



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**PROYECTO PARA LA INSTALACION DE UN TABLERO DE  
DISTRIBUCION PARA EL POZO “EL CARTERO” DE LA DGCOH**

# **T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:**

**ORLANDO GARCIA ZAVALETA**

**ASESOR: ING. CASILDO RODRIGUEZ ARCINIEGA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES  
ATN: L. A. ARAQUEL HERRERA HERNANDEZ  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

Proyecto para la instalación de un tablero de distribución  
para el pozo "El cartero" de la DGCOH

que presenta el pasante: Orlando García Zavaleta  
con número de cuenta: 091244835 para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 12 de Septiembre de 2006.

PRESIDENTE Ing. Casildo Rodríguez Arciniega

VOCAL Ing. Francisco Gutiérrez Santos

SECRETARIO Ing.Ma.del Pilar Zepeda Moreno

PRIMER SUPLENTE M.S.Dulce María Ligia Male Ortega

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Fernando Patlán Cardesa

## **Dedicatorias**

A mis padres: Aurelio y Abelina

Por ser un apoyo incondicional y la base de una buena educación y superación en todos aspectos.

Ami esposa: Elizabeth

Por su respaldo, confianza y nuestro proyecto de vida.

A mis hermanos: Alfonso, Máximo, Edith, Valfred y Aurelio (jr)

Por su apoyo y comprensión.

A mi familia y amigos:

Por ser un trozo de mi vida y lo que falta.

A mi escuela y profesores:

Por darme su tiempo, conocimientos y hacerme un criterio propio.

# INDICE

## TEMA I

1.-GENERALIDADES .....	4
1.1.- Campo Magnético .....	5
1.2.- Generadores .....	7
1.3.- Instalación eléctrica .....	9
1.4.- Distribución de tres fases .....	9
1.5.- Delta estrella .....	10
1.6.- Potencia Activa .....	11
1.7.- Potencia Reactiva .....	11
1.8.- Potencia Aparente .....	11
1.9.- Representación gráfica de potencias .....	11
1.10.- Materiales aislantes .....	12
1.11.- Rigidez dieléctrica .....	13
1.12.- Efecto Corona .....	14
1.13.- La energía eléctrica .....	16

## TEMA II

2.-CONDUCTORES ELECTRICOS .....	35
2.1.- Requisitos mínimos de los conductores .....	38
2.1.1.- Requisito mecánico .....	39
2.1.2.- Requisito térmico .....	40
2.1.3.- Requisito de regulación .....	44
2.1.4.- Requisito de ionización o escape .....	48

2.1.5.- Requisito económico .....	49
<b>TEMA III</b>	
<b>3.- DESARROLLO DEL PROYECTO DE LA “DGCOH” EN EL POZO</b>	
“EL CARTERO” .....	52
3.1.- Desarrollo .....	54
3.1.1.- Características técnicas .....	55
3.1.2.- Construcción .....	55
3.2.- Especificaciones técnicas .....	60
3.2.1.- Definiciones .....	60
3.2.2.- Condiciones de diseño y características .....	60
3.3.- Características de fabricación .....	62
3.3.1.- Barras colectoras y derivaciones .....	65
3.3.2.- Alambrado de control y equipo auxiliar .....	66
3.3.3.- Conductores para alambrado de control y equipo auxiliar .....	67
3.4.- Placas de identificación .....	68
3.5.- Pruebas .....	69
3.6.- Conclusión .....	70
<b>TEMA IV</b>	
5.- APENDICE .....	71
5.1.- BIBLIOGRAFIA .....	81

## INTRODUCCION

En las instalaciones eléctricas por lo regular existen tableros de distribución utilizados en instalaciones eléctricas industriales, centros comerciales, hospitales, o establecimientos en la que se requiera una segura y correcta distribución de la energía, para proteger los equipos y sistema de alumbrado, para cualquier sobrecarga, ya sea provocado por alguna falla mecánica, eléctrica o error humano, evitando así problemas en los equipos, motores, máquinas etc. para que sea fácil encontrar el problema en el área indicada , para este tipo de proyectos se emplean gabinetes adecuadamente calculados y distribuidos como se requiera en el área diseñada.

El arreglo de un tablero de distribución es importante porque la carga que él alimenta (de cualquier tipo), se verá protegida por este, si el sistema que tiene la carga no es suficiente para protegerla en un momento dado, el tablero podrá hacerlo, además de poder seccionar las áreas que se tenga en la distribución.

El presente trabajo de tesis tiene por objeto mostrar los criterios acerca del diseño , construcción y normas a cumplir en el armado de un tablero de distribución, para la alimentación de tres arrancadores, con sus respectivos motores a tensión reducida de 350 HP en el pozo “El cartero” de la DGCOH\* ubicado en la delegación Cuajimalpa,

Este pozo es quien se encarga de abastecer a los diferentes pozos, quienes a su vez alimentan a la comunidad de esta delegación.

\* Dirección General de Construcción de Obras Hidráulicas.

**TEMA I :**

**GENERALIDADES**

"La razón es una consecuencia de la imaginación"

*Orlando García Zavaleta*



## **1 GENERALIDADES**

Debido a que el presente trabajo de tesis es de carácter eléctrico, se desarrollan algunas generalidades de acuerdo al tema expuesto, ya que hablar de electricidad es un tema muy amplio. Solo se mencionaran aspectos que son importantes.

### **1.1 Campo magnético**

El término magnetismo proviene de ciertas rocas llamadas piedra imán que se encontraron hace más de 2000 años en la región de Magnesia en Grecia. Ahora se sabe que estas piedras imán contienen un mineral de hierro al que se ha dado nombre de magnetita. Se puede decir que los imanes son "regiones" alineadas de las cargas eléctricas, es decir tienen dos polos uno positivo y otro negativo, los cuales producen fuerzas magnéticas y estas forman los campos magnéticos.

Sin embargo, a estas se les denomina cargas magnéticas y tienen como característica el no poder separarse, siendo demostrado con el ya clásico experimento de romper el imán las veces que sea y estos pedazos tendrán un polo negativo y positivo. Un campo magnético se describe como el espacio alrededor de un imán, en el cual se ejerce una fuerza magnética.

Las líneas de campo magnético revelan la forma del mismo. Estas se extienden a partir de un polo, rodean al imán y regresan al otro polo. Las direcciones van del polo norte al polo sur. La intensidad del campo es mayor en las regiones próximas entre sí.

El campo magnético es una consecuencia relativista del campo eléctrico, donde el campo magnético esta presente cuando existe una corriente eléctrica que circula por un conductor, es decir, el movimiento de las cargas eléctricas provoca el campo magnético.

Aunque los imanes estén inmóviles los electrones de sus átomos están en movimiento, lo cual produce el campo magnético. Al movimiento de electrones se le denomina corriente eléctrica.

El magnetismo es una fuente para generar corriente eléctrica. Cuando un conductor de cobre se mueve dentro del campo magnético de un imán, los electrones libres de los átomos se ponen en movimiento a través del alambre.

La corriente eléctrica no es posible observarla directamente, pero se comprueba su existencia por medio de los efectos que produce, los principales son: el calorífico, luminoso, magnético, químico y fisiológico.

La incandescencia se puede mostrar con un simple foco, gracias a Thomas Alva Edison quien desarrolló la bombilla, en la cual el paso de la corriente eléctrica vuelve incandescente al filamento de la lámpara y se produce entonces una luz intensa, no se quema porque al globo de vidrio se le ha extraído el aire.

Hans Christian Oersted, danés, profesor de la Universidad de Copenhague, halló experimentalmente que la aguja de una brújula puesta paralela a un conductor recorrido por una corriente eléctrica, se desviaba hasta ponerse perpendicular al conductor, en cuya posición se paraba. Al invertir la corriente, la aguja, después de desviarse en sentido contrario al anterior, también se paraba perpendicular al conductor, pero indicando en sentido opuesto. Si previamente se situaba la aguja perpendicular al conductor, no era afectada.

De esta forma quedó probado que la electricidad produce magnetismo. Este magnetismo creado por la corriente eléctrica se llama electromagnetismo. Esto es conocido como el experimento de Oersted.

El experimento de Oersted nos prueba que alrededor de todo conductor recorrido por una corriente eléctrica aparece un campo magnético, similar al que rodea a todo imán.

## **1.2 Generadores.**

Un motor eléctrico es una máquina que, alimentada con corriente eléctrica, es capaz de ejecutar un trabajo mecánico cualquiera, como por ejemplo; impulsar un ascensor o bien accionar una bomba. Un generador eléctrico es, por lo contrario, una máquina que, accionada mecánicamente (por ejemplo ,mediante vapor, motor diesel, motor eléctrico, etc.) produce energía eléctrica

Los generadores de corriente continua llamados normalmente dinamos son similares en aspecto y construcción a los motores de corriente continua. Tanto el inducido como los polos inductores son idénticos en ambas máquinas. Por dicha razón un dinamo puede transformarse fácilmente en motor de corriente continua y viceversa.

Si se hace mover un conductor en un campo magnético de manera que corte sus líneas de fuerza se engendrarán en el primero una fuerza electromotriz, cuyo valor puede medirse conectando las terminales de un voltímetro a los extremos del citado conductor. Si en lugar de un conductor hay varios , y están conectados en serie (como las espiras de una bobina) el valor de la fuerza electromotriz inducida, será el de la suma de las fuerzas electromotrices o tensiones engendrada en cada uno de los conductores. El valor de la tensión inducida depende también de la intensidad del campo magnético y de la velocidad con que los

conductores cortan sus líneas de fuerza. Cuanto mayor sea la intensidad del campo, tanto mayor será la tensión inducida ; cuando mayor sea la velocidad de corte, tanto mayor será también la tensión inducida.

De lo expuesto se deduce que para engendrar la corriente eléctrica se necesitan tres factores.

- 1.- Líneas de fuerza (flujo) magnéticas.
- 2.- Un conductor eléctrico.
- 3.- Que el conductor eléctrico corte las líneas de flujo magnético.

El generador es un componente constituido por un aparato que produce una tensión continua entre sus bornes o una tensión determinada cualquiera, en la mayoría de los casos sinusoidal.

Generador ideal es aquel cuando la tensión de salida es constante.

El principio del generador es simple: cada vez que un conductor se mueve cerca del extremo de un imán se origina en él una diferencia de tensión eléctrica (voltaje). Esta notable propiedad del magnetismo, es decir su capacidad de crear un flujo de electrones, es todavía un misterio. Simplemente se acepta como hecho de experiencia que cuando un conductor se mueve en un campo magnético nace entre sus extremos una diferencia de potencial eléctrico; si se conecta ese conductor a un circuito circulara en él una corriente eléctrica.

Se llama campo magnético a la zona que rodea a un imán y en la cual se manifiestan sus

efectos. Para que nazca una tensión eléctrica el conductor debe moverse y atravesar las líneas de fuerza. No hay voltaje si no se mueve, no hay voltaje si no se cortan las líneas de fuerza

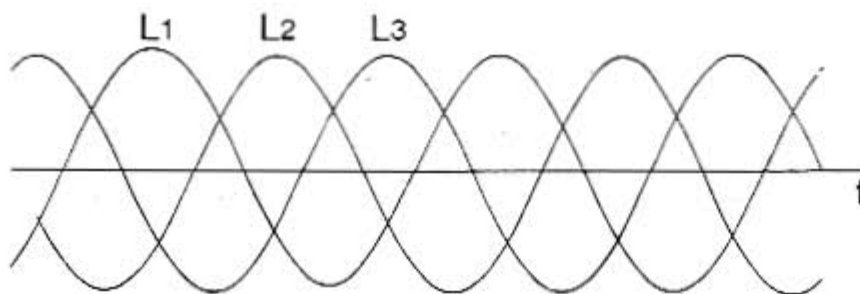
### 1.3 Instalación eléctrica

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones y soportes.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros techos o pisos).

### 1.4 Distribución de tres fases

Un sistema de distribución se describe como un sistema trifásico balanceado cuando se compone de un grupo de tres voltajes, con el mismo periodo y el mismo valor efectivo o eficaz, desfasados entre ellos por  $1/3$  del periodo ( $120^\circ$  eléctricos), ver figura 1.



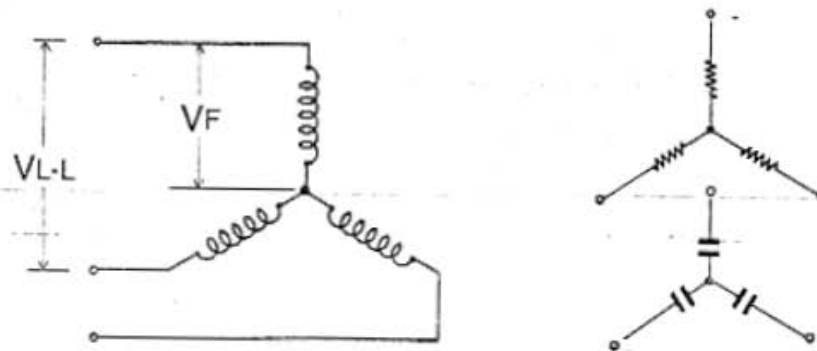
**Figura 1.** Forma de onda de tres fases

A fin de que el sistema pueda ser posible, es obvio que la suma algebraica de las corrientes debe ser nula durante cualquier intervalo de tiempo, no importando que tan pequeño sea.

### 1.5 Delta estrella

El generador o la carga puede ser conectado ya sea en un punto común (en estrella) o en serie (en delta).

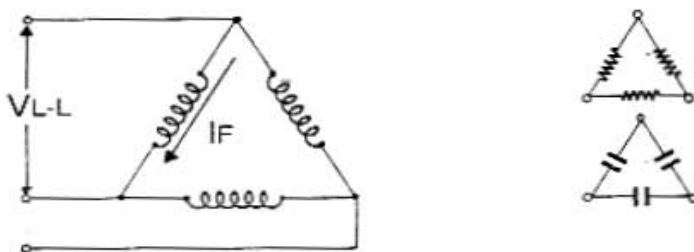
En una conexión en estrella, el voltaje de línea es igual a  $\sqrt{3}$  veces el voltaje por fase y la corriente principal es igual a la corriente de fase, ver figura 2.



**Figura 2.** Conexión estrella

En una conexión delta los voltajes de línea y fase son iguales, la corriente de línea es igual a  $\sqrt{3}$  veces la corriente de fase, ver figura 3.

$$P = \sqrt{3} VI \cos \varphi$$



**Figura 3.** Conexión delta

## 1.6 Potencia activa

Los diferentes dispositivos eléctricos convierten energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química etc. Esta energía corresponde a una energía útil o potencia activa o simplemente potencia, similar a la energía consumida por una resistencia, esta potencia puede ser representada en watts (W).

