TRANSFORMADORES	
	LLENO DE ACEITE	TIPO SECO
0	0.25	0.40
5	0.36	0.45
10	0.50	0.50
15.6	0.74	0.75
20	1.00	1.00
25	1.40	1.30
30	1.98	1.60
35	2.80	2.05
40	3.95	2.50
45	5.60	3.25
50	7.85	4.00
55	11.20	5.20
60	15.85	5.40
65	22.40	8.70
70	31.75	10.00
75	44.70	13.00

TABLA 2  
VALORES TIPICOS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN  
TRANSFORMADORES

VOLTAJE EN KV DEL BOBINADO	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
	menor de 6.6	400	200	100	50
6.6 - 19	800	400	200	100	50
22 - 45	1000	500	250	125	65
mayor o igual de 66	1200	600	300	1000	75

**Ref.- PROTOCOLO DE ENSAYO DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA**
**1.- IDENTIFICACIÓN :**

Cliente .....	SCADA S.A. - EDELNOR S.A. (SET JICAMARCA)	Marca .....	BROWN BOVERI ICT S.A.
Equipo.....	TRANSF. TRIFASICO DE POTENCIA	Potencia .....	25 MVA
N° de Fab.....	L-30302	Voltaje Nom.:	60/10 KV
Año .....	1982	Frecuencia :	60 Hz.
Tipo .....	TD2LF	Conexión :	Dyn5
		T.c.c. :	9.80%

**2.- TIPOS DE ENSAYOS :**
**a).- RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN :**

*[Signature]*  
**HENRY GIDALI CABRERA HIDALGO**  
Ing° Mecánico Electricista  
Reg. Colegio de Ingenieros N° 64246

Posición Tap.	Alta (VOLTIOS)	Baja (VOLTIOS)	Valor Teórico	Valores Medidos					
				U-V u-n	Desviación %	V-W v-n	Desviación %	W-U w-n	Desviación %
1	65345	10050	11.262	-11.199	0.56	-11.199	0.56	-11.200	0.55
2	64780	10050	11.164	-11.109	0.50	-11.109	0.50	-11.109	0.50
3	64215	10050	11.067	-11.019	0.43	-11.018	0.44	-11.018	0.44
4	63650	10050	10.970	-10.927	0.39	-10.928	0.38	-10.928	0.38
5	63085	10050	10.872	-10.837	0.32	-10.837	0.32	-10.834	0.35
6	62520	10050	10.775	-10.743	0.30	-10.743	0.30	-10.743	0.30
7	61955	10050	10.678	-10.652	0.24	-10.653	0.23	-10.653	0.23
8	61390	10050	10.580	-10.562	0.17	-10.563	0.16	-10.563	0.16
9	60825	10050	10.483	-10.472	0.10	-10.472	0.10	-10.472	0.10
10	60260	10050	10.385	-10.381	0.04	-10.382	0.03	-10.382	0.03
11	59625	10050	10.276	-10.291	-0.15	-10.291	-0.15	-10.291	-0.15
12	59130	10050	10.191	-10.201	-0.10	-10.201	-0.10	-10.201	-0.10
13	58565	10050	10.093	-10.110	-0.17	-10.111	-0.18	-10.111	-0.18
14	58000	10050	9.996	-10.020	-0.24	-10.020	-0.24	-10.021	-0.25
15	57435	10050	9.899	-9.839	0.60	-9.840	0.59	-9.840	0.59
16	56870	10050	9.801	-9.749	0.53	-9.749	0.53	-9.750	0.52
17	56305	10050	9.704	-9.658	0.47	-9.661	0.44	-9.662	0.43
18	55740	10050	9.606	-9.570	0.38	-9.571	0.37	-9.571	0.37
19	55175	10050	9.509	-9.480	0.31	-9.480	0.31	-9.480	0.31
20	54610	10050	9.412	-9.390	0.23	-9.390	0.23	-9.390	0.23
21	54045	10050	9.314	-9.300	0.15	-9.300	0.15	-9.300	0.15
22	53480	10050	9.217	-9.209	0.09	-9.210	0.08	-9.210	0.08
23	52915	10050	9.120	-9.119	0.01	-9.119	0.01	-9.119	0.01
24	52350	10050	9.022	-9.025	-0.03	-9.028	-0.06	-9.027	-0.05
25	51785	10050	8.925	-8.938	-0.15	-8.938	-0.15	-8.938	-0.15
26	51220	10050	8.827	-8.848	-0.23	-8.848	-0.23	-8.846	-0.21
27	50655	10050	8.730	-8.758	-0.32	-8.757	-0.31	-8.758	-0.32

**\*\* : POSICIÓN CENTRAL DEL GRADIN**
**b).- VERIFICACIÓN DEL GRUPO DE CONEXIÓN : Dyn 5 O. K.**

*[Signature]*  
**Fortunato Muedas Cancharva**  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Reg. del Colegio de Ingenieros No. 42434

**Nota : El ensayo se efectuó con el Equipo TTR TETTEX modelo 2791 N° 135.844**

<b>MANTENIMIENTO SET - Laboratorio :</b> Vo Bq S.A.C.I. SINGCO S.A.C.I. 10KV Y SET 60/10KV JICAMARCA <i>[Signature]</i> <b>AYON ROJAS</b> Mant. Subest. y Líneas Transm. Supervisor Mant. Set's	<b>Efectuado por:</b> <i>[Signature]</i> <b>Tec. José Carlos Lara</b>	<b>Página:</b> 1 - 1	<b>Número:</b> PTC97-033	<b>Fecha:</b> 10-sep-97
--	---	-------------------------	-----------------------------	----------------------------

FECHA:

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 1 de 2

### INTERRUPTOR DE POTENCIA

SET		CELDA:
ITEM	CARACTERISTICAS	
1	Marca	
2	Tipo	
3	No. serie	
4	Nivel de aislamiento	
5	Corriente Nominal ( A )	
6	Corriente de Interrupción Simétrica ( KA )	
7	Tensión auxiliar	
8	Material Extintor	
9	Mando	
10	Peso ( Kg )	
11	Año de Fabricación	
ITEM	CONDICIONES PREVIAS	RESULTADOS
1	Posición correcta de montaje de piezas y acces.	
2	Distancias eléctricas	
3	Conexiones electricas	
4	Alineamiento y nivel de polos	
5	Alineamiento y nivel de caja de mandos	
6	Puesta a tierra int. y caja de mandos	
7	Indicador de posiciones	
8	Presión del gas SF6	
9	Conectores	
10	Distancia mínima F/T (mm)	
11	Distancia mínima F/F (mm)	
12	Porcelana de las columnas de aisladores	
13	Ajuste de bornes (torquímetro)	
14	Ajuste pernos (torquímetro)	
15	Pintura soporte	
16	Pintura equipo	
17	Lubricación	
18	Limpieza General	

FECHA:

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

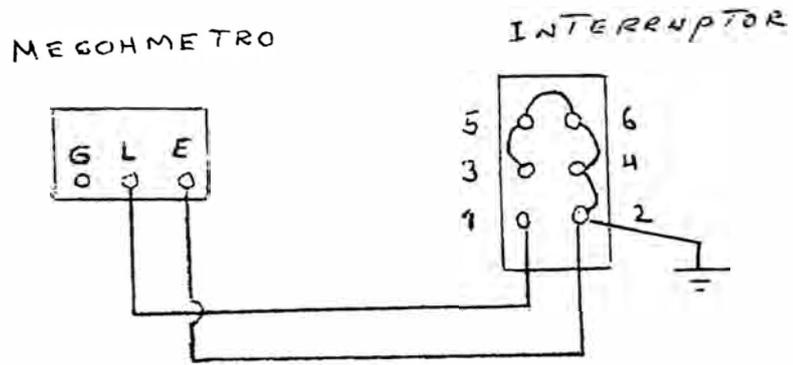
Hoja 2 de 2

### INTERRUPTOR DE POTENCIA

<b>SET</b>	<b>CELDA:</b>	
<b>ITEM</b>	<b>PRUEBAS</b>	
	<b>RESULTADOS</b>	
1	Tensión nominal de operación motor (Vdc)	
2	Tensión mínima operación motor (Vdc)	
3	Corriente nominal motor(A)	
4	Mando local C-A del interruptor	
5	Mando remoto C-A int con tensión nominal	
6	Bloqueo mando C-A int simultaneamente.	
7	Operación de relé antibombeo	
8	Medida de los tiempos de interrupción	
9	Medida de los tiempos de cierre	
10	Discordancia de polos	
11	Resistencia de Aislamiento entre fase y tierra ( MΩ)	R: T:
12	Resistencia de Aislamiento en cada fase ( MΩ)	R: T:
13	Circuito de control / tierra ... (MΩ)	
14	Alarma presión mínima SF6 (BAR)	
15	Bloqueo presión mínima de SF6 (BAR)	
16	Simultaneidad de fases	
17	Tiempo de apertura (ms)	
18	Tiempo de cierre (ms)	
19	Pos. y funcionamiento de int. auxiliar.	
20	Respuesta de los equipos de protección con	
21	alarma y señalización	
22	Pos. y funcionamiento del contador de maniobra	
23	Resistencia de contacto	R: T:
<b>ITEM</b>	<b>RELACION DE EQUIPOS DE PRUEBA</b>	
1	Probador de tiempos de accionamiento de interruptores	
2	Microohmímetro digital	
3	Medidor de aislamiento	
4	Multímetro	
<b>Firman en señal de conformidad</b>		

# INTERRUPTOR DE POTENCIA

## 1. AISLAMIENTO



**REPORTE DE PRUEBAS DE INTERRUPTORES DE POTENCIA**

N° : RPIP-047-97

CLIENTE : SCADA S.A.  
PRUEBAS SOLICITADAS ( ITEM N° ) : 1,2 y 3

REFERENCIA :

UBICACION

DIRECCION :  
S. E. T. ( D ) : JICAMARCA

CIRCUITO : TRAF0 # 1 60/10 KV.

<b>CARACTERISTICAS DEL INTERRUPTOR</b>	MARCA :	AEG
	No DE FABRICA:	3000 434/8 ✓
	TIPO :	S1 - 72.5 F1 ✓
	TENSION DE SERVICIO:	60 KV
	TENSION NOMINAL :	72.5 KV
	CORRIENTE NOMINAL :	1600 A
POTENCIA DE RUPTURA :	MVA	

PRUEBAS

Fecha de Ejecución : 97 - 09 - 02

ITEM	DESCRIPCION		RESULTADOS		
01	<b>TIEMPO DE OPERACION</b>		<b>CIERRE</b>	81.66	milisegundos
			<b>APERTURA</b>	36.66	milisegundos
02	<b>SIMULTANEIDAD DE FASES</b>		DIFERENCIA	<b>CIERRE :</b>	R - S : 0.00 msg
			ENTRE		R - T : 0.00 msg
			CONTACTOS	<b>APERTURA :</b>	S - T : 0.00 msg
					R - S : 0.00 msg
		R - T : 0.00 msg			
		S - T : 0.00 msg			
03	<b>RESISTENCIA DE CONTACTOS</b>		<b>FASES</b>	R: 31.4 Microohms	
			( a 20.0 °C )	S: 31.3 Microohms	
				T: 31.4 Microohms	
04	<b>AISLAMIENTO</b>	<b>CADA FASE (abierto)</b>	R : Mohm	<b>ENTRE FASE Y TIERRA</b>	R - T = Mohm
			S : Mohm		S - T = Mohm
			T : Mohm		T - T = Mohm
05	<b>TANGENTE DELTA ( fp )</b>				
06	<b>RIGIDEZ DIELECTRICA</b>		kV efectivos		
07	<b>CONTROL DE HUMEDAD</b>		ppm		

Lima, 97 / 09 / 07

V° B°

REVISADO

EFFECTUADO POR

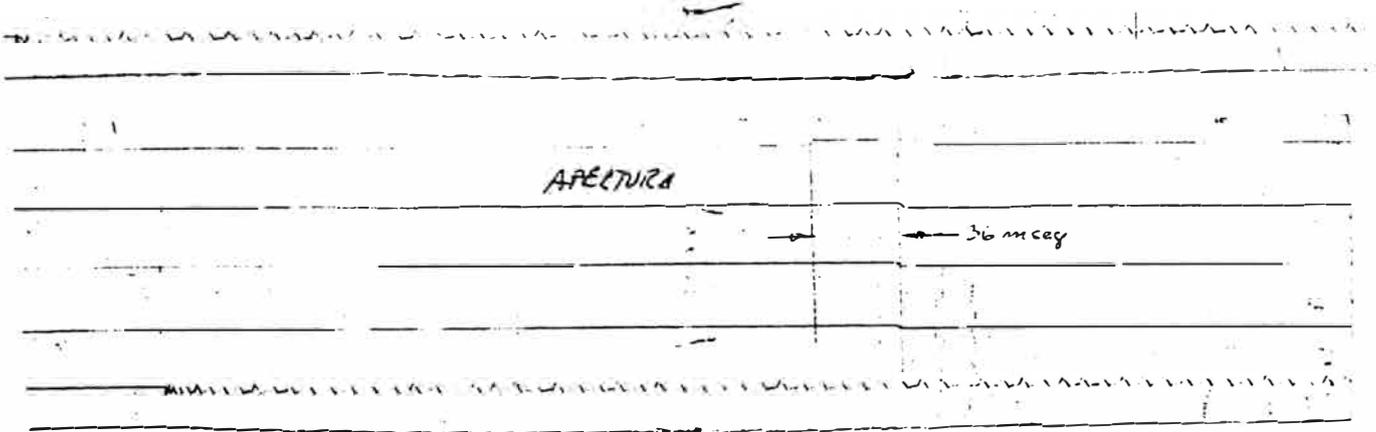
*Fortunato Muedas Canchanya*  
**Fortunato Muedas Canchanya**  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Reg. del Colegio de Ingenieros No. 42936

**LUIS GAGO T.**

CIERRE

SET JICAMARCA

Z- 695



CIERRE

SET JICAMARCA

Z- 696

85 msec

APERTURA

39 msec

CIERRE

SET JICAMARCA

TRAF0 # I 60/00KV.

CIERRE

81.66 msec

APERTURA

36.66 msec

8.25 msec

# PROTOCOLO DE PRUEBAS

FECHA

Hoja 1 de 2

## SECCIONADOR DE POTENCIA

SET		CELDA
<b>ITEM</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	
1	Marca	
2	Tipo	
3	No.Serie	
4	Vn ( kV )	
5	In ( A )	
6	Tensión auxiliar (Vdc)	
7	Tensión nominal al impulso	
8	Peso total	
9	Año de fabricación	
<b>ITEM</b>	<b>CONDICIONES PREVIAS</b>	<b>RESULTADOS</b>
1	Posición correcta de montaje de piezas y accesorios	
2	Porcelana de las columnas de aisladores	
3	Alineamiento y nivelación de polos y brazos de contactos	
4	Mecanismos de acoplamiento	
5	Nivelación caja de mandos	
6	Puesta a tierra	
7	Indicador de posición	
8	Distancia mínima F/F (mm)	
9	Distancia mínima F/T (mm)	
10	Ajuste de bornes de conexión	
11	Ajuste general de pernos	
12	Pintura soporte	
13	Pintura equipo	
14	Lubricación	
15	Limpieza en general	
<b>ITEM</b>	<b>PRUEBAS</b>	
1	Verificación de los contactos auxiliares y fin de carrera	
2	Resistencia de Aislamiento entre fase y tierra ( MΩ )	
3	Resistencia de Aislamiento en cada fase ( MΩ )	
4	Resistencia de Contactos	
5	Tensión nominal de operación motor (Vdc)	
6	Tensión mínima de operación motor (Vdc)	
7	Corriente nominal motor ( A )	
8	Mando manual	
9	Mando eléctrico (local-distancia)	
10	Enclavamiento Mecánico	
11	Enclavamiento Eléctrico	
12	Simultaneidad en cierre de contactos	
<b>ITEM</b>	<b>RELACION DE EQUIPOS DE PRUEBA</b>	
1	Microohmímetro digital	
2	Medidor de aislamiento	
3	Multímetro	
<b>Firman en señal de conformidad</b>		



LUZ DEL SUR  
SUBGERENCIA DE EXPLOTACION

**REPORTE DE PRUEBAS DE SECCIONADORES DE POTENCIA**

N° : RPSP-04997

CLIENTE : SCADA S.A. REFERENCIA :  
PRUEBAS SOLICITADAS ( ITEM N° ) : 2

UBICACION

DIRECCION : CIRCUITO: SECCIONADOR DE BARRAS  
S.E.T. ( D ) : JICAMARCA TRAF0 # I 60/10 KV.

CARACTERISTICAS DEL SECCIONADOR	MARCA	: GARDY
	N° DE FABRICA	: 331553
	TIPO	: A2C 25
	TENSION DE SERVICIO	: 60 KV
	TENSION NOMINAL	: 72.5 KV
	CORRIENTE NOMINAL	: 1,250 A
	POTENCIA DE RUPTURA	:

PRUEBAS

Fecha de Ejecución : 97 - 09 - 02

ITEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
01	RESISTENCIA DE CONTACTOS	FASES R: 93.2 uohm S: 90.6 uohm T: 74.8 uohm
02	AISLAMIENTO MEGER 5,000 V	CADA FASE R : Mohm S : Mohm T : Mohm ENTRE FASE Y TIERRA R - T: Mohm S - T: Mohm T - T: Mohm
03	TANGENTE DELTA ( fp )	

Lima , 97 / 09 / 03

V° B°

REVISADO

EFFECTUADO POR

LUIS GAGO T.

