

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



**“DISEÑO, MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO  
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EN 10/0,22kV  
PLANTA INDUSTRIAL DONOFRIO”**

**INFORME DE INGENIERÍA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**DANIEL FERNANDO CHÁVEZ ROBLES**

**PROMOCIÓN**

**1982-2**

**LIMA-PERÚ**

**2002**

*Dedico esta tesis a mi adorada  
esposa e hijo por ser mi fortaleza en  
cada momento de mi vida.*

**DISEÑO, MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO  
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EN 10/22KV PLANTA INDUSTRIAL  
HELADOS D'ONOFRIO**

## **S U M A R I O**

En el presente trabajo se expone una serie de principios y técnicas que son esenciales para el diseño de subestaciones eléctricas en media tensión.

En el desarrollo del presente informe se dan, los criterios adecuados que se deben tener presente para la elección de cada uno de las partes que conforman; dicha subestación como por ejemplo podemos mencionar las barras de cobre, aisladores, cable de acometida en media tensión, seccionadores de potencia, transformadores de distribución, etc.

También se resaltan en este trabajo la importancia que se debe tener en el diseño adecuado de la sección transversal de las barras de energía y los efectos dinámicos y térmicos que se presentan por efectos de la corriente de cortocircuito. Se adiciona al informe una aplicación práctica de cálculo de los parámetros eléctricos para el diseño de la subestación así como su análisis de costo unitario y su respectiva evaluación económica.

# ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>2</b>
1.1 Introducción	2
1.2 Alcance del proyecto	3
1.3 Descripción del proyecto	3
1.4 Bases de cálculo	4
1.5 Definiciones	6
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE SUBESTACIONES DE MEDIA TENSION</b>	
2.1 Generalidades	18
2.2 Causas, naturaleza y efectos de los cortocircuitos	19
2.3 Estudio de la corriente de cortocircuito	22
2.4 Valores de la corriente de cortocircuito admitidos en transformadores	24
2.5 Esfuerzos electrodinámicos desarrollados por las corrientes de cortocircuito	27
2.6 Esfuerzos térmicos desarrollados por el cortocircuito	37

## **CAPÍTULO III**

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS**

3.1	Generalidades	45
3.2	Alimentación primaria	45
3.3	Subestación de transformación de 10/0.22 KV	48
3.4	Equipos de la celda de llegada	49
3.5	Cortocircuito fusible	54
3.6	Interconexión entre celdas	54
3.7	Barras de cobre	54
3.8	Transformador de potencia	55
3.9	Puente soporte de transformadores	56
3.10	Conexión en baja tensión	56
3.11	Conexión a tierra	56
3.12	Equipos de maniobras	57
3.13	Ventilación	58

## **CAPÍTULO IV**

### **CÁLCULOS DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL DISEÑO DE SUBESTACIONES DE MEDIA TENSION**

4.1	Condiciones generales de diseño	59
4.2	Dimensiones eléctricas	59
4.3	Diseño de la subestación de transformación de 10/0.22 KV	65
4.4	Cálculo de ventilación	73

## **CAPÍTULO V**

<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>83</b>
-----------------------------	-----------

5.1 Introducción	83
------------------	----

## **CAPÍTULO VI**

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE</b>	<b>100</b>
---	------------

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>109</b>
---------------------	------------

<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>112</b>
------------------------	------------

### **ANEXO A**

#### **MOMENTO DE INERCIA DE SECCIONES TRANSVERSALES**

<b>BÁSICAS</b>	<b>114</b>
----------------	------------

### **ANEXO B**

#### **CABLE NKY MEDIA TENSIÓN – TABLAS DE CAPACIDAD DE**

#### **CORRIENTE Y FACTORES DE CORRECCIÓN PARA CONDUCTORES**

<b>DIRECTAMENTE ENTERRADOS</b>	<b>116</b>
--------------------------------	------------

### **ANEXO C**

<b>INFORMACIÓN TÉCNICA Y CATÁLOGOS</b>	<b>121</b>
--	------------

### **ANEXO D**

#### **DIAGRAMA GANT DE AVANCE DE OBRA**

#### **DISEÑO ,MONTAJE Y PUESTA EN SERVICIO 10 KV PLANTA**

<b>INDUSTRIAL D'ONOFRIO</b>	<b>157</b>
-----------------------------	------------

### **ANEXO E**

<b>PLANOS ELÉCTRICOS</b>	<b>159</b>
--------------------------	------------

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>162</b>
---------------------	------------

## PRÒLOGO

Se define una subestación eléctrica, al conjunto de elementos eléctricos que sirven para alimentar a un determinado suministro Comercial, Industrial u otros en general con una demanda grande de energía para obtener luz, fuerza, calefacción y otros servicios en la que se hace utilización de dicha energía.

Actualmente es posible apreciar que cada vez mas son las empresas que requieren contar con sus propias subestaciones eléctricas para su propio control y atender sus propias necesidades de consumo por lo que se requiere la existencia de profesionales calificados para tal fin.

El desarrollo de este trabajo pretende ser una guía complementaria y ha sido descrito con un lenguaje sencillo, la información suministrada esta estructurada de forma flexible y se han incluido dibujos, fórmulas y textos con algunos efectos de presentación para una grata lectura y fácil asimilación y aplicación de los conceptos. La experiencia acumulada en muchos años sobre el tema me permite transmitirlo en este trabajo como un aporte para ser utilizado por profesionales que lo requieran.



## **CAPÍTULO I ANTECEDENTES**

### **1.1 Introducción**

El proyecto Diseño, Montaje, Pruebas y Puesta en Servicio Subestación Eléctrica en 10 /.22 kV Planta Industrial Helados D'onofrio corresponde al proyecto ejecutado de renovación del cable de alimentación en 10 kV, reubicación y montaje electromecánico de la celda de llegada y diseño de ventilación para los transformadores de distribución.

La acometida en 10 kV correspondiente será desde la Subestación N° 369 perteneciente a la Empresa de Distribución Eléctrica de Lima Norte EDELNOR la cual se encuentra ubicada en la calle Luisa Beousajour s/n, hasta un punto adyacente a la Subestación Particular correspondiente a la Planta de Helados D'ONOFRIO con suministro N° 0235118 y constituidos por tres transformadores de distribución con relación de transformación de 10/0.22 kV instalados en sus respectivas celdas de transformación.

El suministro 0235118 alimenta a las plantas de D'ONOFRIO S.A. (Planta de helados y Planta de Golosinas), el presente proyecto solo abarca la Planta de Helados la cual tiene una carga contratada de 1598 kW; que se mantendrá con la reubicación.

## 1.2 Alcances del proyecto

En el presente trabajo, el proyecto expuesto comprende el diseño de:

- Red de alimentación eléctrica primaria de 10 kV
- Celda de llegada en 10 kV con una máxima demanda de 1598 kW y una potencia instalada de 1880 kVA el cual esta constituida en tres transformadores de potencia, una de 600 kVA y dos de 640 kVA (Planta de helados).

## 1.3 Descripción del Proyecto

El suministro eléctrico para la Planta de Helados D'ONOFRIO S.A. estará dado por:

Tensión nominal:	10 kV
Frecuencia	60 HZ
Tipo de distribución:	trifásico
Número de hilos:	3
Sistema adoptado:	Subterráneo
Tipo de cable:	NKY
Sección del cable:	3 x 70 mm <sup>2</sup>

Desde la Subestación N° 369 perteneciente a la empresa de distribución eléctrica EDELNOR S.A. se alimentará a la planta de Helados mediante un cable subterráneo hasta llegar a la celda de llegada que corresponde a la Subestación Particular de la empresa D'ONOFRIO.

El ingreso a la Subestación se hará mediante ducto de concreto de dos vías, el cual será sellado con yute aiquitranado una vez que se pase

el cable de media tensión para evitar el ingreso de la humedad. El cable de media tensión va por la canaleta bajo el piso y luego culmina en la botella terminal.

La Subestación tendrá una celda de llegada conformada por los siguientes equipos eléctricos :

- Una botella terminal
- Tres seccionadores unipolares
- Un seccionador de potencia

#### **1.4 Bases de cálculos**

El proyecto ha sido elaborado en base a las Normas y reglamentos vigentes establecidos en el :

- Código Nacional de Electricidad tomos I y IV , edición 1978
- Normas DGE-004B/1984 y DGE-006B-P-1/1984, ambas aprobados por la Dirección Nacional de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas con R.D. 029-84-EM/DGE con fecha 07.03.84.
- Normas de Edelnor S.Á.

Se ha considerado para el desarrollo de este proyecto un factor de máxima demanda de 0.85.

### 1.4.1 Criterios de Diseño Considerados

Los parámetros considerados para el desarrollo del proyecto son:

- Máxima demanda total : 1598 kW
- Factor de potencia estimado: 0.85
- Caída de tensión máxima permisible 3.5%
- Potencia de cortocircuito: 300 MVA
- Tiempo de apertura de la protección: 0.02 seg
- Potencia de diseño: 1880 kVA

### 1.4.2 Planos

En el presente trabajo se integra los planos y las especificaciones técnicas que comprende el proyecto, los cuales tratan de presentar y describir en forma detallada un conjunto de partes esenciales para la operación completa y satisfacción del sistema eléctrico propuesta debiendo por lo tanto suministrar e instalar todos aquellos elementos necesarios para tal fin.

Los planos correspondientes a este proyecto estarán conformados por :

- Plano N° 1 Sistema de utilización primaria en 10 kV replanteo de montaje de la Subestación
- Plano N° 2 Sistema de utilización primaria en 10 kV. Plano de ubicación, recorrido del conductor en 10 kV.

Los símbolos que se emplean, corresponden a los

indicados en el Tomo I del Código Nacional de Electricidad, edición 1978, los cuales están descritos en la leyenda respectiva.

## **1.5 Definiciones**

La Norma VDE 0660/4.62 define los siguientes conceptos:

- El contacto eléctrico es un estado que resulta al unirse dos piezas usadas para conducir la corriente.
- La conexión o cierre significa el establecimiento del contacto eléctrico en los contactos destinados para ello.
- La desconexión o apertura significa la supresión del contacto eléctrico en los contactos destinados para ello.
- La separación significa la interrupción segura de un circuito de corriente intercalando un espacio libre suficiente (tramo de separación) para protección del personal de servicio.
- Dispositivo es un elemento de un sistema eléctrico que está destinado a transportar energía pero no a utilizarla, por ejemplo los seccionadores, los interruptores, etc.
- Una maniobra es la secuencia de acciones para cierto fin predeterminado.
- Los aparatos de maniobra son aquellos dispositivos que unen (conectan) o interrumpen o seccionan (desconectan) circuitos.

### **1.5.1 Tensión nominal de un sistema**

Es la tensión eficaz con la que es denominado un sistema y según la cual son determinadas ciertas características de su

funcionamiento y aislamiento. para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión fase a fase.

### **1.5.2 Tensión máxima del sistema**

Es la tensión máxima eficaz que se presenta bajo condiciones de operación normal en cualquier instante y en cualquier punto del sistema. No incluye transitorios tales como aquellas debidos a maniobras del sistema, ni variaciones temporales de tensión debidas a condiciones anormales del sistema, tales como aquellos debidas a condiciones de falla o por la desconexión súbita de grandes cargas. Es recomendable que la tensión máxima no supere el 110% de la tensión nominal correspondiente.

### **1.5.3 Tensión nominal ( $U_n$ ) de un aparato de maniobra**

Es la tensión de referencia para la capacidad de maniobra de dicho aparato.

### **1.5.4 Tensión máxima del equipo ( $U_m$ )**

Es la mayor tensión eficaz para la cual ha sido diseñado un equipo o elemento de una instalación respecto a su aislamiento. Esta tensión es el mayor valor de la  $U_m$  del sistema para lo cual el equipo puede ser usado.

### **1.5.5 Nivel de aislamiento**

Conjunto de valores de tensión que caracterizan el aislamiento de un material o equipo, relativos a su aptitud para soportar los esfuerzos dieléctricos sin deterioro, falla ni perforación.

### **1.5.6 Frecuencia nominal de un aparato de maniobra**

Es la frecuencia para la que está diseñado

### **1.5.7 Intensidad Nominal ( $I_n$ )**

De un aparato de maniobra es aquella con la que se puede cargar el aparato de maniobra en atmósfera normal, con maniobra ocasional sin que se sobrepasen ni su calentamiento ni su temperatura límite.

### **1.5.8 Sobrecarga**

Es el proceso de carga sobre el valor nominal de plena carga

### **1.5.9 Cortocircuito**

Conexión intencional o accidental entre dos puntos de un circuito a través de una impedancia despreciable.

### **1.5.10 Fusible (cortocircuito fusible)**

Dispositivo de protección contra sobrecorriente que por la fusión del elemento fusible, abre el circuito en el cual está insertado, cuando la corriente que lo atraviesa excede cierto valor en un tiempo determinado.

### **1.5.11 Fusible limitador de corriente**

Fusible que cuando está insertado en un circuito dado, limita la corriente de cortocircuito, por su resistencia propia o por la rapidez de su acción, a un valor sustancialmente menor que el que sería alcanzando en la ausencia del fusible.

### **1.5.12 Seccionador**

Dispositivo de maniobra destinado a separar un circuito eléctrico de la fuente de energía en forma visible. No tiene capacidad de

interrupción de corriente y está destinado a ser manipulado sólo después que el circuito ha sido abierto por algún otro medio.

#### **1.5.13 Fusible limitador de corriente para interior 10 kV**

Para ser instalados en los seccionadores fusibles de potencia tripolar 10 kV; con elemento de señalización (que indique la fusión) y disparo tipo pesado.

#### **1.5.14 Seccionador fusible de potencia automático tripolar de 10 kV**

Se aplica para montarse en el interior de las subestaciones convencionales, las dimensiones serán de acuerdo a lo solicitado. Los seccionadores de potencia tienen capacidad de interrupción de corriente.

Estará previsto para el montaje de tres fusibles limitadores de corriente de alta capacidad de ruptura; la operación de los fusibles será silenciosa y sin emisión de gases. El fusible tendrá un elemento de disparo que accionará el mecanismo de apertura al seccionador fusible de potencia.

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



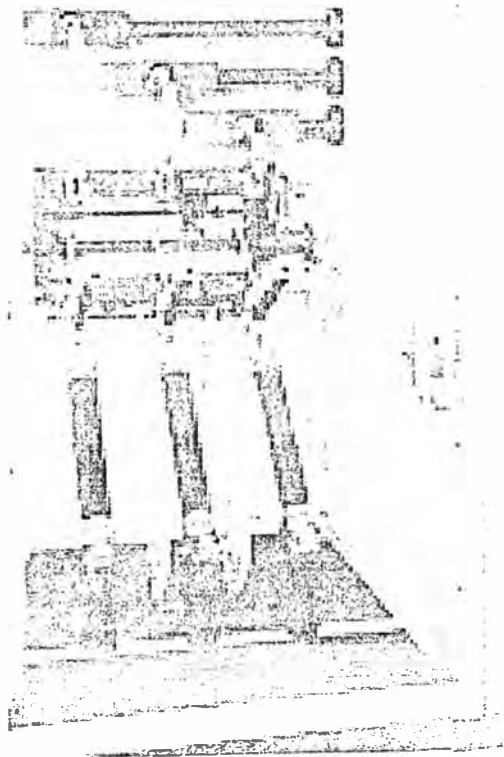


Figura 1.1 Seccionador de potencia tripolar

El seccionador estará equipado con contactos principales fijos y móviles; contactos secundarios para extinción del arco, pantallas de separación entre fusibles.

Deberá estar preparado para instalarse en celdas abiertas en el interior de la subestación con ventilación natural, en zonas de alta contaminación ambiental, tanto como industrial.

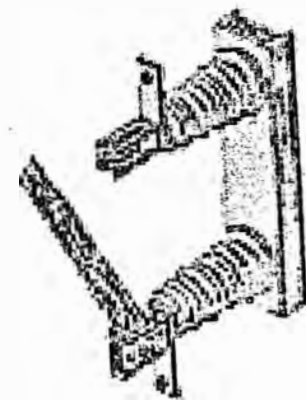
El seccionador cumplirá con los requisitos de diseño y fabricación indicados. En el Cuadro 1.1 se puede apreciar para fines didácticos las características básicas del seccionador de potencia (información referencial).

**Cuadro 1.1: Características básicas del seccionador de potencia tripolar de 10 kV**

<b>Características básicas</b>	
Tensión nominal	10 kV
Corriente nominal	200 A
Capacidad de apertura a $\cos\phi=0.7$	200A
Capacidad de cierre	75 kA

### 1.5.15 Seccionador unipolar de 10 kV

Se aplica para montarse en las celdas de llegada de las subestaciones trifásicas convencionales. Están previstas para operarse sin carga usando una pértiga aislada, en la figura 1.2 se muestra a modo visual un seccionador unipolar de 10 kV.



**Figura 1.2 Seccionador unipolar de 10 kV**

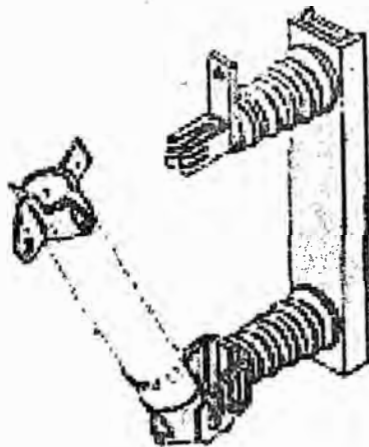
También podemos representar en el Cuadro 1.2 de modo referencial las características básicas del seccionador unipolar de 10 kV

**Cuadro 1.2: Características básicas del seccionador unipolar de 10 kV**

Características básicas	
Tensión nominal de operación	10 kV
Capacidad de cierre	75 kA

### 1.5.16 Base unipolar de fusible seccionador de 10 kV tipo Interior

Su aplicación está prevista para proteger los transformadores convencionales contra corrientes de cortocircuitos con fusibles limitadores de corriente. Se instalan a la celda del transformador de las subestaciones convencionales.



**Figura 1.3 Base unipolar de fusible seccionador unipolar**

En el Cuadro 1.3 se presenta a modo referencial y para fines prácticos las características básicas de la base unipolar del fusible seccionador unipolar.

Cuadro 1.3: Características básicas de la base unipolar de fusible  
seccionador unipolar de 10 kV tipo interior.

Características básicas	
Tensión nominal	10 kV
Corriente nominal	200 A
Peso máximo	7.2 Kg

#### 1.5.17 Cartucho fusible limitador de corriente

Están previstos para proteger a los transformadores instalados en el interior de las subestaciones convencionales contra corriente de cortocircuito. Se instalan en la base unipolar de fusible seccionador unipolar de 10 kV, en el interior de las subestaciones del mismo tipo. En la Figura 1.4 podemos apreciar un modelo de este cartucho fusible limitador de corriente.



Figura 1.4 Cartucho fusible limitador de corriente

También en el Cuadro 1.4 se muestra a modo referencial y para fines didácticos

Las características básicas del cartucho fusible limitador de corriente.

Cuadro 1.4: Características básicas del cartucho fusible limitador de corriente.

Características básicas	
Tensión nominal	10 kV
Capacidad de Interrupción	30 kA rms
Peso máximo	4 Kg

### 1.5.18 Transformador trifásico de distribución

El transformador es un aparato estático con dos o más arrollamientos, los cuales mediante inducción electromagnética, transforma un sistema de corriente y tensión alternas en otro sistema y corriente generalmente de diferentes valores y a la misma frecuencia con el propósito de transmitir potencia eléctrica.

Los transformadores son fabricados para trabajar tanto en instalaciones interiores como exteriores, poseen refrigeración natural y son diseñados para entregar en funcionamiento normal continuo la potencia nominal especificada, con el conmutador en cualquiera de sus tomas, las características constructivas básicas del transformador es en el circuito magnético por lo general del tipo ensamblado, compuesto por columnas y yugo constituidos de láminas de acero al silicio, de grano orientado, laminado en frío y de alta permeabilidad magnética recubiertos de aislamiento inorgánico en ambas caras, que cortadas sin rebabas permiten obtener bajos valores de corriente de excitación y pérdidas en vacío.

En el caso de los arrollamientos los devanados están formados por bobinas concéntricas de cobre electrolítico de alta conductividad y el aislamiento es papel impregnado en aceite (clase A). Su diseño permite que el transformador pueda suministrar la potencia nominal en cualquier posición del conmutador de derivaciones. Las bobinas son compactadas, ensambladas y aseguradas.

El tanque es del tipo corrugado con tapa empernada, en el cual las paredes están conformadas por aletas onduladas soldadas a la estructura y constituyen el sistema de refrigeración del transformador. Con esta construcción en plancha de acero estructural se obtiene una robustez de gran resistencia a los esfuerzos mecánicos y permite el despacho de los transformadores llenos de aceite listos para entrar en servicio.

El aceite usado en algunos transformadores según requeridos es un mineral constituyendo el elemento aislante y refrigerante del transformador, las características principales que deben tener son las siguientes:

- Tener baja viscosidad para obtener una buena transferencia de calor,
- Posee alta rigidez dieléctrica
- Ausencia de ácidos inorgánicos, álcalis y azufre corrosivo, para prevenir deterioro en los aislamientos y los conductores. Resistencia a la oxidación y a la formación de lodos.
- Resistencia a emulsiones con agua
- Bajo punto de congelación

En la Figura 1.5 se muestra a modo de ejemplo para fines visuales, didácticos y a modo referencial un transformador trifásico de distribución.

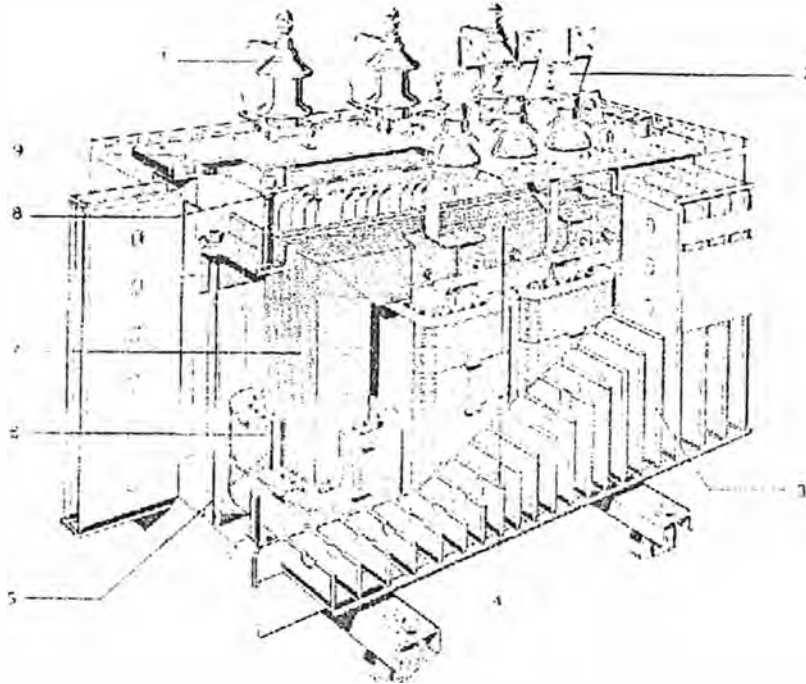


Figura 1.5 Transformador trifásico de distribución

Leyenda :

1. Terminales de media tensión 10 kV
2. Terminales de baja tensión
3. Caldera de aletas plegadas (llenas de líquidos)
4. Armazón fundido a presión
5. Bobinados de baja
6. Bobinados de alta separadas
7. Núcleos de tres columnas

8. Inversor
9. Cubiertas de la caidera



## **CAPÍTULO II**

### **PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE SUBESTACIONES**

#### **2.1 Generalidades**

Para el diseño se tiene que tener los siguientes criterios:

El cortocircuito es una situación indeseable en un sistema eléctrico pero se presenta eventualmente teniendo diversos orígenes como por ejemplo una sobretensión por descarga atmosférica, una falla de aislamiento por envejecimiento prematuro, alguna maniobra errónea etc., en estas condiciones se debe estar en posibilidad de conocer en todos los puntos de una instalación las magnitudes de las corrientes de cortocircuito.

Los estudios de cortocircuitos son necesarios en los sistemas eléctricos en todas sus etapas, es decir desde la generación hasta la utilización de la energía eléctrica por lo que es conveniente establecer en primera instancia para que sirva este estudio y en que nivel lo debe tratar un proyectista.

En forma general se puede decir que de un estudio de cortocircuito la información básica que se obtiene permite:

- Determinar las potencias de cortocircuito
- Calcular las corrientes de cortocircuito para efectos térmicos y dinámicos.

El procedimiento descrito anteriormente es válida para cualquier nivel de tensión y así por ejemplo si se desea hacer el estudio de cortocircuito para una subestación industrial que se conectara a un sistema de distribución solo se debe preguntar a la empresa que suministrará la energía eléctrica cuales son las potencias de cortocircuito en el punto de instalación, refiriéndose desde luego a la red y circuito al cual se conectará y a partir de esto se desarrolla el estudio correspondiente.

## **2.2 Causas, naturaleza y efectos de los cortocircuitos**

Se agrupan bajo el nombre de cortocircuito todos los defectos provocados por un contacto, bien entre un conductor y tierra o cualquier pieza metálica unida a ella o bien entre conductores. En la casi totalidad de los casos, este contacto tiene lugar por intermedio de un arco, al menos en lo que respecta a las instalaciones de alta tensión.

Los cortocircuitos tienen múltiples causas, estas pueden ser:

- a) De origen eléctrico, ejemplo por alteración de un aislante que resulta incapaz de soportar la tensión.
- b) De origen mecánico, son debidos en estas condiciones a una rotura de conductores o aisladores, a la caída de un cuerpo extraño tal como la rama de un árbol sobre una línea, un golpe de pico en un cable subterráneo, etc.
- c) De origen atmosférico, son originados bien por el rayo que alcanza los conductores de una línea, bien por la tempestad, la niebla, el hielo, que producen efectos mecánicos, tales como aproximación de

conductores o eléctricos (alteración de la superficie de los aisladores) etc.

- d) Pueden por último, ser debidos a falsas maniobras (por ejemplo, la apertura en carga de un seccionador).

Para las redes trifásicas, cuya tensión de servicio sea igual o superior a los 60 kV, la experiencia demuestra que del 70 al 80% de los cortocircuitos se producen entre una fase y tierra, si el defecto no se elimina con suficiente rapidez, el arco puede alcanzar la segunda e inclusive la tercera fase.

Los defectos entre las tres fases (cortocircuitos simétricos) o defectos trifásicos que afectan a las líneas aéreas son debidos:

- 1) A fenómenos mecánicos susceptibles de producir un contacto entre ellos o de poner a tierra simultáneamente los tres conductores (destrucción de una torre, caída de un avión sobre una línea, etc.)
- 2) A la caída de un rayo en cuyo caso, si la resistencia de la toma de tierra de las torres tiene un valor excesivo, puede resultar un potencial a tierra suficientemente alto para que simultáneamente se produzca el cebado sobre las tres fases.
- 3) A causa de una falsa maniobra tal como la apertura en carga de un seccionador en una subestación en que las fases no están separadas.

Los defectos trifásicos sobre las redes de cables subterráneos son muy poco frecuentes y son debidos, en general a causas mecánicas,

excepto para las redes de tensión relativamente bajo en la que el empleo de cables tripolares aumenta el riesgo de cortocircuito trifásicos.

En general, la presencia de un cortocircuito sobre una red provoca sobreintensidades, caídas de tensión y desequilibrios en las tensiones y corrientes de las tres fases. Estos fenómenos cuya importancia depende de la constitución de la red, originan toda una serie de consecuencias que a continuación describiremos brevemente.

- **Calentamientos debidos a las corrientes de cortocircuitos y averías originados por los arcos:** Los calentamientos producidos por las corrientes de cortocircuitos son peligrosos, particularmente los cables subterráneos de media tensión que no poseen una tolerancia calorífica considerable.

Los arcos proceden frecuentemente, desperfectos importantes.

Los arcos originados como consecuencia de la perforación de un cable subterráneo, pueden producir la fusión del cobre y del plomo del cable sobre longitudes de varios decímetros, si el defecto no queda eliminado rápidamente.