## 1.7 Potencia reactiva

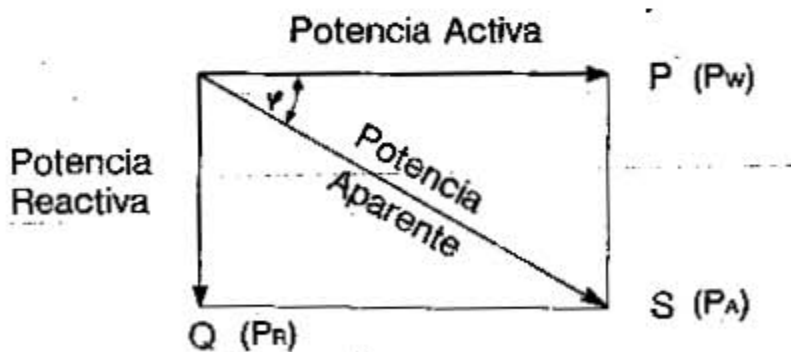
Los motores, transformadores y en general todos los dispositivos que hacen uso del efecto de un campo electromagnético requieren potencia activa para efectuar un trabajo útil, mientras que la potencia reactiva es utilizada para la generación del campo magnético. Esta energía reactiva corresponde a la potencia reactiva que está desfasada  $90^\circ$  de la potencia activa. Esta potencia es expresada en volts amperes reactivos.

## 1.8 Potencia aparente

El producto de la corriente y el voltaje es llamada potencia aparente, es también la resultante de la suma de los vectores gráficos de la potencia activa y la potencia reactiva.

## 1.9 Representación gráfica de Potencias

La figura 4 siguiente representación gráfica puede ser usada para ilustrar las diferentes formas de potencia eléctrica.



**Figura 4.** Diagrama de potencia eléctrica.

El ángulo entre las potencias activa y aparente es denotado por la letra  $\phi$ .

Se tiene por lo tanto que:

Potencia activa = Potencia aparente x  $\text{Cos}\phi$

$$P = S \text{Cos}\phi \quad \text{ò} \quad P_w = P_A \times \text{Cos}\phi$$

El valor de  $\text{Cos}\phi$  es llamado factor de potencia.

El factor de potencia se puede expresar como una función de la potencia activa y reactiva,

de lo cual:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad \text{ò} \quad P_A^2 = P_w^2 + P_R^2$$
$$\text{Cos}\phi = \text{F.P.} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad \text{ò} \quad \frac{P_w}{\sqrt{P_w^2 + P_R^2}}$$

Donde  $S^2 = P_A^2 =$  Potencia Aparente

$P^2 = Q^2 =$  Potencia Real

$P_w^2 = P_R^2 =$  Potencia Reactiva

Esta formula muestra que el factor de potencia puede ser considerado en un valor relativo, como un valor característico de la potencia reactiva consumida.

### **1.10 Materiales aislantes**

La duración de una instalación eléctrica depende del envejecimiento de los materiales utilizados, principalmente de los materiales aislantes. Estos últimos se utilizan como forros de conductores, cintas de aislar, soportes de varias clases y tipos, cubiertas protectoras y barnices.

Los materiales aislantes se clasifican en función del grado de estabilidad térmica. Para ello se define el termino clase de aislamiento, que se refiere a la temperatura máxima que puede soportar el material antes de que se presenten cambios irreversibles en su estructura

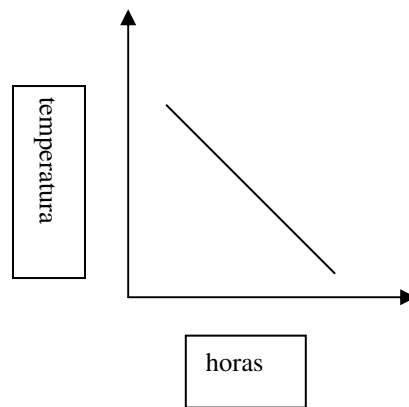


molecular. La mayoría de los aislantes son de naturaleza orgánica y su vida depende de el número de recombinaciones moleculares irreversibles, de naturaleza química, que se producen en función del tiempo y la temperatura.

De forma aproximada se puede decir que la vida del aislamiento se reduce a la mitad por cada 7 u 8° C. de temperatura por encima de su nivel de estabilidad térmica. En la figura 5 se presenta en una grafica logarítmica la vida del aislamiento en función de la temperatura.

Las sobrecargas electricas producen alzas de temperatura que de acuerdo con lo mencionado anteriormente tienen un efecto directo en la vida de los materiales aislantes.

Las sobrecargas pueden entenderse como demandas de energía mayores a las de diseño o como cortos circuitos acumulados.



**Figura 5.** Tiempo de vida contra temperatura del aislamiento

### 1.11 Rigidez dieléctrica

La rigidez dieléctrica o gradiente eléctrico de un aislamiento representa el número de volts requerido para perforarlo. En un aislamiento cuya sección no cambie a través de su espesor esta dada por la relación de voltaje entre espesor (Kv/mm).

Entre las características más importantes de los materiales aislantes, esta su rigidez dieléctrica. Las normas ASA definen la rigidez dieléctrica como el máximo gradiente de potencial que un aislante es capaz de soportar sin que se produzca una descarga disruptiva.

La descarga disruptiva no es mas que una corriente eléctrica que se representa en los dieléctricos, que están sometidos a la acción de un campo eléctrico, debido a que las fuerzas coercitivas de los átomos del dieléctrico son menores, que las fuerzas que tratan de mover los electrones en dirección opuesta a la intensidad del campo.

En la tabla 1 se dan valores de rigidez dieléctrica obtenidos experimentalmente para algunas sustancias.

TABLA 1  
RIGIDEZ  
DIELECTRICA

SUBSTANCIA	KV / cm	Volt / m
Aire	30	3000000
Aceite	300	30000000
Baquelita	250	25000000
Caucho	210	21000000
Ebonita	200	20000000
Mica	2000	200000000
Papel	400	40000000
Vidrio	300	30000000
Parafina	400	40000000
Porcelana	300	30000000

## **1.12 Efecto corona**

Se presenta cuando el potencial de un conductor en el aire se eleva hasta valores tales que sobrepasan la rigidez dieléctrica del aire que rodea al conductor.

El efecto corona se manifiesta por luminiscencia o penachos azulados que aparecen alrededor del conductor , más o menos concentrados en las irregularidades de su superficie.

La descarga va acompañada de un sonido silbante y de olor de ozono. Si hay humedad apreciable , se produce ácido nitroso. La corona se debe a la ionización del aire. Los iones son repelidos y atraídos por el conductor a grandes velocidades produciéndose nuevos iones por colisión. El aire ionizado resulta conductor (si bien de alta resistencia) y aumenta el diámetro eficaz del conductor metálico.

En las líneas de transporte , el efecto corona origina pérdidas de energía y cuando tiene cierta importancia , produce corrosiones en los conductores a causa del ácido formado.

Se ha comprobado , que el efecto corona concentrado en puntas agudas y cantos vivos de piezas o accesorios , produce interferencias en la radio , especialmente en ondas cortas.

El conocimiento actual del efecto corona es aún incompleto , siendo objeto de estudios y experimentos por parte de numerosos investigadores.

### **1.13 La energía eléctrica**

De todas las formas de energía conocidas en la actualidad, la que más se emplea para la economía de cualquier nación, es la energía eléctrica.

La posibilidad de explotar distintos tipos de fuentes de energía como corrientes de ríos, combustóleo, gas, uranio, carbón, la fuerza de los mares y vientos, géiser, etc. de sitios alejados de los centros de consumo, hace posible que la energía eléctrica se transmita a grandes distancias, lo que resulta relativamente económico, ya que es necesaria en la gran mayoría de procesos de producción de la sociedad actual.

Las bases de la energía eléctrica fueron cimentadas a mediados del siglo XIX, cuando el científico inglés, Michael Faraday, en el año de 1831, descubrió el fenómeno de la inducción electromagnética. Las posteriores investigaciones de la interacción de los conductores de corriente eléctrica con el campo electromagnético posibilitaron la creación de generadores eléctricos, que transforman la energía mecánica del movimiento giratorio en energía eléctrica, lo que formó la base de un Sistema Eléctrico de Potencia ( SEP).

#### *SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA ( SEP)*

Un Sistema Eléctrico de Potencia ( SEP), es el conjunto de centrales generadoras, de líneas de transmisión interconectadas entre sí y de sistemas de distribución esenciales para el consumo de energía eléctrica.

El Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) está formado por tres partes principales: generación, transmisión y distribución; siendo:

- LA GENERACIÓN, es donde se produce la energía eléctrica, por medio de las centrales generadoras, las que representan el centro de producción, y dependiendo de la fuente primaria de energía, se pueden clasificar en:

- \* CENTRALES HIDROELÉCTRICAS
- \* CENTRALES TERMOELÉCTRICAS
- \* CENTRALES GEOTERMOELÉCTRICAS
- \* CENTRALES NUCLEOELÉCTRICAS
- \* CENTRALES DE CICLO COMBINADO
- \* CENTRALES DE TURBO-GAS
- \* CENTRALES EÓLICAS
- \* CENTRALES SOLARES

Las centrales generadoras se construyen de tal forma, que por las características del terreno se adaptan para su mejor funcionamiento, rendimiento y rentabilidad.

En régimen normal, todas las unidades generadoras del sistema se encuentran en "sincronismo" , es decir, mantienen ángulos de cargas constantes. En este régimen, la frecuencia debe ser nominal ( 60 Hz. ) o muy cercana a ésta. Los voltajes de generación varían de 2.4 a 24 kV. , dependiendo del tipo de central.

Las características de las centrales eléctricas se relacionan con la subestación y la línea de transmisión en función de la potencia, la distancia a que se transmite y al área por servir.

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, son los elementos encargados de transmitir la energía eléctrica, desde los centros de generación a los centros de consumo, a través de distintas etapas de transformación de voltaje; las cuales también se interconectan con el sistema eléctrico de potencia ( SEP).

Los voltajes de transmisión utilizadas en este país son: 115, 230 y 400 kV.

Una de las formas de clasificar las líneas de transmisión, es de acuerdo a su longitud, siendo:

- a) Línea corta de menos de 80 Km.
- b) Línea media de entre 80 y 240 Km.
- c) Línea larga de 240 Km. y más

SUBESTACIONES ELÉCTRICAS, en función a su diseño son las encargadas en interconectar líneas de transmisión de distintas centrales generadoras, transformar los niveles de voltajes para su transmisión o consumo.

Las subestaciones eléctricas por su tipo de servicio se clasifican en:

- \* SUBESTACIONES ELEVADORAS
- \* SUBESTACIONES REDUCTORAS
- \* SUBESTACIONES COMPENSADORAS
- \* SUBESTACIONES DE MANIOBRA O SWITCHEO
- \* SUBESTACIÓN PRINCIPAL DEL SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN
- \* SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN
- \* SUBESTACIONES RECTIFICADORAS
- \* SUBESTACIONES INVERSORAS

Sin duda la denominación de una subestación como transmisión o distribución es independiente de las tensiones involucradas, y está determinada por el fin a que se destinó.

El objetivo a cumplir por una subestación es determinante en su ubicación física. Para esto, las subestaciones de transmisión están ubicadas alejadas de los centros urbanos, esto facilita, el acceso de líneas de alta tensión y la localización de terrenos lo suficientemente grandes para albergar en forma segura los delicados equipos para el manejo de alta tensión.

Por otra parte las subestaciones de distribución deben construirse en función del crecimiento de la carga, es decir, deben estar ubicadas en los centros de carga de áreas urbanizadas para, de esta forma, asegurar la calidad y continuidad del servicio al usuario.

Es claro que por las características funcionales de cada subestación, no deben mezclarse en una instalación, equipos de transmisión y distribución. La utilización de este tipo de subestaciones debe limitarse exclusivamente a aquellos casos de claras justificaciones técnico económicas.

Las subestaciones de distribución son alimentadas desde las subestaciones de transmisión con líneas o cables de potencia a la tensión de 230 u 85 kV, es lógico suponer que esta tensión no debe considerarse como de transmisión ni distribución para esta condición intermedia, se desarrolla el concepto de subtransmisión.

Los niveles de tensión para su aplicación e interpretación se consideran conforme lo indican las tarifas para la venta de energía eléctrica en su sección de aspectos generales, siendo:

- a) Baja tensión es el servicio, que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1 kV.
- b) Media tensión es el servicio, que se suministra en niveles de tensión mayores a 1 kV., pero menores o iguales a 35 kV.
- c) Alta tensión a nivel subtransmisión, es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayor a 35 kV., pero menores a 220 kV.
- d) Alta tensión a nivel transmisión, es el servicio que se suministra en niveles de tensión iguales o mayores a 220 kV.

Actualmente en nuestro país, la industria eléctrica está incrementando día con día su actividad, ya que tiene que satisfacer la demanda de su gran población. Es por esto, que el

Sector Eléctrico tiene que desarrollar nuevas técnicas y métodos para su utilización en el suministro de energía eléctrica; ya que al haber más actividad, es inminente la urgencia de una mejor optimización de los sistemas eléctricos.

## DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Qué es lo que en realidad significa el término sistemas de distribución? Tal vez no esté perfectamente definido internacionalmente; sin embargo, comúnmente se acepta que es el conjunto de instalaciones desde 120 Volts hasta tensiones de 34.5 kV encargadas de entregar la energía eléctrica a los usuarios a los niveles de tensión normalizados y en las condiciones de seguridad exigidas por los reglamentos.

En el nivel de baja tensión por lo general hay confusiones con las instalaciones internas, cableados de predios comerciales, cableados de grandes industrias y en tensiones mayores de los 34.5 kV, como es el caso de cables de subtransmisión de 85 kV que se traslapan con tensiones mayores, especialmente en países industrializados en que la población urbana es alta y se consideran estas tensiones como de distribución.

Los sistemas de distribución, ya sea que pertenezcan a empresas privadas o estatales, deben proyectarse de modo que puedan ser ampliados progresivamente, con escasos cambios en las construcciones existentes tomando en cuenta ciertos principios económicos, con el fin de asegurar un servicio adecuado y continuo para la carga presente y futura al mínimo costo de operación.

## CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION

En función de su construcción estos se pueden clasificar en:

- Sistemas aéreos.
- Sistemas subterráneos.



- Sistemas mixtos.