*[Signature]*  
Fortunato Muedas Canchanya  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Reg. del Colegio de Ingenieros No. 42934

*[Signature]*  
Téc. LUIS GAGO T.  
Institución y Mant. Sur

*[Signature]*  
HENRY GIDALTI CABRERA HIDALGO  
Ing° Mecánico Electricista.  
Reg. Colegio de Ingenieros N° 54246

FECHA:

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 1 de 2

### TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO

SET		CELDA:
<b>ITEM</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	
1	Marca	
2	Tipo	
3	No. serie	
4	Nivel de aislamiento	
5	Frecuencia	
6	Tensión nominal	
7	Relación de transformación	
8	Capacidad	
9	Clase	
10	Peso ( Kg )	
11	Año de Fabricación	
<b>ITEM</b>	<b>CONDICIONES PREVIAS</b>	<b>RESULTADOS</b>
1	Fundaciones y estructura soporte	
2	Nivelación y alineamiento	
3	Porcelana de las columnas de aisladores	
4	Caja de reagrupamiento de cables	
5	Conexiones eléctricas	
6	Distancia mínima F/T (m)	
7	Distancia mínima F/F (mm)	
8	Conectores	
9	Puesta a tierra de soporte y equipo	
10	Ajuste de bornes (torquímetro)	
11	Ajuste pernos (torquímetro)	
12	Pintura soporte	
13	Pintura equipo	
14	Limpieza General	
<b>ITEM</b>	<b>PRUEBAS</b>	
1	<b> AISLAMIENTO</b>	
	Temperatura del medio ambiente °C	
	Tensión de prueba	
	Tiempo de prueba	
	AT-Tierra (M Ω)	R:            S:            T:
	BT-Tierra (M Ω)	R:            S:            T:

FECHA:

# PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 2 de 2

## TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO

CELDA:

### 2 RELACION DE TRANSFORMACION

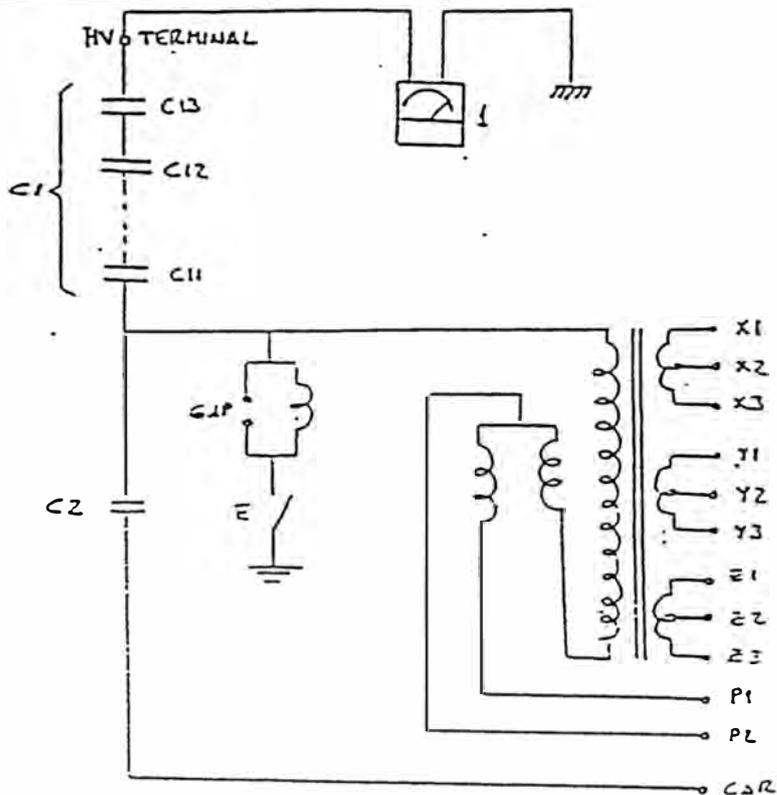
ITEM	TERMINALES	MEDICION			RELACION NOMINAL	ERROR	
		Vp (V)	Vs (V)	RELACION			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

### METODO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO

## TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO

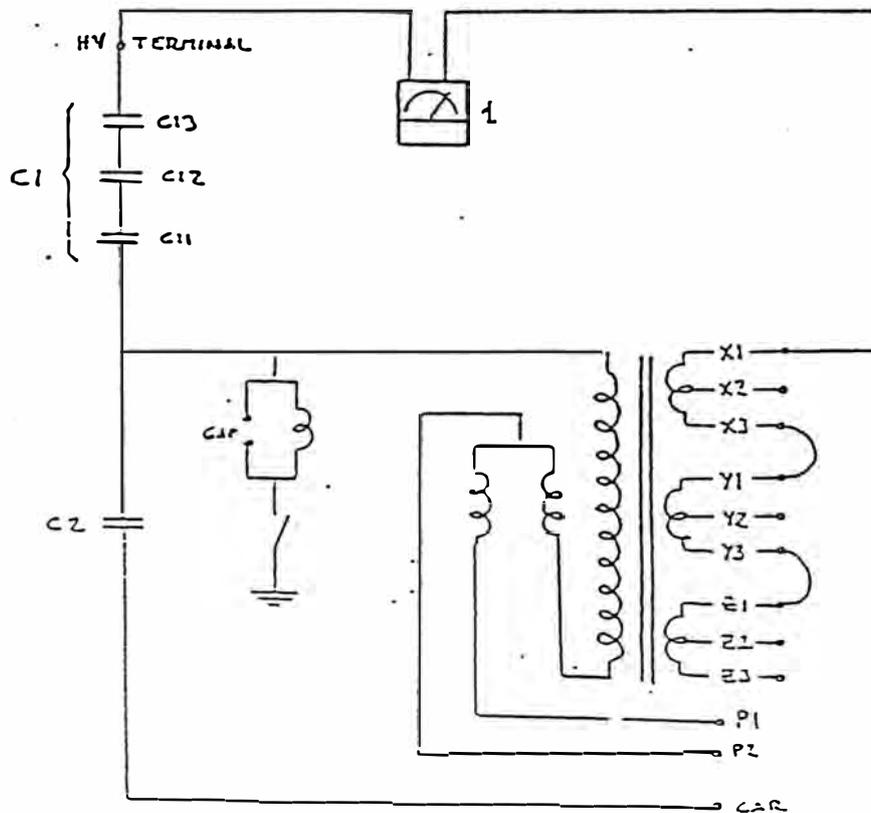
### 1. AISLAMIENTO

#### 1.1. ALTA TENSION - MASA



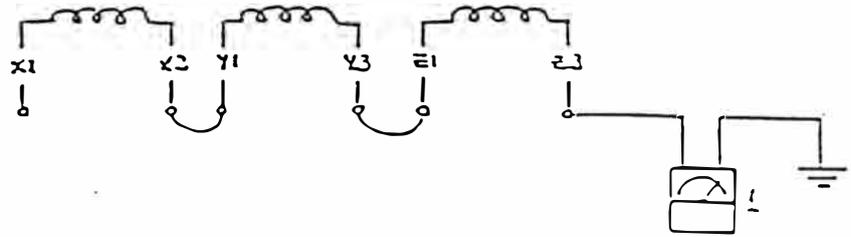
- NOTAS:
- Deben desconectarse los cables de los terminales P1, P2, y CAR.
  - Debe abrirse la cuchilla de puesta a tierra del transformador intermedio.

## 1.2 ALTA TENSION - BAJA TENSION

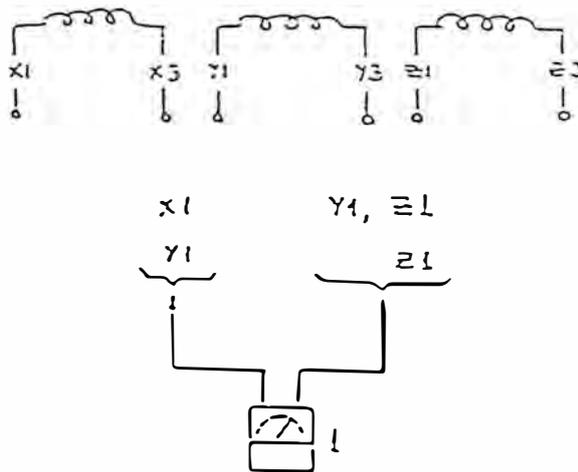


NOTA: - Prueba, en las mismas condiciones que la anterior.

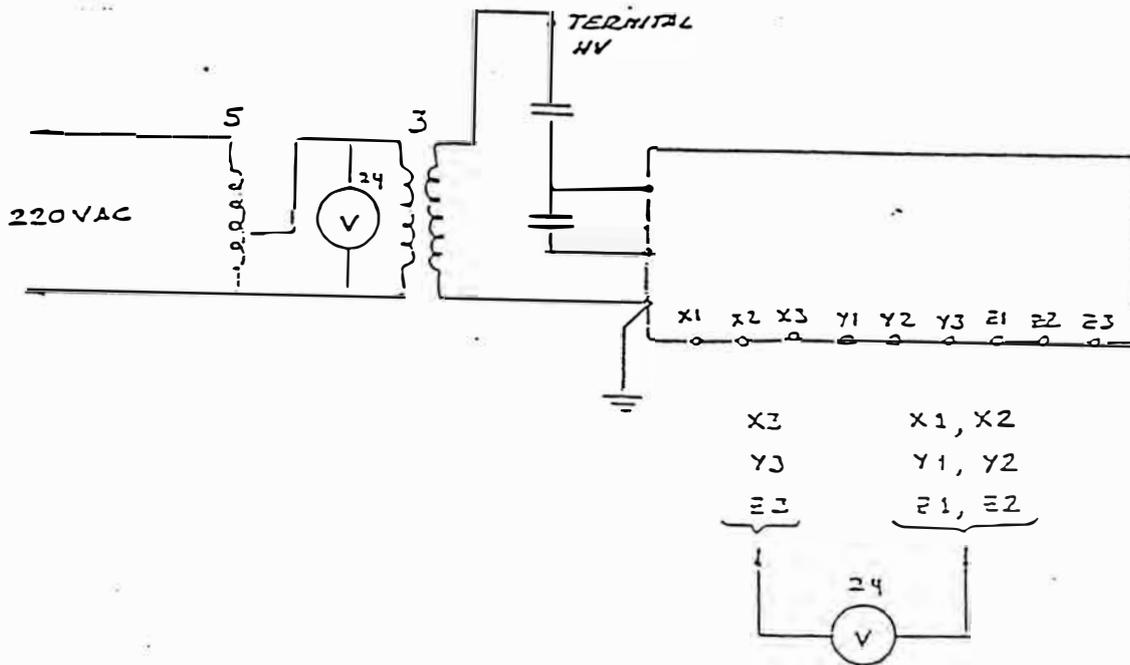
### 1.3 BAJA TENSION - MASA



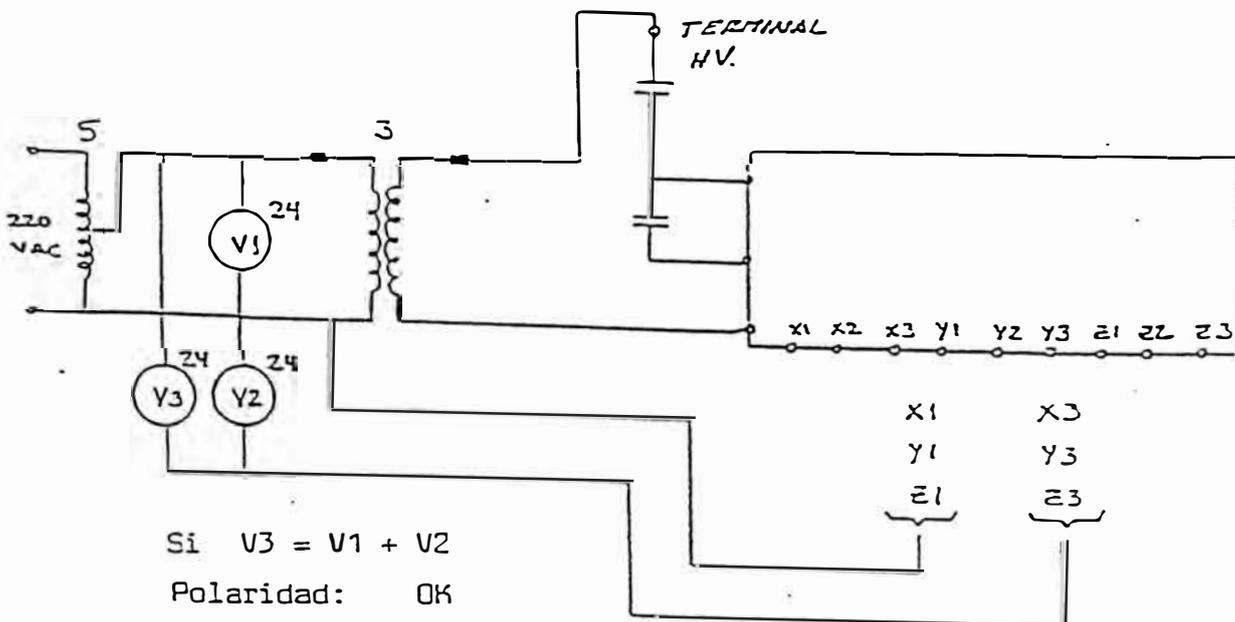
### 1.4 BAJA TENSION - BAJA TENSION



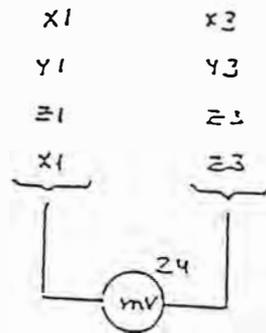
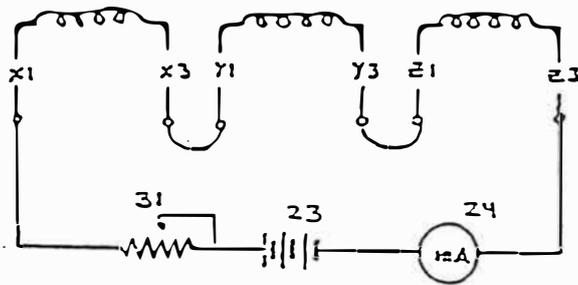
## 2. RELACION DE TRANSFORMACION



## 3. POLARIDAD



4. RESISTENCIA DE ARROLLAMIENTOS.



FECHA:

**PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Hoja 1 de 3

TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO		
SET		CELDA:
ITEM	CARACTERISTICAS	
1	Marca	
2	Tipo	
3	No. serie	
4	Nivel de aislamiento	
5	Frecuencia	
6	Tensión nominal	
7	Relación de transformación	
8	Capacidad	
9	Clase	
10	Peso ( Kg )	
11	Año de Fabricación	
ITEM	CONDICIONES PREVIAS	RESULTADOS
1	Fundaciones y estructura soporte	
2	Nivelación y alineamiento	
3	Porcelana de las columnas de aisladores	
4	Caja de reagrupamiento de cables	
5	Conexiones eléctricas	
6	Distancia mínima F/T (m)	
7	Distancia mínima F/F (mm)	
8	Conectores	
9	Puesta a tierra de soporte y equipo	
10	Ajuste de bornes (torquímetro)	
11	Ajuste pernos (torquímetro)	
12	Pintura soporte	
13	Pintura equipo	
14	Limpieza General	
ITEM	PRUEBAS	
1	<b> AISLAMIENTO </b>	
	Temperatura del medio ambiente °C	
	Tensión de prueba	
	Tiempo de prueba	
	AT-Tierra ( M Ω )	R:                      S:                      T:
	BT-Tierra ( M Ω )	R:                      S:                      T:

FECHA:

# PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 2 de 3

TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO

CELDA:

## 2 RELACION DE TRANSFORMACION Y POLARIDAD

ITEM	TERMINALES	MEDICION			RELACION NOMINAL	ERROR	POLARIDAD
		Vp (V)	Vs (V)	RELACION			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

METODO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO

Firman en señal de conformidad

FECHA:

# PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 3 de 3

TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO

SET:

CELDA:

## 3 RESISTENCIA DE ARROLLAMIENTOS

ITEM	TERMINALES DE PRUEBA	TEMPERATURA	TENSION	CORRIENTE	RESISTENCIA (OHMS)	
		AMBIENTE °C	CC (mV)	(mA)	MEDIDA	CORREGIDA
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

METODO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO

Firman en señal de conformidad



Ref.- PROTOCOLO DE ENSAYO

1.- IDENTIFICACIÓN :

Cliente .....	SOINCO	<u>Núcleo de Tensión</u>		
Equipo.....	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN	FASE R	FASE S	FASE T
Marca.....	BBC	N° de Fab. B - 209921	N° de Fab. B - 209920	N° de Fab. B - 209933
Voltaje Nom.:	72.5 / 140 kv.	Relación.: 60/√3 : 0.11/√3 KV	Relación.: 60/√3 : 0.11/√3 KV	Relación.: 60/√3 : 0.11/√3 K
Frecuencia :	60 Hz.	Potencia... 250 VA	Potencia... 250 VA	Potencia.... 250 VA
		Clase..... 0.5	Clase..... 0.5	Clase..... 0.5

2.- TIPOS DE ENSAYOS :

a).- AISLAMIENTO a 2500 VDC.

Fase R	ALTA vs. BAJA + mas	200 MΩ
Fase S	ALTA vs. BAJA + mas	105 MΩ
Fase T	ALTA vs. BAJA + mas	105 MΩ

b).- RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

Fases	Alta	Baja	Relación Medida	Relación Calculada	Error %
R (Voltios)	U - O	u - o	539.0	545.45	- 1.18%
S (Voltios)	U - O	u - o	541.1	545.45	- 0.80%
T (Voltios)	U - O	u - o	541.6	545.45	- 0.71%

c).- EQUIPOS DE PRUEBA UTILIZADOS

Equipo y/o Instrumento	Marca	Modelo	cantidad
Relación de transformaci	TETTEX	2791	1
Megómetro	ABB-Metrawatt	5000	1

ING. CARLOS YON ROJAS  
 JEFE DE OBRA

ING. EUGENIO YATACO C.  
 Registro OIP. 17770  
 Mant. Subest. y Línea Transm.

HENRY GIDALTI CABRERA HIDALGO  
 Ing° Mecánico Electricista  
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 66246

Fortunato Muedas Canchanya  
 INGENIERO ELECTRICISTA  
 Reg. del Colegio de Ingenieros No. 42938

MANTENIMIENTO SET.- Laboratorio :

Vo Bo:

Efectuado por:

Tec. José Carlos Lau

Página:

1 - 1

Número:

PTC97-030

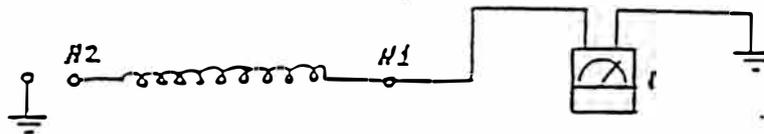
Fecha:

19-ago-97

## TRANSFORMADOR DE TENSION DE BARRAS

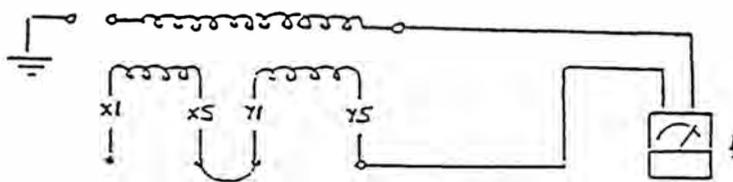
### 1. AISLAMIENTO

#### 1.1. ALTA TENSION - BAJA TENSION



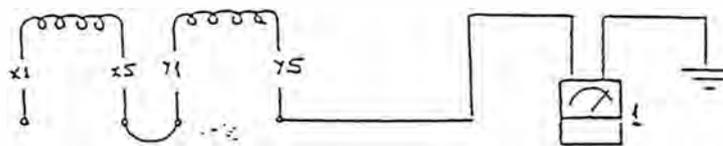
NOTAS: - Deberá aislarse el terminal H2 de tierra  
- Máxima tensión de prueba: 1000V

#### 1.2. ALTA TENSION - BAJA TENSION

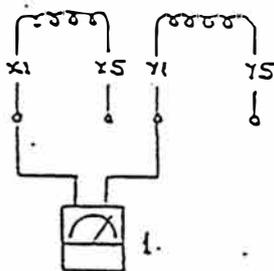


NOTA: - Deberá aislarse el terminal H2 de tierra

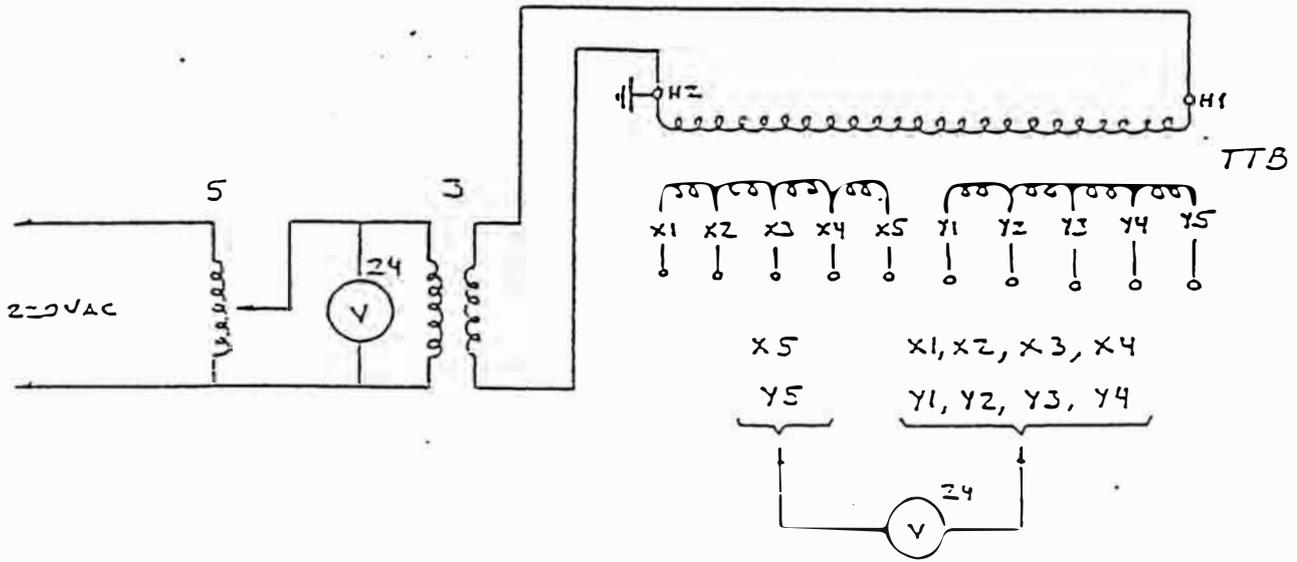
#### 1.3. BAJA TENSION - MASA



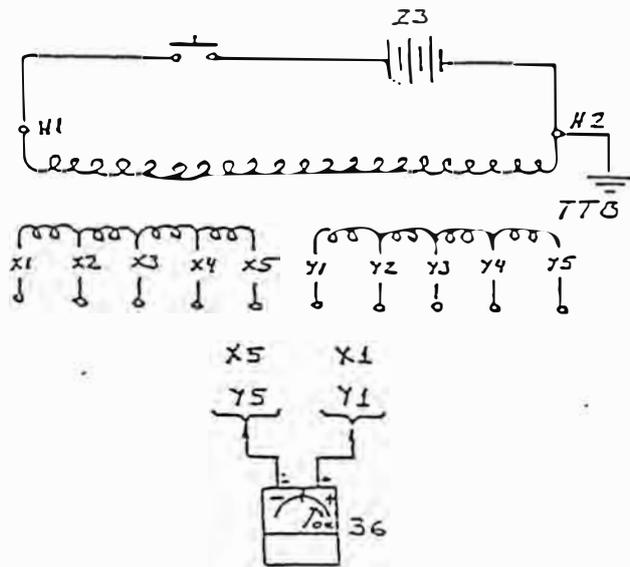
#### 1.4. BAJA TENSION - BAJA TENSION



2. RELACION DE TRANSFORMACION



3. POLARIDAD



FECHA:

**PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Hoja 1 de 3

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE		
<b>SET</b>		<b>CELDA:</b>
<b>ITEM</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	
1	Marca	
2	Tipo	
3	No. serie	
4	Nivel de aislamiento	
5	Corriente Nominal ( A )	
6	Tensión nominal	
7	Relación de transformación	
8	Capacidad	
9	Clase	
10	Peso ( Kg )	
11	Año de Fabricación	
<b>ITEM</b>	<b>CONDICIONES PREVIAS</b>	<b>RESULTADOS</b>
1	Fundaciones y estructura soporte	
2	Nivelación y alineamiento	
3	Porcelana de las columnas de aisladores	
4	Caja de reagrupamiento de cables	
5	Conexiones eléctricas	
6	Distancia mínima F/T ( m )	
7	Distancia mínima F/F ( mm )	
8	Conectores	
9	Puesta a tierra de soporte y equipo	
10	Ajuste de bornes (torquímetro)	
11	Ajuste pernos (torquímetro)	
12	Pintura soporte	
13	Pintura equipo	
14	Limpieza General	
<b>ITEM</b>	<b>PRUEBAS</b>	
1	<b> AISLAMIENTO</b>	
	Temperatura del medio ambiente °C	
	Tensión de prueba	
	Tiempo de prueba	
	AT-Tierra ( M $\Omega$ )	
	BT-Tierra ( M $\Omega$ )	

FECHA:

# PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 2 de 3

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

CELDA:

## 2 RELACION DE TRANSFORMACION Y POLARIDAD

ITEM	TERMINALES	MEDICION			RELACION NOMINAL	ERROR	POLARIDAD
		Vp (V)	Vs (V)	RELACION			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

METODO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO

Firman en señal de conformidad

FECHA:

# PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 3 de 3

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

SET:

CELDA:

## 3 RESISTENCIA DE ARROLLAMIENTOS

ITEM	TERMINALES DE PRUEBA	TEMPERATURA	TENSION	CORRIENTE	RESISTENCIA (OHMS)	
		AMBIENTE °C	CC (mV)	(mA)	MEDIDA	CORREGIDA
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

METODO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO

Firman en señal de conformidad



**Ref.- PROTOCOLO DE ENSAYO**

**1.- IDENTIFICACIÓN :**

Cliente .....: SOINCO  
 Equipo.....: TRANSFORMADOR  
 DE CORRIENTE  
 N° de Fab.....:  
 Kardex .....: 034 / 1002  
 Voltaje Nom.: 72.5 / 140 / 32.5 KV  
 Frecuencia : 60 Hz.  
 I din. ....: 25 KA

Marca : PFIFFNER Emil  
 Typo : JLdf - 72

Bornes	1S <sub>1</sub> - 1S <sub>1</sub>	2S <sub>1</sub> - 2S <sub>2</sub>	3S <sub>1</sub> - 3S <sub>2</sub>
Relación	800 / 5	800 / 5	800 / 5
Potencia	30	30	30
Clase	0.5	5P20	5P21
Fp.		20	20
Fs.	3		
Error %		5P	5P

**2.- TIPOS DE ENSAYOS :**

**a).- AISLAMIENTO**

ALTA vs. BAJA + TIERRA a 5 000V DC. = **820 MΩ**

**b).- POLARIDAD**

Borne Primar	Bornes Secundarios	ESTADO
P1 - P2	1S <sub>1</sub> - 1S <sub>2</sub>	CORRESPONDE
	2S <sub>1</sub> - 2S <sub>2</sub>	CORRESPONDE
	3S <sub>1</sub> - 3S <sub>2</sub>	CORRESPONDE

**c).- RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DEL NÚCLEO DE CORRIENTE DE MEDICIÓN**

Relación Teórica = **160**

N° Fábrica	Fase	Bornes	Carga (Ω)	Valor Prim. Inyectado	Valor Sec.	Valor Prim. Calculado	Error %
	R	1S <sub>1</sub> - 1S <sub>2</sub>	1.2	400	2.4840	2.5	-0.64%
		2S <sub>1</sub> - 2S <sub>2</sub>	1.2	400	2.4820	2.5	-0.73%
		3S <sub>1</sub> - 3S <sub>2</sub>	1.2	400	2.4800	2.5	-0.81%

SOINCO S.A.  
 T.60KV y EE 63/138 L.3 MARCA  
 ING. CA LOS YON ROJAS  
 JEFE DE OBRA

ING. EUGENIO YATACU  
 Registro CIP. 17771  
 Mant. Subest. y Lineas Transm.

*Henry*  
 HENRY GIDALI CABRERA HIDALGO  
 Ing° Mecánico Electricista.  
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 64246

*Fortunato*  
**Fortunato Muedas Canchanya**  
 INGENIERO ELECTRICISTA  
 Reg. del Colegio de Ingenieros No. 42930

MANTENIMIENTO SET.- Laboratorio :	Efectuado por:	Página:	Número:	Fecha:
Vo Bo:	<i>Jose</i>	1 - 2	PTC97-027	19-ago-9
	<i>Tec. José Carlos Lora</i>			

Ref.- PROTOCOLO DE ENSAYO

d).- CORRIENTE DE EXCITACION

Borne 1S <sub>1</sub> - 2S <sub>2</sub>		2S <sub>1</sub> - 2S <sub>2</sub>		3S <sub>1</sub> - 3S <sub>2</sub>	
TENSION ( V )	CORRIENTE ( mA )	TENSION ( V )	CORRIENTE ( mA )	TENSION ( V )	CORRIENTE ( mA )
2.50	2.47	50.00	53.00	50.00	50.00
5.00	3.90	75.00	83.00	75.00	79.00
7.50	5.23	100.00	160.00	100.00	148.00
10.00	10.30	120.00	273.00	120.00	248.00
12.50	15.90	140.00	536.00	140.00	480.00
14.00	40.00	150.00	900.00	150.00	886.00
14.50	67.00	156.00	1,500.00	156.00	1,607.00
15.00	2,410.00	160.00	2,300.00	160.00	2,523.00
15.50	2,410.00	165.00	4,230.00	165.00	4,340.00
16.00	4,400.00	170.00	7,480.00	170.00	7,780.00

e).- EQUIPOS DE PRUEBA UTILIZADOS

DESCRIPCION	MARCA	CANTIDAD	MODELO
Fuente de corriente A.C. re	Foster	1	PCITS 2000
Transf. de corriente patrón	Tettex	1	4761
Multímetro Digital	Fluke	3	87
Fuente de Corriente A.C. re	Cosmovolt	1	1285/2 - 500A
Megómetro	ABB-Metrawat	1	metriso 5000

SINCO S. S. C. I.  
L.T. 60KV y 132KV - JICAMARCA  
ING. CARLOS YAN ROJAS  
JEFE DE OBRA

ING. EUGENIO YATAO C.  
Registro OIP. 17770  
Mant. Subest y Lineas Transm.

HENRY GIDALTI CABRERA HIDALGO  
Ing. Mecánico Electricista  
Reg. Colegio de Ingenieros N° 54345

Fortunato Muedas Canchanya  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Reg. del Colegio de Ingenieros No. 42936

MANTENIMIENTO SET.- Laboratorio :  
Vo Bo:

Efectuado por:

Tec. José Carlos Lora

Página:

2 - 2

Número:

PTC97-027

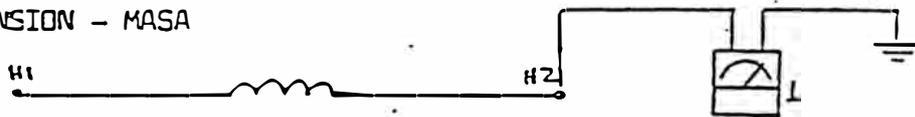
Fecha:

19-ago

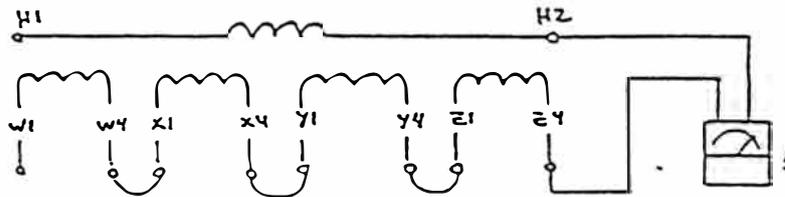
## TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

### 1. AISLAMIENTO

#### 1.1. ALTA TENSION - MASA



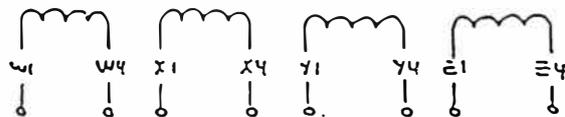
#### 1.2. ALTA TENSION - BAJA TENSION



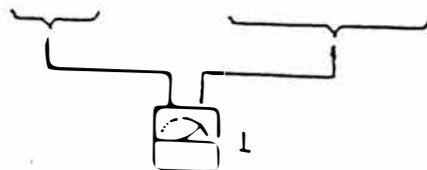
#### 1.3. BAJA TENSION - MASA



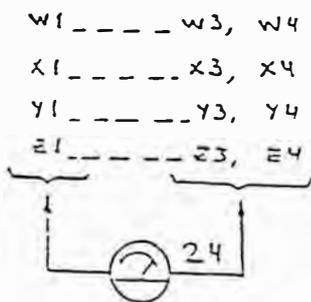
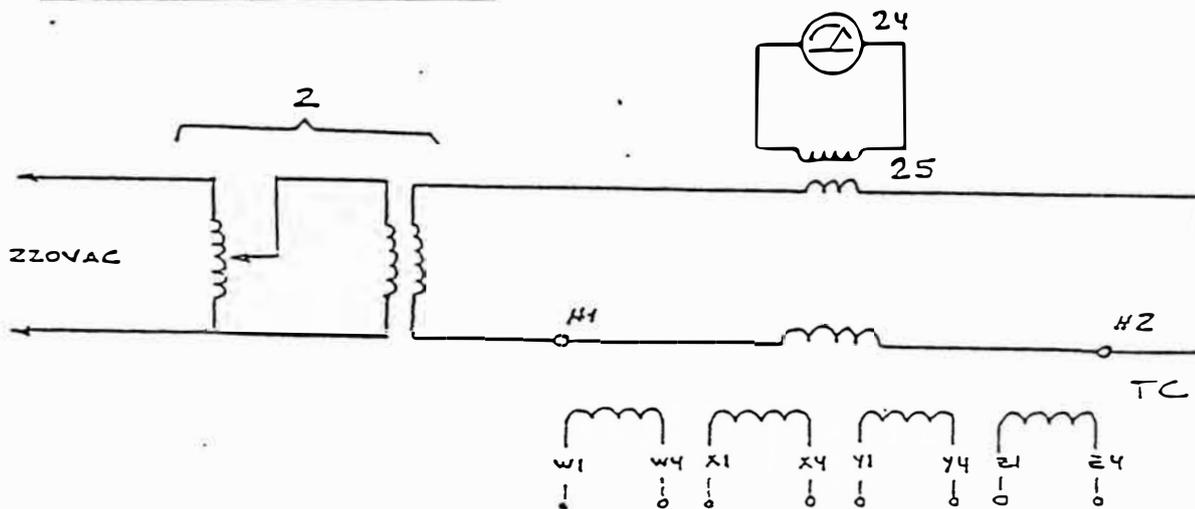
#### 1.4. BAJA TENSION - BAJA TENSION



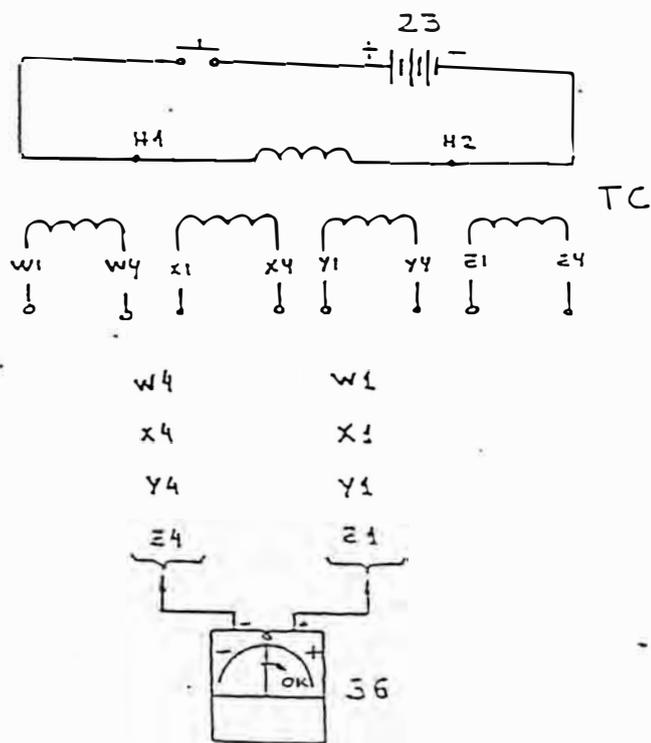
$W1$  -----  $X1, Y1, Z1$   
 $X1$  -----  $Y1, Z1$   
 $Y1$  -----  $Z1$



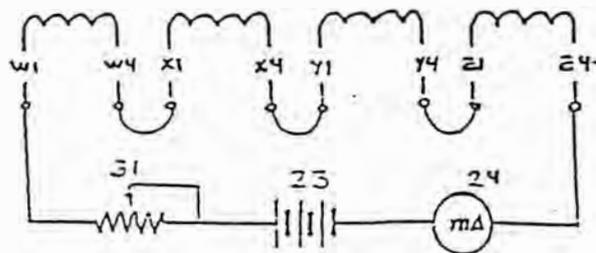
## 2. RELACION DE TRANSFORMACION



## 3. POLARIDAD



5. RESISTENCIA DE ARROLLAMIENTOS

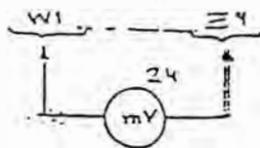


w1 - - - - - w4

x1 - - - - - x4

y1 - - - - - y4

z1 - - - - - z4



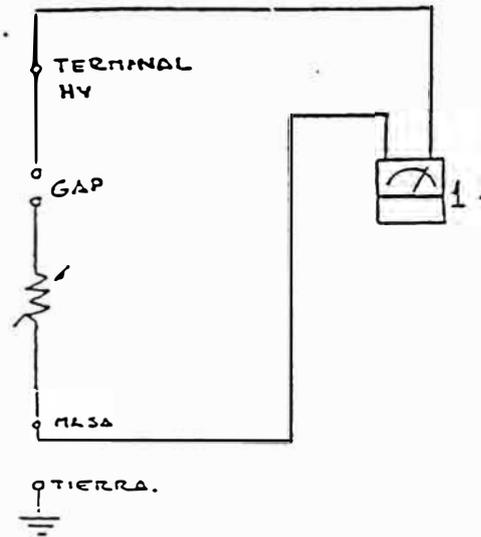




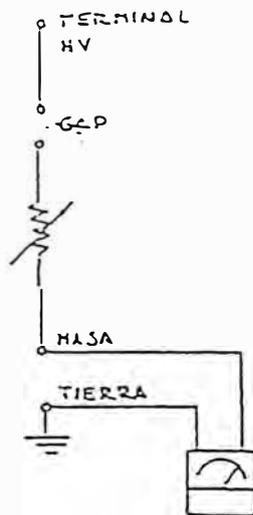
## PARARRAYO Y CONTADOR DE DESCARGA

### 1. AISLAMIENTO

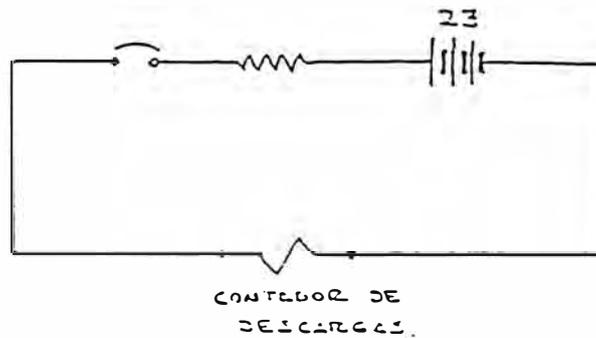
#### 1.1 TERMINAL HV - MASA



#### 1.2 MASA - TIERRA



2. PRUEBA DE OPERACION DEL CONTADOR DE DESCARGAS



# PROTOCOLO DE PRUEBAS

FECHA:

## SISTEMA DE BARRA 60 kV

SET

CELDA

ITEM

### CARACTERISTICAS DE CONDUCTOR

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 1 | Tipo de aleación                          |  |
| 2 | Sección (mm <sup>2</sup> )                |  |
| 3 | Tiro (kg)                                 |  |
| 4 | Corriente permanente (A)                  |  |
| 5 | Corriente Máxima (A)                      |  |
| 6 | Corriente límite por equipo eléctrico (A) |  |

ITEM

### CONTROLES DE ACCESORIOS

- |   | AJUSTES MECANICOS                 | TORQUE DE AJUSTE | RESULTADOS |
|---|-----------------------------------|------------------|------------|
| 1 | Grampas de anclaje (tipo pistola) |                  |            |
| 2 | Distanciadores                    |                  |            |
| 3 | Estribo de amarre                 |                  |            |
| 4 | Empalme doble recto               |                  |            |
| 5 | Empalme T                         |                  |            |

Firman en señal de conformidad

FECHA:

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES			
SET		CELDA:	
<b>ITEM</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>		
1	Marca		
2	Tipo		
3	No. serie		
4	Dimensiones físicas		
5	Tensión de entrada Vca		
6	Corriente nominal		
7	Corriente de cortocircuito		
8	Año de fabricación		
<b>ITEM</b>	<b>CONDICIONES PREVIAS</b>		
	<b>CONTROL MECANICO</b>		
1	Equipamiento eléctrico		
2	Montaje adecuado de los equipos		
3	Identificación correcta de los equipos		
4	Anclaje		
5	Barra de tierra y puesta a tierra de los equipos		
6	Accionamiento de puertas		
7	Dimensiones físicas según plano		
8	Identificación correcta de letreros de circuitos		
<b>ITEM</b>	<b>PRUEBAS</b>	<b>RESULTADOS</b>	
	<b>CABLEADO</b>		
1	Prueba de continuidad		
2	Cableado interno adecuado		
3	Identificación de cables en borneras		
	<b>SISTEMA DE MEDIDA</b>		
1	Funcionamiento de los amperímetros		
2	Funcionamiento de los Voltímetros		
	<b>SISTEMA DE PROTECCION</b>		
1	Funcionamiento del Relé BATTERY ALARM		
	Máxima tensión	48Vcc:	220Vcc:
	Mínima tensión	48Vcc:	220Vcc:
	Falla a tierra +	48Vcc:	220Vcc:
	Falla a tierra -	48Vcc:	220Vcc:
	<b>PRUEBAS DIELECTRICAS</b>		
	Medida de la resistencia de aislamiento en :		
1	Barras principales		
2	Circuito de medida		
3	Circuito de iluminación y Calefacción		
<b>ITEM</b>	<b>RELACION DE EQUIPOS DE PRUEBA</b>		
1	Medidor de aislamiento		
2	Multimetro		
<b>Firman en señal de conformidad</b>			