- **Accidentes de disyuntores :** Los disyuntores y fusibles deben tener una capacidad de ruptura adecuada para que durante un cortocircuito puedan funcionar y cumplir su cometido sin sufrir avería ni presentar peligro para el personal y el equipo eléctrico; además de la suficiente capacidad de ruptura, para eliminar la

avería con rapidez y seguridad, él disyuntor o fusible debe tener también una capacidad instantánea suficiente para resistir los efectos de los valores máximos de las corrientes de cortocircuito.

Por lo tanto, para elegir adecuadamente un disyuntor es necesario calcular tanto el valor de la corriente de cortocircuito en el momento en que se produce la interrupción del circuito, como el valor máximo de dicha corriente en los momentos iniciales.

- **Esfuerzos electrodinámicos anormales** : El paso de las corrientes muy intensas va acompañado de esfuerzos electrodinámicos muy importantes que pueden producir deformaciones de barras y de conexiones, roturas de aisladores soportes e incluso, a veces averías considerables sobre los arrollamiento de las bobinas de reactancia y de los transformadores, si estos no tienen la rigidez mecánica suficiente.
- **Caídas de tensión elevadas** : Las corrientes de cortocircuito al atravesar los diferentes elementos de las redes provocan caídas de tensión que pueden producir el desenganche de las máquinas sincronas y poner en peligro la estabilidad de las redes.

### **2.3 Estudio de la corriente de cortocircuito**

La corriente de cortocircuito inicial pasa a un valor de corriente de

límite dinámico que es la que establece los criterios de diseño en las instalaciones eléctricas y en algunos aparatos y máquinas eléctricas desde el punto de vista de su resistencia al esfuerzo electrodinámico. A continuación veremos con mayor detalle las características fundamentales de las corrientes producidas en el caso de un cortocircuito tripolar.

El cortocircuito tripolar es el que se produce simultáneamente en las tres fases de un sistema trifásico.

El valor inicial de la corriente de cortocircuito se le llama corriente eficaz de cortocircuito de choque o llamado también corriente de choque. Este valor en la práctica y según resultados experimentales se toma como:

$$I_{ch} \approx 1.8 \sqrt{2} I_{cc} \quad (2.1)$$

o expresado de otra forma como,

$$I_{ch} \approx 2.55 I_{cc} \quad (2.2)$$

La corriente de cortocircuito produce entre los conductores que constituyen una línea o un sistema de barras en una instalación eléctrica una fuerza de atracción o de repulsión que depende en general del valor de la corriente que circula por los conductores y de la distancia entre ellos.

Desde el punto de vista de diseño es necesario calcular el valor de estas fuerzas o mejor aún el valor máximo que esta fuerza pueda tener en un punto dado de la instalación o en una sección dada de la línea con

el objeto de proveer la robustez mecánica necesaria a los conductores y a los aisladores que sirven como soporte de estos.

El origen de estos esfuerzos se encuentran en la acción mecánica que se manifiesta en general sobre un cuerpo que se encuentra dentro de un campo eléctrico o magnético.

También se debe tener presente en el estudio que las corrientes de cortocircuito provocan sobre todo, un intenso calentamiento en las máquinas y aparatos sometidos al cortocircuito, por lo que estos deberán proyectarse para resistir el calentamiento producido por la corriente de cortocircuito hasta que los aparatos de protección hayan realizado su función protectora.

#### **2.4 Valores de la corriente de cortocircuito admitidos en transformadores**

La impedancia propia de los elementos que constituyen un circuito eléctrico, es la característica que limita el valor de la corriente que puede circular por dicho circuito, lo que naturalmente también es válido para el caso de corrientes de cortocircuito. Como sabemos la impedancia tiene dos componentes: la resistencia y la reactancia, cuando una de estos componentes es a lo menos tres veces mayor que la otra, esta última puede despreciarse en los cálculos, tomándose entonces como valor de impedancia, el valor de la componente mayor.

En los circuitos de corriente alterna con tensiones nominales superiores a 600V. Puede despreciarse la resistencia y utilizarse solamente la reactancia como valor total de la impedancia, pero este

criterio no es aplicable cuando la tensión nominal del sistema es inferior al valor anteriormente citado.

Como solamente se está estudiando las corrientes de cortocircuito en lo referente a circuitos de media tensión, aplicaremos el criterio anteriormente expuesto, es decir despreciaremos la resistencia óhmica, utilizando exclusivamente los valores de la reactancia correspondiente.

Normalmente en los cálculos de corriente de cortocircuito, se emplean valores de la reactancia expresadas en tanto por ciento que es como se especifica en las placas de características de las máquinas y transformadores.

En la Tabla 2.1 se representa a modo orientativo y referencial los valores de la reactancia de cortocircuito para distintos tipos de transformadores.

Los valores máximos de corrientes que deben poder soportar los transformadores son los siguientes:

- Para transformadores de potencia nominal hasta 1600 kVA, con devanados de cobre :

$$I_{ch} \leq 75 \sqrt{2} I_n \approx 106 I_n \quad (2.3)$$

- Para transformadores de potencia nominal superior a 1600 kVA, con devanados de cobre será :

$$I_{ch} \leq 50 \sqrt{2} I_n \approx 71 I_n \quad (2.4)$$

- Para transformadores de cualquier potencia, con devanados de aluminio :



$$I_{ch} \leq 50 \sqrt{2} I_n \quad (2.5)$$

**Tabla 2.1**

Valores de la reactancia de cortocircuito de transformadores

Tensión en el devanado de alta (kV)	Potencia aparente (kVA)	Reactancia de cortocircuito (Xcc %)
<b>Transformadores de Distribución Monofásicos</b>		
De 2.4 a 4.8	< 100	1.7 a 3.4
	De 150 a 500	3.3 a 4.4
De 6.9 a 13.8	< 100	1.7 a 4.8
	De 150 a 500	4.0 a 4.9
De 22 a 33	≤ 500	4.1 a 5.5
De 44 a 66	≤ 500	5.5 a 7.5
<b>Transformadores de potencia monofásicos o trifásicos</b>		
De 2.2 a 15	Superior a 500	4.5 a 7
De 15 a 25		5.5 a 8
De 25 a 37		6.0 a 8
De 37 a 50		6.5 a 9
De 50 a 73		7 a 10
De 73 a 92		7.5 a 10.5
De 92 a 115		8 a 12
De 115 a 138		8.5 a 13
De 138 a 161		9 a 14
De 161 a 196		10 a 15
De 196 a 230		10 a 16

Por ejemplo si tenemos un transformador con una tensión de cortocircuito de 3.3% podrá soportar una corriente de cortocircuito de:

$$I_{cc} = \frac{I_n}{3.3} * 100 \Rightarrow I_{cc} \approx 30I_n \quad (2.6)$$

Y una corriente máxima de choque de;

$$I_{ch} \leq 1.8(\sqrt{2})I_{cc} = 2.55 * 30I_n \approx 76I_n \quad (2.7)$$

Con una tensión de cortocircuito del 5% resultaría :

$$I_{cc} = \frac{I_n}{5} * 100 \Rightarrow I_{cc} \approx 20I_n$$

$$I_{ch} \leq 1.8\sqrt{2} I_{cc} = 2.55 * 20I_n \approx 51I_n \quad (2.8)$$

## 2.5 Esfuerzos electrodinámicos desarrollados por las corrientes de cortocircuito

Las corrientes de cortocircuito provocan esfuerzos electrodinámicos en las barras, apoyos, aisladores y demás elementos de los circuitos recorridos por estas corrientes, es por eso que el conocimiento de estos esfuerzos es fundamental para poder dimensionar y seleccionar los sistemas de barras colectoras, los aisladores de apoyo, la distancia entre apoyos, etc., de acuerdo con los esfuerzos producidos. A continuación se procederá a desarrollar las nociones básicas de estos esfuerzos y las consideraciones generales que se deben tenerse en cuenta para el proyecto de barras colectoras.

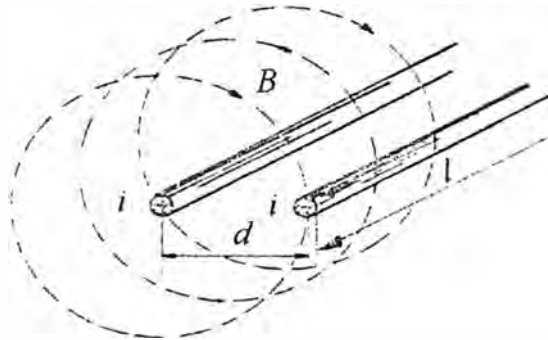


Figura 2.1 Esfuerzos electrodinámicos entre dos conductores paralelos recorridos por una corriente “ $i$ ”

En la figura 2.1 se representa esquemáticamente dos conductores paralelos recorridos por una corriente “ $i$ ”, a una distancia “ $d$ ” expresada en “ $cm$ ” y de una longitud “ $l$ ” también en “ $cm$ ”. Estos conductores ejercen una fuerza el uno sobre el otro. Si llamamos “ $B$ ” a la inducción magnética engendrada por el conductor de la izquierda, la fuerza ejercida sobre el conductor de la derecha vale:

$$F = \frac{Bi}{10 \times 981000} \text{ kg/cm} \quad (2.9)$$

La inducción “ $B$ ” vale ;

$$B = \frac{2i}{10d} \quad (2.10)$$

Sustituyendo el valor de ( 2.10) en la expresión ( 2.9), tenemos ;

$$F = \left( \frac{2i}{10d} \right) \left( \frac{i}{10 \times 981000} \right) = \frac{2i^2}{dx981x10^5} \text{ kg/cm}$$

En principio el material de las barras puede ser principalmente *Aluminio o Cobre*.

La distancia entre fases está dada por el nivel de aislamiento y puede estar influenciado por las condiciones de la instalación si es interior o exterior.

La corriente de choque o denominado también corriente de cortocircuito de efectos dinámicos se calcula como:

$$I_{ch} = 1.8\sqrt{2} I_{cc}$$

La sección del conductor en  $mm^2$  se determina en principio a partir de los esfuerzos térmicos debidos a las corrientes de cortocircuito.

La resistencia mecánica de las barras colectoras, se determina a partir de su momento resistente. Como ejemplo de aplicación vamos a suponer barras rectangulares lo que en la práctica es mayormente utilizado (en segundo lugar también es usado las barras de sección circular).

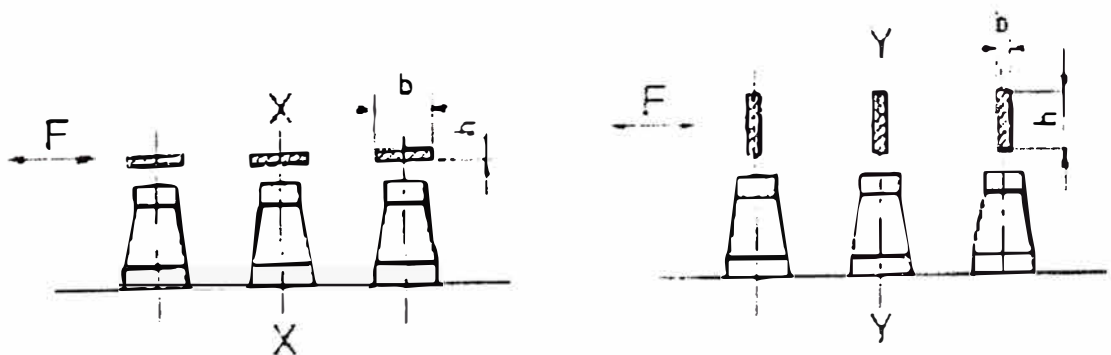


Figura 2.2 Aplicación de los valores de "b" y de "h" en barras de sección rectangular, según la disposición de estas.

El momento resistente depende de la sección de la barra, así por ejemplo para una barra de sección rectangular se calcula como:

$$W = \frac{1}{6}bh^2 \quad (2.15)$$

En la Figura 2.2 se muestra la aplicación de los valores de "b" y de "h" de acuerdo con las disposiciones de barras representadas en dicha figura.

Si se tratara de una barra con sección circular sólida con diámetro "D" el momento resistente será expresado como:

$$W = \frac{\pi D^3}{32} \quad (2.16)$$

Las barras en el modelamiento físico se considera como vigas sometidas a una carga uniformemente repartida (viga doblemente empotrada). Según la forma en que están montadas, el momento de flexión "M" pueden ser representadas de la siguiente forma:

- Barras colectores :

$$M = \frac{Fl}{16} \text{ kg} - \text{cm} \quad (2.17)$$

- Derivaciones :

$$M = \frac{Fl}{10} \text{ kg} - \text{cm} \quad (2.18)$$

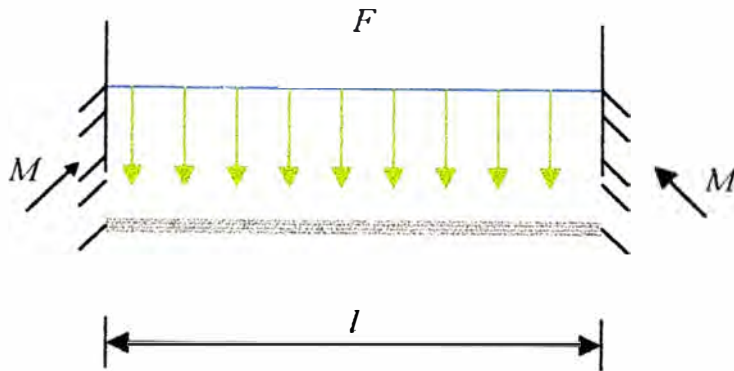


Figura 2.3 Barra colectora desde el punto de vista mecánico representada como una viga doblemente empotrada

El esfuerzo “ $K$ ” vale en promedio :

- Para el cobre:  $K = 1000 \text{ a } 1200 \text{ kg/cm}^2$
- Para el aluminio:  $K = 400 \text{ a } 600 \text{ kg/cm}^2$

El momento resistente necesario está definido por :

$$W_0 = \frac{M}{K} \text{ cm}^3 \quad (2.19)$$

Para que el valor del momento resistente resultante sea correcto, debe de cumplir la siguiente condición :

$$W_0 = \frac{M}{K} < W = \frac{hb^2}{6} \text{ cm} \quad (2.20)$$

Si la sección de las barras no es rectangular , se determinara en cada caso el valor del momento resistente correspondiente.

Con el cálculo anterior podemos determinar por tanteo, la distancia necesaria " $l$ " entre apoyos, la sección más apropiada de barras, etc., habiendo adoptado previamente una distancia " $d$ " entre conductores.

A continuación para comprender y asimilar mejor los conceptos definidos hasta el momento , desarrollo y describo a detalle un ejemplo de aplicación práctica; para ello se da el diseño en la figura 2.4.

Vamos a suponer que se requiere proyectar un sistema de barras para una tensión de servicio de 6 kV y que por dato la corriente de choque ( $I_{ch}$ ) sea de 25 kA.

Para evaluar la distancia mínima entre conductores para instalaciones interiores podríamos aplicar el siguiente criterio técnico basado en :

$$d = 10cm + 1cm / kV \quad (2.21)$$

Luego para nuestro caso se tendría que

$$d = 10 cm + (1 cm / kV) * 6 kV \Rightarrow d = 16 cm$$

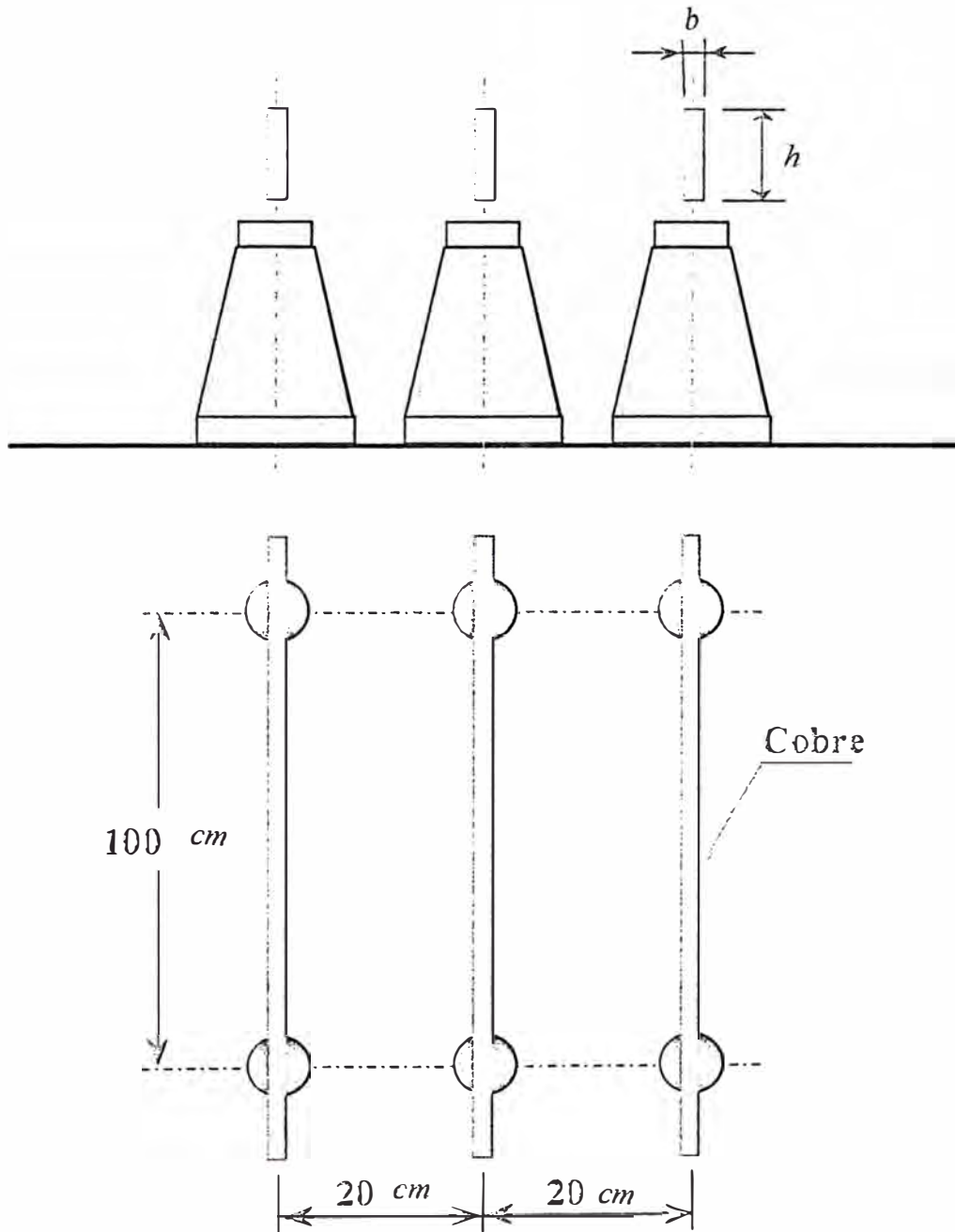


Figura 2.4: Ejemplo de cálculo de barra rectangulares



Podemos adoptar por el momento :

$$d = 20cm \quad (2.22)$$

Considerando una distancia entre apoyos de;

$$l = 100cm = 1m \quad (2.23)$$

Se tendrá que el esfuerzo electrodinámico es ;

$$F = \frac{2.04I_{ch}^2}{d} = \frac{2.04 * 25^2}{20} kg$$

$$F = 63.75kg \quad (2.24)$$

La determinación del momento de flexión ( $M$ ) será :

$$M = \frac{Fl}{16} = \frac{63.75 * 100}{16} kg - cm$$

$$M = 398.5kg - cm \quad (2.25)$$

Considerando que el material empleado en las barras es de cobre, tendremos:

$$K = 1000kg / cm^2 \quad (2.26)$$

Luego el momento resistente ( $W_0$ ) necesario será :

$$W_0 = \frac{M}{K} = \frac{398.5kg - cm}{1000kg / cm^2}$$

$$W_0 = 0.4cm^3 \quad (2.27)$$

Vamos a adoptar por el momento una barra rectangular de cobre de 40\*5, montada verticalmente tal como se muestra en la figura 2.4, el momento resistente que corresponde a la sección de 40\*5 mm<sup>2</sup> es:

$$W = \frac{hb^2}{6} = \frac{4 * 0.5^2}{6}$$

$$W = \frac{1}{6} cm^3 = 0.166 cm^3 \quad (2.28)$$

Como el momento resistente obtenidos es menor del necesario, podemos optar por aplicar uno o más de estos tres criterios que a continuación se describen :

- Aumentar la distancia entre conductores "  $d$  ", con lo que el esfuerzo "  $F$  " resultaría menor
- Disminuir la distancia entre apoyos "  $l$  ", con lo que el momento de flexión "  $M$  " resultaría menor.
- Aumentar la sección de la barra, con lo que el momento resistente resultaría mayor

Vamos a suponer que por las condiciones de la instalación, sólo es posible la tercera de estas soluciones. Entre las secciones rectangulares de barras, elegiremos la de  $60 * 8 \text{ mm}^2$ .

El momento resistente de la sección de  $60 * 8 \text{ mm}^2$  será:

$$W = \frac{6 * 0.8^2}{6} = 0.64 cm^3 \quad (2.29)$$

y ahora obtenemos como resultado un momento resistente apropiado.

## 2.6 Esfuerzos térmicos desarrollados por el cortocircuito

A causa de las corrientes de cortocircuito, los aparatos y conductores experimentan un esfuerzo térmico adicional que depende, esencialmente del cuadrado de la intensidad y de la duración del

cortocircuito. Debe comprobarse en el calentamiento sufrido por las distintas partes de la instalación está dentro de los límites establecidos para cada una de dichas partes y de los que nos hemos referiremos luego.

Como base para la determinación del calentamiento, se toma el valor de la corriente permanente de cortocircuito " $I_{cc}$ " y el tiempo " $t$ " desde la iniciación del cortocircuito hasta de la desconexión de los disyuntores correspondientes. Pero de esta forma no se tiene en cuenta el calentamiento producido por la corriente de choque " $I_{ch}$ " que en muchas ocasiones, resulta mayor que el propio calentamiento producido por la corriente permanente de cortocircuito. Para tener en cuenta el efecto de la corriente de choque, introduciremos en el cálculo un tiempo adicional " $\Delta t$ " cuyo valor es:

$$\Delta t = \left( \frac{I_{ch}}{I_{cc}} \right)^2 T \text{seg} \quad (2.30)$$

donde,

$I_{ch}$  : Corriente de choque (A)

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

$T$  : Factor de tiempo de la máquina en segundos

Para cortocircuito tripolar  $T = 0.3$  a  $0.15 \text{ seg}$

Para cortocircuito bipolar  $T = 0.6$  a  $0.25 \text{ seg}$ .

Los valores de “ $T$ ” se adoptan tanto menores cuando mayor sea la distancia del punto afectado al punto donde se ha producido el cortocircuito.

Para simplificar los cálculos se admiten estas condiciones previas :

- Que se puede despreciar la cesión de calor de las barras al ambiente en que están situadas los conductores, dado el breve tiempo del cortocircuito.
- Que el calor específico del material permanece constante, a pesar de la creciente temperatura que toma dicho material.

Teniendo en cuenta estas condiciones el calentamiento se define como:

$$\theta = \frac{k}{S^2} I_{cc}^2 (t + \Delta t) \quad ^\circ\text{C} \quad (2.31)$$

donde :

$\theta$  : Calentamiento en grados centígrados

$S$  : Sección del conductor en  $mm^2$

$k$  : Constante del material

para cobre  $k = 0.0058$

Para aluminio  $k = 0.0135$

$I_{cc}$  : Corriente de cortocircuito en amperios

$t$  : Tiempo desde la iniciación del cortocircuito hasta la desconexión del disyuntor, en segundos.

$\Delta t$  : Tiempo adicional para tener en cuenta el calentamiento

producido por la corriente de choque " $I_{ch}$ " en segundos

Las sobretemperatura admisibles en caso de cortocircuito son las siguientes:

- Conductores desnudos:

Aluminio      180°C

Cobre          200 °C

- Cables

En los cables de baja tensión se puede admitir un calentamiento bastante elevado (hasta unos 150°C)

En los cables de alta tensión debe tenerse muy en cuenta la buena conservación del medio dieléctrico, por esta razón con el aumento de la tensión de servicio deben reducirse los calentamientos admisibles.

Pueden tomarse como valores de estos calentamientos:

Cables de 6 kV = 120°C

Cables de 10 kV = 115°C

Cables de 20 kV = 100°C

A continuación expondremos un ejemplo de aplicación, para que los conceptos se entiendan sobre este punto y se clarifiquen mejor las nociones definidas hasta el momento.

Vamos a suponer que queremos hallar el calentamiento sufrido por un cable trifásico para baja tensión de cobre de  $3 \times 100 \text{ mm}^2$ , con un tiempo de desconexión de los disyuntores de 1.5 segundos, en caso de

cortocircuito trifásico. Por cálculos previos hemos hallado los siguientes valores:

$$\text{Corriente de choque } I_{ch} = 25 \text{ kA}$$

$$\text{Corriente de cortocircuito } I_{cc} = 15 \text{ kA}$$

Por lo tanto tendremos que :

$$\Delta t = \left( \frac{25}{15} \right)^2 * 0.2$$

$$\Delta t = 0.56 \text{ seg} \quad (2.32)$$

luego el calentamiento sufrido por el conductor será:

$$\theta = \frac{k I_{cc}^2}{S^2} (t + \Delta t) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta = \frac{0.0058 * (15 \times 10^3)^2}{100^2} * (1.5 + 0.56) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta = \frac{58 \times 10^{-4} * (225 \times 10^6) * 2.06}{10^4} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta = \frac{58 * 225 * 2.06}{10^2} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta = 268.83 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.33)$$

Como se podrá observar el valor obtenido es muy superior al admisible que es de 150° C. Para poder hallar un valor coherente y apropiado disponemos de dos soluciones inmediatas:

- Aumentar la sección del cable
- Disminuir el tiempo de desconexión del disyuntor correspondiente, por ajuste de los relés de sobreintensidad.

A modo de aplicar conceptos y criterios básicos de solución vamos a rehacer los cálculos, de acuerdo con estas dos soluciones.

Para resolver el problema por la opción de aumento de la sección del cable, se calculará primero cuál es la sección teórica mínima para obtener un calentamiento máximo de 150°C y ajustaremos el valor obtenido a la sección comercial más próxima superior.

De la expresión ,

$$\theta = \frac{k}{S^2} I^2_{cc} (t + \Delta t) \text{ } ^\circ\text{C}$$

se puede deducir inmediatamente la sección " S ",

$$S = \sqrt{\frac{k}{\theta} I^2_{cc} (t + \Delta t)} \text{ } mm^2 \quad (2.34)$$

Y sustituyendo valores se tiene que,

$$S = \sqrt{\frac{0.0058 * (15 \times 10^3)^2 * (1.5 + 0.56)}{150}} \text{ } mm^2$$

$$S = \sqrt{\frac{58 \times 10^{-4} * (225 \times 10^6) * 2.06}{150}} \text{ } mm^2$$

$$S = \sqrt{\frac{268830}{15}} \text{ } mm^2$$

$$S = \sqrt{17922} \approx 134 \text{ } mm^2 \quad (2.35)$$

La sección comercial más próxima es la de 150  $mm^2$  , la cual sería la que se adoptaría como solución para nuestro caso.

Si se quiere conservar la sección de 100  $mm^2$  y disminuir por lo tanto el tiempo de desconexión del disyuntor, podemos de forma análoga

hallar el valor máximo de este tiempo de desconexión, para obtener un calentamiento máximo de 150° C.

Se partirá nuevamente de la expresión :

$$\theta = \frac{k}{S^2} I_{cc}^2 (t + \Delta t) \text{ } ^\circ\text{C}$$

y obtenemos,

$$t + \Delta t = \frac{\theta S^2}{k I_{cc}^2}$$

y por lo tanto se tiene que ;

$$t = \frac{\theta S^2}{k I_{cc}^2} - \Delta t \text{seg} \quad (2.36)$$

para nuestro caso en particular se tiene:

$$t = \frac{150 * 100^2}{0.0058 * 15000^2} - 0.56 \text{seg}$$

$$t = \frac{15 \times 10^5}{58 \times 10^{-4} * 225 \times 10^6} - 0.56 \text{seg}$$

$$t = \frac{15 \times 10^5}{58 \times 10^{-4} * 225 \times 10^6} - 0.56 \text{seg}$$

$$t = \frac{15000}{58 * 225} - 0.56 \text{seg}$$

$$t = (1.15 - 0.56) \text{ seg}$$

$$t = 0.59 \text{ seg} \quad (2.37)$$

O sea que si ajustamos el tiempo de los reles de forma que el disyuntor desconecte a los 0.59 seg. De producirse el cortocircuito



tendremos la seguridad de que el calentamiento es inferior a los 150°C; que hemos tomado punto de partida.