- Sistemas aéreos, estos sistemas por su construcción se caracterizan por su sencillez y economía, razón por la cual su utilización está muy generalizada. Se emplean principalmente para:

1.- Zonas urbanas con:

a) carga residencial

b) carga comercial

c) carga industrial

2.- Zonas rurales con:

a) carga doméstica

b) carga de pequeñas industrias

(bombas de agua, molinos, etc.)

Los sistemas aéreos están constituidos por transformadores, cuchillas, apartarayos, cortacircuitos fusibles, cables desnudos, etc.: los que se instalan en postes o estructuras de distintos materiales.

La configuración mas sencilla para los sistemas aéreos es del tipo arbolar, la cual consiste en conductores desnudos de calibre grueso en el principio de la línea y de menor calibre en las derivaciones a servicios o al final de la línea. Cuando se requiere una mayor flexibilidad y continuidad del servicio es posible utilizar configuraciones más elaboradas.

Los movimientos de carga se llevan a cabo con juegos de cuchillas de operación con carga, que son instaladas de manera conveniente para efectuar maniobras tales como: trabajos de emergencia, ampliaciones del sistema, conexión de nuevos servicios, etc. En servicios importantes tales como:

hospitales, edificios públicos, fábricas que por la naturaleza de su proceso de producción no permiten la falta de energía eléctrica en ningún momento; se instalan dos circuitos aéreos, los cuales pueden pertenecer a la misma subestación de distribución, o de diferentes subestaciones, esto se realiza independientemente debido a que la mayoría de estos servicios cuentan con plantas de emergencia con capacidad suficiente para alimentar sus áreas más importantes.

En éste tipo de sistema se encuentra muy generalizado el empleo de seccionadores, como protección de la línea aérea, para eliminar la salida de todo el circuito cuando hay una falla transitoria.

- Sistemas subterráneos, estos sistemas se construyen en zonas urbanas con alta densidad de carga y fuertes tendencias de crecimiento, debido a la confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al paisaje. Naturalmente, este aumento en la confiabilidad y en la estética involucra un incremento en el costo de las instalaciones y en la especialización del personal encargado de construir y operar este tipo de sistema.

Los sistemas subterráneos están constituidos por transformadores tipo interior o sumergible, cajas de conexión, interruptores de seccionamiento, interruptores de seccionamiento y protección, cables aislados, etc.: los que se instalan en locales en interior de edificios o en bóvedas, registros y pozos construidos en banquetas.

Los principales factores que se deben analizar al diseñar un sistema subterráneo son :

- \* Densidad de carga
- \* Costo de la instalación
- \* Grado de confiabilidad
- \* Facilidad de operación
- \* Seguridad

- Sistemas mixtos, este sistema es muy parecido al sistema aéreo, siendo diferente únicamente en que los cables desnudos sufren una transición a cables aislados. Dicha transición se realiza en la parte alta del poste y el cable aislado es alojado en el interior de ductos para bajar del poste hacia un registro o pozo y conectarse con el servicio requerido. Este tipo de sistema tiene la ventaja de eliminar una gran cantidad de conductores, favoreciendo la estética del conjunto, disminuyendo notablemente el número de fallas en el sistema de distribución y por ende aumentando la confiabilidad del mismo.

### PRINCIPALES COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION

Los principales elementos componentes de un sistema de distribución son :

- a) Alimentadores primarios de distribución.
- b) Transformadores de distribución.
- c) Alimentadores secundarios.
- d) Acometidas.
- e) Equipo de medición.

### ALIMENTADORES PRIMARIOS DE DISTRIBUCIÓN

Son los encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones de potencia hasta los transformadores de distribución. Los conductores van soportados en poste cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos cuando se trata de instalaciones subterráneas.

Los componentes de un alimentador primario son:

- \* Troncal.
- \* Ramal.

a) **Troncal**, es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía eléctrica desde la subestación de potencia a los ramales. En los sistemas de distribución

estos conductores son de calibres gruesos 336, 556 y hasta 795 MCM, ACSR (calibre de aluminio con alma de acero), dependiendo del valor de la densidad de carga.

b) **Ramal**, es la parte del alimentador primario energizado a través de un troncal, en el cual van conectados los transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en media tensión. Normalmente son de calibre menor al troncal.

Los alimentadores primarios normalmente se estructuran en forma radial, en un sistema de este tipo la forma geométrica del alimentador semeja la de un árbol, donde por el grueso del tronco, el mayor flujo de la energía eléctrica se transmite por toda una troncal, derivándose a la carga a lo largo de los ramales.

Los alimentadores primarios por el número de fases e hilos se pueden clasificar en:

- Trifásicos tres hilos.
- Trifásicos cuatro hilos.
- Monofásicos dos hilos.
- Monofásicos un hilo.
- Los alimentadores primarios trifásicos con tres hilos requieren una menor inversión inicial, en lo que a material del alimentador se refiere, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterrizamiento mayor que uno trifásico cuatro hilos, permiten que los equipos que se instalen en estos sistemas de distribución tengan niveles de aislamiento mayores con costos mayores. Una característica adicional de estos sistemas es que los transformadores de distribución conectados a estos alimentadores son de neutro flotante en el lado primario.

Por lo que se refiere a detección de fallas de fase a tierra en estos sistemas de distribución es más difícil detectar estas corrientes, en comparación con los sistemas trifásicos cuatro

hilos, ya que al ser mayor la impedancia de secuencia cero de los alimentadores, las corrientes de falla son menores. Estos alimentadores se utilizan en zonas urbanas.

- Los alimentadores primarios trifásicos con cuatro hilos requieren una mayor inversión inicial, ya que se agrega el costo del cuarto hilo (neutro) al de los tres hilos de fase, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterrizamiento menor de la unidad, los equipos que se conecten a estos alimentadores requieren de un menor nivel de aislamiento con menor costo de inversión. Estos sistemas se caracterizan por que a ellos se conectan transformadores con el neutro aterrizado a tierra en el devanado primario y transformadores monofásicos cuya tensión primaria es la de fase neutro. En estos sistemas de distribución es más fácil detectar las corrientes de falla de fase a tierra ya que estos pueden regresar por el hilo neutro. Estos alimentadores se utilizan en zonas urbanas.

- Los alimentadores primarios monofásicos de dos hilos se originan de sistemas de distribución trifásicos, de hecho son derivaciones de alimentadores trifásicos tres hilos que sirven para alimentar transformadores monofásicos que reciben la tensión entre fases en el devanado primario. Este sistema de distribución es usado en zonas rurales o en zonas de baja densidad.

- Los alimentadores primarios monofásicos de un hilo son derivaciones de sistemas trifásicos que permiten alimentar transformadores monofásicos usándose estos alimentadores en zonas rurales, debido a la economía que representa en costo.

### *TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN*

Los transformadores de distribución son los equipos encargados de cambiar la tensión primaria a un valor menor de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de

equipos e instalaciones costosas y peligrosas. En si el transformador de distribución es la liga entre los alimentadores primarios y los alimentadores secundarios.

La capacidad del transformador se selecciona en función de la magnitud de la carga, debiéndose tener especial cuidado en considerar los factores que influyen en ella, tales como el factor de demanda y el factor de coincidencia.

El número de fases del transformador es función del número de fases de la alimentación primaria y del número de fases de los elementos que componen la carga. En muchas ocasiones la política de selección del número de fases de los transformadores de distribución que decida emplear una compañía, señala el número de fases que deben tener los motores que se conecten en el lado secundario de los transformadores, dictando así una política de desarrollo de fabricación de motores en una cierta zona de un país o en un país entero.

La magnitud del por ciento de impedancia de un transformador afecta la regulación de la tensión y el valor de las corrientes de corto circuito que fluyen por los devanados ante fallas en los alimentadores secundarios. A menores valores de impedancia mayores valores de regulación y de corriente de corto circuito; es por ello que el valor del por ciento de impedancia se debe seleccionar tratando de encontrar un punto económico de estos dos factores, debiéndose tomar en cuenta que la calidad de tensión que se entrega a los usuarios se puede variar con los cambiadores de derivación de que normalmente se provee a un transformador.

La conexión del transformador trifásico es uno de los puntos de mayor interés cuando se trata de seleccionar un transformador para un sistema de distribución de energía eléctrica. Las opciones que se le presentan al ingeniero que diseñara dicho sistema, son en forma general entre seleccionar transformadores con neutro flotante o con neutro aterrizado. El

transformador con neutro flotante es una necesidad cuando el sistema primario es trifásico tres hilos y el de neutro aterrizado cuando se trata de un sistema trifásico cuatro hilos. Al utilizar transformadores conectados en delta en el lado primario se disminuye el riesgo de introducir corrientes armónicas (magnitud sinusoidal de frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental de la corriente o de la tensión) de orden impar (especialmente en tercer orden) a los alimentadores primarios y se incrementa el riesgo de tener sobre tensiones por fenómenos de ferro-resonancia (efecto producido en el núcleo cuando la fuerza electromotriz tiene una frecuencia muy próxima a las oscilaciones libres que se producen en el mismo) en el transformador. Estas sobre tensiones se vuelven especialmente críticas en sistemas subterráneos de distribución.

Al seleccionar transformadores conectados en estrella con neutro aterrizado, se introducen corrientes armónicas de orden impar en los circuitos primarios y se disminuye grandemente la posibilidad de que se presenten sobre tensiones por fenómenos de ferro-resonancia.

Respecto a la conexión T-T de los transformadores trifásicos, que aún cuando no se trata de un transformador trifásico en sí, se aplica en sistemas primarios trifásicos, para substituir a los trifásicos convencionales. Este tipo de transformador consta de dos devanados primarios y dos secundarios. Tanto primario como el secundario se forman conectando un devanado principal con una derivación central a un devanado secundario (con menor número de vueltas) de tal manera que se forme una T.

Estos transformadores normalmente tienen menos peso al tener solo dos devanados, tienen menos pérdidas, menos por ciento de impedancia y deben tener menor costo también. Sin embargo su punto crítico lo presentan al tener bajos valores de por ciento de impedancia ya que mecánicamente deben ser más fuertes para resistir los esfuerzos producidos por las corrientes de corto circuito. La implantación de estos transformadores en un sistema de

distribución debe hacerse después de aplicar pruebas de corto circuito en laboratorio y supervisar zonas piloto electrificadas con estos equipos.

Por lo que se refiere a las conexiones en el lado secundario de los transformadores trifásicos, normalmente son estrella con neutro aterrizado y cuatro hilos de salida. Esto permite tener dos niveles de tensión para alimentar cargas de fuerza y alumbrado, detectar las corrientes de falla de fase a tierra, equilibrar las tensiones al neutro ante cargas desbalanceadas y como una medida de seguridad al interconectarse con el tanque del transformador. Las conexiones con neutro aislado en los devanados de baja tensión de los transformadores trifásicos no es muy favorecida por las sobre tensiones que se presentan al tener dos fallas en dos fases diferentes en el circuito de baja tensión.

En los transformadores monofásicos la conexión que presenta más utilización es la de tres hilos, dos de fase y un neutro en el centro del devanado. Esta conexión también se le conoce como "EDISON", por haber sido copiada del sistema en corriente directa con que Tomas A. Edison realizó el primer sistema de distribución en Nueva York en el año de 1882.

### *ALIMENTADORES SECUNDARIOS*

Los alimentadores secundarios distribuyen la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas a los usuarios.

En la mayoría de los casos estos alimentadores secundarios son circuitos radiales, salvo en los casos de las estructuras subterráneas malladas (comúnmente conocidas como redes automáticas) en las que el flujo de energía no siempre sigue la misma dirección. Los alimentadores secundarios de distribución, por el número de hilos, se pueden clasificar en:

1- Monofásico dos hilos.



2- Monofásico tres hilos.

3- Trifásico cuatro hilos.

Para conocer las ventajas técnicas y económicas inherentes a los alimentadores secundarios de distribución se deben realizar estudios comparativos que esclarezcan estos méritos y permitan seleccionar el sistema de distribución más adecuado a las necesidades del caso.

A continuación se realiza una comparación, para determinar cual es el sistema más eficiente desde el punto de vista de las pérdidas. En este estudio se supone que los conductores tienen la misma resistencia, la misma carga y la misma tensión (por consiguiente el aislamiento es el mismo) en los tres casos.

1- Sistema monofásico dos hilos (1), este sistema se alimenta de un transformador monofásico, con un secundario de solo dos hilos. En este caso la potencia de la carga es "P", la tensión en el extremo de la carga es "V" y la resistencia de los conductores es "R".

La corriente de línea " I " considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a Cos f es:

$$I = \frac{P}{V \cos f}$$

Las pérdidas Per:

$$Per = 2RI = 2R \frac{P}{V \cos f}$$

haciendo el cociente  $RP / V \cos f$  igual a una constante, el valor de las pérdidas es:

$$Per = 2K.$$

2- Sistema monofásico tres hilos, este sistema se alimenta de un transformador monofásico con un devanado secundario del que salen tres hilos, con el hilo neutro derivándose del

(1) BECERRIL L. DIEGO ONESIMO. Instalaciones Eléctricas Practicas. I P N, 1995. Págs.118,121.

centro del devanado. En este caso la potencia de la carga se equilibra entre los dos hilos de fase y el neutro, la tensión en el extremo de la carga es "V" y la resistencia de los tres conductores es "R".

La corriente de línea, considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a Cos f es:

$$I = \frac{P}{2V \text{ Cos } f}$$

El valor de las pérdidas Per:

$$\text{Per} = RI = R \frac{P}{2V \text{ Cos } f}$$

Haciendo el cociente  $\frac{RP}{V \text{ Cos } f} = K$ , el valor de las pérdidas es:

$$\text{Per} = k/2$$

3- Sistema trifásico cuatro hilos, este sistema se alimenta de un transformador trifásico con un devanado secundario del que salen cuatro hilos, con el hilo neutro derivándose del punto de conexión de los devanados. En este caso la potencia de la carga se equilibra entre los tres hilos de fase y el neutro, la tensión en el extremo de la carga es "V" y la resistencia de los cuatro conductores es "R".

La corriente de línea considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a Cos f es:

$$I = \frac{P}{3V \text{ Cos } f}$$

El valor de las pérdidas Per:

$$\text{Per} = RI = R \frac{P}{3V \text{ Cos } f}$$

Haciendo el cociente  $\frac{RP}{V \text{ Cos } f} = K$ , el valor de las pérdidas es:

$$P_{er} = k / 3$$

Es evidentemente que el sistema trifásico cuatro hilos permite distribuir la energía con mayor eficiencia que los demás, sin embargo como se mencionó en un principio este análisis es muy sencillo y para hacerlo más completo es necesario introducir otros factores tales como costo de los transformadores, costo de los conductores, regulación, etc.