FECHA:

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 1 de 2

TABLERO DE PROTECCION Y MEDICION		
SET		CELDA:
<b>ITEM</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	
1	Marca	
2	Tipo	
3	No. serie	
4	Dimensiones físicas	
5	Año de fabricación	
<b>ITEM</b>	<b>CONDICIONES PREVIAS</b>	
	<b>CONTROL MECANICO</b>	
1	Dimensiones según plano de fabricación	
2	Montaje adecuado de los equipos	
3	Barra a tierra y puesta a tierra de los equipos	
4	Identificación correcta de tableros de circuito	
5	Accionamiento de las puerta	
6	Accionamiento de las puertas	
7	Anclajes para montaje	
8	Acabado de la pintura	
9	Identificación de colores de los cables	
<b>ITEM</b>	<b>PRUEBAS</b>	<b>RESULTADOS</b>
	<b>PRUEBAS DE CONTROL ELECTRICO</b>	
1	Identificación de equipos eléctricos	
2	Prueba de continuidad según diagramas	
3	Cableado interno adecuado	
4	Identificación de cables en borneras	
5	Ajuste de cables del circuito de control	
	<b>PRUEBAS DIELECTRICAS</b>	
1	Medida de la resistencia de aislamiento en :	
2	Circuito de medición y control	
3	Circuito de iluminación y Calefacción	
	<b>SISTEMA DE ILUMINACION Y CALEFACCION</b>	
1	Encendido y apagado de iluminación por accionamiento de las puertas	
2	Encendido y apagado del calefactor	

FECHA:

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 2 de 2

### TABLERO DE PROTECCION Y MEDICION

SET		CELDA:
<b>ITEM</b>	<b>PRUEBAS</b>	<b>RESULTADOS</b>
	<b>SISTEMA DE PROTECCION</b>	
	Relé:	
	Marca y Modelo	
	Corriente y tensión nominal	
	Tensión auxiliar	
1	Identificación de cables en borneras	
2	Funciono	
3	Señalización	
	<b>SISTEMA DE MEDICION</b>	
	Medidor de energía:	
	Marca y Modelo	
	Corriente y tensión nominal	
	TC Y TT	
1	Identificación de cables en borneras	
2	Funciono	
	<b>SISTEMA DE ALARMAS</b>	
	Panel anunciador	
	Marca y Modelo	
	Corriente y tensión nominal	
	Tensión auxiliar	
1	Identificación de cables en borneras	
2	Señalización de fallas	
3	Pulsador prueba de lámparas	
4	Pulsador reset de fallas	
5	Pulsador reset sirena	
6	Pulsador de confirmación	
7	Activación sirena ante fallas	
<b>ITEM</b>	<b>RELACION DE EQUIPOS DE PRUEBA</b>	
1	Medidor de aislamiento	
2	Multímetro	

**Firman en señal de conformidad**

FECHA:

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 1 de 2

CELDA DE SALIDA		CELDA:
<b>SET</b>		
<b>ITEM</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	
1	Marca	
2	Tipo	
3	No. serie	
4	Dimensiones físicas	
5	Año de fabricación	
<b>ITEM</b>	<b>CONDICIONES PREVIAS</b>	
	<b>CONTROL MECANICO</b>	
1	Dimensiones según plano de fabricación	
2	Montaje adecuado de los equipos	
3	Barra a tierra y puesta a tierra de los equipos	
4	Identificación correcta de tableros de circuito	
5	Accionamiento de las puerta	
6	Accionamiento de las puertas	
7	Anclajes para montaje	
8	Acabado de la pintura	
9	Señalización de barras del circuito de fuerza	
<b>ITEM</b>	<b>PRUEBAS</b>	<b>RESULTADOS</b>
	<b>PRUEBAS DE CONTROL ELECTRICO</b>	
1	Identificación de equipos eléctricos	
2	Prueba de continuidad según diagramas	
3	Cableado interno adecuado	
4	Identificación de cables en borneras	
5	Ajuste de cables del circuito de control	
	<b>PRUEBAS DIELECTRICAS</b>	
1	Medida de la resistencia de aislamiento en :	
2	Barras principales	
3	Circuito de medición y control	
4	Circuito de iluminación y Calefacción	
	<b>SISTEMA DE ILUMINACION Y CALEFACCION</b>	
1	Encendido y apagado de iluminación por accionamiento de las puertas	
2	Encendido y apagado del calefactor	



FECHA:

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 1 de 3

CELDA DE LLEGADA		
SET		CELDA:
<b>ITEM</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	
1	Marca	
2	Tipo	
3	No. serie	
4	Dimensiones físicas	
5	Año de fabricación	
<b>ITEM</b>	<b>CONDICIONES PREVIAS</b>	
	<b>CONTROL MECANICO</b>	
1	Dimensiones según plano de fabricación	
2	Montaje adecuado de los equipos	
3	Barra a tierra y puesta a tierra de los equipos	
4	Identificación correcta de tableros de circuito	
5	Accionamiento de las puerta	
6	Accionamiento de las puertas	
7	Anclajes para montaje	
8	Acabado de la pintura	
9	Señalización de barras del circuito de fuerza	
<b>ITEM</b>	<b>PRUEBAS</b>	<b>RESULTADOS</b>
	<b>PRUEBAS DE CONTROL ELECTRICO</b>	
1	Identificación de equipos eléctricos	
2	Prueba de continuidad según diagramas	
3	Cableado interno adecuado	
4	Identificación de cables en borneras	
5	Ajuste de cables del circuito de control	
	<b>PRUEBAS DIELECTRICAS</b>	
1	Medida de la resistencia de aislamiento en :	
2	Barras principales	
3	Circuito de medición y control	
4	Circuito de iluminación y Calefacción	
	<b>SISTEMA DE ILUMINACION Y CALEFACCION</b>	
1	Encendido y apagado de iluminación por accionamiento de las puertas	
2	Encendido y apagado del calefactor	

FECHA:

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

Hoja 2 de 3

CELDA DE LLEGADA		
SET		CELDA:
ITEM	PRUEBAS	RESULTADOS
	<b>SISTEMA DE MEDICION</b>	
	<b>Voltímetro</b>	
1	Marca y Modelo	
2	Escala	
3	TT	
4	Identificación de cables en borneras	
	Funciono	
	<b>Amperímetro</b>	
1	Marca y Modelo	
2	Escala	
3	TC	
4	Identificación de cables en borneras	
5	Funciono	
	<b>Vatímetro</b>	
1	Marca y Modelo	
2	Escala	
3	TC y TT	
4	Identificación de cables en borneras	
5	Funciono	
	<b>Medidor de Energía</b>	
1	Marca y Modelo	
2	Sistema	
3	TC y TT	
4	Identificación de cables en borneras	
5	Funciono	
	<b>SISTEMA DE MANDO</b>	
	<b>Disyuntor</b>	
1	Marca y Modelo	
2	Tensión y corriente nominal	
3	Identificación de cables en borneras	
4	Inserción y extracción de disyuntor	
5	Prueba de bloqueo	
6	Cargado manual de resorte	



**REPORTE DE PRUEBAS DE INTERRUPTORES DE POTENCIA**

N° : RPIP-052-97

CLIENTE : SCADA S.A. REFERENCIA :  
PRUEBAS SOLICITADAS ( ITEM N° ) : 2 y 3

UBICACION

DIRECCION : CIRCUITO :  
S. E.T. ( D ) : JICAMARCA

<b>CARACTERISTICAS DEL INTERRUPTOR</b>	MARCA :	<b>WESTINGHOUSE</b>
	No DE SERIE:	<b>172</b>
	TIPO :	<b>120W-VAC 32</b>
	TENSION DE SERVICIO:	<b>10 kV</b>
	TENSION NOMINAL :	<b>12 kV</b>
	CORRIENTE NOMINAL :	<b>630 A</b>
POTENCIA DE RUPTURA :	<b>MVA</b>	

PRUEBAS

Fecha de Ejecución : 97 - 09 - 03

ITEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
01	TIEMPO DE OPERACION	CIERRE : 0.0 milisegundos APERTURA : 0.0 milisegundos
02	SIMULTANEIDAD DE FASES	DIFERENCIA : ENTRE CONTACTOS : CIERRE : R - S : 0.00 msg R - T : 0.00 msg S - T : 0.00 msg APERTURA : R - S : 0.00 msg R - T : 0.00 msg S - T : 0.00 msg
03	RESISTENCIA DE CONTACTOS	FASES ( a 20.0 °C ) R: 18.6 Microohms S: 17.2 Microohms T: 18.3 Microohms
04	AISLAMIENTO CADA FASE (abierto)	R : Mohm ENTRE S : Mohm FASE Y T : Mohm TIERRA R - T = Mohm S - T = Mohm T - T = Mohm
05	TANGENTE DELTA ( fp )	
06	RIGIDEZ DIELECTRICA	kV efectivos
07	CONTROL DE HUMEDAD	ppm

Lima, 97/09/07

REVISADO

EFFECTUADO POR

*Fortunato Muedas Canchanya*  
**Fortunato Muedas Canchanya**  
INGENIERO ELECTRICISTA  
Reg. del Colegio de Ingenieros No. 42934

LU GAGO T.

*LU GAGO T.*  
**LU GAGO T.**  
Ingeniero Electricista  
Subgerencia de Mant. Sur





FECHA:

**PROTOCOLO DE PRUEBAS****CARGADOR DE BATERIAS**

SET		CELDA:
ITEM	CARACTERISTICAS	
1	Marca	
2	Tipo	
3	No. serie	
4	Tensión de entrada Vca	
5	Tensión de salida Vcc	
6	Frecuencia	
7	Corriente de entrada	
8	Corriente de carga permanente	
9	Corriente de salida	
10	Dimensiones físicas	
11	Año de fabricación	
ITEM	CONDICIONES PREVIAS	RESULTADOS
1	Ubicación	
2	Pintura del armario	
3	Ventilación	
4	Ajuste de pernos en terminales	
5	Anclaje	
6	Puesta a tierra	
7	Integridad de instrumentos y componentes	
8	Cables adecuados para la carga	
9	Contraste de instrumentos	
ITEM	PRUEBAS	
1	Arranque del cargador de baterías en Manual	
2	Arranque del cargador de baterías en Automático	
3	Prueba de Alarmas y señalización	
<b>Firman en señal de conformidad</b>		

# MICROHMÍMETRO MICROPROCESSADO MEGABRÁS MPK-120A

## APRESENTAÇÃO

O MEGABRÁS MPK-120A é um ohmímetro analógico-digital, microprocessado que utiliza o sistema de geração de alta corrente. Destinado a medir com altíssima precisão, valores muito baixos de resistência de disjuntores, tanto em laboratório como em campo.

Dentre as suas principais características destacam-se as seguintes:

- Utiliza o método dos 4 terminais.
- Seleção automática ou manual das escalas (auto-escala)
- Leitura da resistência independente do valor de ajuste da corrente dentro de um amplo intervalo.
- Corrente de teste de 10 e 100 A.
- Resolução de 0,1 micro-ohm.
- Instrumento indicador de corrente analógico, taut band.
- Instrumento indicador de resistência analógico, taut band.
- Indicador digital de display alfanumérico que indica as escalas utilizadas, os intervalos das mesmas e da mensagens ao operador.

## APLICAÇÕES

Medição de resistências de contatos de disjuntores, conectores, soldas, contactores, barramentos de painéis elétricos, condutores, shunts padrões, trilhos de sistemas de tração, amostras de cabos e fios condutores, etc.

## ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

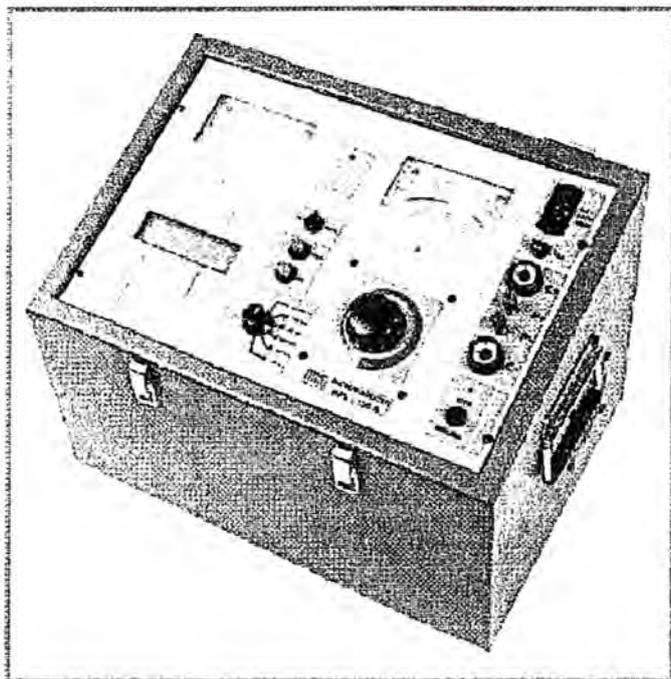
### MULTIPLICADORES DE ESCALA

Na função manual tem os seguintes: x1, x10, x100 e x1.000

**AUTOMÁTICO:** nesta função, o microprocessador seleciona o intervalo de utilização mais conveniente e o display indica o multiplicador que deve ser utilizado.

### INTERVALOS DE MEDIÇÃO

0 -10  $\mu\Omega$  / 0 -100  $\mu\Omega$  / 0 - 1 m $\Omega$  / 0 -10 m $\Omega$  / 0 -100 m $\Omega$



### PRECISÃO

Classe de precisão: <1,5%

### ALIMENTAÇÃO

Opera com 127 V / 220 V  $\pm$  10%; 50/60 Hz, (possui um detetor automático de tensão).

### PESO E DIMENSÕES

31 Kg e 310 x 450 x 350 mm

### ACESSÓRIOS FORNECIDOS COM O EQUIPAMENTO.

Manual de operação em português.

PM-1/2. Conjunto de pontas de prova para corrente e potencial, com garras tipo *jacaré* de 1,5 m para 10 A.

PM-3/4. Conjunto de pontas de prova para corrente e potencial com grampos "C" de 3 " de abertura interna para 100 A, de 5 m de comprimento.

Cabo de alimentação de 1,5 m.

### GARANTIA

Os equipamentos MEGABRÁS estão garantidos por 2 anos cobrindo defeitos de fabricação, materiais e vícios ocultos. Se excluem os defeitos ocasionados por má utilização evidente.

## MEGABRÁS INDÚSTRIA ELETRÔNICA LTDA.

Rua Baldomero Carqueja, 333 - Vila Prel

CEP 05780.260 - São Paulo - SP - Tel 5511-9888 Fax 5512-7683 internet: [www.megabras.com](http://www.megabras.com)

## Aparelho para Teste de Rigidez Dielétrica em Líquidos Isolantes.

### APLICAÇÃO

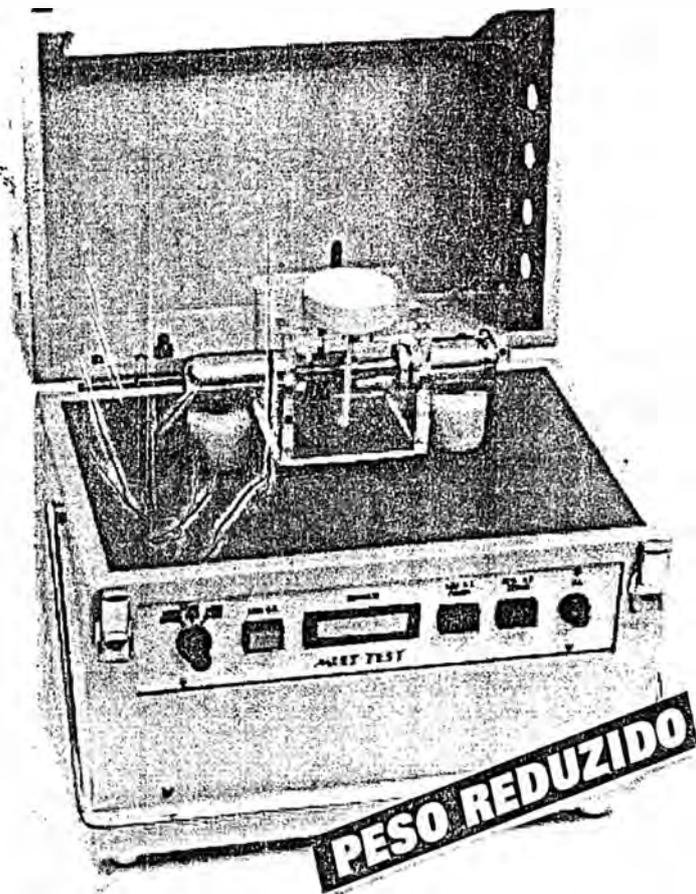
Especialmente indicado para verificação de rigidez dielétrica em líquidos isolantes.

### ESPECIFICAÇÕES

- Aparelho nacional, fabricado de acordo com as Normas ASTM D 1816/74, VDE 0370 E ASTM D 877/67, para testes em líquidos isolantes
- Máxima tensão de teste : 60 kV rms.
- Transformador de alta capacidade, livre de distorção harmônica.
- Controle de velocidade eletrônico, com chave seletora de três posições ( 0,5 ; 2,0 e 3,0 kV/s) e uma terceira velocidade (aprox. 20s. do final de escala) de retorno a zero.
- Cubo de acrílico cristal convencionalmente acessível, permitindo a observação do teste e dos eletrodos durante o ensaio.
- Compartimento específico para a cuba, que permite o acionamento do aparelho somente quando a tampa protetora estiver fechada, garantindo a proteção do operador.
- Acessório motorizado para a circulação automática do óleo, de acordo com a norma selecionada, possibilitando operação contínua ou intermitente.
- Circuito eletrônico ultra-rápido para desligamento de alta tensão (4 a 8 ms), a fim de evitar a carbonização do líquido e a oxidação dos eletrodos, permitindo maior repetibilidade dos testes.

### DADOS TÉCNICOS

- Alimentação: 110/220V + 10% 60 Hz
- Potência (curto tempo) : 0,6 kVA (máximo)
- Potência no momento do Spark : 2 kVA
- Tensão de teste entre eletrodos : 0 - 60 kV rms
- Tensão de teste entre eletrodos e terra: 0 - 30 kV rms
- Regulagem de tensão : automática com três velocidades controladas eletronicamente:
  - 0,5 kV/s (ASTM D 1816/74) - Eletrodo tipo calota
  - 2,0 kV/s (VDE 0370) - Eletrodo tipo calota
  - 3,0 kV/s (ASTM D 877/67) - Eletrodo tipo disco
- Velocidade de retorno a zero : 20s (aprox.) para final de escala.
- Temporizador para repetição de novo ciclo com base de 1 minuto para ASTM D 1816 E 877 e 2 minutos para VDE 0370
- Indicação de tensão : através de Kilovoltímetro Digital com circuito de memória
- Precisão de indicação :  $\pm 1,5$  kV
- Capacidade da cuba : 0,5 litro
- Dimensões:
  - Altura = 350mm \* Largura = 360mm \* Profundidade = 240mm
- Peso : 25kg (aprox.)



### MODELO AUTOMÁTICO PORTÁTIL

### ACESSÓRIOS

- 1 Cubo de acrílico 0,5 litros com calibrador tipo micrometro com tampa com agitador de óleo;
- 1 Par de eletrodos tipo disco;
- 1 Par de eletrodos tipo calota;
- 1 cabo de alimentação com 3 vias para aterramento.