Con estos ejemplos demostrativos desarrollados en este capítulo estoy muy convencido que servirán de bases como un mejoramiento a los criterios de análisis que los nuevos profesionales a egresar puedan aplicarlo correctamente en los diseños de estos parámetros.

## **CAPÍTULO III ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

### **3.1 Generalidades**

Las presentes especificaciones técnicas detallan las características principales que presentan los equipos y materiales utilizados en la instalación eléctrica en 10 kV de la Subestación Particular, habiéndose incluido todo accesorio y material adicional.

Por su carácter general no cubren detalles propios de cada marca o fabricante; por lo tanto, el suministro de materiales a utilizar serán de reconocida calidad y debe incluir los accesorios, piezas, etc. que hagan posible la buena instalación y puedan ser operados sin restricción a las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura: 5 °C – 50 °C
- Humedad relativa: 70 % - 98 %
- Contaminación ambiental: Medio.

### **3.2 Alimentación Primaria**

#### **3.2.1 Cable subterráneo**

El cable a usarse entre el poste de la Red Primaria proyectada, cercano a la subestación particular en 10 kV que se proyectará y

nuestra celda de llegada en el interior de la subestación tendrá las siguientes características:

Conductor de cobre electrolítico blando, aislamiento de papel celulosa pura impregnado en aceite no migrante, protección con chaqueta interior de aleación de plomo y protección exterior con chaqueta de PVC color rojo.

Norma de fabricación ASTM B-3 y B-8 para los conductores, CEI para el aislamiento.

- Tipo: NKY
- Tensión de Servicio: 10 KV
- Sección: 3x70 mm<sup>2</sup>
- Temperatura de operación: 65 °C
- Capacidad de corriente: 235 A.

### **3.2.2 Zanja**

Se excavarán zanjas en el terreno de 0.60 m x 1.00 m de profundidad para el tendido de los cables.

Cuando se instale bajo vereda el cable irá directamente enterrado, sobre una capa de tierra cernida compactada, de 0.10 m de espesor, luego se cubrirá con una capa de tierra cernida de 0.30 m debidamente compactada, encima del cual se colocará una hilera continua de ladrillos como protección mecánica, se seguirá rellenando con una capa de tierra cernida debidamente compactada y sobre esta capa se extenderá la cinta señalizadora que constituye la protección preventiva.

Finalmente la zanja se rellenará con tierra cernida debidamente compactada, eliminando el material excedente, así como se deberán resanar las veredas dañadas y dejándolas en igual estado como se encontraron.

### **3.2.3 Cinta señalizadora**

La cinta señalizadora constituye una protección visual preventiva, se coloca a 0.40 m del cable y tendido a lo largo de este; esta cinta es de naturaleza plástica y de color rojo brillante, tendrá las siguientes características:

- Material : Cinta de polietileno de alta calidad y resistencia a los ácidos y álcalis
- Ancho: 5 Pulgadas
- Espesor : 1/10 mm.
- Color: Rojo brillante.
- Inscripción: Letras negras que no pierden su color con el tiempo y recubiertas con plástico.
- Elongación: 250 %.

### **3.2.4 Ductos de concreto**

Se emplearán ductos de concreto como protección mecánica compactado por vibración, de 02 vías, de 90mm de diámetro nominal y 1.00 m de longitud por cada tramo de ducto, estos ductos se instalarán en zanjas.

Estos ductos se colocarán en zanja de por 1 m de profundidad mínima de la superficie libre, sobre un solado de concreto de simple mezcla 1:8 de 0.05 m de espesor y 0.10 m de margen en cada extremo y estarán cubiertos por una capa de tierra compactada hasta 0.10 m por encima del ducto, relleniéndose luego con tierra natural sin pedregones compactados por capas de 0.15m de espesor. La tierra cernida se obtendrá con zaranda de cocada de media pulgada.

Las uniones se cubrirán con concreto que sellará estas uniones; a continuación se seguirá la misma rutina que para el tapado de las zanjas, sin olvidar las protecciones mecánicas (ladrillos) y preventiva (cinta señalizadora).

### **3.3 Subestación de transformación de 10/0.22 kV**

#### **3.3.1 Caseta**

La caseta es del tipo superficie de 12 m x 4.25 m con una altura libre de 3.75 m, los detalles de construcción se muestran en los planos IE-01 y IE-02 adjuntos a este informe. La cimentación será de mezcla de cemento y hormigón con refuerzo de acero, para muros y tabiques se empleó ladrillos tipo King Kong cubiertos de una mezcla de concreto, el techo es aligerado.

En la caseta se encuentran ubicadas 5 cabinas (una celda de llegada y tres celdas de transformación y una celda de reserva) y el tablero general de B.T. Se ha considerado una entrada de aire en el nivel del piso de la caseta a través de la cual circulará aire naturalmente y otra en el techo por donde saldrá el aire caliente.

### 3.3.2 Cabinas

Constituidas por una celda de llegada en media tensión, tres celdas de transformación y una celda de reserva, las cuales están equipadas con los elementos necesarios para la transformación de la tensión, control y protección del sistema.

La celda de transformación es de 2.80 m x 1.80 m construida con ángulos de fierro de 2" x 2" x 3/16" con malla N° 8 con cocada de 11/2" x 11/2".

La celda de llegada es de 2.80 m x 1.00 m x 1.20 m, construida con ángulos de 2" x 2" x 3/16" provista de puerta frontal de una hoja (planchas de 2mm de espesor) y manija fija con cerradura, pintadas con dos capas de pintura anticorrosiva y una capa final de pintura gris. Será provisto con una placa acrílica de 20 x 20 cm que indique que viene de la subestación designada por Edelnor .

La celda de reserva tiene características constructivas similares a la celda de transformación

### 3.4 Equipos de la celda de llegada

La subestación está equipada con los siguientes equipos:

- Botella terminal.
- Seccionador unipolar.
- Seccionador de potencia.
- Fusibles de media tensión.
- Aisladores porta barras.

### 3.4.1 Botella terminal

Construida de aleación de aluminio, montaje totalmente hermético, tipo de entrada por boquilla cónica para facilitar la soldadura a la vaina de plomo y terminales para conexión a tierra.

Vendrá provista de bornes terminales de compresión de cobre para cable de 70 mm<sup>2</sup>.

Características:

- Marca : Pirelli Español o similar
- Sección del cable : 3 x 70 mm<sup>2</sup>
- Tensión Nominal : 12 kV
- Máxima sobretensión a frecuencia nominal : 25 kV
- Nivel de impulso : 75 kV

### 3.4.2 Seccionador unipolar

Existirán 3 seccionadores unipolares para instalación interior, accionamiento en vacío, mando frontal, montaje vertical, accionamiento con pértiga. Tendrán las siguientes características:

- Tensión nominal : 12 kV
- Corriente nominal : 630 A
- Tensión de prueba : 30 kV

### 3.4.3 Seccionador de potencia

#### 3.4.3.1 Descripción genérica

Interrumpe corrientes importantes y corrientes débiles, el arco queda sometido a un doble sistema de extinción:

- 1º *Autoneumático*: produce un chorro de aire que se inicia automáticamente en el instante en que se interrumpe la corriente.
- 2º *Autogeneración de gas*: un chorro de gas que enfriará el arco será mayor cuanto mayor sea la corriente a interrumpir.

### 3.4.3.2 Características constructivas

- Diseño modular: Una unidad básica por fase, constituida por un bastidor metálico que soporta los aisladores de los contactos fijos y móviles.
- Mando (del tipo A de la serie NAL), equipado con dos resortes de acción independiente del operador.
- Elementos auxiliares ( del tipo R de la serie NAL)
  - Disparador Shunt para la apertura.
  - Disparador
  - Accionamiento manual.
- Seccionador de puesta a tierra (del tipo E de la serie NAL)
- Bases portafusibles (del tipo F de la serie NAL), montados en la parte inferior, con aisladores, clase de aislación 10 N según normas DIN 43625, con fusibles de 160 A.
- Resistencia a los factores ambientales; los mecanismos serán primeros zincados y después dicromados.
- Normas que deberán cumplir:
  - Sin carga , 1000 maniobras (UNE 20104 e IEC 265)



Distancia entre contactos para seccionadores (UNE 20100)

Aplicación como interruptor en carga (UNE 20104, IEC 265)

Aplicación como interruptor fusible (UNE 20135, IEC 420).

### 3.4.3.3 Características eléctricas

- Tipo: Serie NAL
- Tensión nominal: 12 kV
- Corriente nominal: 630 A
- Corriente de cortocircuito: 75 kA
- Intensidad de corta duración (1") 30 kA
- Poder de corte de defectos a tierra(VDE0670/3.9.39) 30A
- Tensión de prueba a frecuencia Industrial 50 HZ (1'), a tierra y entre polos 35 kV, 45 kV
- Tensión de impulso, a tierra y entre polos 75 kV, 85 kV
- Tiempo de apertura y de arco: 50 ms, 30ms.
- Corriente nominal del fusible : 160 A

### 3.4.4 Fusibles de media tensión

#### 3.4.4.1 Características genéricas

- Tienen alta capacidad de ruptura y llevan un percutor como indicador de fusión.

- Limitarán la corriente antes de llegar a su valor cresta.
- Serán construido de tubo de porcelana de color marrón.
- El conductor fusible será de plata pura introducido en un extintor.
- Los casquetes de contacto serán plateados.

#### **3.4.4.1 Características eléctricas para el fusible del cortacircuito fusible**

- Tipo: HHC ó similar
- Tensión nominal: 15 kV
- Corriente nominal: 200 A
- Corriente de ruptura del fusible: 50 kA
- Corriente de sobrecarga del fusible (sobrecarga del fusible 1'): 79 A
- Tiempo de fusión del fusible en cortocircuito: 0.2 *seg.*
- Corriente de fusión del fusible en cortocircuito: 0.58 kA
- Dimensiones según DIN 43625.

#### **3.4.5 Aisladores porta barras**

Para montaje interior en la celda de llegada y de transformación serán de porcelana vidriada de color marrón, de alta resistencia eléctrica para una tensión nominal de 12 kV, exteriormente llevarán todos los soportes y accesorios para los diversos aparatos, incluyendo aisladores de porcelana, con esfuerzo mínimo de ruptura en la cabeza de 750 Kg. (grupo A – DIN 48100 ).

Se instalará cada 0.90 m máximo para soportar la barra de misma fase y con una separación mínima de 0.30 m entre fases.

### **3.5 Cortacircuito fusible**

El transformador se protegerá con cortocircuito fusibles los que serán para instalación interior, accionamiento por pértiga, llevarán base y cartuchos portafusibles.

La base de portafusibles será apropiada para 12 kV de tensión nominal de 200 A de corriente nominal.

El cartucho será de alto poder de ruptura, del tipo HHC, para una tensión de 15 kV y con una lámina fusible de 63 A de corriente nominal.

### **3.6 Interconexión entre celdas**

Para la interconexión entre celdas de llegada y de transformación en media tensión, se utilizarán barras de cobre de  $\Phi 20$  mm, soportadas por aisladores porta barras ya descritos anteriormente, estos aisladores serán empernados a los ángulos soportes soldadas a las platinas superiores y separadas entre sí.

### **3.7 Barras de cobre**

Las barras serán de diámetro  $\phi$  20mm de cobre electrolítico, con una pureza de 99.9 % de alta conductibilidad eléctrica, alta resistencia a la corrosión, adecuada maquinabilidad y excelentes propiedades para ser trabajadas en frío o caliente.

Deberán soportar 20,000 amperios de corriente asimétrica.

Las barras serán pintadas completamente, prefabricadas, listas para ser montadas en plantas y tendrán los extremos biselados.

Las barras serán pintadas completamente, prefabricadas, listas para ser montadas en plantas y tendrán los extremos biselados.

Cada fase será pintada con dos capas de pintura de base de vinilo y el color estará de acuerdo al C.N.E., cada barra tendrá extremos sin pintar en una longitud de 2 cm.

### 3.8 Transformador de potencia

El transformador de potencia será trifásico, en baño de aceite, con arrollamientos de cobre y núcleo de hierro laminado en frío, montaje interior, enfriamiento natural previsto para las siguientes condiciones de servicio:

- Normas de ejecución: IEC.76
- Potencia nominal : 640 y 600 kVA
- Frecuencia: 60 HZ.
- Número de fases: 3
- Altitud de servicio: 1,000 m.s.n.m
- Relación de transformación en vacío: 10,000 +2x2.5%/230.
- Grupo de conexión: Dyn5
- Tensión de ensayo a la frecuencia industrial con fuente independiente durante 1':
  - Lado de alta: 28 kV
  - Lado de baja: 3 kV
- Sobre temperatura de carga continua:
  - Aceite: 60 °C
  - Enrollamiento: 65 °C

Los accesorios que contiene son:

- Tanque conservador con indicador visual del nivel de aceite.
- Conmutador de tomas suplementarias con mando sobre la tapa.
- Grifo de vaciado y tomas de muestras de aceite.
- Placa de características.
- Dotación de aceite.
- Borne de puesta a tierra.
- Ganchos de suspensión para levantar la parte activa o el transformador completo.
- Termómetro bimetálico.
- Desecador de aire.
- Ruedas orientables.

### **3.9 Puente soporte de transformadores**

Para soportar a los transformadores sobre el vacío de la canaleta de media tensión, se tenderán dos vigas de fierro de perfil "U" de 4" x 1 5/8" x 1/4".

### **3.10 Conexión en baja tensión**

Desde los bornes de baja tensión del transformador, se conectará al interruptor general del tablero de baja tensión, mediante cables de energía de cobre electrolítico de 99 % de pureza.

### **3.11 Conexión a tierra**

Las partes metálicas de la celda de llegada y celda de transformación destinadas a no conducir corriente, estarán conectadas al pozo de tierra de media tensión.

Las partes metálicas destinadas a no conducir corriente del tablero general de baja tensión, equipos de medición y secundarios de transformadores serán conectados a un pozo de tierra de baja tensión.

Se ha previsto de 2 pozos de tierra; el primero de ellos estarán instalados en la parte de media tensión y transformación y el restante para los equipos de baja tensión.

Los pozos de tierra serán de 900 mm de diámetro por 2,850 mm de longitud, el conductor de puesta a tierra será de cobre desnudo de 70 mm<sup>2</sup> de sección, en tubo de 35 mm de diámetro PVC –SAP. La máxima resistencia óhmica será de 20 Ohms para el lado de media tensión y de 15 Ohms para el lado de baja tensión.

### **3.12 Equipos de maniobras**

Comprende los elementos necesarios para la puesta en servicio de la subestación y está constituido por:

- Pértiga de maniobra con aislamiento de 12 kV de tensión nominal.
- Par de guantes de goma de M.T. 20 kV
- 01 Pinza para extracción de cartuchos fusibles con aislamiento de 12 kV de tensión nominal.
- Banqueta de M.T. 10 kV con cuatro aisladores.
- 01 Balde de arena.
- 01 Aviso de peligro que se colocará en las celdas de M.T. con la siguiente leyenda: *PELIGRO MEDIA TENSIÓN.*
- Extinguidor de polvo químico seco ABC.

### **3.13 Ventilación**

La ventilación de la subestación proyectada será natural por aberturas previstas en el proyecto, el dimensionamiento ha sido para una potencia de diseño de 1880 kVA.

## **CAPÍTULO IV CÁLCULOS DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL DISEÑO DE SUBESTACIONES**

### **4.1 Condiciones generales de diseño**

En el presente desarrollo de este trabajo se ha tenido en cuenta la reglamentación y/o disposición del :

- Código Nacional de Electricidad (Tomo IV)
- Normas Itintec
- Normas de la DGE-004B-P-1/1,984 y DGE-006-P-1/1,984 ambas aprobadas por el M.E.M ( R.D. 029-84 EM/DGE de fecha 07.03.84)
- Ley general de electricidad N° 23406 y demás normas vigentes.

### **4.2 Dimensionamiento eléctrico**

#### **4.2.1 Premisas de cálculo**

Los cálculos eléctricos se han efectuados para determinar si la capacidad de tensión y pérdida de potencia, se encuentra entre los límites permisibles como rige en el Código Nacional de Electricidad en base a los siguientes parámetros :

- Potencia a transmitir :	1598 kW
- Potencia de diseño	1880 kVA
- Tensión Nominal	10 kV
- Tensión Máxima de trabajo :	12 kV
- Frecuencia del sistema :	60 HZ



- Factor de Potencia (Cos  $\phi$ ): 0.85
- Altura de trabajo : nivel del mar.
- N° de fases: trifásico
- Longitud de la línea: 0.10 Km
- Potencia de cortocircuito: 300 MVA
- Tipo de cable: NKY, 10kV
- Caída de tensión máxima: 3.5 %
- Temperatura máxima de operación  
del conductor NKY según el C.N.E. 65 °C
- Temperatura del terreno: 30 °C
- Resistividad térmica del terreno: 150 °C–cm / W
- Profundidad del tendido: 1.20 m
- Tiempo de apertura de la protección: 0.02 *seg.*

#### 4.2.2 Determinación del factor de corrección equivalente ( $F_{eq}$ )

Para la determinación de este factor de corrección equivalente primero debemos evaluar los factores parciales correspondientes:

- Factor de corrección por temperatura:  $F_t = 0.88$
- Factor de corrección por resistividad  
térmica del terreno:  $F_{rt} = 0.90$
- Factor de corrección por profundidad del tendido:  $F_p = 0.95$
- Factor de corrección por instalación en ducto :  $F_d = 0.80$

Por lo que el factor equivalente sería en nuestro caso

$$F_{eq} = F_t * F_{rt} * F_p * F_d \quad (4.1)$$

reemplazando los valores correspondientes en (4.1) se tiene,

$$F_{eq} = 0.88 * 0.90 * 0.95 * 0.80$$

$$F_{eq} = 0.60192 \quad (4.2)$$

#### 4.2.3 Corriente nominal ( $I_n$ ).

Este parámetro está definido por:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \quad (4.3)$$

donde;

$I_n$  :Corriente nominal ( $A$ )

$S$  :Potencia nominal ( $1880 \text{ kVA}$ )

$V$  :Tensión nominal ( $10 \text{ kV}$ )

reemplazando estos valores tenemos:

$$I_n = \frac{1880 \text{ kVA}}{1.73 * 10 \text{ kV}}$$

$$I_n = 108.67 A \quad (4.4)$$

#### 4.2.4 Corriente aparente ( $I_a$ )

Este parámetro se define como :

$$I_a = \frac{I_n}{F_{eq}} \quad (4.5)$$

reemplazando los valores obtenidos anteriormente se tiene :

$$I_a = \frac{108.67 A}{0.60192}$$

$$I_a = 180.54 A \quad (4.6)$$

Tomando en consideración la resistividad térmica del terreno y de acuerdo al Código Nacional de Electricidad, el conductor a emplearse será el cable de energía tipo NKY, 10 kV de 3x70 mm<sup>2</sup> que tiene capacidad para soportar una corriente de 235 A de capacidad que es mucho mayor a la calculada.

#### 4.2.5 Cálculo de la caída de tensión.

Sabemos que por conceptos elementales de electricidad que este parámetro se define como :

$$\Delta V = \sqrt{3} * I_a * L * (r \cos \phi + x \operatorname{sen} \phi) \quad (4.7)$$

donde;

$I_a$  : Corriente aparente de carga (180.54 A)

$L$  : Longitud del circuito (0.10 Km).

$r$  : Resistencia unitaria de los conductores (0.32072 Ohm/Km)

$x$  : Reactancia inductiva unitaria de los conductores (0.11623 Ohm/Km)

$\operatorname{Cos} \phi$  : Factor de potencia de carga ( 0.85).

reemplazando los valores correspondientes se tiene:

$$\Delta V = 1.73 * 180.54 * 0.10 * (0.32072 * 0.85 + 0.11623 * 0.53) V$$

$$\Delta V = 31.2334 * 0.3342 V$$

$$\Delta V = 10.439 V \ll 3.5\% V_n \quad (4.8)$$

#### 4.2.6 Determinación de la potencia de cortocircuito( $S_{cc}$ )

La potencia de cortocircuito se determina mediante el cálculo de la siguiente expresión

$$S_{cc} = \frac{V^2}{\frac{V^2}{M} + Z * L} \quad (4.9)$$

donde;

$S_{cc}$  : Potencia de cortocircuito en la subestación cuyo proyecto se está desarrollando.

$V$  : Tensión nominal en el lado de media tensión (10 kV)

$M$  : Potencia de cortocircuito en la subestación (300 MVA); este dato es proporcionado por el concesionario.

$Z$  : Impedancia del cable alimentador 3 x 70 mm<sup>2</sup> NKY (0.32072 + j 0.11623 Ohm / Km).

$L$  : Longitud del cable alimentador (0.10 Km).

Reemplazando los valores que correspondan se tiene;

$$S_{cc} = \frac{10^2}{\frac{10^2}{300} + \sqrt{0.32072^2 + 0.11623^2} * 0.10}$$

$$S_{cc} = \frac{100}{0.33333 + 0.03411}$$

$$S_{cc} = 272.15 \text{ MVA} \quad (4.10)$$

#### 4.2.7 Determinación de la corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ )

La evaluación de esta variable viene definida por,

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * V} \quad (4.11)$$

donde,

$S_{cc}$  : Potencia de cortocircuito (272.15 MVA)

$V$  : Tensión del lado de media tensión (10 kV)

reemplazando valores tenemos :

$$I_{cc} = \frac{272.15 MVA}{\sqrt{3} * 10 kV}$$

$$I_{cc} = 15.71 kA \quad (4.12)$$

#### 4.2.8 Determinación de la corriente de cortocircuito del cable

$(I_{cc-cable})$

La evaluación de esta expresión viene definida por :

$$I_{cc-cable} = \frac{110 * S}{\sqrt{t}} \quad (4.13)$$

donde,

$I_{cc-cable}$  : Corriente de cortocircuito en el cable ( A )

$S$  : Sección transversal del conductor de cobre (70 mm<sup>2</sup>)

$t$  : Tiempo de duración del cortocircuito (0.02 seg )

reemplazando estos datos en (4.13) tenemos que su valor será:

$$I_{cc-cable} = \frac{110 * 70}{\sqrt{0.02}} = \frac{7700}{0.14142}$$

$$I_{cc-cable} = 54.45 kA \quad (4.14)$$

La corriente de cortocircuito que se presentará en la instalación (15.71 kA) no será mayor que los valores admisibles soportados por el cable (54.45 kA), es decir que se tiene :

$$I_{cc-instalación} \ll I_{cc-cable}$$

#### 4.2.9 Cálculo de la corriente de choque ( $I_{ch}$ )

Este parámetro viene definido por;

$$I_{ch} = 1.8\sqrt{2}I_{cc} \quad (4.15)$$

reemplazando el valor de (4.12) en (4.15) se tiene,

$$\begin{aligned} I_{ch} &= 1.8 * 1.4142 * 15.71kA \\ I_{ch} &= 40kA \end{aligned} \quad (4.16)$$

#### 4.3 Diseño de la Subestación de transformación de 10/0.22 kV

En esta parte desarrollaré los siguientes conceptos fundamentales

:

- Diseño de barras conductoras en el lado de media tensión.
- Efectos electrodinámicos producidos por la  $I_{cc}$ .
- Efectos térmicos producidos por la  $I_{cc}$ .
- Cálculo de la resonancia.

##### 4.3.1 Diseño de barras conductoras en el lado de media tensión.

La expresión que corresponde a este parámetro en particular es:

$$I_m = 27 * P^{0.43} * \sqrt{S} * \sqrt{\frac{(T-t)^{5/4}}{[1 + \alpha (T-t)]\rho}} \quad (4.17)$$

donde;

$\alpha$ : 0.00393 °C<sup>-1</sup>

$T$ : Temperatura máxima de la barra (75 °C).

$t$ : Temperatura de trabajo de la barra (30 °C)

$\rho$ : 1.76  $\mu\Omega \cdot m$  x  $mm^2 / cm$  (resistividad del cobre)

$S$ : Sección de la barra o platina ( $\pi r^2 = 2.01 \text{ cm}^2$ )

$r$ : Radio de la sección de la barra (0.8 cm)

$P$  : Perímetro expresada en  $cm$  ( $2 \pi r$ ).

La evaluación del perímetro da como resultado,

$$P = 2\pi r = 2 * 3.1416 * 0.8$$

$$P = 5.026 \text{ cm} \quad (4.18)$$

luego la capacidad de transporte eléctrico de la barra conductora será :

$$I_m = 27 * 5.026^{0.43} * \sqrt{2.01} * \sqrt{\frac{(75 - 30)^{5/4}}{[1 + 0.00393 * (75 - 30)] * 1.76}}$$

$$I_m = 27 * 2.0023 * 1.4177 * \sqrt{\frac{116.5509}{2.0713}}$$

$$I_m = 76.6438 * 7.5013$$

$$I_m = 574.93 \text{ A} \gg I_a = 168.05 \text{ A} \quad (4.19)$$

#### 4.3.2 Efectos electrodinámicos producidos por la corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ )

La fuerza que actúa sobre las barras será :

$$F = 2.04 * \frac{L * I_{ch}^2}{d * n} \text{ kg} \quad (4.20)$$

donde se define,

$I_{ch}$  : Corriente de choque (40  $kA$ ).

$d$  : Distancia entre las barras (25  $cm$  como mínimo).

$L$  : Longitud de la barra entre sostenes (1.00  $m$  promedio).

$N$  : Número de barras por fase (1)

Reemplazando estos datos en (4.20) se tiene:

$$F = 2.04 * \frac{1 * 40^2}{25 * 1} = \frac{2.04 * 1600}{25} \text{ kg}$$

$$F = 131kg \quad (4.21)$$

El momento flector ( $M_b$ ) para las barras colectoras será

:

$$M_b = \frac{F * L}{16} kg - cm \quad (4.22)$$

reemplazando sus valores correspondiente se obtiene ;

$$M_b = \frac{31kg * 100cm}{16}$$

$$M_b = 818.75kg - cm \quad (4.23)$$

Análogamente el momento resistente  $W_b$  será :

$$W_b = \frac{M_b}{K_b} \quad (4.24)$$

Sabemos que el esfuerzo máximo admisible en la barra de cobre es de :

$$K_b = 1200kg / cm^2 \quad (4.25)$$

Luego reemplazando en (4.24) se tiene :

$$W_b = \frac{818.75kg - cm}{1200kg / cm^2}$$

$$W_b = 0.682cm^3 \quad (4.26)$$

Por formula la razón del momento flector al esfuerzo máximo es de:

$$W = \frac{3.1416d^3}{32} = 0.098d^3$$



$$W = 0.1d^3 \quad (4.27)$$

Sabemos que el diámetro de la barra vale:

$$r = 0.8cm \Rightarrow d = 2r = 1.6cm$$

Luego reemplazando en (4.27) se tiene que el momento resistente será ;

$$\begin{aligned} W &= 0.1 * (1.6)^3 \text{ x cm}^3 \\ W &= 0.4096 \text{ cm}^3 \end{aligned} \quad (4.28)$$

Se puede observar de los cálculos efectuados que,

$$W_b > W$$

por lo que la solución apropiada para este caso es aumentar la sección de la barra, esto es podemos elegir convenientemente como nuevo valor diseño una sección de :

$$S_2 = 3.14 \text{ cm}^2 \Rightarrow d_2 = 2 \text{ cm} \quad (4.29)$$

Luego el momento resistente será :

$$W = 0.1 * 2^3 = 0.8 \text{ cm}^3 \quad (4.30)$$

Como se puede observar ahora, aquí se obtenemos un valor que cumple con la condición de :

$$W_b = 0.682 \text{ cm}^3 < W = 0.8 \text{ cm}^3$$

Entonces el coeficiente de seguridad será:

$$C.S. = \frac{W}{W_b} \quad (4.31)$$

$$C.S. = \frac{0.8}{0.682} = 1.173$$

$$C.S. \approx 1.17 \quad (4.32)$$

Como se ha incrementado la sección para mejorar el momento resistente, entonces la capacidad de corriente de las barras conductoras también se incrementarán, para esto tenemos que los nuevos parámetros ahora son :

Tenemos que los nuevos parámetros ahora son:

$$S = 3.14 \text{ cm}^2 \Rightarrow d' = 2 \text{ cm} \quad (4.33)$$

$$P = 3.14 d = 3.14 * 2 \Rightarrow P' = 6.28 \text{ cm} \quad (4.34)$$

Luego con estos datos nuevos obtenemos un nuevo valor de "Im" , cuya expresión es :

$$I_m = 27 * 6.28^{0.43} * \sqrt{3.14} * \sqrt{\frac{(75 - 30)^{5/4}}{[1 + 0.00393 * (75 - 30)] * 1.76}}$$

$$I_m = 27 * 2.203 * 1.772 * \sqrt{\frac{116.5509}{2.0713}}$$

$$I_m = 105.4 * 7.5013$$

$$I_m = 790.64 \text{ A} \gg I_a = 168.05 \text{ A} \quad (4.35)$$

Se observa que el valor de "Im" aumentó.