### ACOMETIDAS

Las acometidas son las partes que ligan al sistema de distribución de la empresa suministradora con las instalaciones del usuario.

Las acometidas se pueden proporcionar a la tensión primaria (media tensión) o la tensión secundaria (baja tensión), esto depende de la magnitud de la carga que el usuario requiera ante la empresa suministradora.

### MEDICION

La medición puede ser en media tensión o en baja tensión dependiendo del tipo de acometida de servicio que requiera el usuario.

### ELEMENTOS SECUNDARIOS DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION

Entre los elementos secundarios de una red de distribución se tienen:

- 1- Cuchillas.
- 2- Reactores.
- 3- Interruptores.
- 4- Capacitores.
- 5- Fusibles.
- 6- Restauradores.
- 7- Seccionadores.

- 1)- Las cuchillas son los elementos que sirven para seccionar o abrir alimentadores primarios de distribución, su operación es sin carga y su accionamiento de conectar y desconectar es por pértiga, abriendo o cerrando las cuchillas una por una o en grupo según el tipo de la misma; su montaje en poste puede ser horizontal o vertical.
- 2)- Los reactores son dispositivos utilizados para introducir reactancia en alimentadores primarios de distribución con el propósito de limitar la corriente que fluye en un circuito, bajo condiciones de cortocircuito, se conectan en serie con el alimentador.
- 3)- Los interruptores, son dispositivos que permiten conectar o desconectar con carga un alimentador primario de distribución, son instalados en poste o estructura en juegos de tres interruptores, son operados en grupo con mecanismo recíprocante de operación manual.
- 4)- Los capacitores, son dispositivos cuya función primordial es introducir capacitancia, corrigiendo el factor de potencia en alimentadores primarios de distribución.
- 5)- Los fusibles, son dispositivos de protección que interrumpen el paso de la corriente eléctrica fundiéndose cuando el amperaje es superior a su valor nominal, protegen transformadores de distribución y servicios interiores de media tensión contra sobrecorriente y corriente de cortocircuito, van colocados dentro del tubo protector del cortacircuitos fusible.
- 6)- Los restauradores, son equipos que sirven para reconectar alimentadores primarios de distribución. Normalmente el 80 % de las fallas son de naturaleza temporal, por lo que es conveniente restablecer el servicio en la forma más rápida posible para evitar interrupciones de largo tiempo. Para estos casos se requiere de un dispositivo que tenga la posibilidad de desconectar un circuito y conectarlo después de fracciones de segundo.

Los restauradores son dispositivos autocontrolados para interrumpir y cerrar automáticamente circuitos de corriente alterna con una secuencia determinada de aperturas y cierres seguidos de una operación final de cierre ó apertura definitiva.

En caso de que la falla no fuera eliminada, entonces el restaurador opera manteniendo sus contactos abiertos. Los restauradores están diseñados para interrumpir en una sola fase o en tres fases simultáneamente.

Los restauradores monofásicos tienen control hidráulico y los trifásicos pueden estar controlados hidráulicamente ó electrónicamente.

Los siguientes requisitos son básicos para asegurar la efectiva operación de un restaurador:

a- La capacidad normal de interrupción del restaurador deberá ser igual o mayor de la máxima corriente de falla.

b- La capacidad normal de corriente constante del restaurador deberá ser igual o mayor que la máxima corriente de carga.

c- El mínimo valor de disparo seleccionado deberá permitir al restaurador ser sensible al cortocircuito que se presente en la zona que se desea proteger.

7)- Los seccionadores, son elementos que no están diseñados para interrumpir corrientes de cortocircuito ya que su función es el de abrir circuitos en forma automática después de cortar y responder a un número predeterminado de impulsos de corriente de igual a mayor valor que una magnitud previamente determinada, abren cuando el alimentador primario de distribución queda desenergizado, tratándose de la desconexión de cargas se puede hacer en forma manual.

En cierto modo el seccionador permite aislar sectores del sistema de distribución llevando un conteo de las operaciones de sobrecorriente del dispositivo de respaldo.

Es importante hacer notar que debido a que no interrumpe corrientes de corto circuito, no tienen una curva característica de tiempo-corriente por lo que no intervienen en la coordinación de protecciones, pudiéndose instalar entre dos dispositivos de protección.

Por su principio de operación el medio aislante de interrupción puede ser aire, aceite o vacío y en cuanto al control es similar al caso de los restauradores o sea puede ser hidráulico, electrónico ó electromecánico.

Por lo general el registro de las sobretensiones se efectúa cuando la corriente a través del seccionador cae bajo de un valor de alrededor del 40 % de la corriente mínima con que se activa al seccionador.

**TEMA I I :**

**CONDUCTORES  
ELECTRICOS**

"El ser inteligente no es saber mucho, el que sabe mucho es un sabio, el ser inteligente es saber vivir la vida"

*Orlando Garcia Zavaleta*

## **2 CONDUCTORES ELECTRICOS**

Los conductores eléctricos son a la vida de una sociedad moderna, lo que los vasos sanguíneos son a la vida de un individuo. Sin ellos la civilización actual no podría vivir.

Los conductores eléctricos son aquellos materiales que ofrecen poca oposición o resistencia al paso de la corriente eléctrica por o a través de ellos.

Todos los metales son buenos conductores de la electricidad, sin embargo, unos son mejores que otros es por ello que aquí se indican solamente algunos, nombrándolos en orden decreciente en cuanto a calidad como conductor y haciendo la aclaración correspondiente en cuanto a su empleo.

Plata

Es el mejor conductor pero, su uso se ve reducido por su alto costo, ocupándolo para el bañado de fusibles, de barras o de cualquier superficie.

Cobre

Después de la plata el cobre electrolíticamente puro es el mejor conductor eléctrico, se le emplea en más del 90% en la fabricación de conductores eléctricos porque reúne las condiciones deseadas para tal fin, tales como:

- a) Alta conductividad
- b) Resistencia mecánica
- c) Flexibilidad
- d) Bajo costo

Dentro de los mismos conductores de cobre, existen tres tipos, dependiendo su clasificación según su temple:

1. - Conductores de cobre suave o recocido

Por su misma suavidad tienen baja resistencia mecánica, alta elongación (aumento



accidental o terapéutico de la longitud), su conductividad eléctrica es del 100%.

## 2. - Conductores de cobre semiduro

Tienen mayor resistencia mecánica que los conductores de cobre suave, menor elongación y su conductividad eléctrica es de aproximadamente 96.66%.

## 3.- Conductores de cobre duro

Tienen una alta resistencia mecánica, menor elongación que los de cobre semiduro y una conductividad eléctrica no menor de 96.16%.

## Oro

Después de la plata y el cobre, el oro es el mejor conductor de la electricidad. Su alto precio adquisitivo limita e inclusive impide su empleo.

## Aluminio

Es otro buen conductor eléctrico solo que por tener menos conductividad que el cobre (61% respecto al cobre suave o recocido) para una misma cantidad de corriente se necesita una sección transversal mayor en comparación con conductores de cobre, además, tiene la desventaja de ser quebradizo, se usa con regularidad en líneas de transmisión reforzado en su parte central interior con una guía de acero ya que su ventaja es que es ligero.

La variedad de los conductores eléctricos diferentes que se emplean es enorme y son utilizados para el transporte y el uso de la energía eléctrica.

Podemos clasificar a los conductores eléctricos por su función primordial en:

Cables de energía

Cables para comunicaciones

Cables para señalización y control

Alambre magneto

## CABLES DE ENERGIA

Estos cables tienen como función primordial la de transportar energía eléctrica desde las fuentes de generación hasta los puntos de consumo, donde la energía puede ser transformada para su utilización en luz, calor, movimiento, etc.

## CABLES PARA COMUNICACIÓN

Su función primordial es la transmisión de señales inteligentes, tales como voz, audio, vídeo y datos. La energía eléctrica en este tipo de cables se modula y transmite para la comunicación de señales.

## CABLES PARA SEÑALIZACION Y CONTROL

Para el control, telecomando o telediagnóstico de aparatos e instalaciones de generación, transmisión, distribución de energía eléctrica.

## ALAMBRE MAGNETO

Cuando se requiere la formación de campos magnéticos útiles para el aprovechamiento de la energía eléctrica, los alambres magneto la transforman a voltajes y corrientes necesarios, así como su conversión a otras formas de energía.

### **2.1 Requisitos mínimos de los conductores.**

Todo conductor empleado para transmitir energía debe de llenar cierto número de requisitos de acuerdo con las condiciones en que es usado, el servicio que debe desarrollar el valor y costo de la energía etc. Pero en cualquier caso ese número nunca es menor que cinco, a saber:

- 1) *Requisito mecánico*
- 2) *Requisito térmico*
- 3) *Requisito de regulación.*
- 4) *Requisito de ionización o escape.*

### 5) *Requisito económico.*

El orden en que son enumerados indica su importancia relativa en el caso general, de manera que el cumplimiento del primero es absolutamente indispensable, en tanto que del último puede ser pospuesto cuando hay motivos poderosos para ello.

En ciertas ocasiones parece que no son tomados en cuenta uno o dos de esos requisitos. Se dice, por ejemplo, que una barra colectora queda determinada por calentamiento y pudiera creerse que los demás no importan; pero si se estudia a fondo la cuestión, se encontrara que esa barra cumple automáticamente los cinco requisitos al cumplir el inciso No 2.

#### *2.1.1 Requisito mecánico*

Se enuncia diciendo que todo conductor debe tener la suficiente resistencia mecánica para soportar sin romperse y sin deformarse permanentemente, los esfuerzos aplicados al mismo, en el servicio normal que debe desempeñar y aun los que sean anormales pero previsibles técnicamente.

En caso de líneas aéreas los esfuerzos normales son: el peso del conductor y el hielo que pueda depositarse en zonas frías; el efecto del viento a una velocidad limite, sobre el conductor con o sin hielo; los efectos de la contracción a bajas temperaturas; los esfuerzos de corte en los amarres o mordazas de los aisladores; los resultados de aplicar un instrumento cortante al conductor para desnudarlo; etc. Los anormales comprenden: la presión de escaleras apoyadas contra la línea; la suspensión de personal en las mismas; el esfuerzo de los huracanes; la presión de los árboles o ramaje; la tensión debida a la movilidad de los apoyos, con motivo de la ruptura de uno o más cables, o la caída de una torre; falla de una “retenida”, etc.

En el caso de conductores entubados, los esfuerzos anormales provienen del arrastre de los hilos a lo largo de los tubos o ductos, la presión en los ángulos de las tuberías; el peso de los conductores en los tramos verticales; la flexión de los alambres en las cajas de conexión; etc. Entre los anormales se halla: la tirantez en apagadores y contactos; la compresión por exceso de hilos en el tubo, o de juntas en las cajas; y muchos mas que se presentan eventualmente.

Ante esfuerzos tan variados no es posible fijar de un modo absoluto las dimensiones y características de un conductor, aun cuando el peso del mismo es uno de los motivos de esfuerzo y al crecer la resistencia mecánica crece también el peso para líneas aéreas sostenidas entre apoyos distantes se ha tomado como base el valor del “claro” para definir cuales son las secciones de metal que llenan el requisito mecánico.

El aumento de calibre para grandes claros se debe al efecto del viento principalmente, el cual produce esfuerzos proporcionales al diámetro del conductor y al cuadrado del claro; de manera que si se aumenta el diámetro 10%, el esfuerzo del viento aumenta 10% también, mientras que la sección transversal crece 21%, lo mismo que la tensión limite elástica y la de ruptura.

Por consecuencia, aunque los cables gruesos presentan mayor superficie al viento, cargan mas hielo y pesan mas, tienen mucho mayor resistencia mecánica que los hilos delgados y no se rompen tan fácilmente.

### *2.1.2 Requisito térmico.*

Se expresa diciendo que todo conductor debe alcanzar en operación normal, una temperatura moderada, de acuerdo con la clase y la calidad de su revestimiento, y de las

características de su instalación, que no produzca deterioro notable al primero, ni presente peligro para seguridad de la última.

Es obvia la importancia de la temperatura en un conductor cubierto con materiales orgánicos naturales, o sintéticos; pero siempre expuestos a evaporación, liquefacción, carbonización, ignición, o destrucción en cualquier forma. Los aislamientos de hule en particular son muy sensibles al calor, convirtiéndose en masas duras, quebradizas y sin rigidez dieléctrica, unas veces; o reblandeciéndose y desprendiéndose del conductor otras veces.

El papel y las telas aislantes pierden con el calor elementos volátiles que les dan flexibilidad y lentamente se carbonizan o nitrogenan y se agrietan. El algodón impregnado pierde los aceites y resinas y se vuelve absorbente de la humedad; solo la mica, el asbesto y el vidrio resisten temperaturas elevadas sin sufrir deterioro rápido, y otro tanto sucede con los silicatos o “silicones”; pero aun estos materiales tienen un límite que no debe de ser excedido.

Si el conductor es desnudo no hay límite de temperatura por concepto de deterioro de forro; pero si lo hay será por los motivos siguientes:

- a) La resistencia óhmica del conductor de cobre aumenta 37% por cada 100 °C arriba de 35 °C , lo que hace mayores las pérdidas por efecto Joule, y la regulación de la línea, es decir la pérdida resistiva de potencial.
- b) La dilatación exagerada del conductor puede ser causa de acercamiento a tierra u otros conductores de un nivel inferior, en forma peligrosa, por tal motivo los conductores situados en la misma vertical deben de estar separados normativamente.

c) El aire que rodea a un conductor muy caliente y a potencial elevado, es fácilmente ionizable, y puede dar lugar a una descarga coronaria permanente, con radio-interferencia, corrosión química y disipación de energía.

d) La dilatación del herraje de un aislador que soporta un conductor muy caliente, puede ocasionar el deterioro mas o menos grave del aislador, por esfuerzos internos anormales.

A continuación aparece una lista de materiales aislantes usados en conductores, con el valor de la temperatura limite que soportan de manera constante; clasificación NEC (National Electric Code), no incluyendo cordones ni alambres para candiles o aparatos diversos, con el uso normal de cada uno.

Hule ordinario (30%) o sintético, tipo R, 60 °C, para lugares secos.

Hule resistente al calor, tipo RH, 75 °C; tipo RHH, 90 °C, para lugares secos.

Hule impermeable, tipo RW, 60 °C, flexible para lugares secos o húmedos.

Hule resistente al calor y humedad, tipo RHW, 75 °C, lugares húmedos.