Acondicionamento em caixa de aço pintada em epóxi.

### Representante Exclusivo:

**INSTRONIC Instrumentos de Testes Ltda.**  
Av. Dr. Cardoso de Meio, 1.686  
04548-005 - São Paulo - SP - Brasil  
fone: 55-11-829-9311 \* fax: 55-11-820-6037

**Divisão ELETRICA II - solicite o ramal: 122**

### Produto fabricado por:

**MULT-TEST Instrumentos Elétricos Ltda.**

## MEGÔHMETRO ELETRÔNICO MEGABRÁS MI-20KV

DOC-353

### DESCRIÇÃO

O megôhmetro eletrônico MEGABRÁS modelo MI-20KV é um equipamento de grande versatilidade, robusto, fácil de usar. Utiliza uma tecnologia provada de grande eficácia que proporciona medições confiáveis, seguras e precisas de resistências de isolamento de até 4.000.000 M $\Omega$ , com 4 tensões de prova: 5.000, 10.000, 15.000 e 20.000 V.

Pela suas dimensões e peso reduzidos, autonomia de alimentação e robustez mecânica, este equipamento é adequado para uso em trabalhos de campo, em condições ambientais rigorosas em aplicações industriais e de pesquisas. É fácil de transportar, muito simples de operar, e resistente às severas condições de tratamento, que inevitavelmente, incluem golpes freqüentes, muito altas e muito baixas temperaturas, vibrações intensas durante o transporte por estradas onduladas, prolongada exposição à radiação solar direta, ação da poeira, da areia e outras partículas arrastadas pelo vento, etc. Tudo isso sem alterar a exatidão, comparável com a dos mel-



### INTERVALOS DE MEDIÇÃO, TENSÕES DE PROVA.

Tensão de prova (Volts)	INTERVALOS DE UTILIZAÇÃO [M $\Omega$ ]				Mult de escala	Resist. de Saída
	A	B	C	C x 10		
5.000	0-100	100 - 2.000	1.000-100.000	10.000 -1.000.000	x 10	15,82 M $\Omega$
10.000	0-200	200- 4.000	2.000-200.000	20.000-2.000.000	x 20	31,25 M $\Omega$
15.000	0-300	300-6.000	3.000-300.000	30.000-3.000.000	x 30	46,87 M $\Omega$
20.000	0-400	400-8.000	4.000-400.000	40.000-4.000.000	x 40	62,50 M $\Omega$

### SEGURANÇA DO OPERADOR

Em virtude das altas tensões em jogo, as considerações sobre a segurança do operador têm uma relevante importância. O projeto dos megôhmetros MEGABRÁS neste aspecto, tem merecido especial atenção:

- **GABINETE:** Moldado em material plástico de alta resistência dielétrica. Exceto os bornes de saída, não existem partes condutoras acessíveis para o operador. Os bornes estão localizados na posição mais distante e protegida do gabinete.
- **INDICADOR LUMINOSO DE ALTA TENSÃO:** Um indicador luminoso (Led) assinala a presença de alta tensão no borne de saída durante a medição e continua aceso até que o processo de descarga tenha-se completado.

### INSTRUMENTO INDICADOR.

Analógico. Escala com espelho de 98 mm de comprimento, com ponteiro extrafino, evitando assim erro de paralaxe. Com sistema de suspensão a fita tensa (Taut-Band). Repetibilidade com erro inferior a 0,7%.

### IMUNIDADE CONTRA CAMPOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS

Para assegurar a imunidade contra as perturbações eletromagnéticas intensas, os megôhmetros MEGABRÁS estão dotados de um efetivo sistema de filtro que impede qualquer alteração provocada pelos campos de frequência industrial.

# B

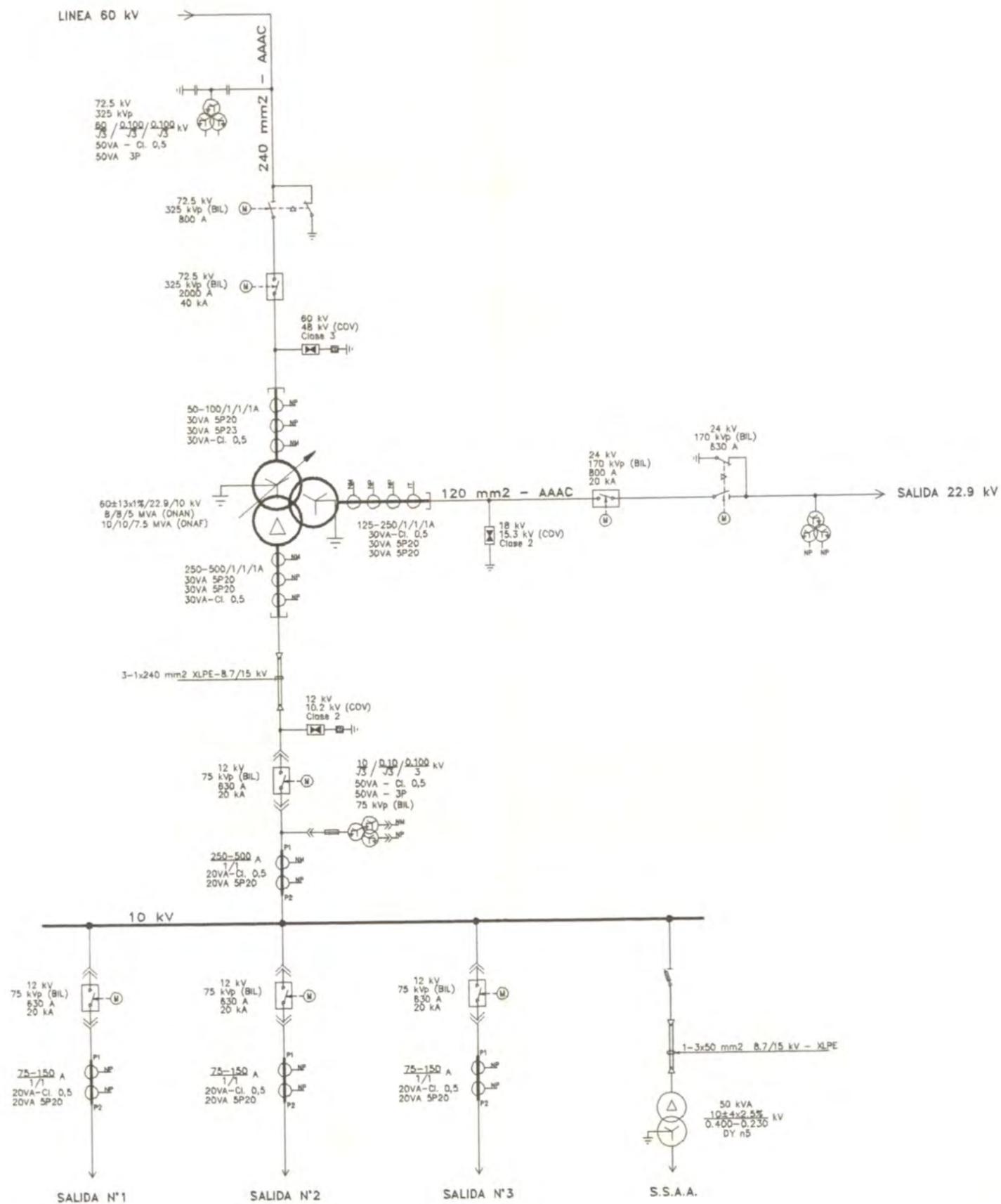
- Relación de planos de Ingeniería de Detalle del montaje electromecánico

**INGENIERIA DE DETALLE**  
**RELACION DE PLANOS PARA EL MONTAJE**  
**ELECTROMECHANICO**

**S.E. 60/22.9/10 KV**

<b>1- Medición de resistividad</b>	<b>SE-E01</b>
<b>2- Diagrama unifilar general</b>	<b>SE-E02</b>
<b>3- Diagrama unifilar del Sistema de Medición</b>	<b>SE-E03</b>
<b>4- Diagrama unifilar del Sistema de Protección</b>	<b>SE-E04</b>
<b>5- Distancias mínimas de seguridad</b>	<b>SE-E05</b>
<b>6- Disposición General</b>	<b>SE-E06</b>
<b>7- Disposición de Equipos planta – cortes</b>	<b>SE-E07</b>
<b>8- Red de tierra profunda</b>	<b>SE-E08</b>
<b>9- Red de tierra profunda Detalles</b>	<b>SE-E09</b>
<b>10-Tablero de Servicios auxiliares 380/220 V</b>	<b>SE-E10</b>
<b>11-Iluminación / Tomacorrientes Planta</b>	<b>SE-E13</b>

<b>12-Ubicación de cajas de control y tuberías</b>	<b>SE-E14</b>
<b>13-Sistema de Iluminación y Tomacorrientes exteriores</b>	<b>SE-E15</b>
<b>14-Iluminación exterior Detalles</b>	<b>SE-E16</b>
<b>15-Detalle de conectores Planta – Cortes</b>	<b>SE-E17</b>
<b>16-Detalle de cadena de aisladores</b>	<b>SE-E19</b>



LEYENDA DE EQUIPOS DE 60 kV

SIMBOLO	DESCRIPCION	MARCA	TIPO
	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO CAPACITIVO	GEC - ALSTHOM MEXICO	CCV15-89
	SECCIONADOR DE LINEA	SECCIONADOR	D300
		MANDO	GMF 3-1
	INTERRUPTOR DE POTENCIA	INTERRUPTOR	51-72.5 F1/1250
		MANDO	CRR3-1C
	PARARRAYOS TIPO OXIDO DE ZINC CON CONTADOR DE DESCARGA	BOWTHORPE INGLES	MCA
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA CON DEVANADO TERCIARIO, CON REGULACION DE TENSION EN CARGA	DELGROSA PERU	10-DH

LEYENDA DE EQUIPOS DE 22.9 kV

SIMBOLO	DESCRIPCION	MARCA	TIPO
	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO INDUCTIVO	GEC - ALSTHOM MEXICO	UPE 34.5
	SECCIONADOR DE LINEA	SECCIONADOR	TRF 1/36/1250
		MANDO	GMF 3-1
	INTERRUPTOR DE POTENCIA	INTERRUPTOR	GL 107
		CONTROL	FK3-1
	PARARRAYOS TIPO OXIDO DE ZINC	BOWTHORPE INGLES	MCA

LEYENDA DE EQUIPOS DE 10 kV

SIMBOLO	DESCRIPCION	MARCA	TIPO
	TRANSFORMADOR DE TENSION EXTRAIBLE TIPO INDUCTIVO	GEC - ALSTHOM BRASIL	BLT-15
	INTERRUPTOR DE POTENCIA DE TIPO EXTRAIBLE	MERLIN GERIN FRANCIA	LTI
	SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA	MESA GATICA ESPAÑA	CF
	PARARRAYOS TIPO OXIDO DE ZINC		
	TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES	DELGROSA PERU	
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	GEC-ALSTHOM	KIF

Planos de Referencia :

- \* SE-ED3 DIAGRAMA UNIFILAR - SISTEMA DE MEDICION
- \* SE-ED4 DIAGRAMA UNIFILAR - SISTEMA DE PROTECCION
- \* SE-ED6 DISPOSICION GENERAL
- \* SE-ED7 DISPOSICION DE EQUIPOS PLANTA - CORTES

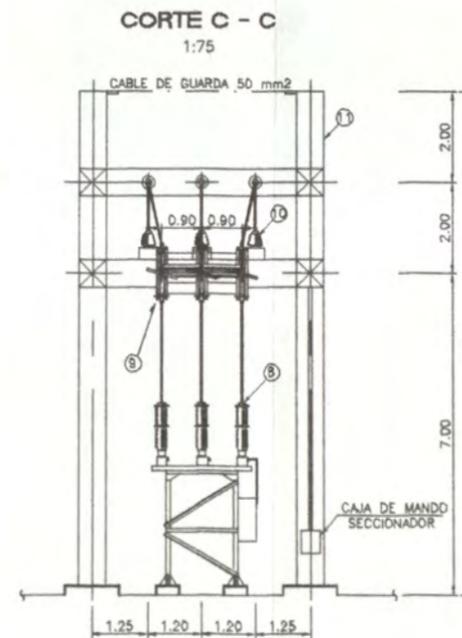
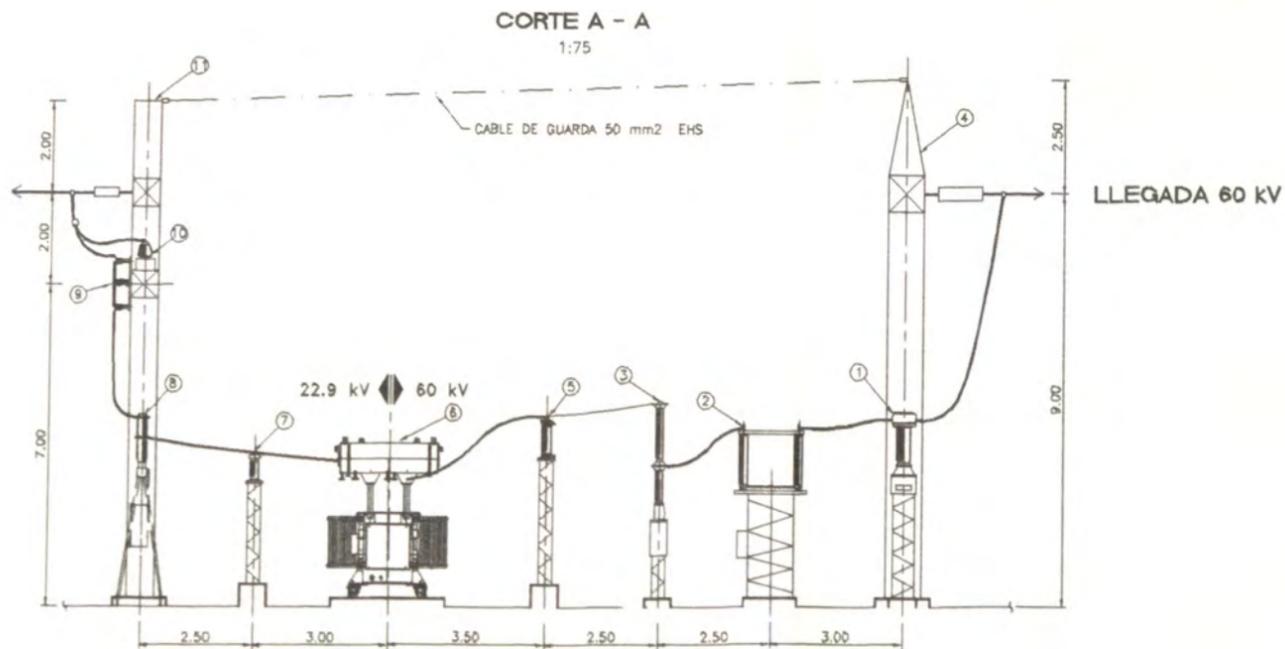
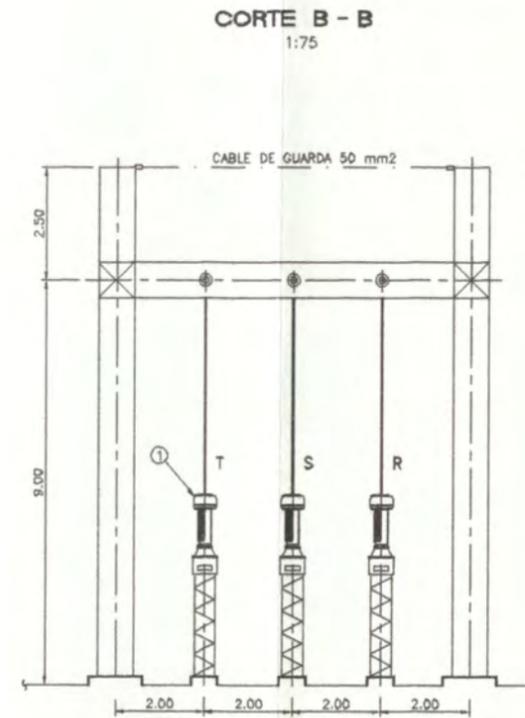
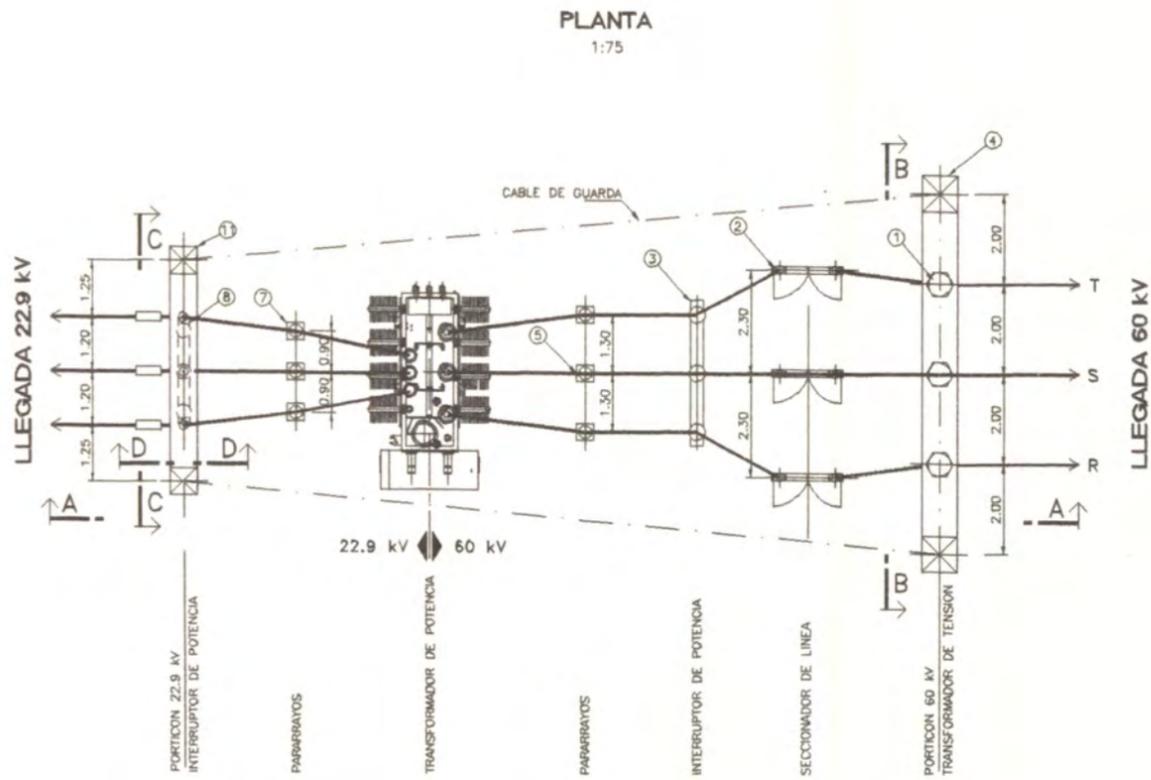
Notas :

- NP : NUCLEO DE PROTECCION
- NM : NUCLEO DE MEDICION
- IT : IMAGEN TERMICA
- RT : REGULADOR DE TENSION

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA  
 INGENIERIA DE DETALLE  
 SUBSTACION 60/22.9/10 kV

DISEÑO: JOSE LUIS HUAMANI	DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	
ASESOR: ING. MOISES FLORES	ESC: S/E	PLANO N°: SE-E02
FECHA: ABRIL 2002		



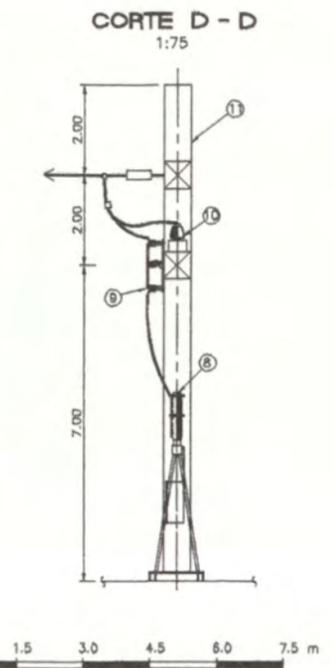


**LEYENDA EQUIPOS 60 KV**

ITEM	DESCRIPCION
①	TRANSFORMADOR DE TENSION TIPO CAPACITIVO
②	SECCIONADOR DE LINEA
③	INTERRUPTOR DE POTENCIA
④	PORTICO 60 KV
⑤	PARARRAYOS TIPO OXIDO-ZINC
⑥	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 60/22.9/10 KV