Ahora veamos en lo referente al diseño de los aisladores portabarras ; para este caso debemos tener en cuenta la fuerza que actúa en las barras ( $F = 131 \text{ kg}$ ) y que fue calculado en (4.21).

El caso mas desfavorable será para el aislamiento intermedio, por lo que se tiene la siguiente expresión :

$$F_a = 2F = 2 \cdot 131 \text{ kg}$$

$$F_a = 262 \text{ kg} \quad (4.36)$$

Según normas DIN el aislador será del grupo A DIN 48100 (esfuerzo de rotura en la cabeza de 375 kg).

#### 4.3.3 Efectos térmicos producidos por la $I_{cc}$

Las corrientes de cortocircuito experimentan un calentamiento adicional en los aparatos y conductores; la evaluación de este parámetro se define como:

$$\theta = \frac{K * I_{cc}^2 * (t + \Delta t)}{S^2} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.37)$$

- $\theta$  : Calentamiento adicional en  $^\circ\text{C}$
- $S$  : Sección del conductor (barra de Cu de 314  $\text{mm}^2$  )
- $K$  : Constante del material (cobre = 0.0058)
- $I_{cc}$  : Corriente permanente de cortocircuito en Amp.
- $T$  : Tiempo que depende del tipo de cortocircuito (0.15 *seg* a 0.3 *seg*.)
- $t$  : Tiempo de desconexión del disyuntor (0.02 *seg*.)
- $\Delta t$  : Tiempo adicional debido a la corriente de choque en segundos.

Luego se tiene los siguientes cálculos que a continuación se muestra:

$$\Delta t = \left( \frac{I_{ch}}{I_{cc}} \right) * T \quad (4.38)$$

$$\Delta t = \left( \frac{40KA}{15.71KA} \right)^2 * 0.3$$

$$\Delta t = 1.945seg \quad (4.39)$$

$$t + \Delta t = 0.02seg + 1.945seg$$

$$t + \Delta t = 1.965seg \quad (4.40)$$

Reemplazando este valor obtiene en (4.37) se obtiene :

$$\theta = \frac{0.0058 \times (15.71 \times 10^3)^2 * 1.965}{314^2} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$314^2$$

$$\theta = \frac{0.0058 * (15.71)^2 * 10^6 * 1.965}{314^2} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$314^2$$

$$\theta = \frac{2.8128 * 10^6}{98596} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta = 28.53 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.41)$$

La sobretemperatura admisible en caso de cortocircuito para el conductor de cobre desnudo es de  $180 \text{ } ^\circ\text{C}$ , luego

$$75 \text{ } ^\circ\text{C} + 28.53 \text{ } ^\circ\text{C} = 103.53 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.42)$$

$$103.53 \text{ } ^\circ\text{C} < 180 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde  $75 \text{ } ^\circ\text{C}$  es la temperatura máxima de la barra de cobre.

#### 4.3.4 Calculo de la resonancia.

La frecuencia de las barras calculada no debe hallarse alrededor del 10 % de la frecuencia de la red (60 HZ); se define de la siguiente manera:

$$f = \frac{112}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{G}} \quad (4.43)$$

donde:

$E$  : Modulo de elasticidad del cobre (  $E = 1.265 \times 10^6 \text{ kg l cm}^2$  ).

$L$  : Longitud de la barra entre puntos de sujeción (110 cm celda de llegada y 130 cm celda de transformación)

$G$  : Peso de la barra (0.0178 kg l cm)

$J$  : Momento de inercia de la sección sobre un eje del conductor perpendicular al plano de oscilación.

$f$  : Frecuencia

Para nuestra sección de la barra, el momento de inercia será :

$$J = 0.049 * d^4 \quad (4.44)$$

$$J = 0.049 * (2\text{cm})^4$$

$$J = 0.784 \text{ cm}^4 \quad (4.45)$$

El cálculo de la frecuencia que corresponde a la parte de la celda de llegada será,

$$f_1 = \frac{112}{100^2} \sqrt{\frac{1.265 \times 10^6 * 0.784}{0.0178}}$$

$$f_1 = 112 \times 10^{-4} * 7464.37$$

$$f_1 = 83.6 \text{ HZ} \quad (4.46)$$

análogamente el cálculo de la frecuencia correspondiente a la celda de transformación será:

$$f_2 = \frac{112}{130^2} \sqrt{\frac{1.265 \times 10^6 * 0.784}{0.0178}}$$

$$f_2 = \frac{112}{130^2} * 7464.37$$

$$f_2 = 49.47 \text{ HZ} \quad (4.47)$$

Los valores hallados de 83.6 HZ. y de 49.47 HZ. Indican que queda eliminada la posibilidad de que se presenten esfuerzos en las barras a causa de la resonancia mecánica, ya que las frecuencias obtenidas no se encuentran dentro del 10 % de la frecuencia de red.

#### 4.4 Cálculo de ventilación

##### 4.4.1 Cantidad de aire necesario para la ventilación

Para el cálculo de la ventilación, se asume que en las peores condiciones, el aire seco es el que tiene menos condiciones para la ventilación, por lo tanto como medida de seguridad posemos asumir que se ventilara la sub-estación con aire seco, por lo que el peso de 1.00 *mt* de aire (peso específico) se puede expresar como:

$$G = \frac{342}{T} * P_0 \text{ kg} / \text{m}^3 \quad (4.48)$$

Donde

$G$  : Peso del aire seco.

$P_0$  : Presión de aire en la atmósfera.

$T$  : Temperatura en grados kelvin.

El calor específico del aire tiene un valor de 0.238 Cal. es decir para elevar la temperatura de 1.00 Kg. de aire seco de 0 ° C a 1 °C se necesita una cantidad de calor igual a 0.238 Cal. la cantidad de aire

necesario para el transporte de una caloría para una diferencia de ( $t_1 - t$ ) = 1 °C será:

$$Q = \frac{866}{0.238(t_1 - t)} * \left[ \frac{T}{342P_0} \right] m^3 / Kw - h \quad (4.49)$$

Donde :

$T$  : Temperatura absoluta (  $t + 273 = 30 + 273 = 303$  ° K).

$t_1$  : Temperatura a la cual el aire sale de la cabina (50 ° C).

$t$  : Temperatura a la cual entra el aire a la cabina (30 ° C).

$P_0$  : Presión atmosférica.

Para los tres transformadores se tiene una potencia nominal total de 1880 kVA; reemplazando los valores de estos parámetros definidos aquí en la expresión de (4.49) tendremos que :

$$Q_c = \frac{866}{0.238(50 - 30)} * \left[ \frac{303}{342 * 1} \right] m^3 / Kw - h$$

$$Q_c = 161.186 m^3 / kw - h \quad (4.50)$$

Convirtiendo las unidades de tiempo expresados en horas a segundos se tiene:

$$1h = 3600seg$$

$$Q_c = \frac{161.186 m^3}{Kw * 3600} seg$$

$$Q_c = 0.0448 m^3 / kw - seg \quad (4.51)$$

Como tenemos que las pérdidas en los transformadores son según gráfico ABB:

$$\text{Transformador } 600 \text{ kVA: } \Delta P_{fe} = 1.20 \text{ kW}$$

$$\Delta P_{cu} = 6.72 \text{ kW}$$

$$\text{Transformador } 640 \text{ kVA: } \Delta P_{fe} = 1.26 \text{ kW}$$

$$\Delta P_{cu} = 6.72 \text{ kW}$$

totalizando entonces para (1x600 + 2x630 kVA),

$$\Delta P_T = \Delta P_{fe} + \Delta P_{cu} = 23.88 \text{ kW} \quad (4.52)$$

El volumen del aire será entonces para este caso:

$$Q_e = Q_c * \Delta P_T \quad (4.53)$$

$$Q_e = 0.0448 * 23.88$$

$$Q_e = 1.069 \text{ m}^3 / \text{seg} \quad (4.54)$$

El volumen del aire ascendente a la salida de la cabina será:

$$T = t_1 + 273 \text{ }^\circ\text{K} = 50 + 273 = 323 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\Delta t = t_1 - t = 20$$

$$Q_s = \frac{866}{0.238(50 - 30)} * \left( \frac{323}{342 * 1} \right) \frac{\text{m}^3}{\text{kW} - \text{h}} * \left( \frac{23.88 \text{ kW} * 1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right)$$

$$Q_s = 1.140 \text{ m}^3 / \text{seg} \quad (4.55)$$

En conclusión, para una mejor ventilación, el volumen de aire circulante a la salida de la cabina ( $Q_s$ ), es mayor que el volumen de aire a la entrada ( $Q_e$ ), debido al  $\Delta t$  (incremento de temperatura sufrido en la cabina).

$$Q_s > Q_e$$



#### 4.4.2 Cálculo de la fuerza ascensional del aire caliente

La fuerza ascensional para una cierta altura de aire, se obtiene sumando las fuerzas ascensionales de las alturas parciales.

$$P = h \left[ \frac{1}{1 + \alpha t} - \frac{1}{1 + \alpha t_1} \right] \quad (4.56)$$

Donde,

$P$  : Fuerza ascensional de la columna de aire.

$h$  : Altura parcial de la columna de aire.

$t$  : Temperatura exterior de la cabina ( 30 °C)

$t_1$  : Temperatura interior de la cabina ( 50 °C )

Solamente las columnas de aire  $h_2$  y  $h_3$  dan origen a una presión ascensional a causa de la temperatura del aire exterior de la cabina.

La temperatura inicial para  $h_2$ , puede considerarse como la temperatura media:

$$t_2 = \frac{t + t_1}{2} = \frac{30 + 50}{2}$$

La fuerza ascensional correspondiente a la columna de aire  $h_2$  es;

$$P_2 = h_2 \left[ \frac{1}{1 + 0.00366 * 30} - \frac{1}{1 + 0.00366 * 40} \right]$$

$$P_2 = 1.7 * [0.9011 - 0.8723] = 1.7 * 0.0288$$

$$P_2 = 0.0489m \quad (4.58)$$

Análogamente para la columna de aire  $h_3$  se tiene;

$$T_3 = 50^\circ\text{C} \quad (4.59)$$

$$P_3 = h_3 \left[ \frac{1}{1 + 0.00366 * 30} - \frac{1}{0.00366 * 50} \right]$$

$$P_3 = 2.3 [0.9011 - 0.8453] = 2.3 * 0.056$$

$$P_3 = 0.128m \quad (4.60)$$

Luego se tiene que,

$$P = P_2 + P_3 = 0.0489 + 0.128$$

$$P = 0.177m \quad (4.61)$$

En general la fuerza ascensional de aire que adquiere por calentamiento, debe ser mayor a las perdidas originadas por todos los canales de flujo de aire. Las resistencia que debe vencer la fuerza ascensional del aire son las siguientes:

- Frotamiento contra las paredes.
- Pérdidas ocasionadas por los cambios de dirección.
- La fuerza ascensional del aire debe ser además, suficiente para producir las alturas dinámicas necesarias para la circulación.
- La altura para vencer la presión eventual de un viento exterior.

Los datos que se han sido obtenidos en el transcurso del desarrollo de los cálculos son:

$$Q_e = 1.069 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$Q_s = 1.140 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$P = 0.177 \text{ m}$$

#### 4.4.3 Cálculo de $h_a$ .

Sabemos que el canal de entrada( $A_c$ ) es de,

$$A_c = 1.20 \times 1.20 = 1.44 \text{ m}^2 \quad (4.62)$$

La velocidad del aire ( $V_a$ ) vale :

$$V_a = \frac{Q_e}{A_c} \quad (4.63)$$

$$V_a = \frac{1.069 \text{ m}^3 / \text{seg}}{1.44 \text{ m}^2}$$

$$V_a = 0.7425 \text{ m} / \text{seg} \quad (4.64)$$

Por otro lado los canales de ventilación se han dispuesto de tal forma que la fuerza ascensional del aire sea algo mayor que la suma de las pérdidas de presión es decir:

$$h_a = \frac{V^2}{2g(1+\alpha)} * (1+\beta) \quad (4.65)$$

El canal de entrada está cubierto por una malla de alambre de No 8 AWG.

Con cocada de 25 x 25 mm , por lo que implica "  $\beta = 0.5$ "

Entonces las pérdidas de presión de entrada serán:

$$h_a = \frac{0.7425^2}{2 * 9.8 * (1 + 0.00366 * 30)} * (1 + 0.5)$$

$$h_a = 0.0380 \text{ m} \quad (4.66)$$

#### 4.4.4 Cálculo de $h_b$ .

Supondremos que en la entrada se pierde toda la velocidad por que prevemos la presión necesaria para engendrarla de nuevo. Este canal es de 1.30 m. de profundidad por 0.90 m. de ancho. En cuanto a

la longitud esta se considera desde la proyección sobre la canaleta de la abertura de la salida de aire caliente de la ubicada en el techo.

Se define los siguientes parámetros;

$L$  : longitud de la canaleta (  $m$  ).

$A_{ct}$  : Área de la sección de la canaleta (  $m^2$  )

$V_b$  : Velocidad del aire (  $m/seg$  ).

$T$  : Ancho de la canaleta (  $0.90 m$  ).

Efectuando algunos cálculo básicos se tiene:

$$A_{ct} = 1.30 \times 0.90 = 1.17 \text{ m}^2 \quad (4.67)$$

$$V_b = \frac{Q_e}{A_{ct}} = \frac{1.069 \text{ m}^3 / \text{seg}}{1.17 \text{ m}^2}$$

$$V_b = 0.9138 \text{ m} / \text{seg} \quad (4.68)$$

La longitud de los canales es,

$$L = 4.7 - 0.55 + 0.15 = 4.3 \text{ m} \quad (4.69)$$

El perímetro es;

$$U = (L + T) * 2 = (4.30 + 0.90) * 2$$

$$U = 10.4 \text{ m} \quad (4.70)$$

Calculamos la relación:

$$\frac{U}{A_{ct}} = \frac{10.4}{1.17} = 8.888$$

De los gráficas  $U / A_{ct}$  se obtiene la relación;

$$\frac{\beta}{L} = 0.0549$$

Donde:  $L = 4.3 \text{ m}$ , por lo que obtenemos entonces:

$$\beta = 0.0549 * 4.3 = 0.236 \quad (4.71)$$

Reemplazando este valor en la expresión de  $h_b$  se tiene:

$$h_b = \frac{0.9138^2}{2 * 9.8 * (1 + 0.00366 * 30)} * (1 + 0.236)$$

$$h_b = \frac{0.8350 * (1.236)}{19.6 * (1.1098)}$$

$$h_b = 0.0474m \quad (4.72)$$

#### 4.4.5 Cálculo de $h_c$ .

Cerca al transformador tenemos que el aire cambia de dirección en ángulo recto luego la velocidad se anula por completo y es necesario volver a producir con la presión correspondiente al pasar por el transformador.

$A$  : Área ocupada por la carcasa del transformador.

$A_t$  : Área ocupada por la carcasa del transformador

sin considerar el radiador de calor

$A_{libre}$  : Área libre resulta de la diferencia de  $A$  y  $A_t$ .

De la figura 4.1 podemos visualizar las dimensiones del transformador visto de planta (dibujo esquemático), con esto datos se procede a calcular lo siguiente:

$$A = 3 \times 2.0 \times 0.90 = 5.40m^2 \quad (4.73)$$

$$A_t = 3 \times 1.70 \times 0.90 = 4.590m^2 \quad (4.74)$$

$$A_{libre} = A - A_t = 5.40 - 4.59$$

$$A_{libre} = 0.81m^2 \quad (4.75)$$

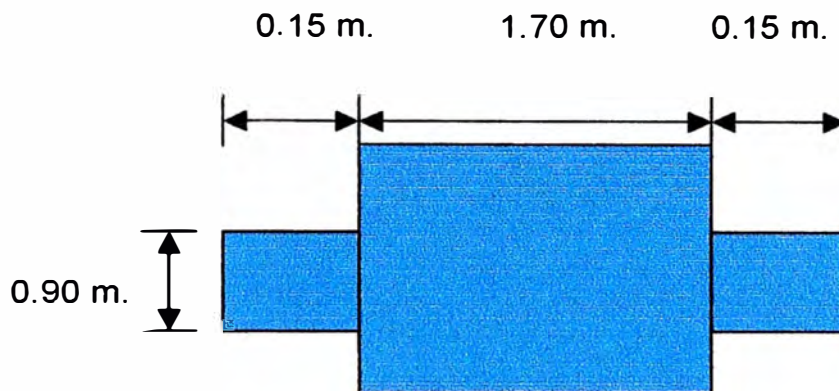


Figura 4.1 : Dibujo esquemático de un transformador (vista de planta)

Luego hallamos la velocidad del flujo del aire.

$$V_c = \frac{Q_e}{A_{\text{libre}}} = \frac{1.069 \text{ m}^3 / \text{seg}}{0.810 \text{ m}^2}$$

$$V_c = 1.320 \text{ m / seg} \quad (4.76)$$

La altura dinámica para obtener estas velocidades es:

$$h_c = \frac{V^2}{2g(1 + \alpha t)} \quad (4.77)$$

$$h_c = \frac{1.320^2}{2 * 9.8 * (1 + 0.00366 * 30)}$$

$$h_c = \frac{1.7424}{19.6 * 1.1098}$$

$$h_c = 0.080 \text{ m} \quad (4.78)$$

#### 4.4.6 Cálculo de $h_d$

En la cabina se desprecian las pérdidas por fricción, considerando que el aire sale por tres caras, la superficie de salida de aire ( $A_s$ ) tendrá

un área de  $3 \times 1.00 + 2 \times 1.00 \times 1.00 = 5.00 \text{ m}^2$ , entonces la velocidad que le corresponde será:

$$V_d = \frac{Q_s}{A_s}$$

$$V_d = \frac{1.140 \text{ m}^3 / \text{seg}}{1.00 \text{ m}^2}$$

$$V_d = 0.22 \text{ m} / \text{seg} \quad (4.79)$$

La ventana de salida está constituida por una persiana de fierro fabricada con platina de 4 mm ( $\beta=0.5$ ), luego se tiene que:

$$h_d = \frac{0.228^2}{2 * 9.8 * (1 + 0.00366 * 50)} * (1 + 0.5)$$

$$h_d = \frac{0.05198}{23.1868}$$

$$h_d = 0.00336 \text{ m} \quad (4.80)$$

El conjunto de perdidas que deben ser compensadas por la fuerza ascensional de aire es en metros de columnas de aire:

$$h_t = h_a + h_b + h_c + h_d =$$

$$h_t = 0.0380 + 0.0474 + 0.080 + 0.00336$$

$$h_t = 0.1689 \text{ m} \quad (4.81)$$

Como la fuerza ascensional del aire caliente que hemos calculado es 0.177 m. de aire resulta mayor que 0.169 de las pérdidas por fricción en la canaleta, en las aberturas de entrada y salida así como en las alturas dinámicas necesarias para la circulación, por lo que dicha fuerza necesaria es mas que suficiente.

## **CAPÍTULO V EVALUACIÓN ECONÓMICA**

### **5.1 Introducción**

En este capítulo se presenta finalmente como aplicación práctica el presupuesto correspondiente de los suministros de materiales empleados, montajes y puesta de servicio que corresponde a la ejecución de la obra realizada en la Planta Industrial de Helados D'onofrio, adicionalmente a esta información se incluye los cuadros de análisis de costos unitarios así como la respectiva formula polinómica con los detalles correspondientes a la partida utilizada en la elaboración del presupuesto para la ejecución del proyecto.

Cabe resaltar que en toda instalación eléctrica industrial La Subestación Eléctrica es la parte más esencial del diseño, pues aquella es el corazón de la industria para hacer funcionar sus equipos y maquinarias que pueden contener y por lo tanto debe ocupar nuestra mayor atención en el análisis y detalle de los mismos.

En el cuadro del presupuesto se detallan el metrado y costo de cada uno de los suministros de materiales empleados así como de los trabajos de desmontaje ejecutados, instalación de equipos en la celda de llegada e instalación de cables de alimentación en media tensión, así como el detalle descrito de las partidas en las que se efectúan trabajos



de montaje y puesta de servicio en los cuadros de análisis de costo unitario, todos estos cuadros son mostrados a continuación en las páginas siguientes.

## PRESUPUESTO

OBRA : DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN SERVICIO 10KV

EMPRESA : PLANTA INDUSTRIAL DONOFRIO - HELADOS

ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	SUB- TOTAL
1.00	OBRAS PRELIMINARES					
1.01	Movilización y Desmovilización	GLB	1.00	5,000.00	5,000.00	
1.02	Construcciones Provisionales	M2	60.00	30.00	1,800.00	
1.03	Gastos de Operación	EST.	1.00	2,500.00	2,500.00	9,300.00
2.00	SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES					
	CELDA DE LLEGADA					
2.01	Estructura de Fierro Angular de 2"x2"x3/16" , Puerta Frontal de 1 Hoja, Planchado de Fe de 2.8x1x(2mm espesor), manija fija con cerradura; protegida con base y acabado esmaltado epoxico	CJT	1.00	6,800.00	6,800.00	
2.02	Cabeza terminal 15KV-70mm2 Pirelli o similar	U	1.00	1,260.00	1,260.00	
2.03	Seccionadores Unipolares 12KV-630ª	U	3.00	750.00	2,250.00	
2.04	Seccionador de Potencia Automático Tripolar 12 KV-630A, marca ABB o similar	U	1.00	8,200.00	8,200.00	
2.05	Sistema de Barras de Cobre Diámetro 20mm (Colectoras)	CJT	1.00	1,800.00	1,800.00	
2.06	Sistema de Barras de Cobre para Puesta a Tierra de la Estructura Metálica.	CJT	1.00	350.00	350.00	
2.07	Aisladores Portabarras de Porcelana 15KV-750Kg Grupo A-Din	UND	6.00	150.00	900.00	
2.08	Pintura y Accesorios Menudo	CJT	1.00	600.00	600.00	22,160.00
3.00	CELDAS DE TRANSFORMACIÓN					
3.01	Estructura de Fierro Angular de 2"x2"x3/16", Puerta Frontal de 02 Hojas Plancha de Fe de 2.8 x 2.00 (2mm espesor) Manija Fija con Cerradura Protegida con Base y Acabado Esmaltado Epoxico.	CJT	3.00	8,200.00	24,600.00	
3.02	Mantenimiento de los 02 Transformadores 640KVA, 10 KV	U	2.00	6,200.00	12,400.00	
3.03	Mantenimiento de un Transformador de 600 KVA, 10KV		1.00	6,200.00	6,200.00	
3.04	Sistema de Barras de Cobre Diametro 20mm(Colectoras)	CJT	1.00	2,400.00	2,400.00	
3.05	Sistema de Barras de Cobre para Puesta a Tierra de la Estructura Metálica	CJT	1.00	410.00	410.00	
3.06	Aisladores Portabarras de Porcelana 15KV-750Kg, grupo A-Din	U	15.00	150.00	2,250.00	
3.07	Suministro de Cable NKY 3x70 mm2, incluye cinta Señalizadora	ML	105.00	162.00	17,010.00	
3.08	Pozos de Tierra		2.00	960.00	1,920.00	
3.09	Materiales Diversos	CJT	1.00	2,500.00	2,500.00	69,690.00

## PRESUPUESTO

OBRA : DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN SERVICIO 10KV

EMPRESA : PLANTA INDUSTRIAL DONOFRIO - HELADOS

ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	SUB- TOTAL
<b>4.00</b>	<b>MONTAJE ELECTROMECÁNICO</b>					
4.01	Tendido de Cable NKY 3x70 mm2, Incluye Rotura de Pavimento ,Excavación, Relleno y Reposición del Concreto	ML	105.00	104.78	11,001.90	
4.02	Cabeza Terminal	U	1.00	350.00	350.00	
4.03	Celda de llegada	U	1.00	1,900.00	1,900.00	
4.04	Celda de Transformación		3.00	1,900.00	5,700.00	
4.05	Buzón de concreto de 1.15 x 1.00 x1.0 f'c = 175 Kg/cm2	U	2	650.00	1,300.00	
4.06	Buzón de concreto de 2.20 x 1.00 x1.0m f'c= 175 Kg/cm2	U	2	935.00	1,870.00	22,121.90
<b>5.00</b>	<b>DESMONTAJE</b>					
5.01	Retiro de Disyuntor, Rele y Barras	CJT	1.00	2,448.00	2,448.00	
5.02	Cabeza Terminal 35mm2	CJT	1.00	66.83	66.83	2,514.83
<b>6.00</b>	<b>PRUEBAS</b>					
6.01	Pruebas y Puesta en servicio M.T.	CJT	1.00	2,500.00	2,500.00	
		CJT	1.00	5,300.00	5,300.00	7,800.00
		COSTO DIRECTO			S/.	133,586.73
		GASTOS GENERALES Y UTILIDAD				33,396.68
		SUB TOTAL			S/.	166,983.41
		I.G.V. 18%				30,057.01
		TOTAL GENERAL			S/.	197,040.43

## ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** 1.01 **MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN**  
**UNIDAD :** GLOBAL

DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Movilización y desmovilización de equipo	GLOBAL	1.00	5,000.00	5,000.00	5,000.00
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>5,000.00</b>

**PARTIDA :** 1.02 **CONSTRUCCIONES PROVISIONALES**  
**UNIDAD :** GLOBAL

DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
Mano de Obra	GLOBAL			15.00	15.00
<b>MATERIALES</b>					
Madera tornillo cepillada	GLOBAL			15.00	15.00
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>30.00</b>

**PARTIDA :** 1.03 **GASTOS DE OPERACIÓN**  
**UNIDAD :** ESTIMADO

DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Gastos de operación	ESTIMADO	1	2,500.00	2,500.00	2,500.00
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>2,500.00</b>

**PARTIDA :** 2.01 **ESTRUCTURA DE FIERRO ANGULAR 2"X2"X3/16",PUERTA**  
**UNIDAD :** ESTIMADO

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Est. De fierro angular 2"x2"x3/16", pta.	ESTIMADO	1	6800.00	6,800.00	6800.00
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>6800.00</b>

## ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** 2.02 CABEZA TERMINAL 15KV-70mm2 PIRELLI O SIMILAR  
**UNIDAD :** UND

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Cabeza terminal 15KV-70mm2 pirelli o similar	UND	1	1260.00	1260.00	1,260.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>1,260.00</b>

**PARTIDA :** 2.03 SECCIONADORES UNIPOLARES 12KV-630A  
**UNIDAD :** UND

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Seccionadores unipolares 12KV-630ª	UND	3	250.00	750.00	750.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>750.00</b>

**PARTIDA :** 2.04 SECCIONADOR DE POTENCIA AUTOMATICO TRIPOLAR 12 KV-630A  
**UNIDAD :** UND

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Seccionador de potencia aut. Tripolar	UND	1	8,200.00	8,200.00	8,200.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>8,200.00</b>

**PARTIDA :** 2.05 SISTEMA DE BARRAS DE COBRE DIAMETRO 20 mm (COLECTOR)  
**UNIDAD :** ESTIMADO

DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Sistema de barras de cobre diámetro 20 mm (colectoras)	ESTIMADO	1.00	1,800.00	1800.00	1,800.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>1,800.00</b>

## ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** 2.06 SISTEMA DE BARRAS DE COBRE PARA PUESTA A TIERRA A LA  
**UNIDAD :** ESTIMADO

DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Sistema de barras de cobre para puesta a tierra de la estructura metálica-1	ESTIMADO	1	350.00	350.00	350.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>350.00</b>

**PARTIDA :** 2.07 AISLADORES PORTABARRAS DE PORCELANA 15KV-750kg  
**UNIDAD :** UND GRUPO A-DIN - 1

DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTO ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Aisladores portabarras de porcelana 15kv-750kg grupo A-DIN - 1	UND	1	150.00	150.00	150.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>150.00</b>

**PARTIDA :** 2.08 PINTURA Y ACCESORIOS MENUDO  
**UNIDAD :** ESTIMADO

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Pintura y accesorios menudo	ESTIMADO	1	600.00	600.00	600.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>600.00</b>

**PARTIDA :** 3.01 ESTRUCTURA DE FIERRO ANGULAR 2"x2"x3/16", PUERTA FRONTAL DE 2 HOJAS; PLANCHADO DE FIERRO DE FIERRO DE 2.8X1X2 MM.  
**UNIDAD :** ESTIMADO

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Est. De fierro angular 2"x2"x3/16", pta.	ESTIMADO	1	8,200.00	8,200.00	8,200.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>8,200.00</b>

## ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** 3.02                   **MANTENIMIENTO DE LOS 2 TRANSFORMADORES 640 KVA, 10 KV**  
**UNIDAD :**                    **UND**

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Mantenimiento de los transformadores 640 KVA, 10 KV	UND	1	6,200.00	6,200.00	6,200.00
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>6,200.00</b>

**PARTIDA :** 3.03                   **MANTENIMIENTO DE UN TRANSFORMADOR 600 KVA, 10 KV**  
**UNIDAD :**                    **UND**

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Mantenimiento de UN transformador 600 KVA, 10 KV	UND	1	6,200.00	6,200.00	6,200.00
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>6,200.00</b>

**PARTIDA :** 3.04                   **SISTEMA DE BARRAS DE COBRE DIÁMETRO 20mm**  
**UNIDAD :**                    **ESTIMADO**

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Sistema de barras de cobre diámetro 20 mm	ESTIMADO	1	2,400.00	2,400.00	2,400.00
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>2,400.00</b>

**PARTIDA :** 3.05                   **SISTEMA DE BARRAS DE Cu PARA PUESTA A TIERRA DE LA ESTRUCTURA MET**  
**UNIDAD :**                    **ESTIMADO**

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Sistema de barras de Cu para puesta a tierra de la estructura MET	ESTIMADO	1	410.00	410.00	410.00
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>410.00</b>

## ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** 3.06 AISLADORES PORTABARRAS DE PORCELANA 15KV-750KG GRUPO A-DIN-1  
**UNIDAD :** UND

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Aisladores portabarras de porcelana 15 KV-750Kg grupo A-din	UND	1	150.00	150.00	150.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>150.00</b>

**PARTIDA :** 3.07 SUMINISTRO DE CABLE NKY 3X70 MM2,INCLUYE CINTA SEÑALIZADORA  
**UNIDAD :** ESTIMADO

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Suministro de cable NKY 3x70 mm2 incluye cinta señalizadora	ESTIMADO	1	162.00	162.00	162.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>162.00</b>

**PARTIDA :** 3.08 POZOS DE TIERRA  
**UNIDAD :** ESTIMADO

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Pozos de tierra	ESTIMADO	1	960.00	960.00	960.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>960.00</b>

**PARTIDA :** 3.09 MATERIALES DIVERSOS  
**UNIDAD :** ESTIMADO

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Materiales diversos	ESTIMADO	1	2,500.00	2,500.00	2,500.00
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>2,500.00</b>



## ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** 4.01 **TENDIDO DE CABLE NKY 3X70 MM2,INCLUYE ROTURA DE PAVIMENTO,  
EXCAVACION Y RELLENO REPOSICION DEL CONCRETO**

**UNIDAD :** ML

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Mano de obra					
Operario	HH	2.287	7.00	16.01	16.01
Peon	HH	9.1429	6.23	56.96	56.96
Materiales					
Concreto 175kg/cm <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	0.14	212.77	29.77	29.77
102.74					
Equipos					
Herramientas manuales	%MO	2.8000	72.96	2.04	2.04
2.04					
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>104.78</b>

**PARTIDA :** 4.02 **CABEZA TERMINAL**

**UNIDAD :** UND

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Mano de obra					
Operario	HH	8.000	7.00	56.00	56.00
Peon	HH	12.000	6.50	78.00	78.00
Oficial	HH	32.000	6.23	199.36	199.36
333.36					
Equipos					
Herramientas manuales	%MO	4.9930	333.36	16.64	16.64
16.64					
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>350.00</b>

## ANÀLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** 4.03 CELDA DE LLEGADA

**UNIDAD :** UND

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>Mano de obra</b>					
Operario	HH	48.000	7.00	336.00	336.00
Oficial	HH	48.000	6.50	312.00	312.00
Peon	HH	192.000	6.23	1,196.16	1196.16
					<b>1844.16</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%MO	3.0280	1,844.16	55.84	55.84
					<b>55.84</b>
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>1,900.00</b>

**PARTIDA :** 4.04 CELDA DE TRANSFORMACIÓN

**UNIDAD :** UND

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>Mano de obra</b>					
Operario	HH	48.000	7.00	336.00	336.00
Oficial	HH	48.000	6.50	312.00	312.00
Peon	HH	192.000	6.23	1,196.16	1196.16
					<b>1844.16</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%MO	3.0280	1,844.16	55.84	55.84
					<b>55.84</b>
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>1,900.00</b>

## ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** 4.05 BUZÓN DE CONCRETO DE 1.15X1.00X1.00 FC=175 KG/CM2

**UNIDAD :** UND

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
INSUMOS PARTIDA					
CONCRETO FC= 175 KG/CM2	M3	2.900	212.67	616.74	616.74
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	M2	1.650	19.63	32.39	32.39
ACERO REFUERZO (CORRUGADO)	KG	0.420	2.07	0.87	0.87
					<b>650.00</b>
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>650.00</b>

**PARTIDA :** 4.06 BUZÓN DE CONCRETO DE 2.20X1.00X1.00 FC=175 KG/CM2

**UNIDAD :** UND

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
INSUMOS PARTIDA					
CONCRETO FC= 175 KG/CM2	M3	4.060	212.67	863.44	863.44
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	M2	3.450	19.63	67.72	67.72
ACERO REFUERZO (CORRUGADO)	KG	1.855	2.07	3.84	3.84
					<b>935.00</b>
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>935.00</b>

## ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** 5.01 RETIRO DE DISYUNTOR, RIELES Y BARRAS  
**UNIDAD :** CJT/DIA

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/. )		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Mano de obra					
Capataz	HH	46.000	7.50	345.00	680.00
Operario	HH	90.000	7.00	630.00	1493.33
Oficial	HH	70.000	6.50	455.00	1040.00
Peon	HH	120.000	6.23	474.60	5316.27
					<b>2,177.60</b>
Equipos					
Herramientas manuales	%MO	3.1701	8,529.60	270.40	270.40
					<b>270.40</b>
<b>TOTAL ( \$/. )</b>					<b>2,448.00</b>

**PARTIDA :** 5.02 CABEZA TERMINAL 35 mm2  
**UNIDAD :** UND

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/. )		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Mano de obra					
Operario	HH	3.00	7.00	21.00	21.00
Oficial	HH	3.00	6.50	19.50	19.50
Peon	HH	2.00	6.23	12.46	12.46
					<b>52.96</b>
Equipos					
Herramientas manuales	%MO	4.8490	286.13	13.87	13.87
					<b>13.87</b>
<b>TOTAL ( \$/. )</b>					<b>66.83</b>

**PARTIDA :** 6.01 PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO M.T.  
**UNIDAD :** ESTIMADO

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/. )		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Pruebas y puesta en servicio M.T.	ESTIMADO	1.00	5,300.00	5,300.00	5,300.00
<b>TOTAL ( \$/. )</b>					<b>5300.00</b>

## ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** CONCRETO FC= 175 KG/CM2

**UNIDAD :** M3/DIA

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Mano de obra					
Capataz	HH	0.500	7.50	3.75	3.75
Operario	HH	1.000	7.00	7.00	7.00
Peon	HH	5.000	6.23	31.15	31.15
					<b>41.90</b>
Materiales					
Piedra Chancada de 1/2"	M3	0.800	40.00	32.00	32.00
Arena gruesa	M3	0.500	17.00	8.50	8.50
Cemento portland tipo I (42.5 kg)	BOL	8.000	14.50	116.00	116.00
Agua	M3	0.185	9.00	1.67	1.67
					<b>158.17</b>
Equipos					
Herramientas manuales	%MO	5.0000	41.90	2.10	2.10
Mezcladora de concreto 11 P3	HM	0.5000	15.00	7.50	7.50
Vibrador de 4 HP , 1.25 Pulg.	HM	0.5000	6.00	3.00	3.00
					<b>12.60</b>
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>212.67</b>

**PARTIDA :** ENCOFRADO Y DEENCOFRADO P/BUZÓN

**UNIDAD :** M3/DIA

DESCRIPCION	METRADO		TOTAL ( S/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
Mano de obra					
Capataz	HH	0.067	7.50	0.50	0.50
Operario	HH	0.667	7.00	4.67	4.67
Peon	HH	1.333	6.23	8.31	8.31
					<b>13.47</b>
Materiales					
Alambre negro recogido	KG	0.200	2.50	0.50	0.50
Clavos con cabeza promedio	KG	0.400	2.50	1.00	1.00
Madera tornillo	P2	1.200	3.00	3.60	3.60
					<b>5.10</b>
Equipos					
Herramientas manuales	%MO	5.0000	20.21	1.01	1.01
					<b>1.01</b>
<b>TOTAL ( S/.)</b>					<b>19.63</b>

## ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

**PARTIDA :** ENCOFRADO Y DEENCOFRADO P/BUZÓN

**UNIDAD :** M3/DIA

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>Mano de obra</b>					
Capataz	HH	0.067	7.50	0.50	0.50
Operario	HH	0.667	7.00	4.67	4.67
Peon	HH	1.333	6.23	8.31	8.31
					<b>13.47</b>
<b>Materiales</b>					
Alambre negro recogido	KG	0.200	2.50	0.50	0.50
Clavos con cabeza promedio	KG	0.400	2.50	1.00	1.00
Madera tornillo	P2	1.200	3.00	3.60	3.60
					<b>5.10</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%MO	5.0000	20.21	1.01	1.01
					<b>1.01</b>
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>19.63</b>

**PARTIDA :** ACERO DE REFUERZO (CORRUGADO)

**UNIDAD :** M3/DIA

DESCRIPCIÓN	METRADO		TOTAL ( \$/.)		
	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	SUBTOTAL
<b>Mano de obra</b>					
Operario	HH	0.032	7.00	0.22	0.22
Oficial	HH	0.032	6.50	0.21	0.21
					<b>0.43</b>
<b>Materiales</b>					
Alambre negro recogido	KG	0.030	2.50	0.08	0.08
Fierro corrugado	KG	1.100	1.40	1.54	1.54
					<b>1.62</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%MO	5.0000	0.43	0.02	0.02
					<b>0.02</b>
<b>TOTAL ( \$/.)</b>					<b>2.07</b>

### Agrupamiento preliminar - Fórmula Polinómica

Obra : Diseño, Montaje y Puesta en Servicio Subestación 10 kV

Indice	Descripción Índice Unificado	% Inicio	% Saldo	Agrupamiento
29	DÓLAR	55.416	57.819	+32+37+44
32	FLETE TERRESTRE	1.809	0.000	
37	HERRAMIENTA MANUAL	0.268	0.000	
39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR	33.108	33.108	
44	MADERA TERCIADA PARA CARPINTERIA	0.326	0.000	
47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES	9.073	9.073	

## FÒRMULA POLINÒMICA

Obra: Diseño, Montaje y Puesta en Servicio 10 KV

Monomio	Factor	Porcentaje(%)	Símbolo	Indice	Descripción
1	0.091		100 MO		47 MANO DE OBRA INCLUYE LEYES SOCIALES
2	0.331		100 GGU		39 INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR
3	0.578		100 Do		29 DÓLAR

$$K = 0.091(M_{or}/M_{oo}) + 0.331(GGU_r/GGU_o) + 0.578 (D_{or}/D_{oo})$$



## **CAPÍTULO VI ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE**

Para realizar la construcción de subestaciones y redes eléctricas se requiere los documentos de trabajo (planos, permisos municipales, órdenes de abastecimiento de materiales, etc.), factibilidad de construcción, programación y desarrollo de los trabajos, corte de energía, puesta en servicio, reporte final (plano de replanteo, documentos de liquidación, etc.).

El montaje y las pruebas deberán efectuarse estrictamente según las indicaciones de los planos y recomendaciones de los fabricantes, cualquier variación deberá ser consultada y resuelta por el Ing. Residente de Obra en coordinación con el Supervisor.

Asimismo estos trabajos de montaje deberán ser ejecutados por personal debidamente calificado con amplia experiencia en estos trabajos.

### **6.1 Alimentación primaria**

Se instalarán las señales de seguridad para evitar accidentes del personal, deterioro de las instalaciones y equipos.

Debe cumplirse las distancias mínimas de seguridad indicadas por el código Nacional de Electricidad.

Se coordinará con la Concesionaria de electricidad respecto a sus instalaciones de BT y MT en el trayecto de la obra, con el propósito de evitar daños y/o accidentes durante los trabajos.

### **6.1.1 Zanjas**

La ejecución de las zanjas se realizará sin ocasionar daños a otras instalaciones existentes.

La profundidad de las excavaciones será tal y como lo indica en los planos correspondientes.

Cuando se realice la excavación se deberá tener las siguientes consideraciones:

- La tierra de excavación y el pavimento si lo hubiera deben depositarse por separado.
- La tierra de excavación debe ser colocada a no menos de 50 cm. de los bordes de la zanja.

El tamizado de la tierra se hará con zaranda, cuya malla debe ser de ¼" la cual se colocará con una inclinación de 45° con respecto al piso.

### **6.1.2 Ductos de Concreto**

Los ductos serán instalados según lo indicado en las especificaciones técnicas y en planos.

Deberá efectuarse, previamente al tendido de los cables, sondeos en los extremos de los ductos, con la finalidad de detectar la existencia de posibles obstáculos.

### 6.1.3 Tendido de Cable Subterráneo

- Se dispondrá de un sistema de comunicación apropiado, de modo que bajo todas las condiciones, la comunicación pueda ser mantenida y garantizada.
- Las bobinas serán almacenadas y transportadas apropiadamente, evitando daños y/o descuadre de los carretes.
- Los tambores o carretes deberán almacenarse en lugares secos y bajo techo, siempre con los extremos del cable sellados o hermetizados adecuadamente.
- El tendido deberá ejecutarse en buenas condiciones climatológicas e iniciarse desde las primeras horas de luz solar, previéndose en todo caso, iluminación artificial segura.
- No deben ser arrojados los tambores desde el vehículo al suelo, porque se daña el cable y el tambor, aunque caigan sobre superficie blanda.
- Han de instalarse en caballetes adecuados, sobre superficie plana y segura, a suficiente altura que permita el libre giro del carrete, evitando volcadura, hundimiento o deslizamiento de los apoyos.
- La flecha marcada en los lados del tambor indica la dirección en la que éste debe desplazarse. Si se rueda en sentido contrario, existe el peligro que el cable se desenrolle.

- El cable se extrae de la parte superior del tambor, por lo tanto, el cable al ser jalado, hará girar al carrete en sentido opuesto a las flechas marcadas en las caras laterales del tambor.
- El número de personas, necesarias para el tendido manual, se calcula considerando que cada persona puede realizar un esfuerzo de 35 kg en promedio.
- El tendido se hará de manera continua y con tensión regulada por un sistema de freno.
- Los cables deben tenderse, en lo posible, sólo en sentido vertical u horizontal. Lo práctico recomendable durante el tendido, es un radio de veinte veces el diámetro exterior del cable.
- En el ingreso de ducto, para facilitar el tendido del cable y evitar daño del cable, se colocará una boquilla acampanada y desmontable.
- El carrete se posesionará en un extremo del recorrido y se jalará todo el tramo hasta llegar al lado opuesto.
- El cable no debe arrastrarse, sino tirarse apoyado en rodillos o polines que giren libremente y no dañen al cable. Deben colocarse a distancias mayores a 3 m de separación entre ellos en tramos rectos. En las curvas deben utilizarse rodillos de diseño adecuado y su ubicación será previamente estudiada para evitar esfuerzos indebidos sobre el cable.

#### **6.1.4 Botella Terminal**

La botella terminal Pirelli o similar tripolar, se instalará de acuerdo a lo indicado en los planos y a las instrucciones de montaje del fabricante.

### **6.2 Subestación de superficie tipo convencional**

El fabricante de preferencia llevará a cabo la instalación de sus cabinas, de lo contrario lo hará el contratista de las obras eléctricas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, tal que se asegure el correcto funcionamiento de los equipos, instrumentos y puertas de cada cabina.

#### **6.2.1 Cabinas**

Se debe tener especial cuidado al transportar las cabinas, para evitar la distorsión de los diferentes paneles que componen cada cabina .

Las cabinas se ensamblarán en obra uniando sus partes con pernos y accesorios de acero galvanizado.

Se verificará que los aisladores estén en perfecto estado y se instalarán teniendo cuidado de no dañarlos durante el proceso de ajuste.

Las barras serán pintadas en colores rojo, blanco y verde con dos capas de pintura de base vinilo. Tendrán los extremos biselados.

La barra de protección y el cable de puesta a tierra serán pintados de color amarillo.

Se deberá establecer el enlace de todos los elementos sujetos a tensión cuyos soportes metálicos puedan establecer diferencias de potencial peligrosos mediante la conexión al pozo de tierra respectivo.

### **6.2.2 Montaje de Equipos de Protección**

Los equipos eléctricos de protección que se instalarán en la subestación del tipo superficie convencional deberán cumplir con las principales normas de fabricación: VDE, CEI e ITINTEC así como las principales normas de montaje de la DGE del Ministerio de Energía y Minas.

Todos estos equipos deberán ser del tipo fijo para montarse en los soportes correspondientes en las celdas, con la seguridad y facilidades para operarlos desde la parte frontal y que faciliten su inspección y mantenimiento.

### **6.2.3 Transformador de Distribución**

El fabricante entregará dos copias del protocolo de prueba y en él indicará entre otras cosas:

Las pérdidas en el fierro y el cobre a plena carga

La tensión de cortocircuito

La relación de transformación

Los resultados de la prueba de aislamiento con tensión incluida (AC) a doble frecuencia, y tensión externa (DC) durante un minuto.

En caso de levantamiento, del transformador, por medio de gatos debe realizarse simultáneamente y por igual en por lo menos, dos puntos de alzamiento vecinos. Las aletas de refrigeración y válvulas de

vaciado no deben utilizarse en ningún caso como puntos de apoyo aunque el transformador esté vacío.

El transformador será montado en la subestación tipo Superficie Convencional; se cuidará que los aisladores del transformador estén completamente limpios y en buen estado, que no presenten daños que afecten su aislamiento.

Todas las partes metálicas deberán ir estrictamente puestos a tierra.

Se deberá verificar el nivel de aceite en el tanque y se hará el megado respectivo de cada una de las fases en media y baja tensión, alcanzando los valores permitidos por el Código Nacional de Electricidad y Normas ITINTEC.

Durante la instalación la secuencia recomendada para las conexiones es, primero realizar todas las conexiones a tierra, luego las de baja tensión y finalmente, las de alta tensión. Evite forzar excesivamente los terminales de los aisladores.

Los conductores, barras y cables tienen que ser instalados de manera que la presión mecánica no sea recibida por el aislador.

#### **6.2.4 Pozos de Puesta a Tierra**

La subestación de distribución llevará pozos de puesta a tierra para los equipos de media y baja tensión como se indica en los planos del proyecto.

### **6.3 Pruebas**

Las cabinas serán sometidas en fábrica a las siguientes pruebas:

- Inspecciones rutinarias en la fábrica.
- Aislamiento.
- Pruebas para el buen funcionamiento de los equipos de la maniobra y medición.

Al concluir el trabajo de construcción, se deberá realizar las mismas pruebas que se detallan a continuación en presencia del ingeniero Supervisor y empleando instrucciones y métodos de trabajo apropiado para éste. El contratista efectuará las correcciones o reparaciones que sean necesarias a juicio del ingeniero Supervisor.

### **6.3.1 DETERMINACIÓN DE LA SECUENCIA DE FASES**

El contratista deberá efectuar mediciones para demostrar que la posición relativa de los conductores de cada fase corresponde a lo descrito.

### **6.3.2 PRUEBAS DE CONTINUIDAD**

Para efectuar las pruebas de continuidad se procederá a poner en corto circuito las salidas de la subestación y posteriormente probar en cada uno de los terminales la continuidad de la red.

### **6.3.3 PRUEBAS DE PUESTA A TIERRA**

Se medirá la resistencia de puesta a tierra de los pozos a tierra. Esta medición se llevará a cabo mediante la utilización de un metrater ó telurómetro. El valor máximo aceptable será de 25 ohm.

### **6.3.4 PRUEBAS DE OPERACION**

En esta prueba se considerará la operación correcta de la instalación eléctrica en todas las partes, sistemas y equipos que la



integran, en forma independiente y en conjunto, efectuando la prueba con todas las cargas eléctricas puestas en servicio, en las condiciones normales de diseño, según normas nacionales como internacionales (CEI-VDE, etc.)

Funcionamiento: Se probará el funcionamiento correcto, tanto mecánico como eléctrico, de todos los equipos de protección y control (interruptores, etc.), cabeza terminal, seccionador unipolar, seccionador de potencia, cortacircuito fusible, transformador de potencia.

Si por razones de nivel de tensión in situ, fuese necesario manipular el conmutador de tomas en vacío del transformador, éste deberá ser operado únicamente con el transformador DESENERGENIZADO, es decir desconectado de la red (sin tensión y sin corriente). No dejar por ninguna razón el mando en un punto intermedio entre dos posiciones.

Una vez concluido el montaje, deben colocarse adecuadamente, todos los aparatos de maniobra enumerados en las especificaciones técnicas.

La obra concluirá con el reporte final (plano de replanteo, documentos de liquidación, etc.).

## CONCLUSIONES

Como resultado de la experiencia tanto en el diseño como en la ejecución y puesta en servicio de la subestación en media tensión 10 kV, en los que se han expuestos y desarrollados de una manera clara en este trabajo, se pueden resumir las siguientes conclusiones :

1. Es importante evaluar correctamente la capacidad de conducción y la sección transversal del cable conductor a utilizarse para una adecuada alimentación en Media Tensión a la subestación eléctrica particular.
2. Se debe evaluar y verificar en el diseño que la caída de tensión del cable alimentador (media tensión) sea menor o igual al 3.5% de la tensión nominal.
3. Se debe determinar convenientemente la corriente de corto circuito de la instalación; para ello se deben definir correctamente la potencia de cortocircuito y el tiempo de apertura de la protección, datos muy esenciales para el diseño inicial y que son proporcionados por el concesionario de distribución eléctrica del lugar.
4. Se debe calcular convenientemente la corriente de corto circuito del cable alimentador en 10kV y verificar que se cumpla que la

corriente de cortocircuito de la instalación sea mucho menor que la corriente de cortocircuito del cable.

5. La evaluación de la corriente de choque es un valor fundamental que sirve como base para la elección conveniente de equipos con capacidad de ruptura superior a este parámetro evaluado.
6. Es necesario diseñar adecuadamente las barras conductoras en el lado de media tensión, ya que estas deberán ser capaces de transportar la corriente que ingresa por la celda de llegada y distribuirse a las celdas de transformación; estas deben tener una capacidad de conducción superior a la corriente aparente de diseño, este parámetro depende fundamentalmente del material del conductor y de su sección transversal.
7. Se debe evaluar convenientemente los efectos electrodinámicos y térmicos producidos por la presencia de la corriente de cortocircuito; el diseño de las barras conductoras que corresponden a una celda de llegada y de transformación deben ser capaces de soportar estos esfuerzos y calentamientos presentes al paso de dicha corriente de cortocircuito.
8. Elegir convenientemente los aisladores portabarras de modo que pueda soportar los esfuerzos electrodinámicos presentes en el lado de media tensión; para ello en el diseño de estos aisladores se hacen tomando en cuenta el caso más desfavorable que ocurre en el aislador intermedio.

9. Evaluar adecuadamente la ventilación de los transformadores de distribución instalados en el interior de la subestación eléctrica; estos transformadores elegidos deben estar previstos de radiadores que hacen que el transformador tenga una ventilación natural por simple circulación de aceite por convección; no obstante cuando están instalados en recintos cerrados es necesario tener en cuenta la evacuación de calor que generan las pérdidas en el núcleo y en los arrollamientos. para poder asegurar una adecuada ventilación en el interior de la subestación se debe tener presente como criterio básico las dimensiones de las ventanas de entrada y salida el aire; por lo que el diseño en si comprende el cálculo de un conjunto de parámetros que nos permite diseñar convenientemente la ventilación del transformador instalado en el interior de la subestación eléctrica.
10. Las pruebas de aislamientos y continuidad del sistema eléctrico en 10kV debe verificarse que cumplan con los valores establecidos en el Código Nacional de Electricidad.

## RECOMENDACIONES

De todo lo expuesto se recomienda:

1. Verificar los cálculos de diseño, de tal manera que se cumpla con los requerimientos exigidos por las normas nacionales e internacionales.
2. Elegir materiales y equipo electromecánico de reconocida calidad y garantía.
3. Que la obra sea ejecutada por personal debidamente calificado y con experiencia en este tipo de trabajos.
4. Seguir las instrucciones para el transporte, recepción en obra, instalación, puesta en servicio y mantenimiento de transformadores.
5. Realizar la inspección de la subestación dos veces por año.
6. Verificar anualmente los valores y propiedades que determinan la calidad del aceite dieléctrico, según las tablas siguientes:

Tabla A. Rigidez dieléctrica en función de la tensión de servicio del transformador.

Tensión máx. de servicio del transformador kV	Transformadores nuevos			Transformadores ya en servicio		
	CEI 156 kV/2,5 mm	ASTM D-1816 KV/0,08"	ASTM D-877 kV/0,1"	CEI 156 kV/2,5 mm	ASTM D-1816 kV/0,08"	ASTM D-877 kV/0,1"
Hasta 36	≥ 50	≥ 40	≥ 28	≥ 40	≥ 32	≥ 25

Tabla B. Contenido en agua y gases.

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO
Contenido de agua	ppm (P/P)	15 máx	ASTM D –1533
Contenido en gases combustibles	ppm (P/P)	15 máx	ASTM D –3612

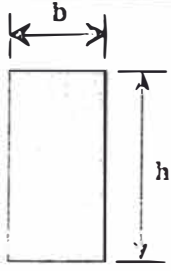
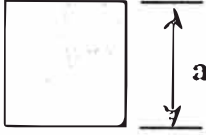
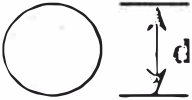
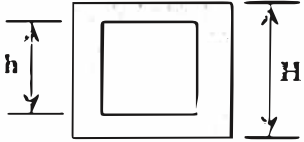
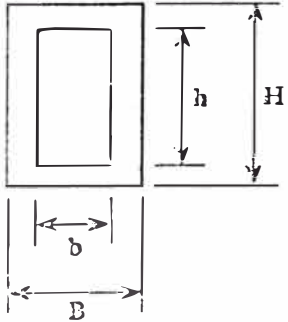
La rigidez dieléctrica puede comprobarse en el sitio. Otras características físico-químicas en laboratorios que presten dicho servicio.

7. Hacer mantenimiento de los pozos de tierra cada cuatro años.
8. Mantener en perfecto estado los elementos de seguridad y maniobra dentro de la subestación.

# **ANEXO A**

## **MOMENTOS DE INERCIA DE SECCIONES TRANSVERSALES**

En esta sección se da el momento de inercia en algunas secciones básicas, que facilitarán los cálculos de aplicación.