Hule de látex (90%), tipo RU, 60 °C, flexible, para lugares secos.

Hule de látex resistente al calor, tipo RUH, 75 °C, lugares secos.

Hule de látex impermeable, tipo RUW, 60 °C, lugares húmedos.

Termoplástico, tipo T, 60 °C, lugares secos.

Termoplástico impermeable, tipo TW, 60 °C, lugares secos o húmedos.

Termoplástico resistente al calor y humedad, tipo THW, 75 °C, lugares secos o húmedos.

Aislamiento mineral, tipo MI, 85 °C, lugares secos o húmedos. (forro metal)

Termoplástico y asbesto, tipo TA, 90 °C, alambrado de tableros solamente.

Silicon y asbesto, tipo SA, 90 °C (max. Especial 125 °C), lugares secos.

Termoplástico y trencilla de fibra tipo TBS, 90 °C, alambrado tableros.

Tela de cambray barnizada, tipo V, 85 °C, lugares secos solamente.

Asbesto y tela barnizada, tipo AVA, 110 °C, lugares secos solamente.

Asbesto y tela barnizada con forro plomo, tipo AVL, 110 °C, lugares secos o húmedos.

Asbesto y tela barnizada con cubierta retardante, tipo AVB, 90 °C, solo lugares secos.

Asbesto solo, tipo A, 200 °C, solo lugares secos y hasta 300 volts.

Asbesto con trencilla de asbesto, tipo AA, 200 °C, solo lugares secos.

Asbesto impregnado, tipo AI, 125 °C, solo lugares secos y hasta 300 volts.

Asbesto impregnado con cubierta, tipo AIA, 125 °C, solo lugares secos y hasta 300 volts.

Algodón pintado incombustible, tipo SB, 90 °C, solo lugares secos.

Algodón impregnado con resinas minerales, tipo WP, 80 °C, sobre aisladores.

Resina de etilo-propileno sometido a vulcanización tipo XLP, 90 °C lugares secos.

La selección del espesor de aislamiento del cable que debe usarse en una instalación particular debe hacerse en base a la tensión de fase a fase aplicable y de acuerdo a la categoría general del sistema como se describe a continuación:

Categoría I (Nivel 100%). - Los cables en esta categoría pueden aplicarse cuando el sistema esta provisto con dispositivos de protección tales que, las fallas a tierra se eliminan tan rápido como sea posible, pero en cualquier caso antes de un minuto. Aún cuando estos cables son aplicables a la gran mayoría de las instalaciones en sistema neutro tierra, también pueden ser usados en otros sistemas para los cuales sean aceptables siempre y cuando se cumpla con los requisitos antes indicados , relativos a la desenergización completa de la sección que fallo.

Categoría II (Nivel 133%). - Este nivel de aislamiento corresponde al que anteriormente se designaba como sistema con neutro aislado. Los cables en esta categoría pueden aplicarse cuando no puede cumplirse con los requisitos de eliminación de falla de la categoría I (Nivel 100%) pero en los que existe una seguridad razonable de que la sección que presente la falla será desenergizada en un tiempo no mayor de una hora. También puede utilizarse cuando se desee un nivel de aislamiento adicional al aislamiento al 100%.

Categoría III (Nivel 173%). - Los cables en esta categoría deben aplicarse en sistemas en donde el tiempo requerido de protección de falla a tierra sea indefinido para el espesor del aislamiento y en tensiones de prueba debe consultarse al fabricante.

La capacidad de un conductor para llevar corriente depende de varios factores, a saber:

- a) La temperatura límite de operación.
- b) De la temperatura ambiente.
- c) De las facilidades de disipar el calor.
- d) De la forma, color y área de la superficie externa.
- e) Del material del conductor.
- f) De la proximidad de otros conductores con corriente.

### *2.1.3 Requisito de regulación.*

La causa de la regulación es la caída de potencial en los conductores de alimentación, la regulación está íntimamente ligada a las características de la línea, recíprocamente las constantes de una línea determinan la regulación de ella.

Como quiera que sea la corriente que usa cada receptor debe de ser llevada hasta él en condiciones apropiadas, para que el servicio que ese receptor desempeña sea satisfactorio.



Se llama caída de voltaje a la diferencia que existe entre el voltaje aplicado al extremo alimentador de una instalación y el obtenido en cualquier otro punto de la misma, cuando esta circulando la corriente nominal:

$$\Delta V = V_a - V_t$$

Donde  $\Delta V$  = Incremento de voltaje ,  $V_a$  = Voltaje de fuente

$V_t$  = Voltaje en cualquier punto

Si se expresa como por ciento se le conoce como regulación de voltaje “e”:

$$e = \frac{\Delta V}{V_{\text{nominal}}} \cdot 100(\%)$$

Ahora bien, en toda línea alimentadora de energía eléctrica, existe una caída de tensión que es directamente proporcional a la resistencia presentada por los conductores y a la intensidad de corriente que circula por ellos, esta caída de tensión bajo las condiciones anteriores se puede expresar:

$$\Delta V = RI$$

Tomando en cuenta la longitud, la sección transversal y la resistividad del material, la resistencia de los conductores eléctricos esta dada por la formula de la resistencia que es la siguiente :

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

En donde:

$R$  = Resistencia en ohms

$\rho$  = Resistividad especifica (volumétrica) del material conductor en ohms\*mm<sup>2</sup>/m.

(Para el cobre a 20°C es 1/58 y a 60°C es 1/50)

L = Longitud de los conductores en metros.

S = Sección transversal de los conductores en mm<sup>2</sup>.

De la formula de la resistencia arriba mencionada puede definirse lo siguiente:

A mayor longitud de los conductores, mayor es la resistencia que oponen al paso de la corriente por ellos y en consecuencia mayor es la caída de tensión provocada, sin embargo esta disminución en el valor de la tensión puede ser aminorada si se aumenta la sección transversal de los conductores.

Sustituyendo la ecuación de la resistividad en la ley de Ohm:

$$\Delta V = RI = \rho \frac{L \cdot I}{S}$$

Combinando la ecuación de la resistencia con la de regulación de voltaje e igualando  $\Delta V$  resulta:

$$S = \rho \frac{L \cdot I}{e \cdot V} \cdot 100$$

Donde:

I = Corriente de carga en Amperes.

V = Voltaje aplicado en Volts(normalmente el voltaje nominal).

e = Caída de voltaje permitida en por ciento.

Él calculo de resistencia òhmica en función del volumen de la masa de un conductor descansa en el conocimiento de las constantes internacionales aceptadas para el cobre, a saber:

## COBRE

Valor No1 Conductancia a 20° C	100 %
Valor No2 Resistividad en ohms por kilometro y por milímetro cuadrado, a 20°C	17.241
Valor No3 Resistividad en ohms por kilometro y por kilogramo a 20° C	153.280
Valor No4 Aumento de la resistencia por cada grado arriba de 20° C con masa constante	0.393%
Valor No5 Aumento de la resistividad por cada grado arriba de 20° C con masa constante, en ohms por kilometro y por kilogramo	0.597
Valor No6 Densidad relativa, a 20° C	8.89

Las variedades comerciales tienen conductancia de 96 a 98 %. Para aluminio de grado usual, se toman los valores siguientes:

## ALUMINIO

Valor No1 Conductancia a 20° C	61 %
Valor No2 Resistividad en ohms por kilometro y por milímetro cuadrado, a 20°C	28.28
Valor No3 Resistividad en ohms por kilometro y por kilogramo a 20° C	76.50
Valor No4 Aumento de la resistencia por cada grado arriba de 20° C con masa constante	0.403%
Valor No5 Aumento de la resistividad por cada grado arriba de 20° C con masa constante, en ohms por kilometro y por kilogramo	0.306
Valor No6 Densidad relativa, a 20° C	2.70

La tabla siguiente muestra las caídas de tensión máximas permitidas según NOM-001-SEDE-1999 instalaciones eléctricas:

TABLA 2

SISTEMA	TENSIONES		
	127.5	220	440
ALUMBRADO 5%			
ALIMENTADORES PRINCIPALES 2%	2.5	4.4	
CIRCUITOS DERIVADOS 3%	3.8	6.6	
FUERZA 5%			
ALIMENTADORES PRINCIPALES 3%		6.6	13.2
CIRCUITOS DERIVADOS 2%		4.4	8.8

#### 2.1.4 Requisito de ionización o escape

En los conductores con forro, usados en las líneas de tensión baja o mediana, la cubierta aislante impide normalmente cualquier escape de corriente, si el tipo de aislamiento y su cantidad están apropiados para las condiciones del lugar y la forma de la instalación. pero si la tensión de línea es elevada, la energía puede escaparse del conductor aunque este forrado debido a un fenómeno característico de las tensiones mayores a 15 ò 20 Kv.

El aire que esta en contacto con un conductor desnudo, se haya sometido a un esfuerzo dieléctrico, más o menos intenso, que puede ser causa de ionización. Cuando el potencial del conductor va creciendo a partir de cierto limite, se produce en primer lugar una ionización invisible en los puntos mas salientes y rugosidades del conductor. La extensión de las áreas afectadas va en aumento, y llega a cubrir toda la superficie del conductor. Después la ionización gana en volumen a medida que sube el potencial, se hace sonora y

visible, cada vez mas, hasta que una descarga violenta entre polos opuestos inicia un arco que obliga a suspender la corriente y el servicio de la línea.

Naturalmente, la tensión de trabajo normal de la línea no debe jamás llegar al extremo mas alto del fenómeno, pero tampoco debe permitirse que sobrepase exageradamente el valor critico de ionización, por tiempo largo, a causa de los efectos nocivos sobre los conductores y el sistema, a saber;

- a) Corrosión del metal por el ozono y compuestos de oxígeno y nitrógeno, cuya formación se debe a la ionización del aire, y que la humedad favorece en gran manera, por la aparición de ácido nitroso.
- b) Predisposición a recibir descargas atmosféricas directas por la presencia de iones abundantes alrededor de los conductores.
- c) Radio-interferencia y tercera armónica en la línea.
- d) Disipación considerable de energía con valor anual sorprendente.

#### *2.1.5 Requisito económico*

Si para transportar una potencia determinada a cierta distancia y con una tensión dada, se emplean conductores delgados, el costo de la línea y los gastos posteriores derivados del capital invertido serán pequeños, pero la energía disipada por efecto Joule será muy grande y su valor podrá exceder y anular cualquier economía que pudiera provenir del poco capital invertido. Si por lo contrario se emplean conductores de calibre excesivo la pérdida de energía podrá resultar despreciable, pero los gastos derivados del capital invertidos serán tan grandes que la línea no será costeable. En ambos casos la pérdida de efectivo será demasiado grande y la explotación resultara antieconómica.

En un término medio esta la solución apropiada, ni demasiado gasto de capital ni demasiada disipación de energía. Este es el problema que enfocó por primera vez lord Kelvin y dio la ley siguiente (1):

Cuando la energía disipada por efecto Joule tiene un valor fijo por unidad, independiente del costo de los conductores, la sección económica es aquella que hace iguales los gastos por concepto de capital invertido y por concepto de energía disipada.

Los proyectos de ingeniería tienen que considerar las implicaciones económicas, esto quiere decir que el ingeniero, frente a cualquier proyecto debe pensar en su realización con la menor inversión posible. Hipotéticamente hablando la mejor solución a un problema debería ser única, la ideal, en la realidad el ingeniero proyectista requiere de habilidad y tiempo para acercarse a esa solución ideal pero las horas/hombre dedicadas al proyecto son parte importante del costo por lo que tampoco es recomendable dedicar demasiado tiempo a resolver problemas sencillos.

A mayor sección transversal de los conductores eléctricos es mayor su capacidad de conducción de corriente.

Después de un estudio exhaustivo de todos y cada uno de los métodos para diferenciar las áreas transversales (calibres) de los conductores eléctricos y observando la fácil interpretación de la nomenclatura presentada por la Compañía “American Wire Gauge” (AWG) esta fue adoptada por lo que para los calibres de conductores eléctricos se les antecede con la leyenda calibre No. A.W.G. o K.C.M.

Las siglas K.C.M. están indicando el área transversal de los conductores eléctricos en “Mil Circular Mills”.

Se dice que se tiene un C.M. (Circular Mil) cuando el área transversal tiene un diámetro de

(1) CONDUMEX, CATALOGO CONDUCTORES ELECTRICOS, 1ra edición 1998. Págs.3,4,5.

una milésima de pulgada.

$$1 \text{ C.M.} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416(0.001)^2}{4} = 785 \times 10^{-9} \text{ pulg.}^2$$

$$1 \text{ C.M.} = 785 \times 10^{-9} \text{ pulg.}^2$$

$$1 \text{ pulg.}^2 = \frac{1}{785 \times 10^{-9}} \text{ C.M.}$$

$$1 \text{ pulg.}^2 = \frac{1}{785} (10)^9 \text{ C.M.} = 1.27 \times 10^6 \text{ C.M.}$$

$$1 \text{ pulg.}^2 = (25.4 \text{ mm.})^2 = 645.16 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ mm}^2 = \frac{1}{645.16} \text{ pulg.}^2 = \frac{1.27 \times 10^6}{645.16} \text{ C.M.}$$

$$1 \text{ mm}^2 = 1970 \text{ C.M.}$$

Debido al error admisible, para cálculo de los conductores se considera aproximadamente:

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ C.M.}$$

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ Circular Mil}$$

$$1 \text{ mm}^2 = 2 \text{ Mil Circular Mills (2 K.C.M.)}$$

Ahora llamados K.C.M. ó K.C.Mil (1)

(1) BECERRIL L. DIEGO ONESIMO. Instalaciones Eléctricas Practicas. I P N, 1995. Págs.91,92.