**LEYENDA EQUIPOS 22.9 KV**

ITEM	DESCRIPCION
⑦	PARARRAYOS TIPO OXIDO-ZINC
⑧	INTERRUPTOR DE POTENCIA
⑨	SECCIONADOR DE LINEA
⑩	TRANSFORMADOR DE TENSION
⑪	PORTICO 22.9 KV



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA  
INGENIERIA DE DETALLE  
SUBESTACION 60/22.9/10 KV

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL

DISERO:  
JOSE LUIS HUAMANI

ASESOR:  
ING. MOSES FLORES

FECHA:  
ABRIL 2002

ESC:  
1:75

PLANO N°:  
SE-E07

**C**

**- Relación de planos de los Tableros**

A  
B  
C  
D  
E  
F  
G

DESIGNACION	HOJA	REVISIONES				
INDICE DE HOJAS Y REVISIONES	0/1					
DIAGRAMA UNIFILAR	1/2	A	B			
DIAGRAMA UNIFILAR	2/3	A	B			
TRANSFORMADOR DE POTENCIA 60/22.9/10 KV	3/4	A	B			
SISTEMA DE MEDICION - LLEGADA 60KV	4/5	A	B			
SISTEMA DE MEDICION - LADO 22.9KV	5/6	A	B			
SISTEMA DE MEDICION - LADO 10KV	6/7	A	B			
SISTEMA DE MEDICION - LADO 10KV SALIDA 1	7/8	A	B			
SISTEMA DE MEDICION - LADO 10KV SALIDA 2	8/9	A	B			
SISTEMA DE MEDICION - LADO 10KV SALIDA 3	9/10	A	B			
SISTEMA DE PROTECCION 60KV - RELE DE DISTANCIA	10/11	A	B	C		
SISTEMA DE PROTECCION 60KV - RELE DE DISTANCIA	11/12	A	B	C		
RELE DIFERENCIAL	12/13	A	B			
SIST. PROTECCION TRANSFORM. - RELE DE ROTEC. DIFERENCIAL	13/14	A	B			
ESQUEMA RELE DE SOBRECORRIENTE	14/15	A	B			
ESQUEMA RELE DE SOBRECORRIENTE	15/16	A	B			
SISTEMA DE PROTECCION DEL TRANSFORMADOR	16/17	A	B			
SISTEMA DE PROTECCION DEL TRANSFORMADOR - RELE DE BLOQUEO	17/18	A	B			
MANDO SECCIONADOR DE LINEA	18/19	A	B			
MANDO DISYUNTOR 60KV	19/20	A	B			
MANDO DISYUNTOR 60KV	20/21	A	B			
MANDO SECCIONADOR DE LINEA - LADO 22.9KV	21/22	A	B			
CIRCUITO DE ENCLAVAMIENTO	22/23	A	B			
MANDO DISYUNTOR 22.9KV	23/24	A	B			
MANDO INTERRUPTOR - CELDA LLEGADA	24/25	A	B			
MANDO INTERRUPTOR - CELDA LLEGADA 1	25/26	A	B			
MANDO INTERRUPTOR - CELDA LLEGADA 2	26/27	A	B			
MANDO INTERRUPTOR - CELDA LLEGADA 3	27/28	A	B			
SISTEMA DE SEÑALIZACION - INTERRUPTORES Y SECCIONADORES	28/29	A	B			
SISTEMA DE SEÑALIZACION - INTERRUPTORES Y SECCIONADORES	29/30	A	B			
SISTEMA DE SEÑALIZACION - INTERRUPTORES Y SECCIONADORES	30/31	A	B			
PANEL DE ALARMAS	31/32	A	B			
PANEL DE ALARMAS	32/33	A	B			
PANEL DE ALARMAS	33/34					
SISTEMA DE ILUMINACION CALEFACCION	34/35					
SISTEMA DE ILUMINACION CALEFACCION	35/36					
SISTEMA DE CALEFACCION E ILUMINACION	36/.					

DESC. DESCRIPCION  
EDICION FECHA  
EDICION FECHA  
EDICION FECHA  
REV. V. B.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

DESIGNADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA
REVISADO			
APROBADO			

DESCRIPCION :  
INDICE DE HOJAS Y REVISIONES

USO :  
TABLEROS

H / R	
QANT/PLANO	
RF PLANO	01



SISTEMA DE MEDICION 10 KV SALIDA 2

BORNE A DISTANCIA

INTERRUPTORES

MEDIDOR ELECTRONICO DIGITAL

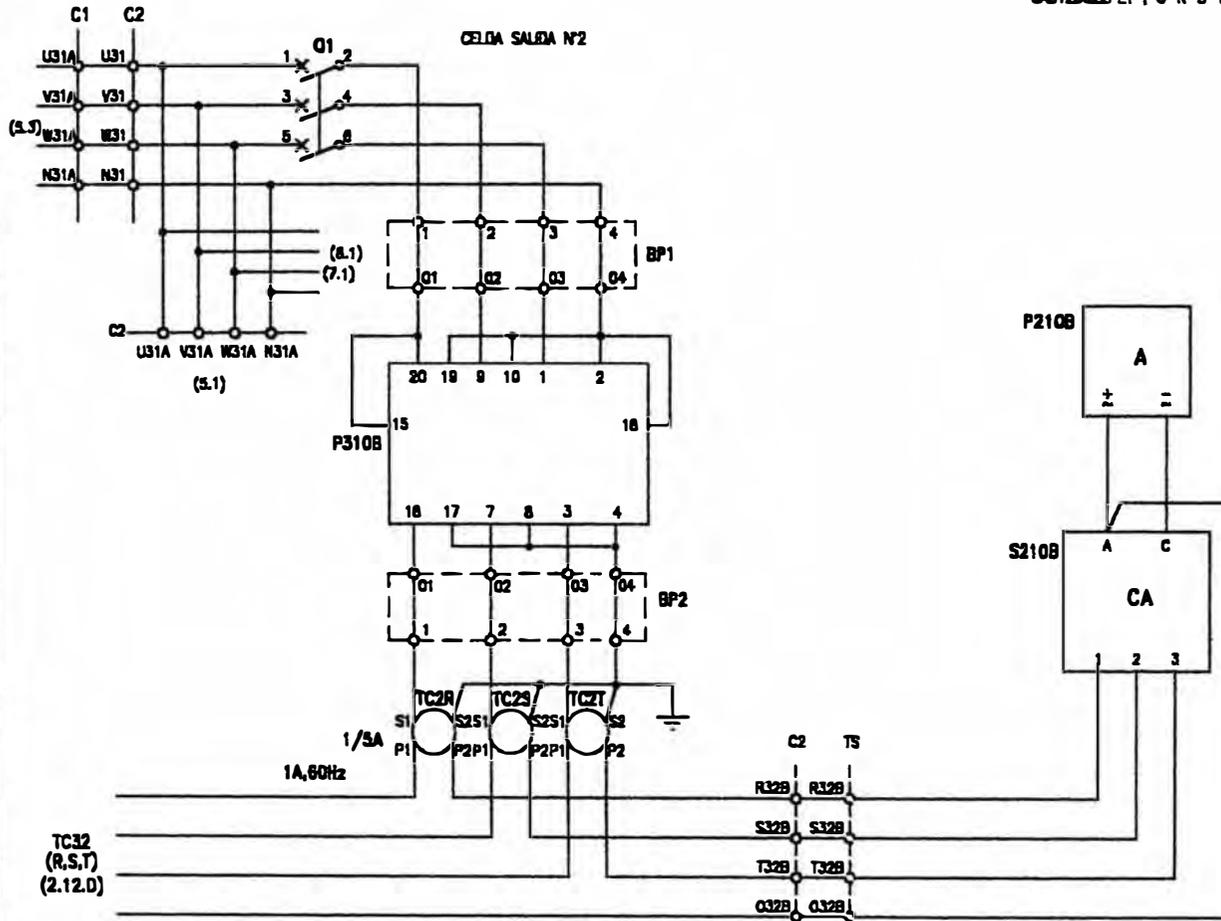
BORNE A DISTANCIA

CORRIENTE AMPERIMETRO

MERLIN GERIN  
3 x 8A  
CBOM

SCHLUMBERGER-USA-FULCRUM  
MOD.: Q220  
100V, 5A, 60Hz, 3ø 4H

SACI EC3V5  
1A, 60Hz, CL-1  
75/1A, 0-75A  
150/1A, 0-150A (FUTURO)  
COMUTADOR: MANELSA  
CA012002ZPL1, O-R-S-T



DESC	DESC	DESCRIPCION
EDICION	FECHA	FECHA
EDICION	FECHA	FECHA
EDICION	FECHA	FECHA
REV.	V. F. B.	REV.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

REVISOR	FECHA	REVISOR	FECHA

DESCRIPCION :  
ESQUEMA DE MEDICION  
CELDA SALIDA N° 2

USO :  
CELDA DE MEDIA TENSION  
10KV - 60HZ - 3ø

H / R	
CANT/PLANO	
N° PLANO	05

**D**

**- Muestra de algunos Manuales Técnicos del fabricante**

# TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

## DESCRIPCIÓN GENERAL

Los transformadores de corriente del tipo QDR y QDR/2 son del tipo aislamiento interno a base de papel y aceite. Consisten de una parte activa parcialmente fundida en resina epoxica. Esta parte activa es soportada por un aislador de porcelana de gran distancia de fuga. Una membrana metálica en la parte superior hace un sello hermético que protege al aceite del aislamiento contra el polvo y la humedad del aire y a la vez opera como un sistema compensador de volumen de aceite.

### SIMPLE, DOBLE O TRIPLE RELACIÓN PRIMARIA

Los transformadores tipo QDR y QDR/2 pueden ser adaptados en el curso del tiempo para cumplir con el incremento en la demanda de corriente eléctrica. Sus bobinados pueden ser cambiados por medio de terminales localizadas junto a los bornes primarios con lo cual se permite valores en la relación de transformación de 1, 2 o 4 (si es requerido por el cliente).

### ALTA RESISTENCIA A ESFUERZOS DE CORTO CIRCUITO

La parte activa del transformador al estar encapsulada en resina epoxica, tiene excelentes propiedades de resistencia mecánica. Los conductores de los bobinados primarios están firmemente atrapados así que no hay riesgo de distorsión en el caso que un corto circuito ocurra.

## EFFECTOS TÉRMICOS LIMITADOS

Los bobinados están situados totalmente dentro de la cabeza del transformador así que la longitud de los conductores del primario es muy corta esto resulta en una mínima generación de calor que fácilmente es disipada esta característica es excelente en caso de sobrecargas permanentes o temporales y requerimientos de corto circuito

### CONFIGURACIÓN ADECUADA DE LA PARTE ACTIVA Y SUS PANTALLAS

La parte activa y sus pantallas están eficientemente localizadas para asegurar una distribución adecuada del campo eléctrico, en consecuencia el gradiente de potencial es favorablemente distribuido sobre toda la longitud de la porcelana.

### SELLADO HERMÉTICO

Los transformadores QDR y QDR/2 están herméticamente cerrados y sellados en la fabrica, el aceite del aislamiento nunca entra en contacto con el aire así que no es necesario hacer chequeos periódico al aceite. Para conservar esta hermeticidad es esencial evitar retirar los tapones de relleno localizados en la tapa de la membrana metálica.

### MEMBRANA METÁLICA

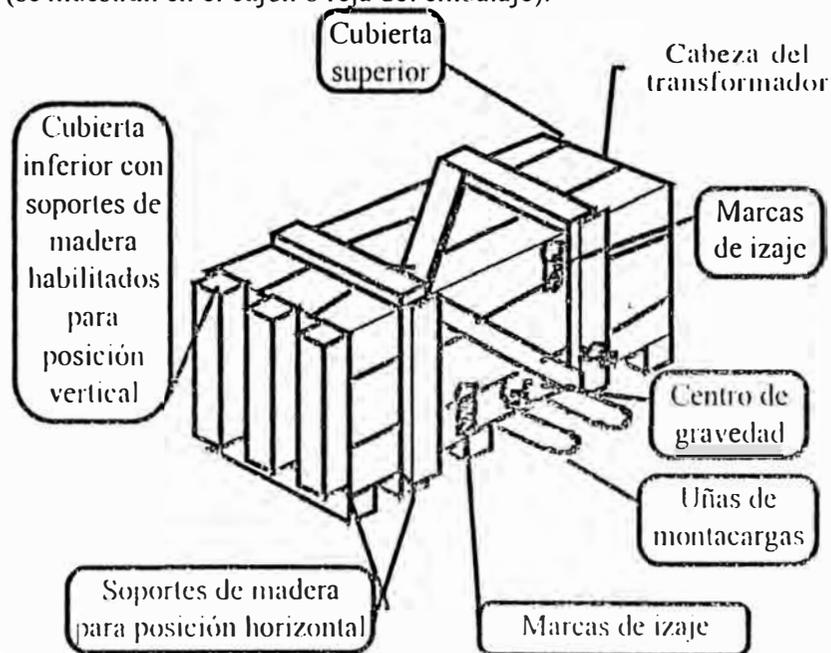
La membrana metálica es utilizada para compensar las variaciones en el volumen del aceite del aislamiento debidas a las variaciones de temperatura y evitar el riesgo de tener sobrepresiones internas. Esta membrana es confeccionada en acero inoxidable por lo que prácticamente esta exenta de mantenimiento.

## COMPONENTES METALICOS

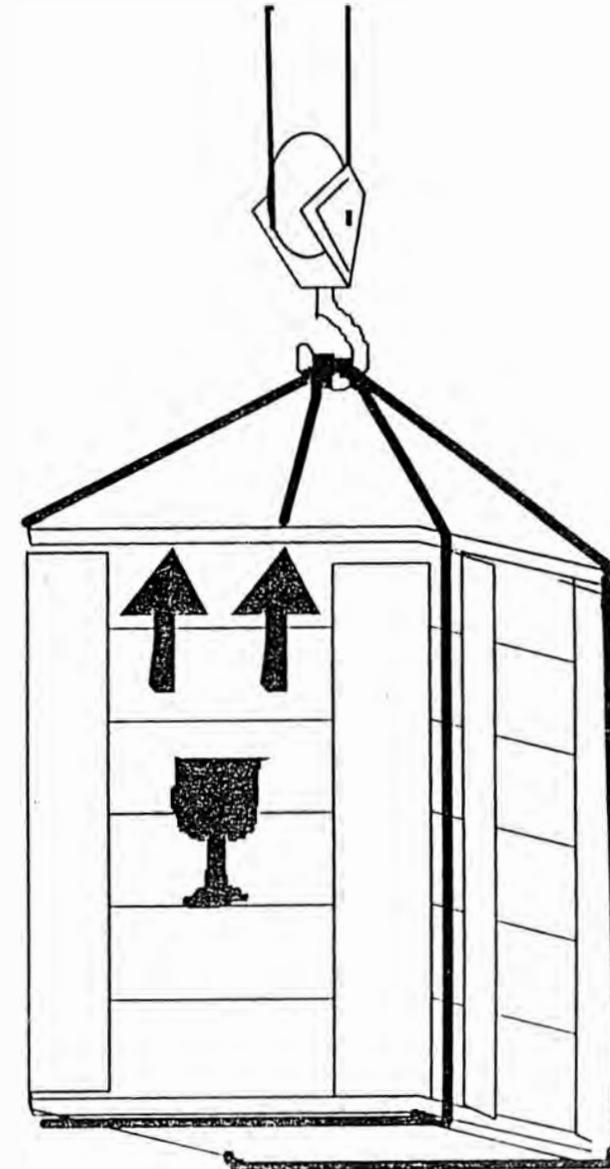
Todos los componentes metálicos no son afectados por la corrosión (fierro galvanizado, estañado de las terminales primarias, etc.). El uso de pintura adicional se hace totalmente innecesario

## INSTRUCCIONES DE MANEJO

Casi todas las veces los transformadores de tensiones inferiores a 245 KV están embalados en posición vertical, pero casi en todos los casos los transformadores de 245 KV están embalados en posición horizontal debido a las facilidades del transporte. En estos casos es muy importante antes de iniciar cualquier maniobra de manejo el localizar el centro de gravedad y las marcas de izaje (se muestran en el cajón o reja del embalaje).



En caso de posición vertical, el manejo se hará como sigue:



Comenzar la erección del transformador lentamente

ALMACENAJE

Este tipo de transformadores puede ser almacenados en exteriores, pero de preferencia, si el transformador permanece en su empaque original, almacenar bajo una superficie techada para evitar que la madera del embalaje se pudra.

TRANSPORTACIÓN Y RECEPCIÓN

Instrucciones a ser seguidas en caso de daños durante el transporte

Tanto si el transporte de los bienes fue arreglado por el cliente o bien por GEC ALSTHOM T & D, las siguientes condiciones deberán ser revisadas:

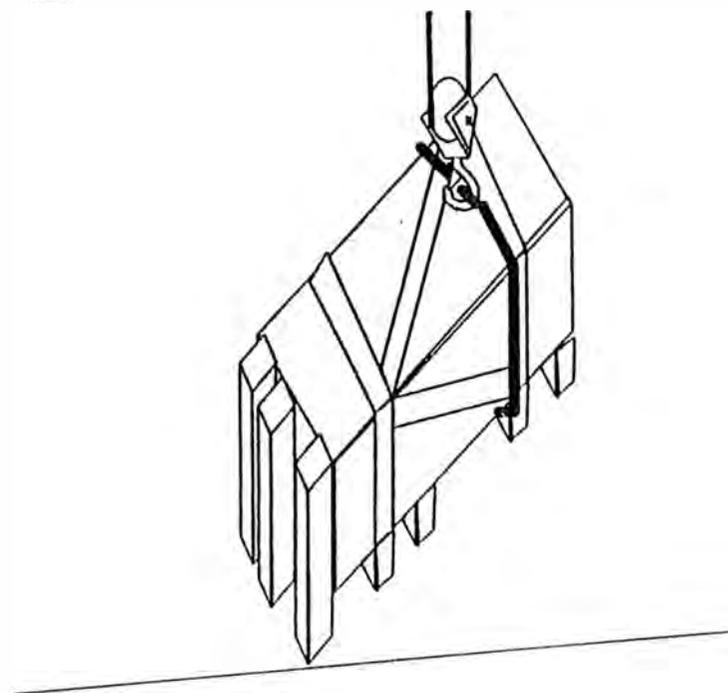
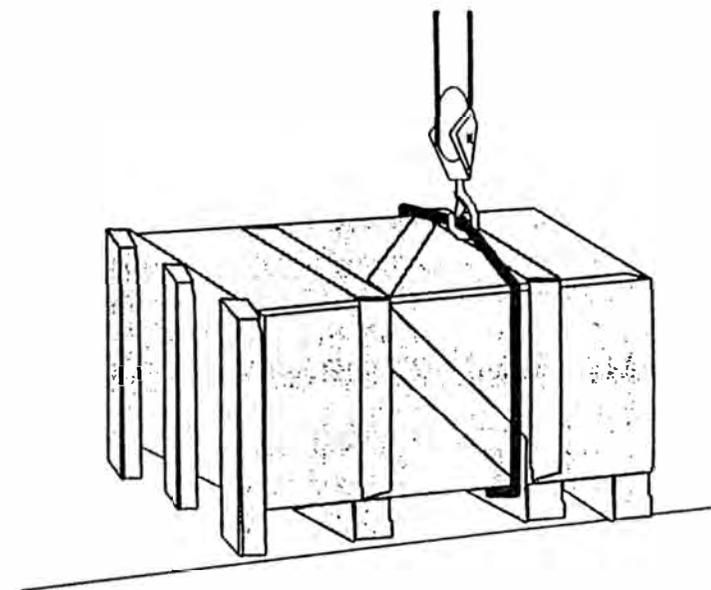
Daños visibles al embalaje o a los bienes:

Si los cajones muestran trazas de marcas de golpes, roturas, rasgaduras, fugas, etc. se deberá hacer un reporte por escrito para la compañía transportista y GEC ALSTHOM T & D deberá ser informado.