SECCION	MOMENTO DE INERCIA (J)
	$\frac{b h^3}{12}$
	$\frac{a^4}{12}$
	$\frac{\pi d^4}{64}$
	$\frac{H^4 - h^4}{12}$
	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$



**A N E X O    B**

**CABLE NKY MEDIA TENSIÓN**

**TABLAS CAPACIDAD DE CORRIENTE Y FACTORES DE CORRECCION PARA  
CONDUCTORES DIRECTAMENTE ENTERRADOS**

## TABLA

### CAPACIDAD DE CORRIENTE \* (A) PARA CABLES CON AISLAMIENTO DE PAPEL (NKY,NKYBY)

#### PARA UN CABLE MULTIPOLAR O UN SISTEMA DE CABLES UNIPOLARES DIRECTAMENTE ENTERRADO

kV	0.6/1				3.6/6			6/10			8.7/10	8.7/15		
	A	B	2	3 y 4	3	A	B	3	A	B	3	3	A	B
Formac. mm <sup>2</sup>														
1.5	-	-	30	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	-	41	42	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	53	55	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	67	70	59	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	89	95	81	74	-	-	69	-	80	68	-	-	-
16	-	115	125	105	97	-	-	90	-	105	87	87	-	101
25	172	150	160	135	133	170	147	122	145	142	119	119	140	132
35	205	180	195	165	161	202	175	147	167	169	144	144	165	158
50	241	215	235	195	190	239	207	174	215	200	170	170	200	187
70	294	265	290	245	234	291	254	215	265	245	210	210	245	230
95	350	315	350	290	281	347	304	257	315	293	250	250	290	275
120	395	360	395	330	321	392	345	293	355	333	285	285	330	315
150	441	410	450	375	362	437	387	332	400	375	325	325	370	350
185	494	455	500	420	409	492	438	377	450	422	365	365	410	400
240	567	520	570	480	474	563	508	437	510	489	425	425	470	456
300	631	590	640	545	532	629	571	493	560	549	485	485	520	520
400	711	680	740	620	601	709	655	561	640	630	550	550	590	590
500	781	731	-	-	-	780	732	-	700	703	-	-	655	655

Temperatura Ambiente : 30 °C

\* Bajo condiciones normales de operación.

#### NOTA :

- 1) Estos valores pueden ser usados para obtener la capacidad de corriente en :
- Cables directamente enterrados o en Cables tendidos en cunetas enterradas y llenas de arena.
  - Cables tendidos en ductos, afectándolo del factor de corrección por "Capacidad de corriente relativo al Tendido en ductos"

2) Si los cables de energía operan en cualquier condición fuera de las especificadas como condiciones normales de operación, deberán ser afectadas por los Factores de Corrección.

3)

(A) 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación mayor o igual a 7 cm.

(B) 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos agrupados en triángulo, en contacto.

**RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL SUELO EN °C-cm / W  
SEGÚN SU COMPOSICIÓN Y GRADO DE HUMEDAD**

COMPOSICIÓN	MUY HUMEDO SATURADO	HUMEDO	SEMI HUMEDO	SECO	MUY SECO
Arcilla y humus (tierra de cultivo de fácil compactación)	50	60	80	120	120
Arena y arcilla con algo de humus semi - compactado	60	80	100	150	180
Arena y arcilla con piedras pequeñas, de poca compactación	-	100	120	180	220
Arena, algo de arcilla y piedras medianas, sin compactación	-	-	150	200	250
Arena y piedras grandes, imposibles de compactar	-	-	-	250	200
Acumulación de rocas sin retención de arena o arcilla.	-	-	-	-	300

### FACTORES DE CORRECCION RELATIVOS A LA RESISTENCIA TERMICA DEL SUELO

CONDUCTOR (mm <sup>2</sup> )	RESISTIVIDAD TERMICA DEL SUELO °C-cm / W								
	50	70	90	100	120	150	200	250	300
<b>CABLES MULTIPOLARES CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO</b>									
Hasta 25	1.18	1.10	1.07	1.00	0.95	0.89	0.80	0.74	0.69
35 - 95	1.24	1.12	1.08	1.00	0.94	0.87	0.77	0.70	0.65
120 - 300	1.25	1.13	1.08	1.00	0.93	0.86	0.76	0.69	0.64
<b>SISTEMA DE CABLES UNIPOLARES CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO</b>									
6 - 500	1.39	1.17	1.11	1.00	0.92	0.83	0.73	0.65	0.60
<b>CABLES MULTIPOLARES CON AISLAMIENTO DE PAPEL</b>									
Hasta 25	1.19	1.09	1.06	1.00	0.96	0.91	0.83	0.77	0.73
35 - 95	1.20	1.10	1.07	1.00	0.96	0.90	0.81	0.75	0.71
120 - 300	1.23	1.12	1.08	1.00	0.95	0.88	0.79	0.73	0.68
<b>SISTEMA DE CABLES UNIPOLARES CON AISLAMIENTO DE PAPEL</b>									
Hasta 25	1.25	1.13	1.07	1.00	0.97	0.91	0.84	0.78	0.74
35 - 95	1.26	1.14	1.08	1.00	0.97	0.90	0.83	0.76	0.72
120 - 300	1.28	1.16	1.09	1.00	0.96	0.89	0.81	0.74	0.70

### FACTORES DE CORRECCION RELATIVOS A LA TEMPERATURA DEL SUELO

T° MAX. ADMC. DEL CONDUCTOR °C	TEMPERATURA DEL SUELO °C									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
<b>80</b>	1.12	1.08	1.04	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82	0.76	0.71
<b>75</b>	1.13	1.09	1.05	1.00	0.95	0.90	0.85	0.79	0.73	0.67
<b>70</b>	1.14	1.09	1.05	1.00	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63
<b>65</b>	1.15	1.10	1.05	1.00	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67	0.58
<b>60</b>	1.16	1.11	1.06	1.00	0.93	0.87	0.79	0.71	0.61	0.50

**FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE  
RELATIVOS A LA PROXIMIDAD DE OTROS CABLES**

NÚMERO DE CABLES O DE SISTEMAS	CABLES MULTIPOLARES					SISTEMA DE CABLES UNIPOLARES		
	2	3	4	5	6	2	3	4
- Un solo ducto	0.91	0.85	0.8 1	0.78	0.76	0.87	0.79	0.75

- Tres ductos (no ferrosos)									
- En línea horizontal							0.89	0.81	0.77
- En triángulo							0.88	0.80	0.76

**FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE  
RELATIVOS A LA PROFUNDIDAD DE TENDIDO**

Profundidad de tendido (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	
	Hasta 300	Mayor 300
0.50	1.02	1.03
0.60	1.01	1.02
0.70	1.00	1.00
0.80	0.98	0.97
1.00	0.96	0.95
1.20	0.95	0.94
1.50	0.94	0.92

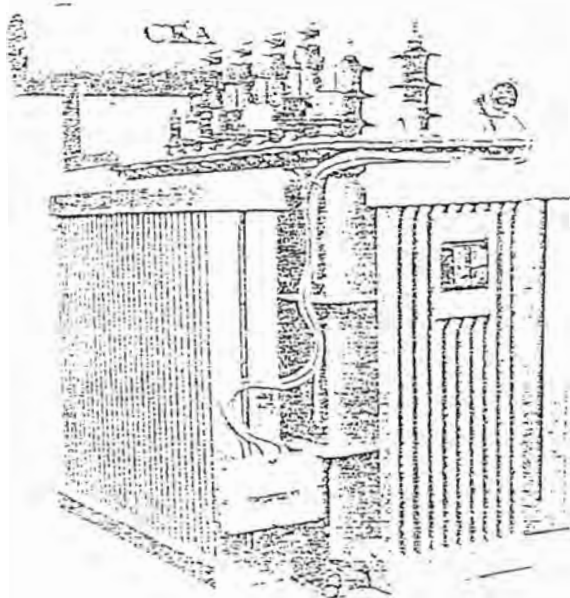
**FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE  
RELATIVOS AL TENDIDO EN DUCTOS**

<b>Tendido en ductos</b>	<b>Sección (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Cable Multipolar</b>	<b>Sistema de cables unipolares</b>	
<b>Un solo ducto</b>	Hasta 50	0.81	0.81	
	70 – 150	0.80	0.79	
	185 – 400	0.79	0.76	
	500 ó más	-	0.69	
<b>Tres ductos</b>				
	<b>- En línea horizontal</b>	Hasta 50	-	0.82
		70 – 150	-	0.80
		185 – 400	-	0.77
		500 ó más	-	0.70
	<b>- En triángulo</b>	Hasta 50	-	0.83
		70 – 150	-	0.81
		185 – 400	-	0.78
500 ó más		-	0.71	

# **ANEXO C**

## **INFORMACIONES TÉCNICAS Y CATÁLOGOS**

# TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION



MANUAL DE INSTRUCCIONES  
PARA EL TRANSPORTE, LA RECEPCION EN OBRA  
LA PUESTA EN SERVICIO Y EL MANTENIMIENTO



## Descripción general de la ejecución básica

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

### *Tipos;*

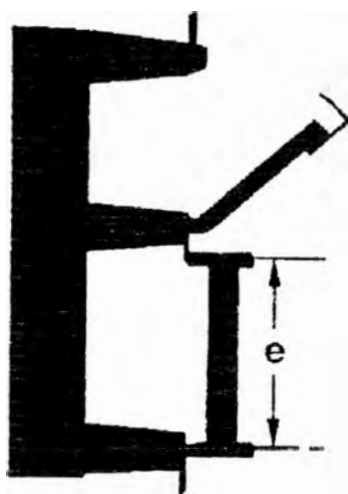
- SCR           Ejecución básica
- SCRT :       Ejecución básica con cuchillas de puesta a tierra
- SCR-V :       Ejecución básica con bases portafusibles.
- SCRT – V :   Ejecución básica con bases portafusibles y cuchilla de puesta a tierra
- SCRsg-V :    Ejecución básica con base porta fusible y mecanismo de desconexión automática a la fusión de cualquiera de los fusibles.
- SCRsgT-V :   Ejecución básica con bases portafusibles y mecanismo de desconexión automática a la fusión de cualquiera de los fusibles y cuchillas de puesta a tierra.
- SCRsgL-V :   Ejecución básica con bases portafusibles y mecanismo de desconexión automática a la fusión de cualquiera de los fusibles, con seccionador de línea – tierra.

## Constitución y funcionamiento

### Chasis

Todos los elementos constitutivos del seccionador están montados sobre un chasis sólido de lámina de fierro de 4 mm de espesor. Sobre este

chasis se encuentran montados los aisladores soporte de los contactos fijos y móviles, así como los aisladores de las bases portafusibles. Esta constitución unitaria garantiza el correcto alineamiento de los fusibles y la exactitud de la distancia "e" (ver Figura 1).



KV	e(mm)
12	292
17	267(*)
24	442

(\*) Opcionalmente : 442 mm

Figura 1 : La distancia "e" se define de acuerdo a los requerimientos del cliente. Normalmente de acuerdo a la norma DIN 43625

### Aisladores

Son de resina epóxica de larga línea de fuga. Los aisladores superiores, que soportan los contactos fijos, tiene un conducto que permite el flujo de aire para la extinción del arco eléctrico.

### Contactos móviles y fijos

Los contactos móviles están formados por perfiles de cobre electrolítico (dos por polo) que garantizan una alta rigidez mecánica. Los contactos móviles tienen además un juego de contactos auxiliares, los cuales realizan el trabajo de ruptura del arco eléctrico con la ayuda de un fuerte sople de aire que se describe mas adelante.

Los contactos fijos son de fundición de bronce con un baño de plata, con la finalidad mencionada anteriormente.

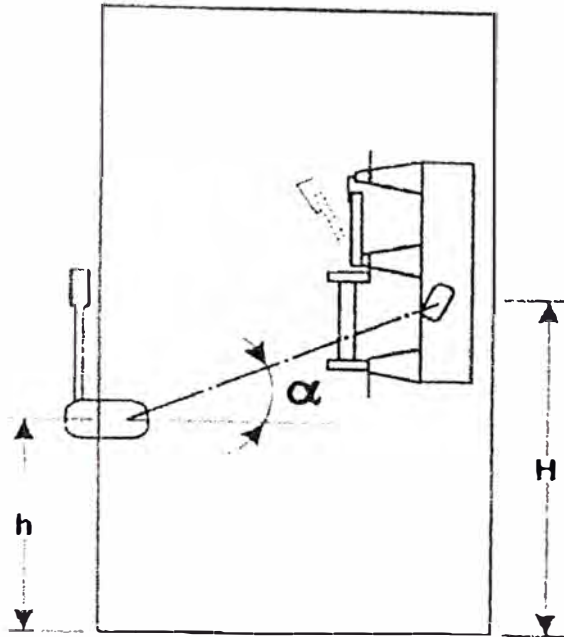


Figura 2 : La altura "h" del mando es independiente de la altura "H" del seccionador. Por lo tanto, el ángulo "α" no tiene restricciones.

### Sistema de extinción del arco eléctrico

La extinción del arco eléctrico, que se produce durante la maniobra de apertura entre contactos auxiliares y fijos, está garantizada por lo siguiente

- Alta velocidad de apertura de los contactos móviles.
- Forma especial de los contactos auxiliares.
- Soplado energético de aire que circula a través de los contactos fijos.

Para este efecto el seccionador cuenta con tres cilindros independiente , de acero inoxidable, provistos de pistones cuyo movimiento se realiza por medio de un sistema de transmisión acoplado al eje principal.

### **Sistema de mando**

El sistema de mando permite la apertura y cierre del seccionador en forma independiente de la velocidad y fuerza del operador; mediante un sistema de resorte siempre descargado; la carga del resorte ocurre en el momento en que el seccionador es accionado para la apertura o para el cierre. Por tanto, no se requiere efectuar maniobras previas de cargas de resortes. La operación de apertura o cierre se realiza mediante un tubo de extensión acoplado al eje principal. El mecanismo de mando está previsto para instalarse en el frente de maniobra de una celda; la regulación de este sistema es muy sencilla, permitiendo cualquier posición relativa al seccionador propiamente dicho; la palanca de mando es retirable y se mueve sobre un plano vertical (ver Figuras 2 y 3).

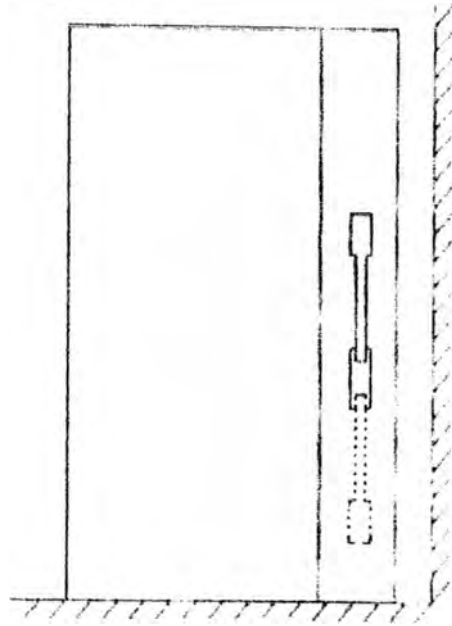


Figura 3 : La palanca de mando se desplaza sobre un plano vertical. Por consiguiente, la celda puede instalarse adyacente a una pared, sin encontrar dificultades para la maniobra del seccionador.

### Accesorios

A pedido podemos suministrar nuestro seccionador de potencia con los siguientes accesorios :

- Bases portafusibles para fusibles del tamaño (longitud) que indique el cliente. Normalmente se suministran para fusibles según DIN 43625 (ver Figura 1).
- Mecanismos de desconexión automática a la fusión de cualquiera de los fusibles.
- Cuchillas de puesta a tierra (sistema tripolar) con bloqueo mecánico.
- Seccionador de línea (sistema tripolar), con bloqueo mecánico (ver fig. 4).

- Mecanismo de mando tipo RQ, para cuchillas de puesta a tierra o seccionador de línea.
- Bobina de desconexión a emisión de corriente (sólo si se incluye el mecanismo de desconexión automática, anteriormente citado).
- Contactos auxiliares.
- Mando motorizado.
- Transformadores de corriente incorporados para protección contra sobrecargas

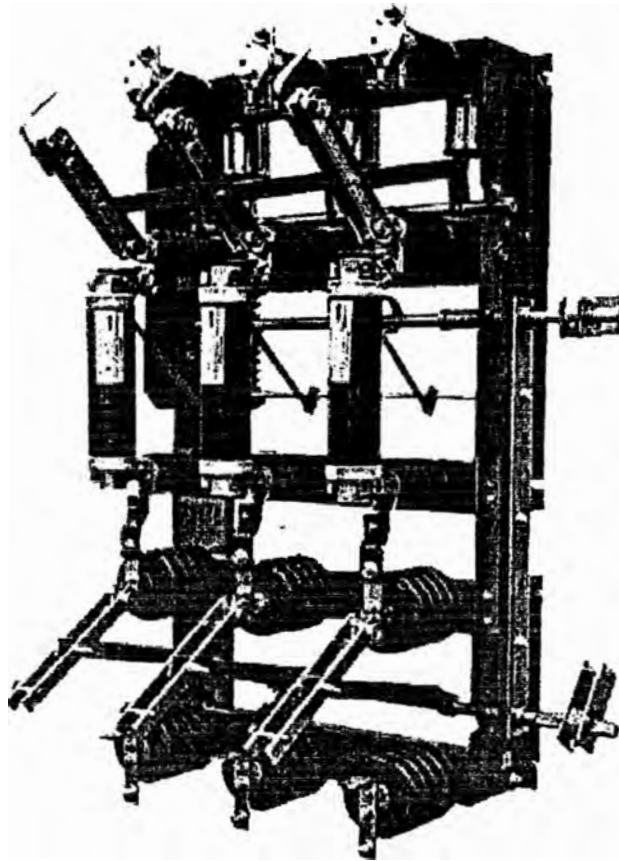
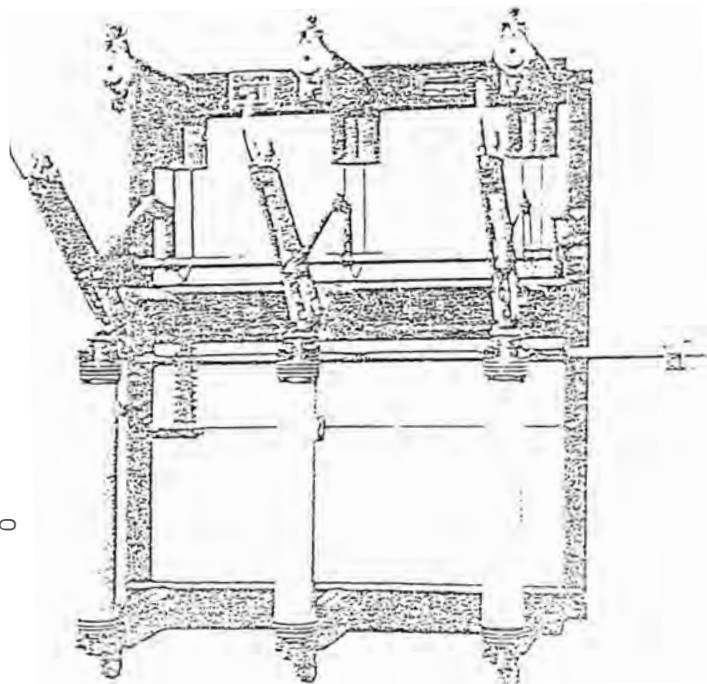


Figura 4 : Seccionador de potencia tipo SCRsgL-V 12 kV, con seccionador de línea para aislamiento y puesta a tierra automática. Ambos seccionadores bloqueados mecánicamente.

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Tensión Nominal	kV	12	17	24	36
Tensión de prueba 60 HZ 1 minuto, a tierra y entre polos	kV	28	38	50	70
Tensión de prueba 60 HZ 1 minuto, a través de la distancia de seccionamiento	kV	32	45	60	80
Nivel de aislamiento (BIL) a tierra y entre polos	kV	75	95	125	170
Nivel de aislamiento (BIL) a través de la distancia de seccionamiento	kV	85	110	145	195
Corriente nominal		400	400	400	400
	A	630	630	630	---
		800	800	800	---
Poder de ruptura de circuitos de transformadores en vacío	A	16	16	16	16
Poder de ruptura en circuitos de cables en vacío	A	10	10	10	10
Corriente de corta duración					
Para In 400/630 A	kA	12.5	12.5	12.5	12.5
Para In 400/630 A (a pedido)	kA	16	16	16	---
Para In 800 A	kA	30	30	30	---
Poder de cierre					
Para In 400/630 A	kA	31	31	31	31
Para In 400/630 A (a pedido)	kA	40	40	40	---
Para In 800 A	kA	25	25	25	---

# SECCIONADOR DE POTENCIA 12-36 KV.



- 11 GRAN CONFIABILIDAD EN EL SERVICIO
- 12 FUERTE CONSTITUCION MECANICA
- 13 EXTINCION DEL ARCO ELECTRICO CON SOPLO DE AIRE
- 14 SOLIDO CHASIS
- 15 MANDO VERSATIL



FELMEC S.A.

Tecnologia **imeduestelle**



## **Instrucciones para el transporte, recepción en obra, instalación, puesta en servicio y mantenimiento**

Los transformadores construidos en el mercado eléctrico cubren una gama de potencias que van desde los 5 kVA hasta los 3000 kVA con una tensión de servicio de hasta 36 kV.

El transformador por ser una máquina eléctrica estática no sufre desgaste mecánico y su vida útil está directamente relacionada con la vida de sus aislamientos sólidos de papel (a base de celulosa) y líquidos (aceite dieléctrico).

Tanto la celulosa como el aceite dieléctrico se degradan por acción de dos factores principales : temperatura y ataque químico.

La sobretemperatura en el funcionamiento de los transformadores, la originan las sobrecargas, una deficiente ventilación o una mala instalación con resistencias de contacto o pérdidas altas.

Las corrientes de cortocircuito que se presentan durante el funcionamiento de los transformadores someten a los bobinados de este a esfuerzos térmicos y electrodinámicos que pueden (de no ser interrumpidos a tiempo) ocasionar su colapso.

También las sobretensiones no controladas, constituyen una causa de falla frecuente en la operación de los transformadores, sobre todo en aquellas instalaciones en zonas de alto nivel isocerámico.

### **1.- Transporte**

Antes de proceder al transporte, verificar que todas las válvulas y respiraderos estén herméticamente cerrados.

Como con cualquier otra máquina eléctrica, se debe tener especial cuidado para transportar transformadores. Si el transporte se realiza dentro de Lima, no se necesita embalaje. Si será transportado a provincias, se recomienda protegerlos con un embalaje adecuado, que puede ser tipo jaula o tipo cofre (tipo de exportación). Para transporte se deben observar los siguientes cuidados :

- Asegurarse que el transformador no sufrirá desplazamientos sobre la plataforma, ni volteo.
- Recomendar al transportista observar una baja velocidad para evitar movimientos bruscos.

## **2.- Recepción en obra**

Revisar minuciosamente al transformador, comprobando que no ha sufrido daños en la cuba, radiadores, aisladores e instrumentos.

- Verificar que no se ha producido pérdida de aceite y que no presente filtraciones.
- Controlar el nivel de aceite.
- Comprobar que todas las válvulas y respiraderos llegaron herméticamente cerrados y así deberán quedar si el transformador permanecerá almacenado.

## **3.- Instalación**

Los aspectos mas importantes que hay que observar para una adecuada instalación de los transformadores son:

- La protección
- La ventilación
- El desfogue de aceite

### **Protección contra cortocircuitos en el secundario**

Es suficiente instalar en el lado de alta tensión, fusibles tipo “Cut Out” en instalaciones exteriores y tipo “Cartucho” en interiores. Fusibles tipo *Cut Out* no deben usarse nunca en instalaciones interiores.

La selección de los fusibles (F) debe cumplir con los siguientes condiciones mínimas

- Que actúen en el tiempo máximo de 2 segundos, en caso de cortocircuito en bornes del secundario (A).
- Que no actúen con la corriente de inserción del transformador.
- Que no actúen, en caso de cortocircuito en la barra (B), ya que en este caso debe actuar el elemento de protección (I).

La mayoría de fabricantes de fusibles suministran tablas con entrada de potencia y voltaje (media tensión), con las cuales se puede seleccionar fácilmente el fusible recomendablemente en cada caso.

Como regla práctica se recomienda que la corriente nominal del fusible debe estar comprendida entre 1.5 y 2 veces la corriente nominal del transformador.

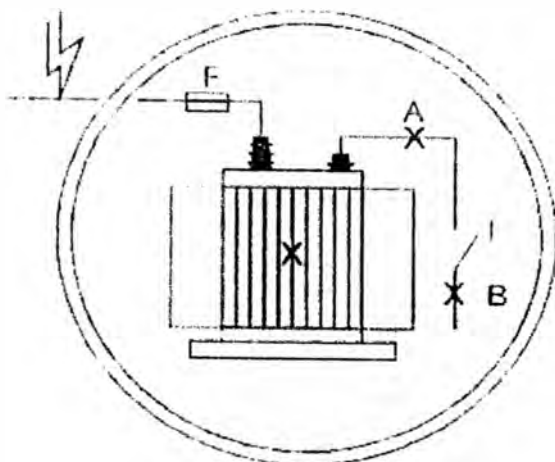


Figura 1: Protección contra cortocircuitos en el secundario

En el caso de instalaciones al interior, es conveniente que la actuación de los fusibles origine la apertura de un seccionador automático (tipo SCR-sg-V de Felmecc Duestelle o similar).

Cuadro N° 1

Capacidad de sobrecarga de transformadores C.E.A.			
Tiempo de Horas	Carga previa 25%	Carga previa 50%	Carga previa 80%
1	89	80	62
2	59	53	41
4	34	31	24
6	23	21	16
8	16	15	12
12	10	9	7

La capacidad de sobrecarga temporal es función de la temperatura ambiente y de la carga previa a la sobrecarga. El cuadro N° 1 indica el

porcentaje de sobrecarga y el tiempo de duración de esta para transformadores ONAN y ONAF para una temperatura ambiente de 20 °C.

**Nota.-** En servicio cíclico normal, la sobrecarga no debe superar el 50%.

Cuando se quema un solo fusible es recomendable el cambio de los tres para asegurar una adecuada protección en caso de fallas futuras.

Para lograr una buena protección es recomendable utilizar un interruptor automático termomagnético. Un factor muy importante a considerar para seleccionar este interruptor es la capacidad de interrupción (kA) necesaria, la cual debe ser superior a la que se origine en caso de cortocircuito trifásico en bornes del secundario, considerando como mínimo que estas corrientes sólo serán limitadas por la impedancia del transformador. El cuadro N°2 presenta las corrientes de cortocircuito (en kA) bajo las condiciones establecidas para  $U_k$  :4%.

**Cuadro N° 2****Corriente de Cortocircuito (KA) para Uk : 4%**

kVA	220 V	440 V
100	7	3
200	13	7
320	21	10
400	23	12
500	29	15
630	33	17
800	42	21
1000	45	23

El interruptor de baja tensión puede resultar muy oneroso, sobre todo cuando se trata de transformadores cuya potencia es igual o mayor a los 630 kVA, y el voltaje del sistema es bajo, por ejemplo 800 kVA, en 220 V; corriente nominal : 2100 A, sería necesario un interruptor 2500 A, con reles térmicos que se puedan ajustar a 2100 A, temporizándolo adecuadamente.

Una forma indirecta de protección contra sobrecargas es mediante un termómetro bimetalico, con indicación de máxima temperatura; el indicador de máxima permite conocer la máxima temperatura alcanzada por las capas superiores del aceite durante un periodo determinado. Un termómetro con contactos puede ser también útil con el fin de activar una alarma o de la desconexión del transformador, sin embargo es necesario

reiterar que este método es indirecto y no garantiza que el transformador no sufra daños originados por sobrecargas de corta duración; debido a que la constante de tiempo del aceite es considerablemente mas grande que la del cobre; de modo que el termómetro no registrará en ningún caso la temperatura de los puntos calientes del arrollamiento.

La protección mas apropiada contra sobrecargas es el Relé de Imagen Térmica, sin embargo el costo relativamente alto de este instrumento restringe su uso para la protección de unidades mas grande (> 1250 kVA).

### **Protección contra sobretensiones**

Las sobretensiones que se presentan en el servicio de los transformadores pueden ser de origen externo (Rayos) o sobretensiones internas o de maniobra.