**TEMA I I I :**

**DESARROLLO DEL PROYECTO  
DE LA "DGCOH" EN EL POZO  
"EL CARTERO"**

"El infinito debe ser finito si creemos en el big-bang ya que la materia no se crea ni se destruye solo se transforma"

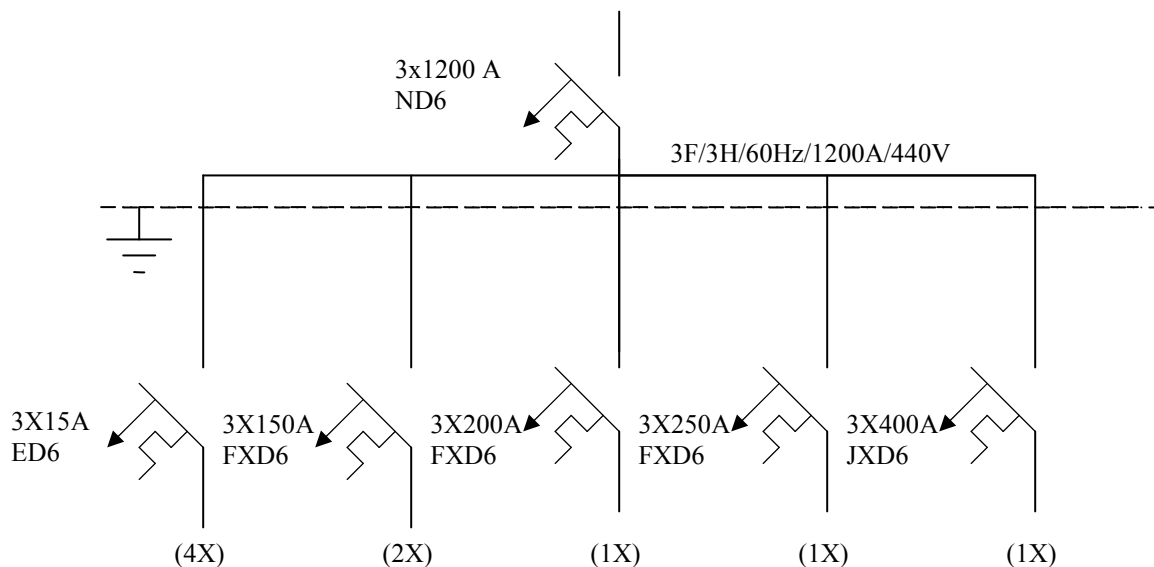
*Orlando Garcia Zavaleta*



### 3 DESARROLLO DEL PROYECTO DE LA “DGCOH” EN EL POZO “EL CARTERO”

En la DGCOH (Dirección General de Construcción de Obras Hidráulicas) se requiere un tablero de distribución para el proyecto del pozo “El Cartero” de la Delegación Cuajimalpa.

Donde el diagrama unifilar esta representado en la Figura 6

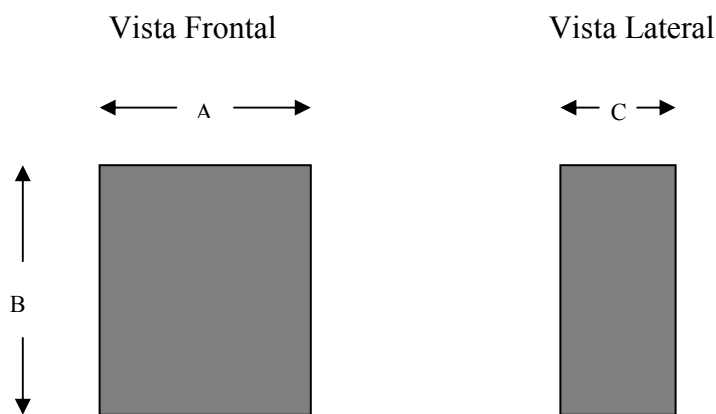


**Figura 6**

En base a estos requerimientos considere un tablero de marca Siemens basándome en la siguiente información, ubicada en el catalogo general de Siemens. En la tabla 3 se observan las dimensiones de los tableros , con respecto a las capacidades de corriente.

**TABLA 3**

<i>Gabinetes</i>	In	Alto (B)	Frente (A)	Fondo (C)	Tipo
Interruptor general	1200	90"(2286mm)	38"(965mm)	28"(711mm)	FCI
	1600-2000	"	38"(965mm)	38"(965mm)	FCII
	3200-4000	"	38"(965mm)	48"(1219mm)	FCII
Celda de acometida	1600-2000	"	15"(381mm)	38"(965mm)	FCII
	3200-4000	"		48"(1219mm)	FCII
Zapatas generales	1200	"	38"(965mm)	28"(711mm)	FCI
	1600-2000	"	38"(965mm)	38"(965mm)	FCII
	3200	"	38"(965mm)	48"(1219mm)	FCII



Estos tableros de distribución se fabrican en tres presentaciones diferentes.

- a) Gabinete para interruptor principal
- b) Gabinete para acometida y entrada de cables (transición)
- c) Gabinete de distribución

### 3.1 Desarrollo

Para el proyecto se selecciona un gabinete para interruptor principal de 1200 A con las sig. dimensiones , alto 90", frente 38", y fondo 28" , tipo FCI<sup>(1)</sup>.

El tablero de distribución tipo autoportado con clave FCI pertenece al programa de fabricación de tableros normalizados de baja tensión que cumplen con la norma nacional NOM-J-118-1,2,3. Y la NOM-SEDE-1999.

La disposición típica del FCI se basa en una sección principal y en una o varias secciones de distribución, compuesta por interruptores derivados.

El FCI es un tablero de distribución autoportado, diseñado para alojar en su interior interruptores termomagnéticos derivados, siendo por esto el tablero ideal para protección de líneas contra los efectos de corto circuito y sobrecarga en sistemas de distribución para plantas industriales, grandes complejos, hospitales, y construcciones comerciales.

(1) Nomenclatura para tableros autoportados Mca. SIEMENS.

### 3.1.1 Características Técnicas

Tensión de servicio: Hasta 600 VCA-3F-3H-60Hz.

Capacidad de barras principales: 1200 A

ACOMETIDA CON:

Zapatas principales 1200 A

Interruptor principal 1200 A (Termomagnético)

Interruptores derivados: 15 , 150, 200, y 400 A

Clases de protección: (según IEC 144) IP 40 servicio normal interior.

Resistencia mecánica de cortocircuito: 65 KA sim/1seg.

### 3.1.2 Construcción

Los tableros de distribución FCI en sistema modular son totalmente atornillables, de construcción robusta y la flexibilidad necesaria para poder hacer el ensamble de gabinetes adicionales considerando ampliaciones futuras.

Los gabinetes terminados tienen un recubrimiento exterior en base a resinas de aplicación electrostática en color normalizado gris ANSI 61.

Las ventanillas en el frente del tablero permiten el libre acceso de aire fresco y la salida del aire caliente en circulación continua. Las puertas frontales (izquierda y derecha) permiten el montaje y cableado de los interruptores en forma sencilla y rápida.

La tapa frontal es desatornillable y cubre las partes vivas del tablero asegurando un frente totalmente muerto que evita accidentes por contactos involuntarios a las barras y/o terminales de los interruptores.

Las barras colectoras son de cobre bañadas con un recubrimiento de plata y están colocadas en posición vertical, soportadas y separadas por medio de aisladores de resina epoxica.

De estas se derivan las barras de contacto para la alimentación de los interruptores derivados (conectores) siendo estas conectadas con tornillos galvanizados autoroscantes y tornillos galvanizados estándar con cuerda en el interruptor.

Tomando en cuenta todo lo anterior como primer paso se elaborará un esquema del tablero para ubicar visualmente el arreglo y el acomodo de los interruptores.

La figura 7, nos muestra del arreglo real de los interruptores.

Ver diagrama unifilar (Figura 6) pag.49, para distinguir la distribución de los interruptores.

# Vista Frontal

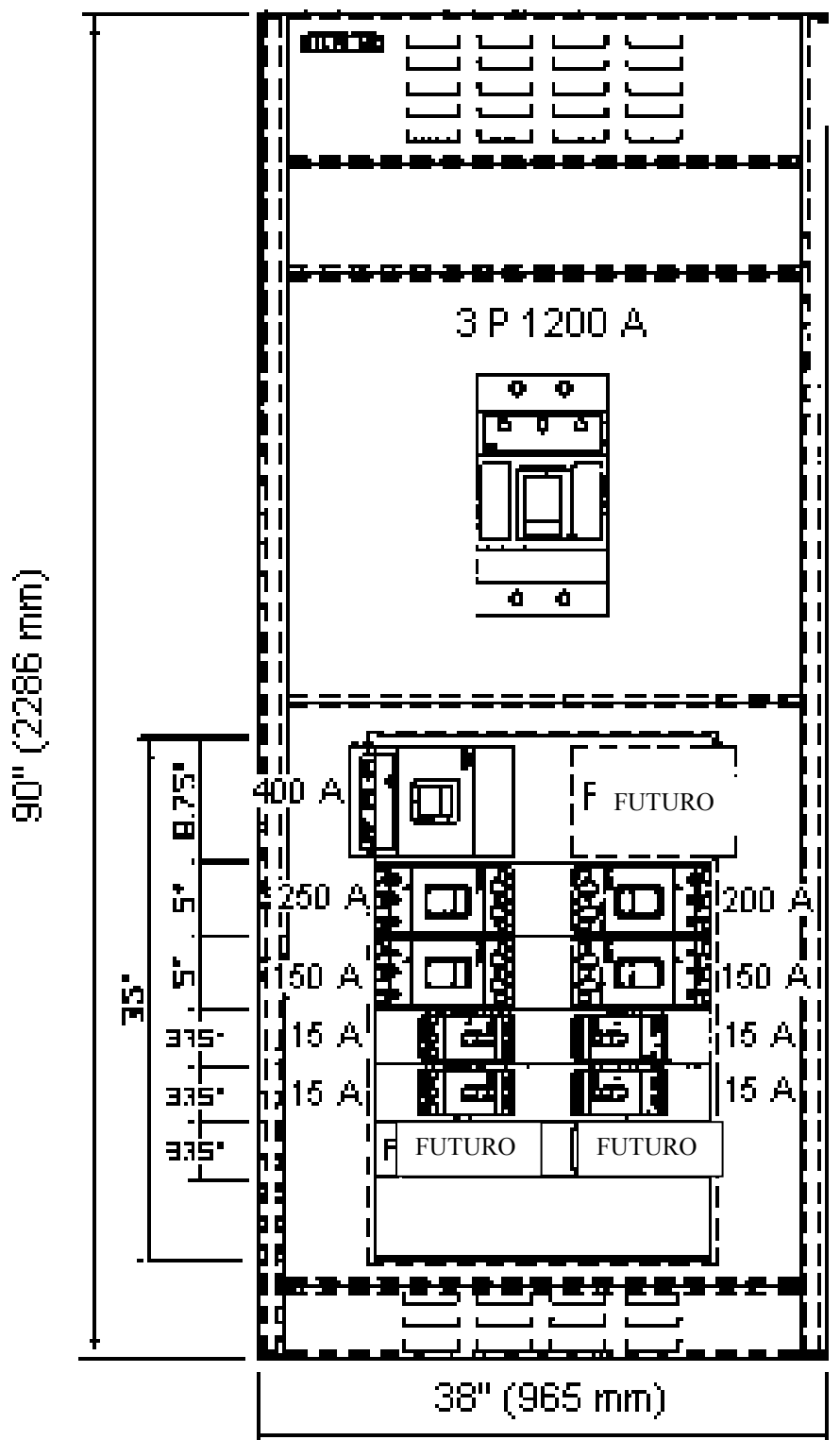


Figura 7

Como segundo paso se suman las unidades (en este caso pulgadas) del espacio que abarca cada interruptor dependiendo de la capacidad.

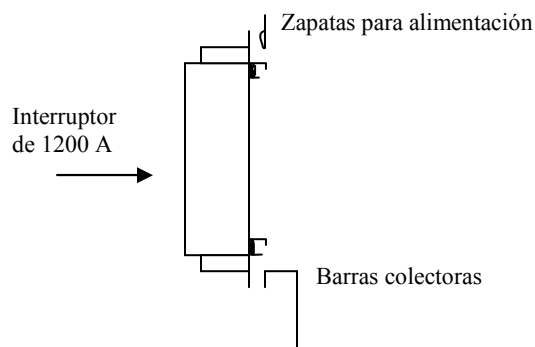
De acuerdo al dibujo de la figura 7, un interruptor de 3 X 15 nos abarca un espacio de 3.75pulg. los de 150, 200 y 250 son 5 pulg. y el de 3 X 400 es de 8.75 pulg. por lo cual se tiene un espacio ocupado de 26.25 pulg. El espacio máximo para alojar los interruptores es de 35 pulg. como lo muestra la figura 7 , entonces se tiene 3.75 pulg. a futuro

$$3.75 + 3.75 + 5 + 5 + 8.75$$

Espacio ocupado = 26.25 pulg. el espacio total es de 35 pulg. por lo tanto se ocupa solo un gabinete .

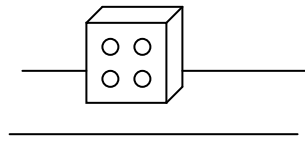
Como tercer paso se elige el gabinete con el espacio y capacidad adecuado, en este caso es un gabinete tipo FCI con 38 pulg. de ancho, 28 pulg. de profundidad y 90 pulg. de alto, con un interruptor termomagnético general de 3 polos 1200 A, viendo la figura 7, se observa que se tiene un espacio para futuros interruptores, si los derivados fueran en mayor número se tendría que acoplar otra sección, que sería otro gabinete FCI.

Como cuarto paso se instala el interruptor de 1200 A en forma vertical dejando la acometida en la parte de arriba y la salida abajo, ver figura 8.



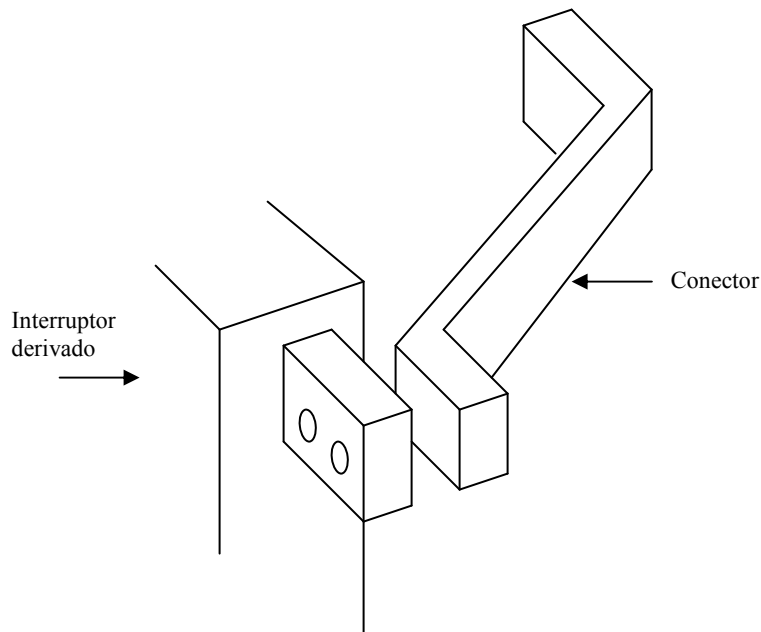
**Figura 8**

El interruptor lleva unas barras internas con cuatro perforaciones, ver figura 9.