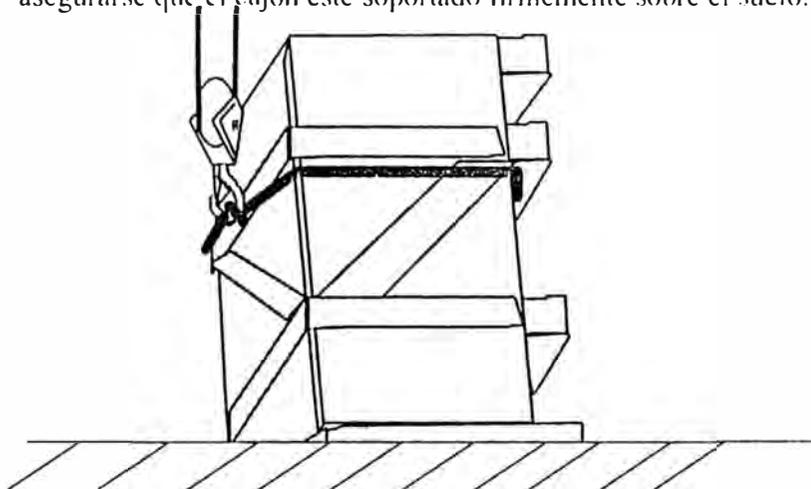
PROCEDIMIENTO DE IZAJE

Si el cajón del embalaje se encuentra en posición horizontal, este deberá ser colocado verticalmente.

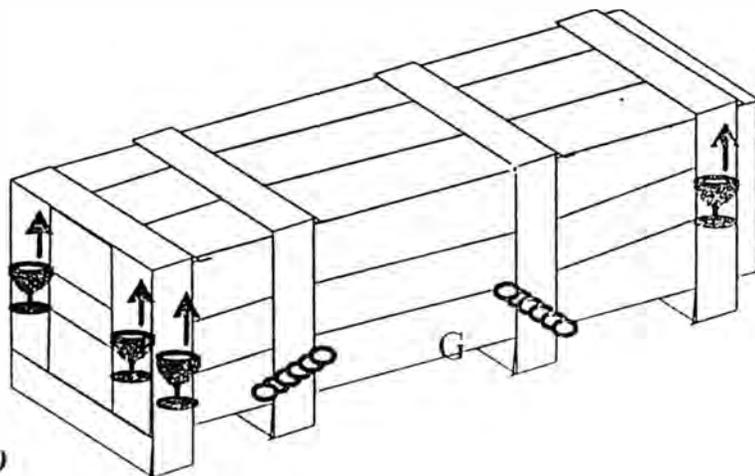
Localizar el lado donde se encuentra la cabeza del transformador, amarrar una cuerda que este asurada contra el travesaño del cajón como se muestra en la siguiente figura



Aplicar una fuerza para tensionar el cajón del aparato y colocarlo cuidadosamente en posición vertical, antes de liberar el gancho, asegurarse que el cajón este soportado firmemente sobre el suelo.



Notar que este procedimiento solamente se aplica si el cajón del embalaje cuenta con soportes de madera en la tapa inferior. Un cajón sin esos soportes se ve como sigue:

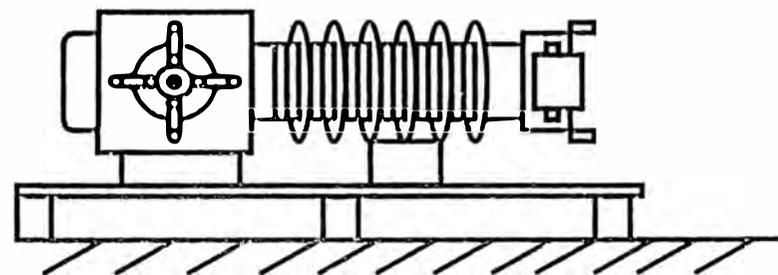


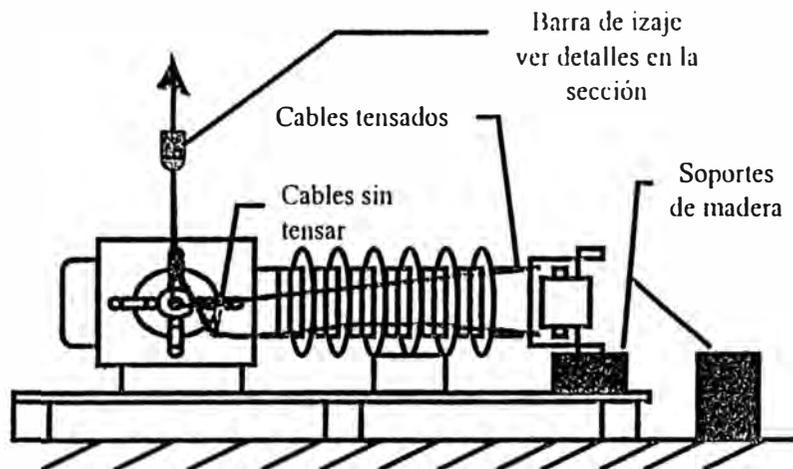
Desembalar (retirar al menos el panel superior y uno de los laterales para que el transformador pueda ser extraído del cajón fácilmente). Evitar vibraciones y golpes.

Enganchar a una grúa una barra equipada con 1 par de cables (con cubierta de nylon o plástico)

Usar una barra con 610 mm máximo entre ejes. Ajustar los cables en posición alrededor de las terminales primarias como se muestra.

Transformador sobre su base (paneles retirados)





Amarrar una cuerda suave o cable con forro de plástico o nylon alrededor de la cabeza y cada uno de los cables para evitar que los cables deslicen fuera del borne primario.

**PRECAUCIÓN:** Los cables deben cruzar bajo las terminales primarias y deben estar enganchados a los barrenos de izaje de las patas del transformador. Los cables sin tensar deben pasar por el lado interior de los cables tensionados.

Bajo las patas del transformador, colocar soportes de madera como se muestra en la siguiente figura:

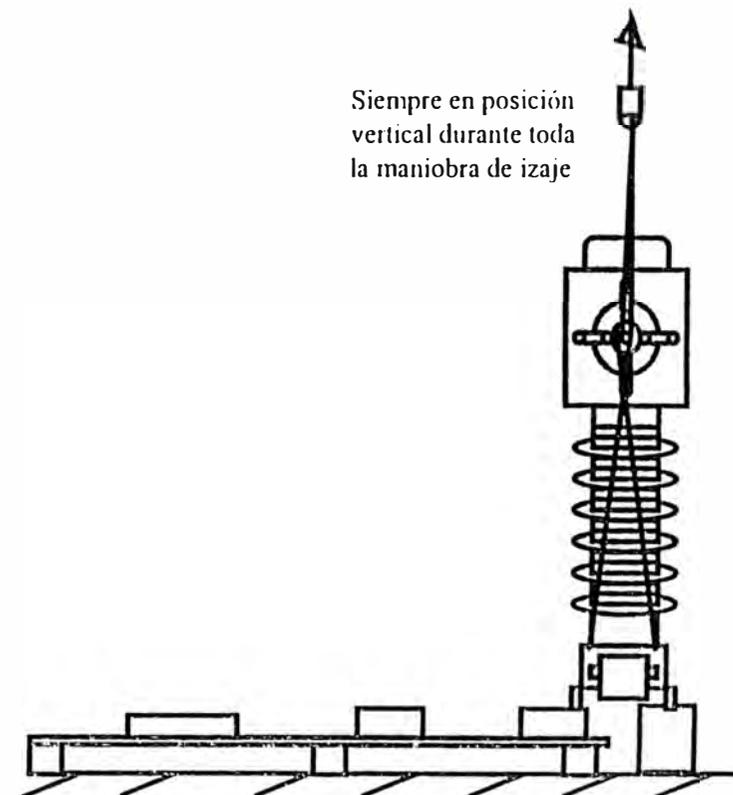
un soporte a unos 50 cm del cajón.

un soporte entre la base del cajón y las patas del transformador.

El objetivo de esos soportes es el evitar que el transformador recobre la posición vertical bruscamente.

**Precaución :** la barra de izaje durante toda la maniobra de izaje deberá permanecer vertical. Cuando las patas del transformador estén completamente soportadas por los soportes, verificar la correcta posición de los cables, mantener los cables tan cerca como sea posible de la cabeza del transformador

Una vez que el transformador este en posición vertical, moverlo lentamente hasta el lugar de instalación.



DESEMBALAJE

Retirar el panel superior y los paneles laterales. El empleo de herramientas metálicas sin el cuidado necesario podrá originar daños al aislador de porcelana del transformador.

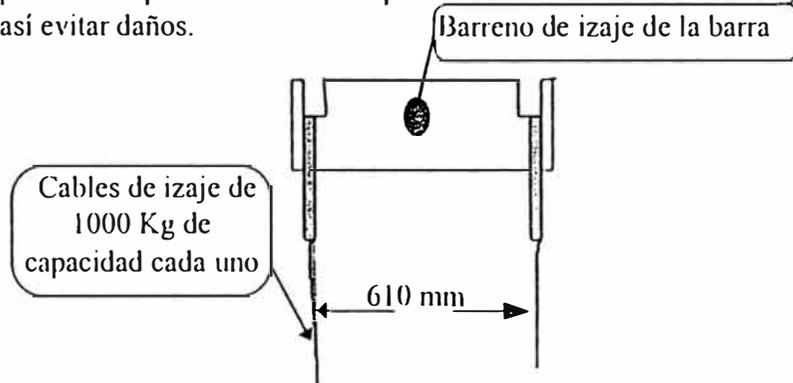
INSTALACIÓN

**NUNCA LEVANTAR EL TRANSFORMADOR DE LAS TERMINALES PRIMARIAS**

El proceso de izaje es llevado a cabo por medio de una grúa y 2 pares de cables de longitud idéntica y con ganchos.

La longitud de esos cables será tal que existan como mínimo 60 cm entre el domo de aluminio del transformador y el gancho de la grúa.

Los ganchos de los cables estarán enganchados en los barrenos de izaje de las patas del transformador. La barra de izaje es colocada para evitar que los cables no toquen la cabeza del transformador y así evitar daños.



**ATENCIÓN: ESPERAR 48 HORAS ANTES DE ENERGIZAR EL APARATO**

DESEMBALAJE DE LA MEMBRANA METÁLICA

La membrana metálica es fuele de acero inoxidable. Durante el transporte los movimientos bruscos pueden dañarla o deformarla permanente, por esta razón es imprescindible que sea embalada de forma especial pero dicho embalaje debe ser retirado antes de la puesta en servicio. Consultar el manual de desembalaje de la membrana metálica localizado dentro de la caja de salidas secundarias.

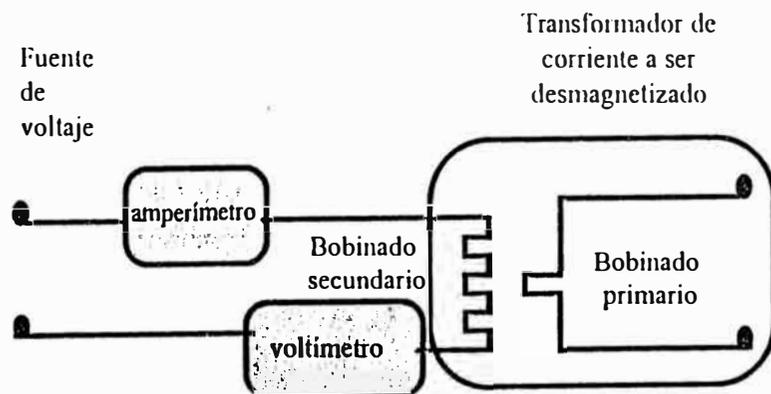
DESMAGNETIZACIÓN

Es recomendable que el transformador sea desmagnetizado antes de efectuar la prueba de determinación de los errores o después de haberse efectuado ensayos dieléctricos, pues durante dichas pruebas el transformador pudo haber sido magnetizado por corrientes continuas de dispersión presentes en los circuitos de prueba. El no hacerlo impedirá tener resultados reproducibles en la clase de exactitud del transformados.

Los métodos de desmagnetización están descritos en las normas CSA e IEEE C-57.13, pero el método general se detalla a continuación.

Conectar el transformador de corriente en el circuito de prueba que se muestra a continuación, aplicar suficiente corriente en el circuito secundario hasta llegar a la saturación, después reducir la corriente lentamente hasta cero.

**EN NINGÚN CASO LA CORRIENTE NOMINAL DEL BOBINADO SECUNDARIO DEBERÁ SER REBASADA.**



NOTA: El voltaje de esta prueba en ningún caso deberá exceder 2500 volts. Voltajes superiores pueden dañar el aislamiento interno entre espiras.

## PRUEBAS EN CAMPO

### 1. Marcas de las terminales

Las marcas primarias y secundarias son marcas de acuerdo con los requerimientos de las normas solicitadas. Transformadores con varias relaciones de transformación, núcleos o bobinados, pueden ser fácilmente identificados en el diagrama en las placas esquemáticas localizadas en la base del transformador y en el domo del mismo

### 2. Conexión a tierra

Cada devanado secundario deberá ser aterrizado en una de sus terminales. Cada transformador cuenta con 2 puntos de tierra interconectados, el primero se localiza dentro de la caja de salidas secundarias y el segundo en el exterior, en la base del transformador.

## NUNCA DEJAR LOS DEVANADOS SECUNDARIOS EN CIRCUITO ABIERTO CUANDO EL TRANSFORMADOR SE ENCUENTRE ENERGIZADO

Bajo tal condición, pueden aparecer voltajes elevados entre las terminales de los devanados secundarios que pueden poner en riesgo la integridad del aislamiento entre espiras del transformador es necesario que los circuitos secundarios no utilizados sean cortocircuitados y conectados a tierra.

Las pruebas en campo para transformadores de corriente, son recomendadas para verificar que no exista daño ni cambio en las características eléctricas del transformador durante el embarque y almacenaje. Es recomendable seguir los métodos y procedimientos descritos en las normas IEEE C-57.13 e IEC-185 aplicables (guías para pruebas en campo de transformadores de corriente para protección).

## MANTENIMIENTO

El transformador está completamente sellado en fabrica, queda absolutamente prohibido extraer mas de 0.5 litros de aceite durante toda la vida del transformador y solo si el transformador cuenta con válvula de muestreo. Si mas de 0.5 litros fueran extraídos, es necesario reponer esa cantidad con el mismo tipo de aceite (para detalles de reposición de nivel de aceite, consultar con nuestro departamento de servicios al cliente).

Es recomendable que una inspección a fondo sea realizada antes de energizar el transformador y esta inspección deberá llevarse a cabo al menos una vez cada 2 años.

1. Aislador: Limpiar periódicamente la porcelana de acuerdo con la importancia de la contaminación atmosférica en el sitio de instalación

2. Base: Asegurarse que las terminales de tierra de los circuitos secundarios estén correctamente conectadas, checar también el apriete de cada terminal.
3. Parte superior: Asegurarse que la conexión de las terminales primarias estén en buenas condiciones, checar también el par de apriete.

En el caso de tener barras de conmutación primarias, asegurarse de que estén correctamente conectadas checar también el par de apriete de la tomillería.

Checar que no existan fugas de aceite alrededor de las bridas de la porcelana, en la base y en la cabeza del transformador.

# TRANSFORMADOR DE TENSION

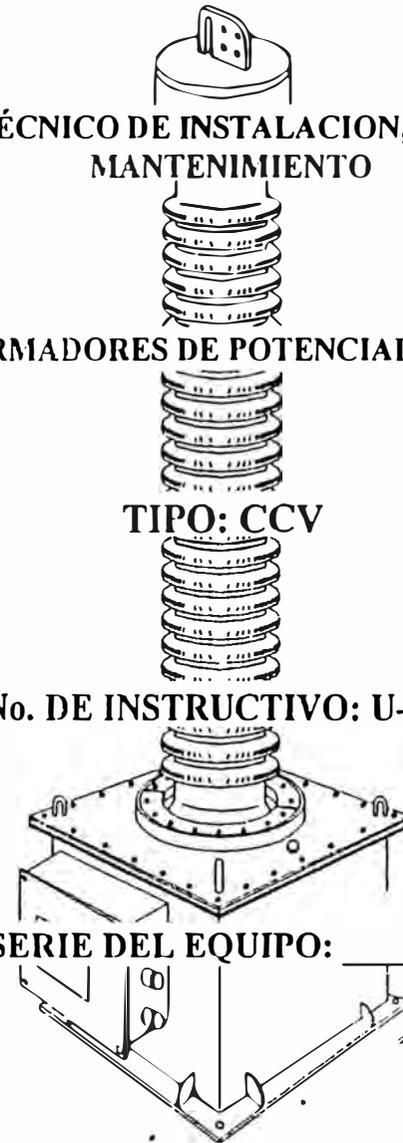
**MANUAL TÉCNICO DE INSTALACION, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO**

**TRANSFORMADORES DE POTENCIAL CAPACITIVO**

**TIPO: CCV**

**No. DE INSTRUCTIVO: U-001**

**No. DE SERIE DEL EQUIPO:**



*[Handwritten signature]*  
**APROBADO**  
12 NOV 97

### 9.- IZAJE DEL CCV

Desembalar de acuerdo con el punto 8; comenzar el izaje levantando el transformador, mediante una cruceta y 4 cables iguales con 1 gancho cada uno que serán enganchados en los ojales de las argollas de izaje que trae el transformador sobre la tapa del gabinete, además de una sogá amarrada a los 4 cables para dar seguridad y equilibrio al momento del levantamiento y transporte del CCV, como se ilustra en la figura No. 3.

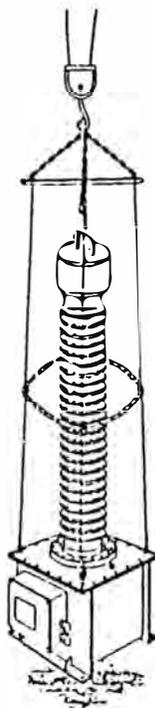


Figura No. 3

Emitió: P.C.S  
Fecha de emisión: 10-Abril-97

Revisión No. 0  
Fecha de revisión: 0

Aprobó: F.R.G  
Dcpto. Ingeniería

### 10.- INSTALACIÓN

Después de haber abierto las cajas, revisar el estado de los aisladores y gabinete, verificando si no presentan fugas de aceite. Se debe abrir la puerta de la caja de accesorios carrier y salidas secundarias, verificando el estado de los componentes y del cableado. Operar las cuchillas de puesta a tierra para verificar que no hayan sido dañadas durante el transporte. Es importante reportar cualquier anomalía directamente a la fábrica.

**NUNCA LEVANTAR EL TRANSFORMADOR DE LA TERMINAL PRIMARIA**

La base del gabinete tiene 4 barrenos para ser fijada con anclas de 5/8" de diámetro. La placa de características colocada en la puerta de la caja del gabinete donde se alojan los accesorios carrier y las salidas secundarias, indica el número correcto, por número de serie, en el que se ensamblan los módulos. Ya que los módulos se transportan en algunos casos en forma separada, se debe tener cuidado de no mezclar éstos con los de otro aparato.

**ES IMPERATIVO QUE SE RESPETE ESTE ENSAMBLE, PUES EL APARATO FUE CALIBRADO EN FABRICA DE ESTA FORMA.**

Cuando se suministran CCV'S de 230 y 400 kV que son compuestos de 2 y 3 módulos respectivamente, y en el caso que sean del tipo CCV20, los módulos que no van provistos de tapa de izaje están equipados de un domo provisional en lámina galvanizada que protege a la membrana de expansión de agentes externos tales como: el polvo, los rayos solares y la lluvia, considerando estos agentes durante los períodos de transporte y almacenaje. Este domo se desecha cuando se procede a hacer el montaje del aparato para su puesta en servicio. En el momento del montaje se deben colocar las virolas para proteger en forma continua la membrana. La forma de montar el aparato para cada nivel de tensión se muestra en la figura No. 4.