La forma mas apropiada de proteger a estos equipos contra este tipo de eventos es mediante el uso de los pararrayos, los cuales deben ser seleccionados debidamente considerando entre otros factores

- La máxima tensión de servicio.
- La conexión del neutro del sistema.
- La corriente de descarga requerida (generalmente 5 kA).
- La altitud de la instalación.

### **Limitación de fallas internas**

A pesar que el transformador, cuando está correctamente fabricado, es una máquina muy fuerte, puede sufrir averías internas originadas generalmente por falta de previsión del usuario en los aspectos de protección, mencionados anteriormente, que usualmente deviene en una

debilitación de los aislamientos y consecuentemente, en una falla interna. Cuando se llega a esta situación, el transformador debe ser puesto fuera de servicio. Lo importante es que, en estos casos, la falla no degenera en una falla que destruya totalmente al transformador y no afecte al resto de la instalación. Los elementos recomendados anteriormente, además de desempeñar cada uno su función propia, ayudan a limitar las fallas internas.

En transformadores de potencia mediana, ejemplo mas de 640 kVA, puede optarse por la incorporación de un relé Bucholz, el que actúa al detectar una sobrepresión originada por una falla interna. Sin embargo este relé debe actuar sobre un elemento de apertura automática instalado en el lado del primario del transformador, que pueda sacar a este del servicio en cuanto actúa dicho relé. La simple función de alarma, no justifica su instalación.

La válvula de seguridad es un accesorio que debe ser instalado en todo transformador, por lo menos de 200 kVA o más. Esa válvula actúa en caso de sobrepresiones excesivas internas y limita, en cierta medida una falla de esta naturaleza. Para transformadores de potencia mayores y de mas alto voltaje se disponen de otros sistemas para protección contra fallas internas, como son la protección diferencial y otros mas sofisticados no correspondientes al presente manual.

El indicador del nivel de aceite da una lectura vital para el buen funcionamiento del transformador, toda vez que el aceite en estas unidades cumple la doble función de aislamiento y refrigeración y el tanque de expansión o conservador juega un rol muy importante en la preservación y



conservación del aceite dieléctrico de los transformadores y por ende en su expectativa de vida.

### **Ventilación**

Estos transformadores están provistos de radiadores fabricados de tubos ovalados, los que garantizan una eficiente ventilación natural por simple circulación del aceite, por convección. No obstante, cuando están instalados en recintos cerrados, es necesario asegurar la evacuación del calor que generan las pérdidas en el núcleo y en los arrollamientos.

Los parámetros fundamentales para calcular y asegurar una adecuada ventilación son, las dimensiones de las ventanas de entrada y salida del aire y la diferencia de nivel entre el punto medio del tanque del transformador y la ventana superior, existen otros criterios en el desarrollo de diseño .

El transformador deberá ser instalado en un local seco y bien ventilado, no sirviendo a ningún otro uso; los cimientos (base) deben ser calculados para soportar el peso de la unidad y deben estar nivelados.

El transformador montado sobre sus rieles, debe quedar siempre por encima de la entrada del aire seco (ver figura 2) para dar solución al problema del desfogue del aceite.

La sección de salida del aire caliente "Vs" situada en la parte superior de la cabina generalmente se considera un 20% mayor de la sección de entrada "Vi".

Se admite un calentamiento el aire de 10 a 12 ° C, la ventilación del local debe ser tal que garantice una renovación del aire, para asegurar

una adecuada circulación del aire de refrigeración, los radiadores del transformador deben estar por lo menos a 60 cm de cualquier obstáculo.

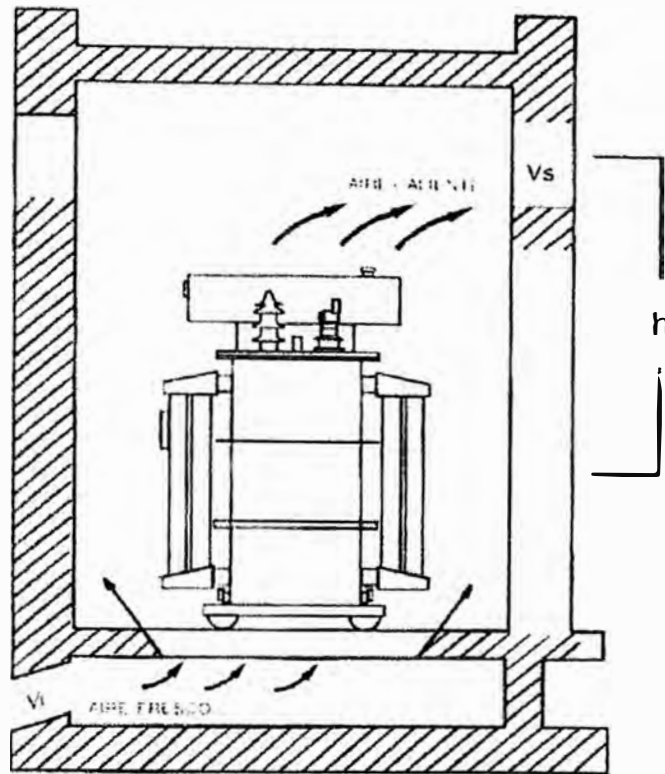


Figura 2: Vista de perfil de un transformador instalado en su respectiva celda de transformación y montado sobre sus rieles encima de la entrada.

### Desfogue de aceite

El objeto del desfogue es evitar que el aceite producto de accidentales fugas, se acumule debajo o en las inmediaciones del transformador, eliminándose de este modo el potencial peligro de incendio.

### 4.- Puesta en servicio

- Inspeccionar si el transformador no ha sufrido daños durante el transporte y el montaje (aisladores, radiadores, instrumentos, no hay fuga de aceite).

- Verificar que la tensión y la frecuencia de la red, así como la altitud y la temperatura ambiente de la instalación concuerdan con las características del transformador.
- Controlar el correcto dimensionamiento de los cables de conexión y la presencia de las respectivas juntas de dilatación para evitar esfuerzos en los aisladores.
- Chequear que las conexiones a los bornes y a tierra están bien ajustadas y propiamente dimensionadas.
- Verificar que la ventilación que se ha previsto para el transformador es suficiente.
- Verificar el correcto nivel del aceite y el adecuado anclaje del transformador con sus rieles de apoyo.
- Abrir las válvulas que permitan la libre circulación del aceite así como los respiraderos.
- Seleccionar la adecuada posición del conmutador de tomas, el cual debe ser maniobrado con el transformador desenergizado.
- Comprobar la continuidad de los devanados de alta y baja tensión y mediante un puente Adhoc verificar la relación de transformación en todas y cada una de las posiciones del conmutador, confrontando el resultado con lo indicado en el protocolo de pruebas .
- Medir la resistencia de aislamiento de AT contar tierra con un Megger de 5000 VDC y comparar los valores obtenidos con los del protocolo.

- En caso que el transformador hubiere permanecido almacenado largo tiempo, se recomienda verificar el estado del aceite, midiendo principalmente su rigidez dieléctrica, índice de acidez y contenido de agua en ppm.
- Verificar el correcto funcionamiento de los elementos de protección y señalización previsto para preservar la vida del transformador.
- Cuando se trata de la puesta en servicio de transformadores en paralelo, verificar si tiene el mismo grupo de conexión, tensión de cortocircuito, tensiones primarias y secundarias y su relación de potencias no deberá ser mayor que 3.
- Cuando se trate de transformadores monofásicos conectados para formar bancos trifásicos se debe tener en cuenta la polaridad, relación de transformación y nivel de aislamiento de estas unidades.

## **5.- Mantenimiento**

De acuerdo a la importancia del transformador y a sus condiciones de operación, sugerimos establecer un plan de mantenimiento de acuerdo al cuadro 3.

**Cuadro N° 3****Plan de Mantenimiento**

Actividad	Periodo (meses)		
	6	12	24
<b>Verificar / Controlar</b>			
El nivel del aceite.	x		
El estado del material higroscópico del desecador.		x	
El funcionamiento de los aparatos de protección.		x	
La limpieza de los aisladores.		x	
Ajuste de los pernos e conexión.		x	
La rigidez dieléctrica y análisis físico - químico del aceite.		x	
Análisis cromatográfico.			x
Valor de la resistencia de puesta a tierra.		x	

**Mantenimiento del aceite**

Como se ha mencionado líneas arriba la vida útil del transformador depende de la vida del papel aislante y este a su vez depende del grado de oxidación del aceite aislante.

Durante el funcionamiento de los transformadores, varios factores contribuyen para el deterioro del aceite dieléctrico, por ejemplo la humedad, las sobrecargas que provocan sobretemperatura, la ventilación restringida etc.

La humedad, el calor y el oxígeno del aire crean un ambiente propicio para la oxidación del aceite.

Mediante ensayos periódicos, podemos vigilar el grado de deterioro del aceite y de esta manera tomar medidas que impidan el envejecimiento prematuro de esta y de la celulosa y de este modo evitar que se generen fallas que puedan resultar en la pérdida total del equipo.

Para este propósito es recomendable analizar las siguientes propiedades del aceite

- Rigidez dieléctrica.
- Índice de acidez o número de neutralización.
- Tensión interfacial.
- Contenido de agua en ppm.
- Densidad.
- Color.
- Pérdidas dieléctricas.

Es importante tener en cuenta que para los resultados de estos ensayos sean valederos se requiere que tanto la toma de muestras como el manipuleo de las mismas sean realizadas por personal especializado.

No tomar en cuenta esta recomendación puede conducir a resultados falsos y por tanto muy perjudiciales.

En las normas y publicaciones especializadas se dan criterios que permiten evaluar los resultados de estos análisis y por ende tomar las medidas preventivas o correctivas pertinentes.

También es oportuno mencionar que actualmente y mediante el *Análisis Cromatográfico de los Gases* que contiene el aceite del transformador es posible establecer con bastante aproximación la naturaleza

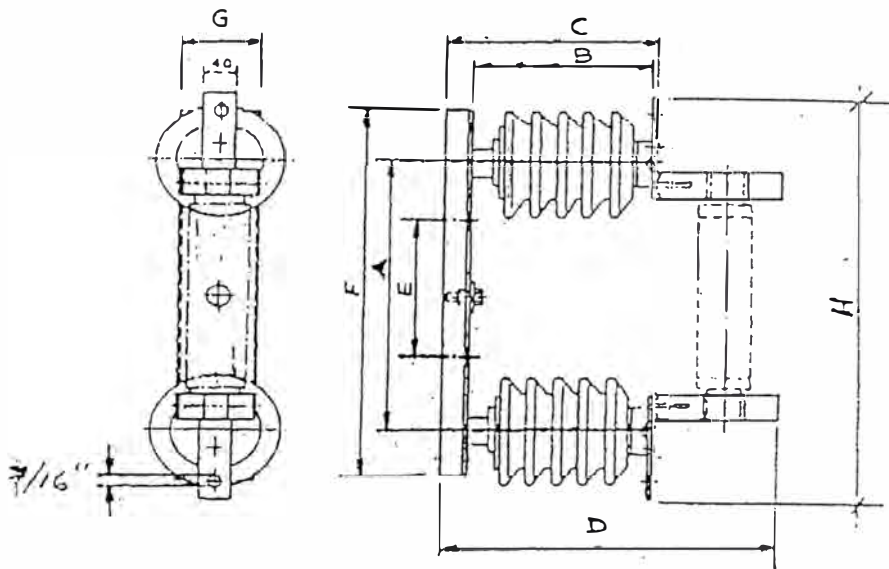
de los eventos que se están produciendo o gestando en el interior del transformador; es evidente que este tipo de información resulta muy útil pues ayuda a tomar medidas tendientes a preservar la vida de estos equipos.



FELMEC

210-0992

BASE PORTAFUSIBLE HASTA 36 KV  
USO INTERIOR O EXTERIOR



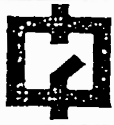
KV	A	B	C	D	E	F	G	H	I
15	360	170	200	315	180	480	100	555	
25	485	225	255	465	305	605	100	680	
36	610	400	430	530	430	730	100	805	

DIMENSIONES EN mm.

Nota:

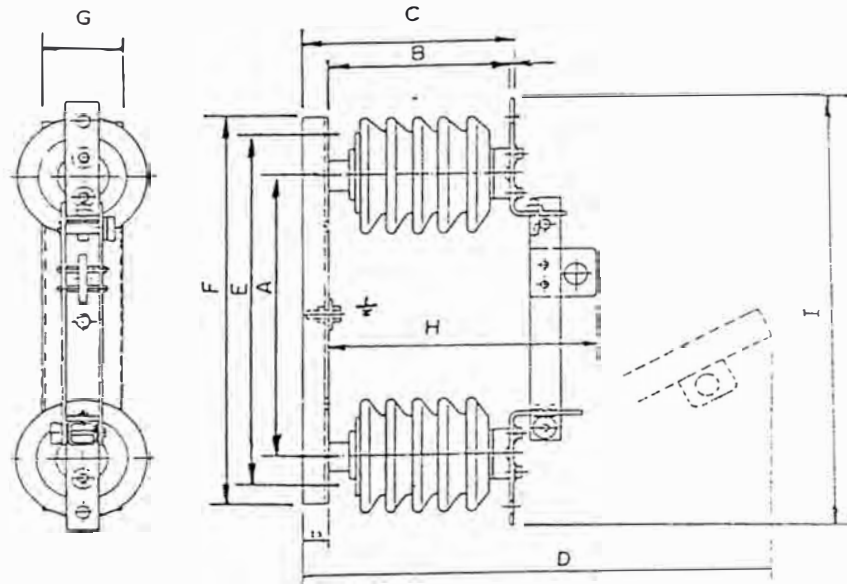
Para 36KV con doble aislador tipo PIN  
Aisladores de porcelana





FELMEC

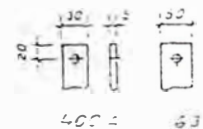
SECCIONADOR UNIPOLAR HASTA 25 KV  
USO INTERIOR O EXTERIOR



Dimensiones en mm.

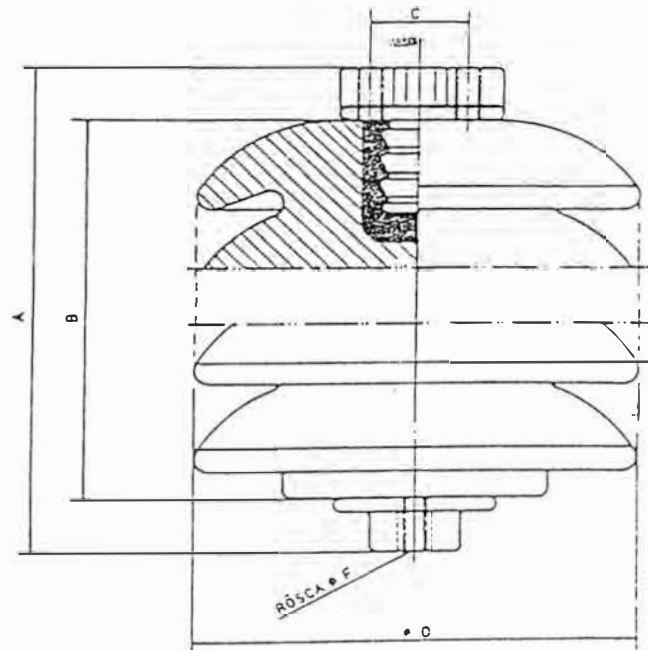
KV	A	B	C	D	E	F	G	H	I
15	290	170	200	440	440	480	100	255	555
25	410	225	255	600	560	600	100	325	675

DIMENSIONES EN mm



ISOLADOR SUPORTE INTERIOR E EXTERIOR  
 SUPPORTING INSULATOR IN AND OUTDOOR  
 AISLADOR PORTANTE USO INTERNO Y EXTERNO

CARACTERÍSTICAS		CHARACTERISTICS					CARACTERÍSTICAS			
ACABAMENTO		FINISHING					ACABAMIENTO			
VIDRADO MARRON		BROWN GLAZE					CASTAÑO VIDRIADO			
REF.	CLASSE CLASS CLASE	DIMENSÕES mm DIMENSIONS mm DIMENSIONES mm					Nº DE SAIAS Nº DE CAMISAS SHIRTS Nº	PESO UNIT. UNIT. WEIGHT Kg Lbs	PESO BRUTO GROSS WEIGHT Kg Lbs	Nº DE PEÇAS Nº DE PIEZAS PIECES NUMBER
		A	B	C	D	F				
1153	7.5 KV	140	106		120		4	1.8 4	20 50	10
1154	15 KV	162	128	28.5	128	5/16" mm	5	2.2 5	25 55	8
1157	25 KV	190	156		128		6	2.9-6.5	25 55	6
EMBALAGEM		EMBALAJE					PACKAGE			
ENGRADADO DE MADEIRA		CRATE					ENREJADO DE MADERA			





**FELMEC**

203-0392 S

SECCIONADOR TRIPOLAR TIPO SIP3  
USO INTERIOR

CARACTERISTICAS GENERALES

- Normas de Fabricación : IEC - 129
- Tensiones nominales : 12, 17.5, 24, 36 KV.
- Corrientes nominales : 400, 630 A.
- Tensiones de prueba durante 1 minuto (60 Hz) entre polos y entre polos y tierra. : 35, 45, 55, 75 KV.

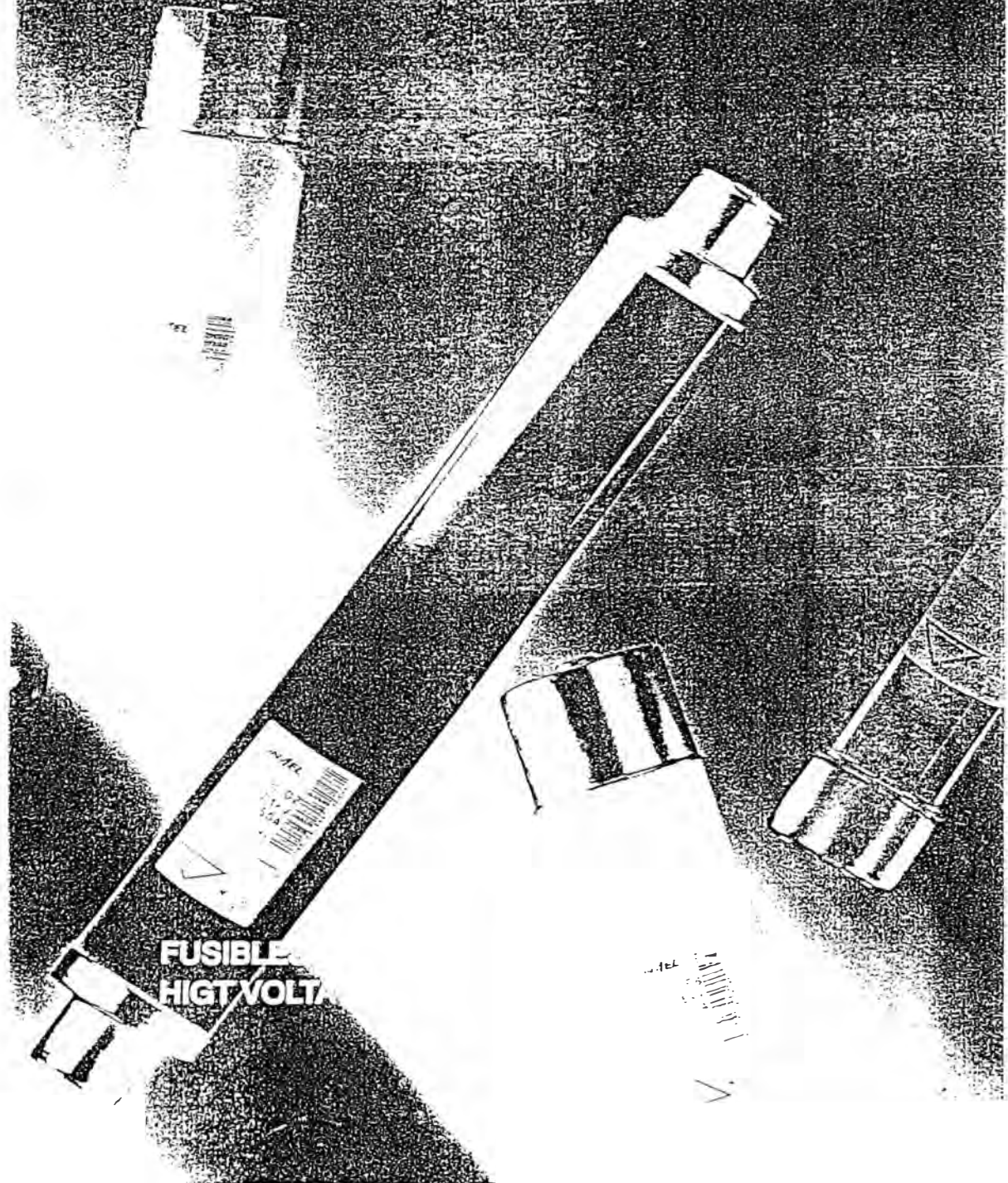
ACCESORIOS NORMALES

- Chasis sólido de plancha de hierro doblada y soldada, sometida a un proceso de limpieza profunda y aplicación de pintura anticorrosiva y acabado al horno. Provisto de perno de puesta a tierra.
- Eje de acero sólido con extensión normal en el lado derecho. A solicitud extensión del eje en ambos lados.
- Doble pletina por polo de cobre electrolítico con baño anticorrosivo.
- Aisladores de porcelana con larga línea de fuga.
- Bielas de accionamiento de los polos, de fibra de vidrio de alta resistencia mecánica.
- Pivote de accionamiento por medio de pértiga.
- Contactos fijos y terminales de metal fundido con gran superficie de contacto. Con pernos de conexión de hierro galvanizado.

ACCESORIOS OPCIONALES

- Sistema de accionamiento por medio de mando tipo "RQ" con varillaje y palanca retirable.
- Cuchillas de puesta a tierra con sistema de bloqueo mecánico con las cuchillas principales.
- Ejecuciones especiales sobre pedido.

**INDUSTRIAS DE  
APARELLAJE ELECTRICO, S.A.**



**FUSIBLE  
HIGT VOLT**



**CERTIFICADO DE REGISTRO DE EMPRESA**

ER-025/2/94



**FUSIBLES LIMITADORES**

Los fusibles de INAEL, de alta tensión y alto poder de corte, son limitadores de corriente y se fabrican de acuerdo con las normas: UNE-EN 60282-1, RU 6405 B, CEI 282-1, DIN 43.625 y NF-C 64-200. El marcado de los fusibles se realiza de dos formas diferentes, ambas indelebles, que son:

- a) Por grabado, sobre una de las tapas metálicas se indican los valores de: tensión asignada, corriente asignada y fecha de fabricación.
- b) En etiqueta adhesiva, sobre el aislador, se indican, mediante sistema numérico y código de barras, los valores de: marca de fabrica, tipo, normas de fabricación, tensión asignada, corriente asignada, corriente mínima de corte, poder de corte, resistencia en frío, información de identificación.

Los fusibles van equipados según el modelo, con percutores normalizados en UNE-EN 60282-1, de los tipos medio o ligero cuyas características se indican en el esquema. Pág. 5.

**HIGH VOLTAGE LIMITING FUSES**

The high voltage fuse cartridges shown in this catalogue are current limiting ones. They are made according to EN 60282-1, IEC 282-1, DIN 43.625 and NF-C 64-200.

Marking of the fuse cartridges is made of two different ways, both of them indelible, which are:

- a) By engraving over one of the metallic caps, we can obtain the following values: rated voltage, rated current and manufacture date.
- b) In an adhesive label, over the insulator, it will be given the following values, using a numerical system and a bars code: trade mark, type, manufacture standards, rated voltage, rated current, minimum breaking current, breaking capacity, cold resistance and identification information.

According to the different types INAEL fuse links are provided with an standard medium or light tripping device as per IEC 252-1 whose characteristics are given in the chart. Pag. 5

**OSCILOGRAMAS CORRESPONDIENTES A LOS ENSAYOS CON I<sub>1</sub>, PODER DE CORTE ASIGNADO  
OSCILOGRAMS CORRESPONDING TO DUTY I<sub>1</sub>, BREAKING CAPACITY TEST**



320518-2023  
I = 2000 A / □  
U = 50 kV / □  
T = 2000 μs / □  
  
820519-2024  
I = 2000 A / □  
U = 50 kV / □  
T = 2000 μs / □  
  
Corriente prevista  
Prospective current 50 kA



Poder de Corte  
Los fusibles que mostramos en este catálogo tienen un poder de corte de 50 kA.  
  
Breaking Capacity  
Fuses in this catalogue have a breaking capacity of 50 kA.

**FUSIBLES SEGUN UNE 21.120-1 RU-6405 / FUSES CEI 282-1 DIN 43.625**

Los fusibles IB-D1 e IB-D2 se fabrican de acuerdo con las normas UNE-EN 60282-1, RU 6405 B, DIN 43.625 y CEI 282-1.

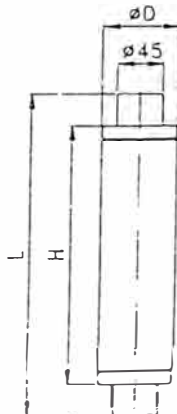
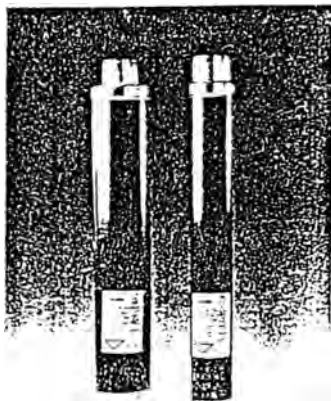
El sistema de dimensiones DIN está actualmente normalizado en España, y presenta un único diámetro de 45 mm en los contactos. Los fusibles, que son herméticos y de bajas pérdidas, pueden utilizarse tanto en interior como en exterior, así como en celdas de SF<sub>6</sub>; se suministran para cada nivel de tensión en dos diferentes diámetros de aislador en función del valor de la corriente asignada.

Todos los fusibles van equipados de un percutor, que desarrolla un empuje de 4 daN, en un recorrido de 20 mm y se corresponde con el tipo normalizado medio.

IB-D1 and IB-D2 fuses are manufactured according to EN 60282-1, DIN 43.625 and IEC 282-1 standards.

At the moment, DIN system for dimensions is standardized in many European countries, and gives a 45 mm contact diameter for all ratings. These low losses fuses are hermetically sealed and can be used in indoor or outdoor conditions and also in SF<sub>6</sub> metal-oxide gear; they are supplied for each voltage in two different insulator diameters, depending on the rated current.

They are provided of a tripping device that can withstand a power of 4 daN, in a course of 20 mm.



**FUSIBLES TIPO IB-D1, IB-D2 DIN 43.625  
FUSES IB-D1, IB-D2 DIN 43.625 TYPE**

Tipo	Tensión asignada Rated voltage kV	Corriente asignada Rated current A	DIMENSIONES DIMENSIONS mm			Poder de corte Breaking current kA	Peso Weight kg
			H	L	Ø		
IB-D2	3-3.5	2.5-100	192	260	73	20	1.2
IB-D1	6-7.2	2.5-63			53	20	1.1
IB-D2		80-100	73	20	1.5		
IB-D1	10-12	2.5-63	292	360	53	20	1.5
IB-D2		80-100			73	20	2.5
IB-D1	13-24	2.5-40	442	510	53	50	2.3
IB-D2		25-100			73	50	3.3
IB-D1	25-36	2.5-25.2	537	605	53	40	2.7
IB-D2		20-63			73	40	3.7

## FUSIBLES TIPO IB-DG e IB-DK / FIJES IB-DG and IB-DK TYPE

Estos fusibles de amplia utilización, concuerdan en sus características de funcionamiento, con las especificadas en la norma CEI-292-1.

Las cápsulas de contacto tienen un diámetro de 55 mm, y se fabrican para cada sistema de tensión en dos modelos: interior y exterior. Van equipados con un percutor que desarrolla una fuerza de 4 daN, en un recorrido de 20 mm y se corresponde con el tipo normalizado medio.

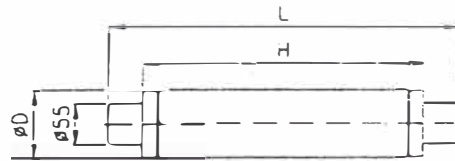
INAEL fuse cartridges are manufactured in accordance with IEC-292-1 specifications.