**Figura 9**

donde se une a las barras colectoras por la parte de abajo (carga) del interruptor y las zapatas de alimentación se unen por la parte de arriba para la acometida , después de que se fija el interruptor principal ,se van fijando los derivados con sus respectivos conectores a las barras colectoras colocando tres conectores por interruptor ,o sea uno por fase , conectándolos en un solo extremo del interruptor, ver figura 10.



**Figura 10**

en el otro extremo se coloca un soporte para detener al interruptor y quede fijo, de este mismo lado quedan las zapatas para conectar la carga.

## 3.2 Especificaciones Técnicas

### 3.2.1 Definiciones

*Tablero:* Gabinete metálico formado por una o varias secciones verticales ensambladas y autosoportadas.

*Sección vertical:* Gabinete metálico unitario autosoportado.

*Cubículo o celda:* Parte o módulo integrante de una sección vertical.

*Características particulares:* Diseño del usuario (cliente) final.

### 3.2.2 Condiciones de diseño y características

#### *Tensiones nominales de los sistemas*

Las tensiones nominales de los sistemas a los cuales se conectan los tableros especificados son de: 480 VCA(3 fases 3 hilos), 240 VCA (3 fases 4 hilos) 250 VCD y 48 VCD.

#### *Numero de fases*

Los tableros deben de ser trifasicos.

#### *Frecuencia nominal*

Los tableros y su equipo auxiliar de corriente alterna deben de estar diseñados para operar a 60hz.

#### *Temperatura ambiente*

Los tableros y sus componentes deben de diseñarse para operar a una temperatura ambiente máxima de 40 °C y una mínima de -10 °C. En caso de que en las características particulares se indique una temperatura ambiente de operación mayor de 40 °C el equipo debe ser diseñado considerando esa temperatura.



### *Altitud de operación*

Los tableros deben de diseñarse para operar a una altitud de 1000 msnm. (1) En caso de que las características particulares se indique una altitud de operación mayor, deben de hacerse las correcciones indicadas.

### *Diseño por sismo*

Los tableros deben diseñarse para soportar la aceleración horizontal máxima indicada en las características particulares.

### *Cantidad*

El número de tableros, la denominación de cada uno de ellos y el número de secciones que integran cada tablero se indica en las características particulares.

### *Tipo de servicio*

Los tableros para servicio interior deben de ser tipo Nema 1 (ver apéndice pag. 72)

Los tableros para servicio exterior deben de ser tipo Nema 3 (ver apéndice pag. 72)

En caso de requerirse otro tipo, este se indica en las características particulares.

### *Incremento de la temperatura*

El incremento de temperatura en el punto más caliente en barras colectoras, derivaciones y partes conductoras de corriente no debe ser mayor de 65 °C sobre una temperatura ambiente de 40 °C.

### *Corriente nominal continua en barras colectoras e interruptores*

Es la máxima corriente alterna o corriente directa expresada en amperes, que debe ser llevada continuamente por las barras, interruptores termomagnéticos y electromagnéticos, sin exceder un incremento de temperatura de 65 °C, sobre una temperatura ambiente de 40 °C

(1) Metros Sobre el Nivel del Mar.

### *Corriente nominal continua en las derivaciones*

La corriente nominal de las derivaciones a los interruptores debe ser igual que la corriente del marco del interruptor termomagnético.

### *Corriente nominal momentánea en barras colectoras y derivaciones*

Es la corriente total máxima, que debe ser llevada momentáneamente por las barras colectoras y derivaciones sin sufrir daño eléctrico, térmico o mecánico ni deformaciones permanentes.

### *Arreglo de buses y sus derivaciones*

El arreglo de buses y sus derivaciones, deben ser A, B y C ò fase1, fase2, y fase3 ó R, S y T contando del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha visto desde el frente del tablero.

El arreglo de instrumentos y relevadores, deben ser A, B y C ò fase1, fase2, y fase3 ó R, S y T contando de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha visto desde el frente del tablero y estando la puerta cerrada.

## **3.3 Características de fabricación**

### *Tableros*

a) La construcción de los tableros debe de ser de material no combustible y resistente a la humedad, debe consistir básicamente en una estructura rígida autosoportada, eléctricamente continua y formados por secciones unidas entre sí para formar grupos completos.

Las estructuras como los gabinetes deben limpiarse en toda la superficie con chorros de arena o granalla de grado comercial (samblasteo) o en su defecto tratar la superficie químicamente y bonderizarla con fosfato de zinc.

Antes del acabado final del equipo se debe aplicar en seco el primario de epoxico catalizado de 25µm de espesor.

El acabado final debe de consistir de epoxico catalizado del color que se indica en las características particulares y debe de hacerse en seco con dos capas como mínimo de 38 $\mu$ m de espesor.

b) El calibre de la lámina de acero para formar la estructura del tablero, paneles laterales, puertas y ductos debe de ser de un espesor mínimo de 3.17 mm. y estar libres de rugosidad o escamas que marquen o rompan el aislamiento de los conductores.

c) La parte frontal de las secciones debe de tener puertas embisagradas y la parte posterior de las mismas debe de estar provista de tapas removibles por medio de tornillos.

d) Las secciones de los tableros deben construirse para el tipo de servicio interior y exterior de acuerdo a las normas Nema 1 y Nema 3. (ver apéndice pag. 72)

e) Cada grupo de las secciones debe de contar con un dispositivo de levantamiento, (ángulo o elemento estructural) instalado a lo largo de las secciones verticales, el cual debe ser lo suficiente robusto para soportar el manejo de la sección para embarque y su instalación en la obra.

f) Cada sección de los tableros para servicio interior debe estar provista de persianas o ventilas para la disipación de calor, la sección de tableros que alojen transformadores tipo seco o reactores deben tener ventilas colocadas de tal manera, que garanticen el flujo correcto del aire.

g) Las barras principales y las derivaciones deben quedar montadas internamente en la parte posterior, fijas, para conectarse también por medio de barras a los interruptores electromagnéticos y termomagnéticos.

h) Cada una de las secciones de los tableros debe tener internamente en la parte superior un ducto horizontal de sección transversal, suficiente para permitir el alambrado entre secciones verticales.

i) Cada sección debe contener un ducto vertical, el cual debe unirse al ducto horizontal mencionado en el inciso anterior.

j) Cada sección de los tableros debe de estar provista de una base de perfil estructural (canales) que permita su instalación sobre canales ahogados en el concreto y asegurada por medio de pernos de anclaje en las partes frontal y posterior de los gabinetes.

k) Los tableros tipo interior deben de estar provistos para la entrada de los cables de control por la parte superior o interior de los mismos, según se indique en las características particulares. En tableros tipo exterior la entrada de los cables debe de ser por la parte inferior.

l) En el caso de los cables de control y de fuerza, el proveedor debe suministrar las zapatas adecuadas para recibir los cables con los calibres indicados.

En el caso de que la llegada sea con electroducto, el proveedor debe prever las conexiones necesarias, ya que en este caso, el proveedor del electroducto suministrara todos los conectores o aditamentos que se requieren para dichas conexiones.

m) En el interior de cada sección, el tablero, debe de proveerse con alumbrado adecuado a 127 VCA y un receptáculo monofásico para operar a 127 V 60 Hz, el alambrado para estos circuitos debe de instalarse en tubo conduit rígido con apagadores para los focos.

n) En la parte inferior de los tableros, debe dejarse un espacio a todo lo largo del gabinete de una altura no menor de 30 cm., dicho espacio debe de quedar abierto en su parte inferior, entre los canales de la base para recibir cables, según se indique en las características particulares.

- o) La estructura de las secciones de los tableros debe tener una rigidez tal, que soporte sin sufrir daños ni deformaciones permanentes los esfuerzos de corto circuito así como los causados por el embarque e instalación u oxidación durante su almacenaje y operación.
- p) Todos los tableros deben de estar diseñados y construidos con un solo frente de operación, a menos que se indique lo contrario en las características particulares.

### 3.3.1 Barras colectoras y derivaciones

- a) Se debe de indicar la corriente nominal continua y la corriente nominal momentánea.
- b) Deben de fabricarse de cobre electrolítico

Deben ser esquinas redondeadas, lisas y estar libres de escamas y rugosidades.

El incremento de temperatura no debe ser mayor de 65 °C sobre una temperatura ambiente de 40 °C.

Las uniones entre las barras colectoras y sus derivaciones deben ser plateadas agregando además una capa de pasta que asegure alta conductividad, evite la corrosión galvánica y no permita la formación de óxido.

Los conectores, tornillos arandelas y tuercas deben de ser de material compatible con el cobre, que no provoque el efecto galvánico. La tornillería debe de cumplir con el torque adecuado. Las tuercas deben asegurarse con arandelas para evitar su aflojamiento por vibración.

Deben emplearse cuatro tornillos en cada conexión, a menos que no lo permita la dimensión de la barra de cobre a conectar.

- c) Los tableros deben estar provistos de una barra de cobre de 25 x 6 mm para la conexión a tierra, corrida a lo largo de todas las secciones, en la que se debe disponer cuando menos

de dos conectores situados en los extremos de cada tablero, para recibir cables de cobre con sección transversal de 67.43 a 107.20 mm<sup>2</sup>.

d) Las barras colectoras y derivaciones deben de soportarse con aisladores de porcelana o resina epóxica.

La separación de estos soportes aislantes debe ser tal que, tanto las barras como los soportes puedan resistir los esfuerzos producidos por las corrientes de corto circuito, sin sufrir daños ni deformaciones permanentes.

Se deben colocar soportes aislantes en la transición del bus de una sección a otra .

El espaciamiento entre fases y entre fase a tierra debe ser el indicado en la norma Nema ICS 1. (ver apendice pag. 75)

### 3.3.2. Alambrado de control y del equipo auxiliar

a) El alambrado del tablero para las conexiones al exterior debe de llevarse a tablillas terminales. Debe alambirse de un solo lado de la tablilla terminal .Cualquier conexión común que se requiera en un futuro, debe ser hecha en este mismo lado dejando libre el otro lado para la llegada del alambrado del usuario final.

b) El arreglo del alambrado debe ser tal, que los aparatos e instrumentos puedan ser removidos sin causar problemas en el alambrado, el cual debe de estar de acuerdo a los diagramas unifilares, trifilares y esquemáticos aprobados para construcción.

c) La ruta del cableado debe ser ordenada y no debe obstaculizar la apertura de puertas y cubiertas, la revisión de equipo, el acceso a terminales, aparatos e instrumentos y el alambrado en el campo.

d) Las terminales que no sean usadas en los relevadores, instrumentos, contactos auxiliares etc. deben llevarse a tablillas terminales para uso futuro.

e) El alambrado debe agruparse en mazos amarrados con cinturones, canaletas o ductos

de plástico no inflamable que no lastime el aislamiento del conductor.

f) El alambrado debe ser instalado, conectado y probado antes del embarque.

g) El alambrado debe soportar las pruebas de tableros.

### 3.3.3 Conductores para alambrado de control y equipo auxiliar

a) Utilizar cable tipo flexible para 600 V y 90 °C, con recubrimiento resistente a la propagación de incendio.

b) Los cables que pasen a puertas embisagradas deben de ser de tipo extraflexible, adecuado para esta aplicación.

c) El calibre de los conductores debe ser el calculado para el caso más desfavorable en cada aplicación o circuito.

d) Ningún empalme en los conductores es aceptado.

e) Si algún aparato o instrumento tiene como terminal puntas de cables, estas deben de conectarse a la tablilla terminal para que a su vez sea borne de dicho aparato.

f) Cada cable debe ser identificado con la nomenclatura en los extremos por medio de un manguito de plástico u otra identificación permanente similar. La nomenclatura debe corresponder a la indicada en los diagramas de alambrado.

g) El color del aislamiento de los conductores utilizados debe ser como sigue:

Circuitos de control :	rojo
Circuitos de potencial :	negro
Circuitos de corriente:	blanco
Conexiones a tierra:	verde

### *Terminales o zapatas*

Las terminales de los conductores deben ser tipo ojo o anillo y sujetarse a las tablillas por medio de tornillos.

El tamaño de las zapatas debe estar de acuerdo a la capacidad de corriente.

No se aceptan zapatas abiertas ni del tipo espada.

Las terminales de los cables deben ser del tipo compresión.

No se permiten más de dos terminales del alambrado interno por punto terminal.

#### Tablillas terminales

Todas las tablillas de control y de los circuitos auxiliares deben de estar debidamente identificadas.

Las tablillas terminales debe ser del tipo sujeción de la zapata ò sujeción del cable por medio de un tornillo.

Las tablillas de control deben ser para 600V, 20 A.

No se permite más de dos zapatas ò cables en el tornillo de una tablilla.

### **3.4 Placas de identificación**

En cada sección vertical, debe llevar dos placas generales, una al frente y otra en la parte posterior de la misma indicando la denominación de la sección y el número. El tamaño de las placas debe ser tal que aloje caracteres de letra de dos centímetros de altura.

En cada sección de interruptor (solo el frente) debe llevar una placa con la leyenda de las características particulares del mismo.

Las placas deben de ser de un material plástico laminado de 3.2mm de espesor, formadas por dos laminas, una blanca y otra negra, de tal manera que las letras queden en blanco y con fondo negro, estas placas deben fijarse por medio de tornillos en perforaciones roscadas en lamina.



### **3.5 Pruebas**

#### *Inspección visual*

Verificar que no existan faltantes en el tablero y que los componentes del mismo corresponden al listado de equipo.

#### *Potencial aplicado a 60 hz.*

La tensión de prueba debe tener un valor cresta igual a 1.41 veces el valor eficaz especificado con una duración de 1min.

#### *Resistencia de aislamiento.*

Se hace una prueba con el Megger aplicando 5000 VCD durante 1 min. Al cableado de control y fuerza.

#### *Operación mecánica.*

En cada interruptor se deben efectuar cuando menos cinco operaciones cerrar-abrir.

Probar mecanismo de puertas, marcos etc.

#### *Verificación de puesta a tierra.*

Debe verificarse la puesta a tierra efectiva de carcazas, puertas, tapas etc. Timbrándolos.

#### *Faseo.*

Revisar la secuencia de fases en los buses, control y medición.

El alambrado del control se revisa con la operación eléctrica de los dispositivos conectados y checando la continuidad de los circuitos.

#### *Espesor de lamina y recubrimiento anticorrosivo.*

Se raya horizontal y verticalmente la superficie a probar, después se le hace pegar cinta adhesiva ó con un micrómetro.