Para el caso del tipo CCV15 los módulos llevan una placa circular (disco), debido a que la virola que aloja la membrana no es removible como en el caso anterior sino que se requiere desmontar los módulos para poder quitarla. Las cualidades de esta placa protectora son las mismas que las del domo. La forma de montar el aparato para cada nivel de tensión se muestra en la figura No. 5.

Es importante considerar el par de apriete de los tornillos que sujetan las bridas tanto inferior como superior de todos los niveles de tensión, este par de apriete debe ser de  $151 \pm 5$  Lb-in ó de 175 Kg-cm.

Emitió: P.C.S  
Fecha de emisión: 10-Abril-97

Revisión No. 0  
Fecha de revisión: 0

Aprobó: F.R.G  
Dcpto. Ingeniería

**TRANSFORMADORES DE POTENCIAL CAPACITIVO TIPO CCV20**

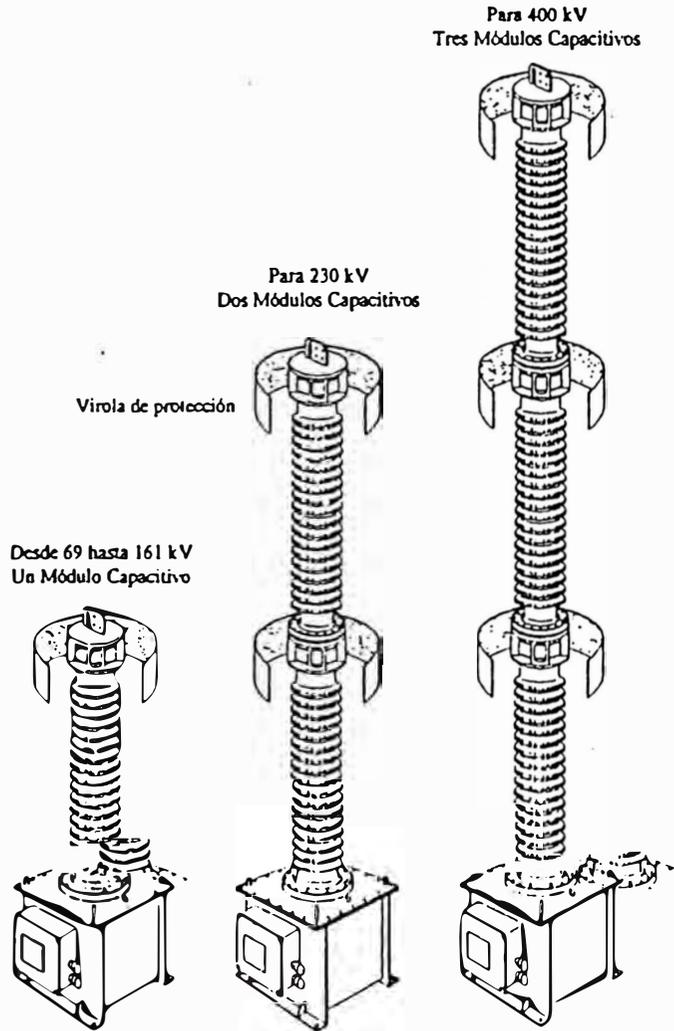


Figura No. 4

Emitió: P.C.S  
 Fecha de emisión: 10-Abril-97

Revisión No. 0  
 Fecha de revisión: 0

Aprobó: F.R.G  
 Depto. Ingeniería

**TRANSFORMADORES DE POTENCIAL CAPACITIVO TIPO CCV15**

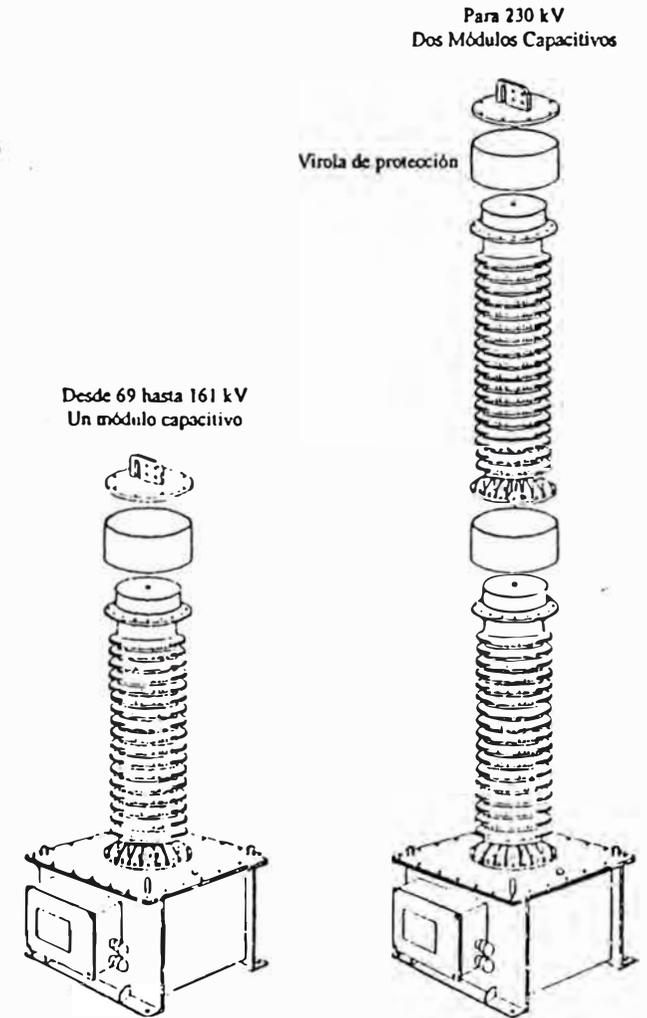


Figura No. 5

Emitió: P.C.S  
 Fecha de emisión: 10-Abril-97

Revisión No. 0  
 Fecha de revisión: 0

Aprobó: F.R.G  
 Depto. Ingeniería

ANTES DE APRETAR LOS TORNILLOS DE ANCLAJE CERCIORARSE QUE LAS PATAS ASIENTAN BIEN SOBRE LA BASE

Los CCV para sistemas de 230 kV o más, son suministrados con un anillo contra el efecto corona, para uniformizar el campo eléctrico.

El acceso para las conexiones de los cables de los relevadores e indicadores así como del sistema carrier, se realizan en la caja del gabinete, a través de 2 ductos de 31.8 mm (1-1/4") de diámetro localizados a la derecha de la puerta de la caja carrier.

Las terminales secundarias están marcadas de acuerdo con las normas requeridas, se pueden identificar fácilmente en la placa de características y en el diagrama de conexiones localizadas en la tapa de la caja de salidas secundarias del aparato.

LAS CONEXIONES SE HACEN DIRECTAMENTE A LAS TERMINALES SECUNDARIAS

La polaridad de los devanados secundarios es sustractiva.

Cada CCV cuenta con un conector de conexión de tierra de 2/0 a 4/0 a 250 mm generalmente u otro de dimensiones especificadas por el cliente.

EL USUARIO SOLO TIENE ACCESO A LAS TERMINALES DE LOS SECUNDARIOS DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CAPACITIVO Y AL SISTEMA CARRIER, PUES LAS OTRAS CONEXIONES ESTAN INMERSAS EN ACEITE.

El ajuste ha sido calibrado en fábrica para las cargas y clase de precisión señaladas en la placa de características, por lo tanto; no es necesario ajustar el dispositivo para una carga específica o un cambio en la carga durante la operación en campo.

Cuando se equipa el CCV para transmisión por sistema carrier, la cuchilla de puesta a tierra puede estar aterrizada (tensión secundaria nula) sin interrupción de la corriente del carrier.

## 11.- PRUEBAS DE RECEPCION

Cada uno de los CCV'S es sometido a los ensayos rutinarios que exige la especificación o la norma bajo la cual fue ordenado y las características eléctricas no son afectadas por las maniobras de transporte y manejo adecuadas, por lo que se hace innecesario efectuar ensayos adicionales durante la recepción de los equipos. Sin embargo algunos ensayos pueden ser realizados como la medición de aislamiento, continuidad, medición de capacitancia, etc. Consultar el punto 12 referente a pruebas en campo.

## 12.- PRUEBAS EN CAMPO

Las pruebas en campo son recomendadas en los CCV'S para asegurar que el equipo no ha sufrido daño alguno durante el envío o almacenaje. Es recomendable seguir métodos y procedimientos descritos en las normas IEEE C57-13 o IEC-185 (guías para pruebas en campo). A continuación se describen los ensayos mas comunes:

**IMPORTANTE:** Si las lecturas obtenidas son menores a lo esperado, los aisladores y las terminales secundarias deben ser limpiados cuidadosamente con agua limpia, secados y posteriormente repetir la mediciones. Si las lecturas persisten fuera de lo esperado, comunicarse con el fabricante para obtener instrucciones adicionales.

1.- Para verificar el aislamiento de los devanados primario y secundario, se debe apoyarse en el diagrama de conexiones mostrado en este instructivo. Con un megger u otro instrumento que proporcione una tensión menor o igual a 3 kV, se puede hacer la medición considerando lo siguiente.

a) El valor medido de resistencia medido entre primario y secundario debe estar comprendido entre 150 y 200 MΩ.

b) La resistencia de aislamiento entre los devanados de baja tensión, debe estar comprendido entre 50 y 100 MΩ (desconectando la terminal de tierra).

c) La resistencia de aislamiento entre baja tensión y tierra debe estar comprendida entre 50 y 100 MΩ.

2.- Verificación de la continuidad de los fusibles.

### 3.- Medición de la capacitancia en campo.

#### a) Módulo capacitivo inferior

Este tipo de módulo cuenta con una derivación intermedia que no permite una medición directa de la capacitancia total del módulo. Para conocer este valor, es necesario medir las capacitancias sobre la parte superior del módulo y la toma intermedia C1 y la existente entre este punto y el final del módulo C2. Mediante la siguiente expresión, se puede determinar el valor de la capacitancia total del módulo:

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

Para la medición de C1, poner la cuchilla de potencial a tierra y medir entre la parte superior del módulo y tierra.

Para la medición de C2, se debe desconectar el cable que viene del traverseo circular a uno de los birlos de la bobina de drenaje y mida entre éste y tierra verificando antes de que la cuchilla de puesta a tierra de potencial está a tierra, la bobina es cilíndrica de color gris y se encuentra en el lado derecho de la caja de salidas secundarias, poner atención en el cable seleccionado, puesto que llegan 3 cables en sus 2 espárragos de conexión, después de efectuar la medición, se dejara la conexión inicial de esta conexión. Se deben hacer mediciones a una frecuencia no mayor a 1000 HZ, de preferencia a baja frecuencia.

#### b) Módulos capacitivos intermedio y/o superior

Para este tipo de módulo solo es necesario medir entre la parte superior e inferior de cada módulo.

## 13.- MANTENIMIENTO

El Transformador de Potencial Capacitivo es un equipo estático, hermético y como tal requiere de un mantenimiento mínimo. Sin embargo se sugiere considerar lo siguiente:

a) Queda estrictamente prohibido extraer más de 0.5 litros de aceite durante toda la vida del transformador, en el caso de que se halla extralido este aceite, la cantidad extraída deberá ser reemplazada con el mismo tipo de aceite que se indica en una placa sobre la superficie de la tapa del gabinete (consultar con

Emitió: P.C.S  
Fecha de emisión: 10-Abril-97

Revisión No. 0  
Fecha de revisión: 0

Aprobó: F.R.G  
Depto. Ingeniería

nuestro departamento de servicios al cliente sobre procedimientos y accesorios para llenado de aceite).

b) Limpiar periódicamente el aislador de porcelana de acuerdo con la importancia de la contaminación atmosférica del lugar.

c) Asegurarse que las conexiones de tierra así como las conexiones de los circuitos secundarios sean correctas. Checar también el par de apriete de la tornillería (151 ± 5 Lb-in ó de 175 Kg-cm).

d) Asegurarse que la conexión de la terminal primaria este en buenas condiciones, checar el par de apriete de la tornillería (151 ± 5 Lb-in ó de 175 Kg-cm.)

e) Checar que no existan fugas de aceite en la parte inferior y superior de la porcelana a la altura de las bridas.

f) Retirar la virola de aluminio (donde sea removible), revisar que no existan fugas de aceite sobre las membranas.

PRECAUCION. La garantía de la membrana es de 10 años, pero es necesario el inspeccionar y reemplazarla en el caso de que fugas de aceite sean detectadas (pedir información a la fábrica para el reemplazo de las membranas).

g) Medir la resistencia de aislamiento (consultar punto 12. Pruebas en campo)

h) Medir la capacitancia del o de los módulos capacitivos  
Para establecer una verificación de los parámetros eléctricos, se dan los siguientes procedimientos:

La medición de la capacitancia y el factor de disipación (tang. δ) de cada módulo, es el medio más confiable de determinar el estado del dieléctrico del capacitor. Estos valores tomados en campo, deben registrarse con los valores reales de placa de cada módulo. Con el tiempo, se tendrá la evolución de cada módulo. Un aumento progresivo en el valor de factor de disipación, indica la presencia de humedad o bien la contaminación por arqueo del dieléctrico. Un factor de disipación superior al 0.3 % indica claramente que el capacitor se esta deteriorando, por lo que deberá ser retirado de servicio y enviado a fábrica, para verificación del factor de disipación.

Un capacitor de acoplamiento cuenta con muchas bobinas, todas ellas conectadas en serie y por lo tanto, la falla de una o más secciones puede ser

Emitió: P.C.S  
Fecha de emisión: 10-Abril-97

Revisión No. 0  
Fecha de revisión: 0

Aprobó: F.R.G  
Depto. Ingeniería

detectada por un incremento en el valor de la capacitancia. Una variación superior al 2% de la capacitancia real medida inicialmente en campo es motivo de alarma, en cuyo caso, el CCV debe ser retirado de servicio.

**IMPORTANTE:** La capacitancia y el factor de disipación fueron determinados en fábrica de con un puente de precisión. Cualquier comparación de los valores de placa debe considerarse el método de prueba utilizado, así como el grado de precisión. Es recomendable que el usuario mida la capacitancia y el factor de disipación de cada modulo que compone el CCV antes de la puesta en servicio, utilizando el mismo equipo que será usado posteriormente para fines de comparación.

#### 14.- DESCRIPCION DE LAS FALLAS MAS FRECUENTES.

Los CCV al no tener partes móviles, generalmente no presentan fallas frecuentes, tal vez las fallas más continuas que se pudieren presentar son los puntos calientes que en la mayoría de los casos son ocasionados por falsos contactos en la terminal primaria y en las secundarias, conectores, etc. y las fugas de aceite; para el primer caso la solución es verificar el par de apriete de la tomillería ( $151 \pm 5$  Lb-in ó de 175 Kg-cm) y buen contacto de los conectores; para el segundo, primeramente se tiene que localizar el origen de la fuga. El incremento de temperatura en operación considerada en la parte inductiva es de 20°C.

Es recomendable una inspección completa al transformador antes de energizarlo, esta inspección deberá ser repetida al menos una vez al año.

Sin embargo a continuación se describen causas posibles (C.P.) de falla que pueden presentarse en servicio y las medidas de corrección (M.C.) de las mismas.

##### a) Tensión de salida nula

C.P. Cuchilla del potencial cerrada.  
M.C. Abrir la cuchilla.

C.P. Terminal C2 del módulo capacitivo internamente en corto circuito.

M.C. Medir la capacitancia entre la derivación y tierra, habiendo desconectado previamente el circuito magnético. Reponer el módulo capacitivo en caso de estar en corto (solo en fábrica).

Emitió: P.C.S  
Fecha de emisión: 10-Abril-97

Revisión No. 0  
Fecha de revisión: 0

Aprobó: F.R.G  
Depto. Ingeniería

C.P. Carga o terminales secundarias en corto circuito.  
M.C. Definir motivo y reponer.

b) Tensión secundaria a 8% inferior de valor normal.

C.P. Las bobinas de la columna capacitiva en corto circuito.  
M.C. Devolver el aparato a fábrica para la reposición del módulo.

e) Tensión de salida distorsionada.

C.P. Carga secundaria mayor a la capacidad térmica.  
M.C. Reducir la carga.

**IMPORTANTE:** Si no es posible enviar el aparato a fábrica, consultar con el departamento de servicios al cliente sobre la forma específica las instrucciones para realizar la reparación, si es posible.

También para el cambio de membranas se debe consultar con nuestro departamento.

#### 15.- INSTRUCCIONES PARA LA DESTRUCCION DEL EQUIPO.

Cuando finalice la vida útil del transformador podrá ser destruido sin problema alguno pues no contiene sustancias ni materiales peligrosos tanto para el medio ambiente como para las personas. Los materiales utilizados en la construcción de estos equipos son reciclables como son: cobre electrolítico, acero al silicio, fierro, aluminio, aceite para transformador, algunos otros materiales son la excepción como son: la resina utilizada en los traversees y la bobina de drenaje, el papel y polipropileno dieléctricos y el aislador de porcelana.

Para desmantelar el equipo en forma general se considera lo siguiente:

a) Primeramente vaciar el aceite del o de los módulos capacitivos en contenedores adecuados, en el caso del módulo que esta sobre el gabinete, éste debe ser removido (quitar los tornillos de la tapa, con una grúa izarlo y desconectar la bobina de bloqueo para poder separarlos y extraer el aceite. Estos aceites aunque son diferentes pueden ser reciclados en cada caso para ser utilizados nuevamente.

b) Utilizando una grúa se levantan los módulos abrazando con sogas de las aletas de los aisladores y se puede proceder a desmantelar las bridas de la porcelana para que las partes activas sea removidas de la porcelana, en el caso

Emitió: P.C.S  
Fecha de emisión: 10-Abril-97

Revisión No. 0  
Fecha de revisión: 0

Aprobó: F.R.G  
Depto. Ingeniería

del gabinete se podrá sacar la charola que contiene la parte electromagnética. Debiendo desmantelar los accesorios mecánicos como cuchillas y aditamentos, el transformador, reactor de compensación y el circuito supresor de la ferroresonancia, así como todo el piecerío de fierro que sirven de soportes. Los metales del gabinete y de los soportes y bridas pueden ser reciclados, en algunos casos la porcelana podrá ser reutilizada en un nuevo transformador si se encuentra en buenas condiciones.

c) Se puede desmantelar las partes activas de la o las columnas capacitivas (papel dieléctrico, polipropileno dieléctrico y la envolvente de aluminio en el caso de las columnas capacitivas), que no son reciclables. En el caso del transformador y reactor de compensación se puede quitar el cobre de los bobinados separándolos de los núcleos de acero al silicio siendo reciclados éstos materiales.

#### **16.- LISTA DE PARTES REEMPLAZABLES**

##### **1.- MEMBRANA DE EXPANSION PLASTICA**

(Número de parte GEC ALSTHOM T & D clave: H1300)

##### **2.- MEMBRANA DE EXPANSION PLASTICA CORTADA - Utilizada en equipos que llevan indicador de nivel de aceite.**

(Número de parte GEC ALSTHOM T & D clave: H1301)

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **Distribution, Power and Regulating Transformers**  
Autor: IEEE standards collection 1995.
2. **Operación de Sistemas Eléctricos**  
Autor: Ing. Juan Carlos Pino Gaviño
3. **Manuales Técnicos de Instalación, Operación y Mantenimiento de equipos de Alta Tensión en Subestaciones.**  
Autor: GEC ALSTHOM
4. **Archivos de Obra de la L.T. 60 KV Zorritos - Mancora y, Subestaciones.**  
Autor: SOINCO S.A.C..I
5. **Norma Técnica "Control de la ejecución de obras en Subestaciones de Sistemas de Transmisión y Protocolo de Pruebas para su Recepción"**  
Electroperú 353-001 1980.
6. **Normas Técnicas MEM/DEP 110, 221, 222, 223, 224, 225 y 510**