The contact end caps have a diameter of 55 mm and are made for each voltage system in two models for indoor and outdoor purposes. They are provided of a tripping device that can withstand a power of 4 daN in a course of 20 mm.

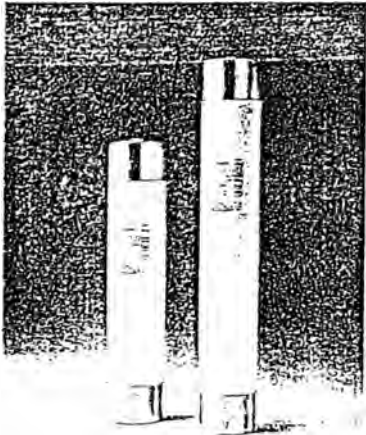


### FUSIBLES TIPO IB-DG e IB-DK / FUSES IB-DG and IB-DK TYPE

Tipo Type	Tensión asignada Rated voltage kV	Corriente asignada Rated current A	DIMENSIONES DIMENSIONS mm			Peso aprox. Approx. weight kg
			H	L	ØD	
IB-DK	2	125-150	212	290	81	1.2
	3-3.6	90-100				2.0
IB-DG	7.2	2.5-80	212	280	60	1.3
		100		290	81	2.4
IB-DK	7.2	125	312	340	81	2.5
		150		390		2.6
IB-DG	12	2.5-63	262	330	60	1.6
IB-DK		80-100		340	81	2.5
IB-DG	17.5	2.5-40	312	380	60	1.8
IB-DK		50-80		390	81	2.9
		100		440	31	3.3
IB-DG	24-28	2.5-40	362	430	60	2.0
IB-DK		40-100		440	31	3.3
IB-DG	36	2.5-32	569	637	60	2.8
IB-DK		32-80		647	81	5.0
IB-DG	52	2.5-12.5	712	780	60	3.7
IB-DK		12.5-32		790	81	6.2



## FUSIBLES TIPO IB-F, IB-L e IB-P / FUSES IB-F, IB-L and IB-P TYPE



Están fabricados según normas francesas, y son de amplia utilización en aparatos de corte-protección tipo ruptofusibles.

Se suministran para servicios de interior y su aislador es de esteatita vitrificada en color blanco.

Van equipados con un percutor, que también puede utilizarse como indicador de funcionamiento, el cual desarrolla una fuerza de 4 daN en un recorrido de 20 mm y se corresponde con el tipo normalizado medio.

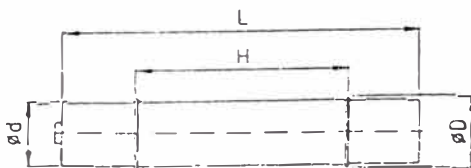
Are manufactured in accordance with the French standards and are largely employed in apparatus for cut-off and protection of the breaking-fuse type.

They are supplied for indoor purpose and its insulator is made in white enameled steatite.

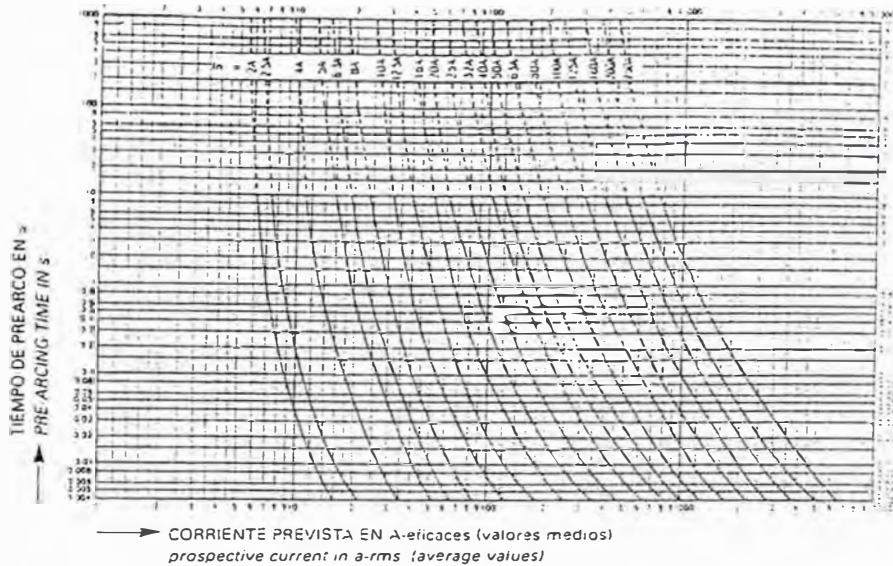
Provided of a tripping device that can be also used as an operating indicator that develops an strength of 4 daN in a course of 20 mm.

### FUSIBLES TIPO IB-F, IB-L e IB-P / FUSES IB-F, IB-L and IB-P TYPE

Tipo Type	Tensión asignada Rated voltage kV	Corriente asignada Rated current A	DIMENSIONES DIMENSIONS mm				Peso aprox. Approx. weight kg
			H	L	Ød	ØD	
IB-F3	7.2	4-10	169	297	46	50	1.2
		16-50	252	380	60	55	2.0
		63-125	251	373	80	34	3.0
160-250	332	454	4.3				
IB-F4	12	40-50	332	462	60	55	2.8
IB-F5	23	4-10	252	380	46	50	1.4
		16-32	332	462	60	55	2.5
		40-50	451	577			3.4
IB-L5		63-125	452	580	32	33	1.9
IB-F6	25	4-10	332	462	60	55	2.0
		16-50	452	577	80	34	3.0
IB-F7	36	4-10	449	579	60	65	3.5
		16-32	571	693	80	81	5.0



## CURVA DE FUSION / TIME CURRENT CHARACTERISTICS



## CARACTERÍSTICAS DE LIMITACION / CUT-OFF CHARACTERISTICS

Los cortacircuitos fusibles de alta tensión que presentamos en esta publicación, son limitadores de corriente, es decir, que por la rapidez de su intervención ante determinados valores de la corriente de cortocircuito, impiden que la primera onda de la corriente alcance el valor de cresta al que se llegaría en ausencia del fusible.

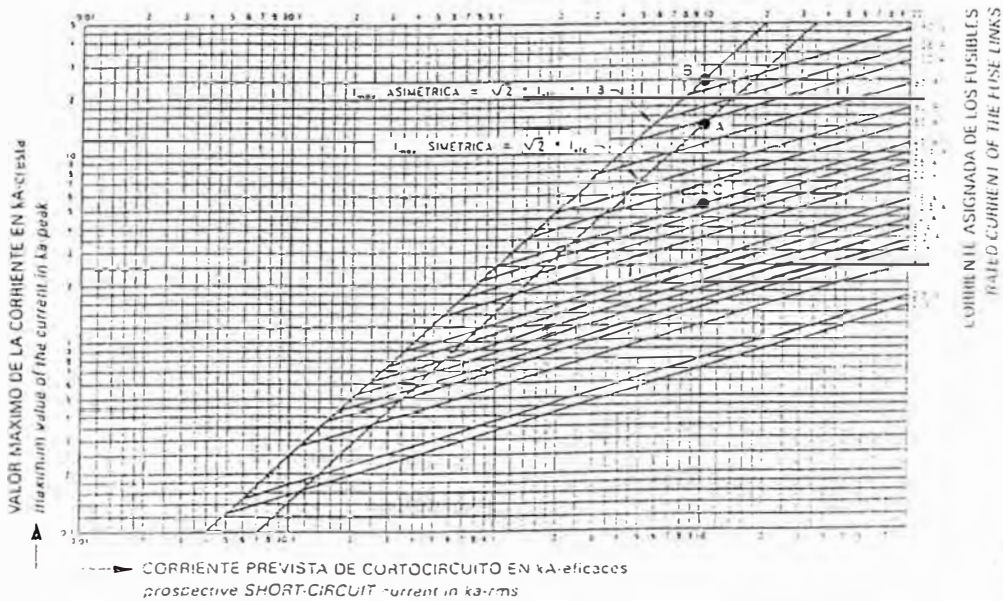
Ejemplo: Supongamos un circuito en el que la corriente prevista de cortocircuito es de 10 kA (valor eficaz simétrico).

Si la onda de cortocircuito es totalmente simétrica, alcanzará un valor máximo instantáneo de 14 kA (punto A). En el caso de que la onda sea totalmente asimétrica, se alcanzará un valor máximo instantáneo de 25 kA (punto B). Si el fusible instalado en el circuito es de  $I_n = 40A$ , limitará esta corriente a un valor máximo instantáneo de 5,3 kA (punto C).

The high voltage fuse cartridges shown in this brochure are current limiting ones. Due to their quick operation, in extreme short circuit conditions prevents that the first wave of certain current values reach the peak value that normally should reach without the fuselink.

Example: Let us suppose a circuit in which the given current during a short circuit is 10 kA.

If the short circuit wave is fully symmetric it will reach an instantaneous maximum value of 14 kA (point A). In the case that the wave be asymmetric, it will reach an instantaneous maximum value of 25 kA (point B). If the fuse link placed in the circuit is  $I_n = 40A$ , it will limit the produced current to a maximum peak value of 5.3 kA (point C).



## PROTECCION DE TRANSFORMADORES / TRANSFORMER'S PROTECTION

Potencia de los transformadores Transformer's Power kVA	TENSION ASIGNADA kV / RATED VOLTAGE kV																					
	6-7.2		10-12		15-17.5		20-24		25-28		30-36											
	CORRIENTE DE LOS TRANSFORMADORES A / TRANSFORMER'S CURRENT A																					
10	1	0.64	4	0.6	0.54	2	0.38	2	0.3	2												
15	1.5	1.6	6	0.3	0.64	4	0.57	2	0.46	2	0.35	2										
20	2	1.6	6	1.15	0.64	4	0.77	0.64	2	0.57	2	0.46	2	0.4	2							
25	2.4	2	8	1.44	0.64	6	0.96	0.64	4	0.72	0.64	0.57	0.54	2	0.5							2
50	4.8	4	12.5	2.3	2	10	1.92	1.5	5	1.4	0.54	0.6	1.15	0.64	4	1	0.64	4				
75	7.2	7	16	4.3	4	12.5	2.9	3	8	2.1	2	0.8	1.73	1.5	6	1.4	0.64	6				
100	9.6	7	20	5.3	5	16	3.8	3	10	2.9	2	8	2.3	2	8	1.9	1.5	6				
125	12	10	25	7.2	7	16	4.8	4	12.5	3.6	3	10	2.9	2	8	2.4	2	3				
160	15.4	10	32	9.2	7	20	6.1	5	16	4.6	4	12.5	3.7	3	10	3.1	2	3				
200	19.2	15	40	11.5	10	25	7.7	7	16	5.3	5	16	4.6	4	12.5	3.8	3	10				
250	24	20	50	14.4	15	32	9.5	10	20	7.2	7	16	5.7	5	12.5	4.3	4	12.5				
315	30	25	63	18.2	15	40	12.1	10	25	9.1	7	20	7.3	7	16	6	5	16				
400	38	30	80	23	20	50	15.4	15	32	11.5	10	25	9.2	7	20	7.7	7	20				
500	48	40	100	28.3	25	63	19.2	15	40	14.4	10	32	11.5	10	25	3.6	7	20				
630	60	50	125	36.4	30	80	24.2	20	50	18.2	15	40	14.5	10	32	12.1	10	25				
800	77	70	160	46.2	40	100	30.3	30	63	23.1	20	50	18.5	15	40	15.4	10	32				
1000	96	90	200	57.8	50	125	38.5	30	80	29.9	25	63	23.1	20	50	19.2	15	40				
1250				72.7	70	150	48	40	100	36.1	30	80	28.3	25	63	24	15	50				
1600							61	60	125	46.2	40	100	37	30	30	30.3	25	63				
2000										57.8	50	125	46.2	40	100	38.5	30	80				
2500													57.7	50	125	48.1	40	100				

CORRIENTE ASIGNADA DE LOS FUSIBLES A / FUSES RATED CURRENT A

CORRIENTE ASIGNADA DE LOS RELES / RELAYS RATED CURRENT A

### PROTECCIONES

En la confeccion de las tablas de fusibles recomendados para la proteccion de transformadores, motores y condensadores, nos hemos basado tanto en estudios tecnicos como en los casos practicos de utilizacion, y son validos cuando las temperaturas ambientales en el lugar de la instalacion estan comprendidas entre -10°C y 40°C.

Para condiciones ambientales diferentes, les rogamos nos consulten.

### PROTECTIONS

On making the recommended fuse chart for transformer, motors and capacitors protection we have based ourselves on technical studies and practical utilization cases. They are valid when ambient temperature levels in the place of installation reach from -10°C to 40°C.

For other different ambient temperature levels we ask you to consult us.

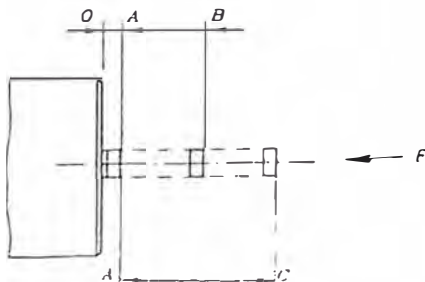
## PROTECCION DE MOTORES Y CONDESADORES

## MOTOR AND CAPACITOR'S PROTECTION

Tension asignada Rated voltage kV		POTENCIA DE LOS MOTORES CV (Rendimiento 87% cos 0.91) POWER OF THE MOTORS CV (Efficiency 87% cos 0.91)									
		100		125		180		200		250	
kV		CORRIENTE ASIGNADA A / RATED CURRENT A									
Red Line	Fusible in Fuse	Fusible in Fuse	Relé térmico Thermal relay	Fusible in Fuse	Relé térmico Thermal relay	Fusible in Fuse	Relé térmico Thermal relay	Fusible in Fuse	Relé térmico Thermal relay	Fusible in Fuse	Relé térmico Thermal relay
3	7.2	40	15	63	20	63	25	100	30	100	40
5		30	10	40	10	40	15	63	20	63	25
6		30	7	20	10	40	10	40	15	63	20

TENSION ASIGNADA RATED VOLTAGE kV		POTENCIA DEL CONDENSADOR kVAR POWER OF THE CAPACITOR kVAR												
		40		100		180		240		250		360		720
kV		CORRIENTE ASIGNADA DEL FUSIBLE FUSES RATED CURRENT A												
Red Line	Fusible Fuse	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.
3	7.2	16	40	53	100	100	—	—						
5		10	20	30	40	63	53	—						
15		24	8	10	16	20	20	25	53					
20		24	8	6	10	16	13	20	40					

## CARACTERISTICAS DE LOS PERCUTORES / STRICKER'S CHARACTERISTICS



- OA = RECORRIDO SIN ENERGIA = 4 mm max.
- AB = RECORRIDO ENERGETICO Per. medio 16 mm, 1 Jul  
Per ligero 15 mm
- F = FUERZA NECESARIA PARA RETORNAR A LA POSICION
- AC = RECORRIDO REAL Per medio = 30 a 35 mm  
Per ligero = 25 a 30 mm.
- OA = RUN WITHOUT ENERGY = 4 mm max
- AB = RUN ENERGY halt striker = 16 mm, 1 Jul  
light striker = 15 mm.
- F = NECESSARY FORCE TO RETURN TO "0" POSITION
- AC = REAL RUN halt striker = 30 to 35 mm  
light striker = 25 to 30 mm



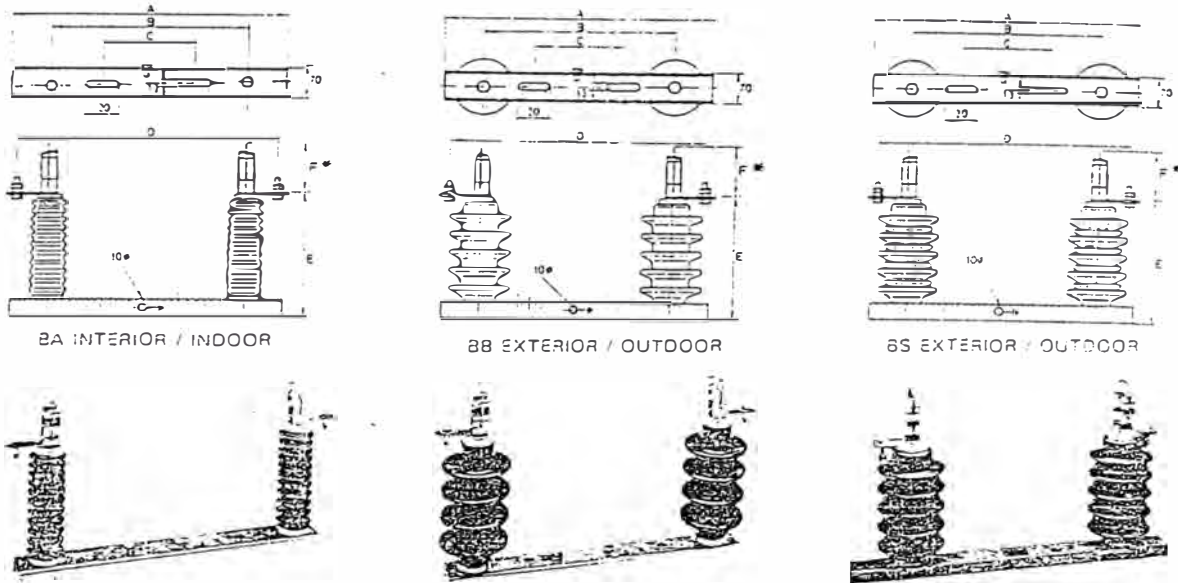
## BASES PORTAFUSIBLES INTERIOR Y EXTERIOR FUSE BASES INDOOR AND OUTDOOR

Los portafusibles de alta tensión INAEL, presentan un innovador sistema de retención del cartucho fusible que al mismo tiempo que aumenta la presión de los contactos, impide que por los esfuerzos dinámicos producidos durante el cortocircuito, pueda producirse la expulsión del cartucho.

Todas las piezas de contacto se fabrican en cobre electrolítico y llevan un fuerte tratamiento galvanico que garantiza la uniformidad e inalterabilidad de la resistencia de contacto.

*The high voltage fuse-holders manufactured by INAEL introduces a new system for retaining the fuse cartridge, making at the same time that the contact pressure is increased and prevents the cartridge ejection due to the short-circuit dynamic effort.*

*All the contact pieces are made of electrolytic copper and have a strong galvanic treatment that ensures a permanent and changeless contact resistance.*



### DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE LAS BASES DIN - DIN BASES DIMENSIONS AND CHARACTERISTICS

Tension asignada Rated voltage	Tensiones soportadas Withstand voltages		DIMENSIONES mm - DIMENSIONS mm											
	Impulsos tipo rayo Lighting Impulses 1,2/50 $\mu$ s. kV Cresta Peak	50 Hz 1 min. kV Silicacos (R.M.S.)	Tipo / Type BA				Tipo / Type BB			Tipo / Type BS				
			A	B	C	D	E	Peso Weight kg.	E	Linea de fuga Creepage distance	Peso Weight kg.	E	Linea de fuga Creepage distance	Peso Weight kg.
6/7.2	60	20	CONSULTAR INAEL / CONSULT INAEL											
10/12	75	28	448	324	200	445	165	4	-	-	-	200	340	7.4
15/17.5	95	38	576	474	270	595	215	5.3	255	375	7.5	240	455	9.3
20/24	125	50	576	474	270	595	260	5.5	303	475	9.9	290	565	11.6
25/28	145	60	570	569	350	690	305	6.8	335	560	11.7	330	690	13.9
30/36	170	70	670	569	350	690	345	7.7	375	620	13.2	370	900	16.9

### DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE LAS BASES IB-DG E IB-DK IB-DG AND IB-DK BASES, DIMENSIONS AND CHARACTERISTICS

			CONSULTAR INAEL / CONSULT INAEL											
6/7.2	60	20												
10/12	75	28	398	294	200	415	165	4	-	-	-	200	340	6.3
15/17.5	95	38	486	344	200	465	215	4.9	255	375	7	240	455	8.1
20/24	125	50	498	394	270	515	260	5.1	303	475	9.5	290	555	11.1
25/28	145	60	498	394	270	515	305	6.2	335	560	11.2	330	690	13.4
30/35	170	70	750	701	350	822	345	7.5	375	620	13.3	370	900	16
45/52**	250	95	754	734	350	855	-	-	-	335	45.2	-	1200	47.7

\* E = 95 mm para DIN, 170 mm para IB-DG, IB-DK

\*\* Esta línea para aisladores C2-250 según UNE 21 110 y CEI 273

\*\* The insulator M.M.S. has been designed according to UNE 21 110, C2-250 model, and EC 273

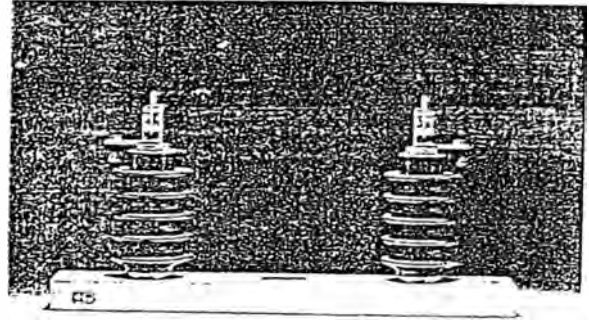
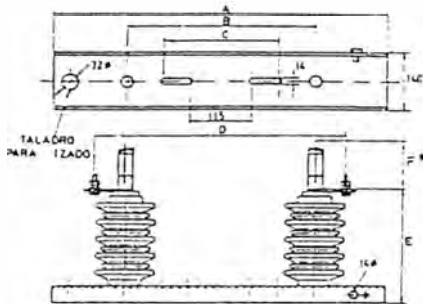
## BASES PORTAFUSIBLES RU / FUSE BASES RU

Las bases, según RU 6405B, están formadas por:

- Un robusto hastidor en U de acero de 140 mm, galvanizado en caliente, de acuerdo con RU 6618A, UNE 37.501 y ASTM-A394.
- Dos aisladores tipo CR de gran línea de fuga.
- Dos pinzas de contacto y retención del fusible que garantizan unas bajas pérdidas en vatios.

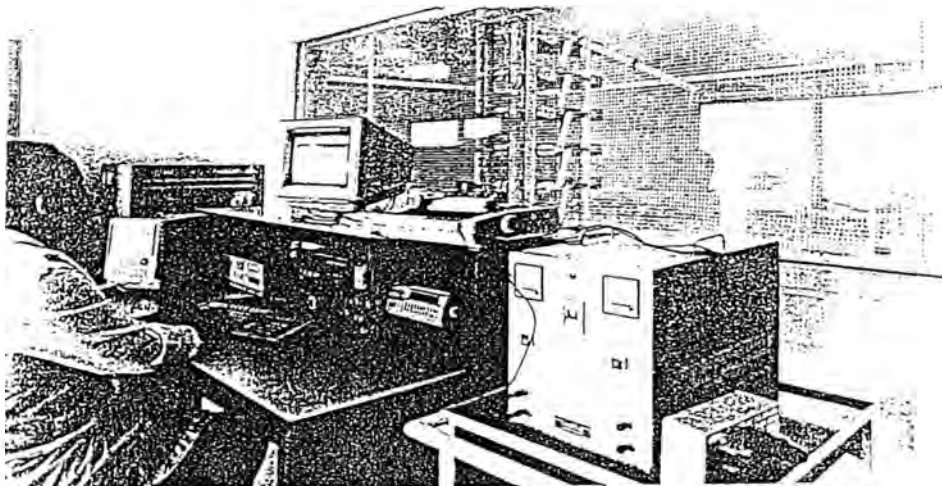
Fuse bases in accordance with RU 6405B are formed for:

- A strong steel support U 140 mm type, hot dip galvanized to applicable RU 6618A, UNE 37.501 and ASTM-A394.
- Two large creepage distance insulators CR type.
- Two contact and retention fuse clamps that insure a low watt losses.



Referencia Reference	Tensión asignada Rated voltage kV	Tensiones soportadas a masa Withstand voltage to earth		DIMENSIONES mm - DIMENSIONS mm						
		Impulsos tipo rayo Lighting impulses 1.250 $\mu$ s. Cresta kV Peak	50 Hz 1 min. Eficaces (R.M.S.) kV	A	B	C	D	E	Línea fuga Creepage distance mm	Peso aproximado Approximate weight kg
BF-LA-12	12	75	28	620	325	187	455	220	340	16
BF-LA-24	24	125	50	807	475	297	605	320	565	23
BF-LA-36	36	170	70	1.070	570	297	700	400	800	29

\* F = 95 mm para/for DiN; 110 mm para/for IB-DG, IB-DK.



Nuestra política tiende a la constante mejora de los productos, por lo tanto nos reservamos el derecho a introducir cualquier modificación que creamos conveniente, tanto para mejorar la calidad del producto como del sistema constructivo, sin previo aviso.

Our policy tends to the constant improvement of our products, so we reserve the right to introduce any modification that we consider convenient, both to improve the quality of the products and also the constructive system without previous notice.

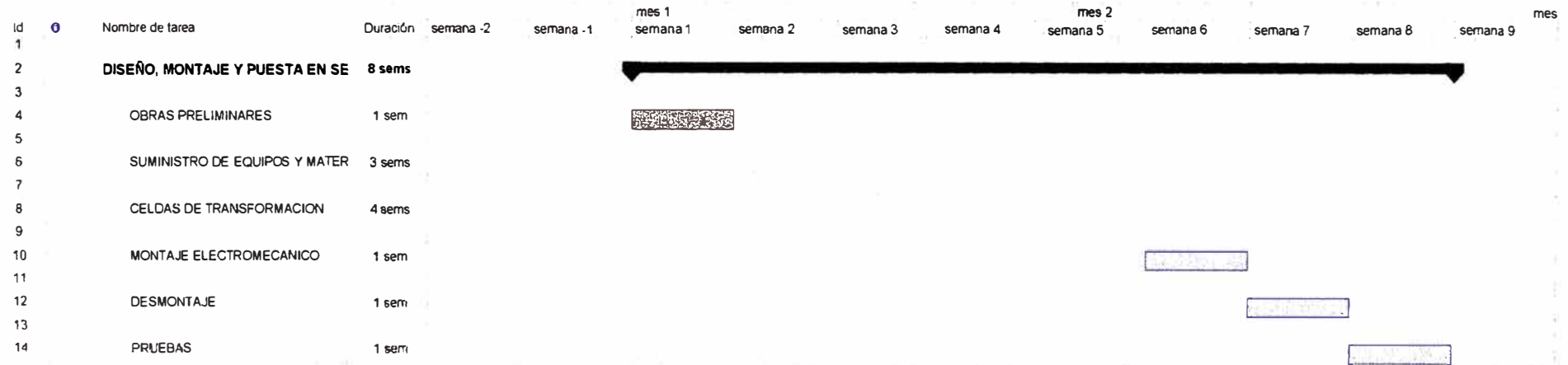
Todos los datos de este catálogo se facilitan a título informativo y pueden cambiarse sin previo aviso.  
All the data of this catalogue are for information only and can be modify without previous notice.

## **ANEXO D**

**DIAGRAMA GANT DE AVANCE DE OBRA DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN  
SERVICIO 10 kV PLANTA INDUSTRIAL D'ONOFRIO**

## DIAGRAMA GANT DE AVANCE DE OBRA

### DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN SERVICIO 10 KV PLANTA INDUSTRIAL D'ONOFRIO



## **ANEXO E**

### **PLANOS ELÈCTRICOS**

## BIBLIOGRAFÍA

1) Diseño de Subestaciones

UNI; Centro Cultural de Ingeniería Eléctrica Santiago Antúnez de Mayolo – 1984.

2) Instalaciones Eléctricas Industriales

TECSUP; Instituto Superior Tecnológico 1984.

3) Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas

Gilberto Enriquez Harper, Editorial LIMUSA, Año 1985.

4) Estaciones de Transformación y Distribución – Protección de Sistemas Eléctricos.

Enciclopedia CEAC de Electricidad, Editorial CEAC, España 1986.

5) Principios de Electrotecnia

Adolf Senner, Editorial Reverté, Año 1984

6) Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales.

Gilberto Enriquez Harper, Editorial LIMUSA, Año 1983.

7) Catálogo Electrónico

INDECO, Año 2000