### **3.6 Conclusión**

El tablero que se instaló en este proyecto consta de un interruptor de 1200 A. el cual es la protección general de corto circuito de todo el tablero, enseguida se tiene los interruptores de 15, 150, 250, y 400 A. que vienen siendo sus interruptores derivados, que a su vez son los generales de las cargas conectadas a ellos. El tablero puede ser de cualquier otro distribuidor eléctrico cumpliendo con la NOM-1999 en este proyecto se eligió una marca Siemens. El tablero o gabinete en primer lugar tiene la finalidad de proteger al ser humano, y en segundo lugar a los elementos eléctricos, por lo cual tiene que estar aterrizado; para que se pueda manipular los dispositivos o herramientas que a su vez controlen la energía eléctrica. Los tableros de media y baja tensión, es la protección básica de cualquier carga en la parte de distribución de energía desde un transformador de potencia hasta un contacto común y corriente, ya que en ellos se pueden alojar interruptores termomagnéticos de gran capacidad o de baja capacidad, arrancadores de motores a tensión plena o tensión reducida, dispositivos de medición, displays, reelevadores de protección, control, fuerza ó cualquier otro arreglo que se requiera. Los interruptores alojados en el tablero funcionan como seccionadores de cargas en paralelo, esto nos sirve primero para protección del sistema y después para seccionar las cargas, ya sea para darles mantenimiento, hacer una revisión o simplemente dejar sin energía esa sección.

Los tableros de distribución, independientemente de la marca, están diseñados en base a la capacidad y tipo de interruptores que se alojen en su interior, están normalizados para usos interiores y exteriores, con una perfecta seguridad para los operadores.

En base a que se cumplieron todas las especificaciones técnicas, y el tablero se armó con respecto al diagrama unifilar proporcionado por la Dirección General de Construcción de Obras Hidráulicas la instalación del tablero de distribución se aprueba satisfactoriamente.

# **TEMA IV :**

## **APENDICE**

"Para algunos su verdad absoluta es la Biblia, para mi es el intelecto"

*Orlando García Zavaleta*





**Descripción simplificada de los diferentes tipos de caja o gabinete según designaciones de NEMA y CCONNIE**

CAJA O GABINETE	DESCRIPCION
tipo 1.-	Usos generales.- Diseñado para uso en interiores en áreas donde no existen condiciones especiales de servicio y proteger el contacto accidental de personas con el equipo protegido.
tipo 2.-	Aprueba de goteo.- Diseñado para uso en interiores ,proteger el equipo contra goteo de líquidos no corrosivos y contra la salpicadura de lodos
tipo 3.-	Para servicio intemperie.- Diseñado para uso en exteriores y proteger el equipo que encierran contra tolvaneras y aire húmedo . Gabinete metálico resistente a la corrosión.
tipo 3R.-	Aprueba de lluvia.- Diseñado para uso en exteriores y proteger el equipo que encierran contra la lluvia. Gabinete metálico resistente a la corrosión.
tipo 4.-	Hermético al agua y al polvo.- Diseñado para equipo expuesto directamente a severas condensaciones externas ,salpicaduras de agua o chorro de manguera.
tipo 4X.-	Hermético al agua , al polvo y resistente a la corrosión.- Debe cumplir con los mismos requisitos que se indican para el gabinete Tipo 4 y además ser resistente a la corrosión (con acabado especial para resistir corrosión o gabinete hecho de poliester)
tipo 5.-	Hermético al polvo.- Diseñado para uso en interiores y proteger el equipo que encierran contra el polvo
tipo 6.-	Sumergible ,Hermético al agua y al polvo.- Diseñado para interiores y exteriores en caso de inmersión ocasional caída de chorros directos de agua ,polvos o pelusas.
tipo 7.-	Aprueba de gases explosivos .-Equipo encerrado en aire. Diseñado para uso en atmósferas peligrosas clase I grupo B,C o D y soportar una explosión interna sin causar peligros externos.
tipo 8.-	Aprueba de gases explosivos .-Equipo encerrado en aceite. Diseñado para el mismo fin que el tipo 7pero su Equipo trabaja sumergido en aceite y evitar cualquier posibilidad de chispas que se produzcan arriba del aceite.
tipo 9.-	Aprueba de polvos explosivos .-Equipo encerrado en aire. Diseñado para uso en atmósferas peligrosas y evitar el ingreso de cantidades peligrosas de polvos explosivos.
tipo 10.-	Para uso en minas.- Diseñado para uso en mina cumpliendo los requisitos para atmósferas que contienen mezclas de metano y aire , gabinete a prueba de explosión con juntas y seguros adecuados.
tipo 11.-	Resistente a la corrosión .- Equipo encerrado en aceite. Diseñado para proteger el Equipo contra condensaciones externas de líquidos corrosivos humos y gases.
tipo 12.-	Uso industrial , hermético al polvo y al goteo .- Diseñado para uso en interiores y proteger el Equipo contra fibras insectos ,pelusas ,polvos goteos y condensaciones externas de líquidos en áreas donde no existen condiciones especiales de servicio y proteger el contacto accidental de personas con el Equipo protegido.
tipo 13.-	Uso industrial , hermético al polvo y al aceite.- Diseñado para uso en interiores y proteger el Equipo contra aceites, líquidos refrigerantes y polvos, principalmente en gabinetes de dispositivos piloto de maquinas herramientas.

**Clasificación de cables de Control y Cables de potencia  
(Manual Eléctrico CONELEC cuarta edición)**

<b>CODIGO DE COLORES</b>	
1.-	Negro
2.-	Blanco
3.-	Rojo
4.-	Verde
5.-	Naranja
6.-	Azul
7.-	Blanco-Negro
8.-	Rojo-Negro
9.-	Verde-Negro
10.-	Naranja-Negro
11.-	Azul-Negro
12.-	Negro-Blanco
13.-	Rojo-Blanco
14.-	Verde-Blanco
15.-	Azul-Blanco
16.-	Negro-Rojo
17.-	Blanco-Rojo
18.-	Naranja-Rojo
19.-	Azul-Rojo
20.-	Rojo-Verde
21.-	Naranja-Verde
22.-	Negro-Blanco-Rojo
23.-	Blanco-Negro-Rojo
24.-	Rojo-Negro-Blanco

**Barras rectangulares de cobre , corrientes admisibles (Cortesía de SELMEC S.A.)**

DIMENSIONES		SECCION		PESO		CORRIENTE ADMISIBLE EN AMP.			
mm. aprx.	Pulg.	mm.	Pulg.	Kg/m.	Lbs/ft				
51x3	2x1/8	162	0.250	1.431	0.962	447	705	894	1024
76x3	3x1/8	242	0.375	2.149	1.444	696	1100	1392	1600
102x3	4x1/8	323	0.500	2.864	1.925	900	1420	1800	2070
51x6	2x1/4	323	0.500	2.864	1.925	647	1020	1294	1488
76x6	3x1/4	485	0.750	4.300	2.89	973	1540	1946	2238
102x6	4x1/4	645	1.000	5.729	3.85	1220	1925	2440	2800
51x10	2x3/8	485	0.750	4.300	2.89	865	1365	1730	1990
76x10	3x3/8	725	1.125	6.443	4.33	1180	1860	2360	2714
102x10	4x3/8	967	1.500	8.586	5.77	1440	2280	2880	3312

Capacidad basada en 40°C ambiente, 30°C sobre elevación de la temperatura, 98% de conductividad, 6.3 mm de separación entre barras.

**Separación entre barras para diferentes voltajes (Cortesía de SELMEC S.A.)**

VOLTAJE	DISTANCIA MINIMA ENTRE POTENCIALES OPUESTOS		DISTANCIA MINIMA A TIERRA	
	mm.	Plg.	Mm.	Plg.
250	51	2	38	1½
600	64	2½	51	2
1100	89	3½	64	2½
2300	102	4	70	2¾
4000	114	4½	70	3
6600	114	4½	76	3
7500	114	4½	83	3¼
9000	114	4½	89	3½
11000	121	4¾	95	3¾
13200	127	5	108	4¼
15000	140	5¼	114	4½
16500	153	6	127	5
18000	178	7	152	6
22000	229	9	178	7
26000	305	12	229	9
35000	381	15	305	12
45000	457	18	381	15
56000	483	19	445	17½

## **Descripción simplificada de los diferentes tipos de caja y gabinetes (Envolventes)**

(Según designación de NMX-J235 y ANCE-1999 PARTE 1y2.)

### Definiciones

*Grado de protección:* La capacidad de protección proporcionada por un envolvente (gabinete) contra el acceso a partes que resulte en un riesgo de lesión, el ingreso de objetos sólidos extraños o el ingreso de agua, verificada mediante métodos de prueba normalizados.

*Envolvente (gabinete):* Una caja construida para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado y para proporcionar un grado de protección al equipo encerrado contra condiciones ambientales específicas.

Los tipos específicos de envolventes (gabinetes, sus aplicaciones y las condiciones ambientales adicionales de protección para las que están diseñados son como se indica.)

**Tipo 1:** Envolvente (gabinete), construido para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado y para proporcionar un grado de protección contra la suciedad.

**Tipo 2:** Envolvente (gabinete), construido para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, para proporcionar un grado de protección contra la suciedad y para proporcionar un grado de protección contra goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos.

**Tipo 3:** Envolvente (gabinete), construido para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve y tolvanera y que no se dañara por la formación de hielo en el exterior del envolvente (gabinete).



**Tipo 3R:** Envolverte (gabinete), construido para uso interior ò exterior para proporcionar un grado de protecci3n al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve y que no se dañara por la formaci3n de hielo en el exterior.

**Tipo 3S:** Envolverte (gabinete), construido para uso interior ò exterior para proporcionar un grado de protecci3n al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve y tolveneras; y en el cual el mecanismo externo sigue operable cuando se forman capas de hielo.

**Tipo 4:** Envolverte (gabinete), construido para uso interior ò exterior para proporcionar un grado de protecci3n al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, aguanieve, nieve, tolveneras, salpicaduras de agua y chorro directo de agua y que no se dañara por la formaci3n de hielo en el exterior del envolverte (gabinete).

**Tipo 4X:** Envolverte (gabinete), construido para uso interior ò exterior para proporcionar un grado de protecci3n al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, aguanieve, nieve, tolveneras, salpicaduras de agua, chorro directo de agua, corrosi3n y que no se dañara por la formaci3n de hielo en el exterior del envolverte (gabinete).

**Tipo 5:** Envolverte (gabinete), construido para uso interior ò exterior para proporcionar un grado de protecci3n al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, acumulaci3n de polvo del ambiente, pelusa, fibras y partículas flotantes, contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos.

**Tipo 6:** Envolverte (gabinete), construido para uso interior ò exterior para proporcionar un grado de protecci3n al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado,

contra la suciedad, lluvia, aguanieve, nieve, chorro directo de agua y la entrada de agua durante inmersión temporal ocasional a una profundidad limitada y que no se dañara por la formación de hielo en el envolvente (gabinete).

**Tipo 6P:** Envolvente (gabinete), construido para uso interior ò exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, aguanieve, nieve, chorro directo de agua, corrosión y la entrada de agua durante inmersión prolongada a una profundidad limitada y que no se dañara por la formación de hielo en el envolvente (gabinete).

**Tipo 12:** Envolvente (gabinete), construido (sin discos desprendibles) para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, acumulación de polvo del ambiente, pelusa, fibras, partículas flotantes, contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos y contra salpicaduras ligeras y escurrimientos de aceite y refrigerantes no corrosivos.

**Tipo 12K:** Envolvente (gabinete), construido (con discos desprendibles) para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, acumulación de polvo del ambiente, pelusa, fibras, partículas flotantes, contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos y contra salpicaduras ligeras y escurrimientos de aceite y refrigerantes no corrosivos.

**Tipo 13:** Envolvente (gabinete), construido para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, el polvo del ambiente, pelusa, fibras, partículas flotantes; y contra el rociado, salpicaduras y escurrimientos de agua, aceite y refrigerantes no corrosivos.

## **Grados de Protección.**

La norma europea en 60529 (IEC 529) describe un sistema para clasificar los grados de protección, suministrado con el contenido del equipo eléctrico.

Este sistema usa el código “IP” dentro del siguiente método:

- 1) Letras código IP. (International Protection)
- 2) Primer numero característico.- Protección de personas contra acceso a partes vivas y protección del equipo contra ingreso de objetos sólidos extraños o polvo.
- 3) Segundo numero característico.- Protección de equipo contra ingreso de agua con efectos perjudiciales.
- 4) Letra adicional (opcional).- Usada únicamente cuando la protección de personas es mayor que la indicada por el primer numero característico.
- 5) Letras suplementarias (opcional).- Usada únicamente para indicar información suplementaria.

Cuando un número característico no es requerido por esta especificación es reemplazado por la letra “X”.

Las letras adicionales y suplementarias pueden ser omitidas o si no reemplazadas.

El comité técnico IEC “TC 70” es responsable por esta norma decidiendo el código IP, en donde solo puede ser usado con los números y letras indicados en la misma.

### 1er Numero Característico

Grado de protección contra acceso a partes vivas indicada por el primer numero característico.



**IP 0X**  
No Protegido



**IP 1X**  
Protegido contra el acceso a partes vivas con el apoyo de la mano.  
Protegido contra objetos sólidos extraños de 50mm.Ø en adelante.



**IP 2X**  
Protegido contra el acceso a partes vivas con un dedo.  
Protegido contra objetos sólidos extraños de 12.5mm. Ø en adelante.



**IP 3X**  
Protegido contra el acceso a partes vivas con una herramienta de 2.5mm.Ø  
Protegido contra objetos sólidos extraños de 2.5mm.Ø en adelante.



**IP 4X**  
Protegido contra el acceso a partes vivas con un alambre de 1mm.Ø  
Protegido contra objetos sólidos extraños de 1mm.Ø en adelante.



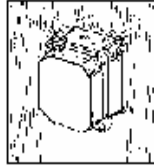
**IP 5X**  
Protegido contra el polvo.  
El ingreso del polvo no es totalmente impedido ,pero el polvo no penetrara en una cantidad que interfiera con la operación satisfactoria o el deterioro del aparato.



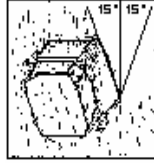
**IP 6X**  
Contra el polvo.  
No hay ingreso de polvo.

### 2do Numero Característico

Grado de protección contra agua indicado por el segundo numero característico.



**IP X0**  
No protegido.



**IPX1**  
Protegido contra la caída vertical de goteo de agua



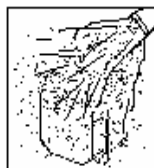
**IP X2**  
Protegido contra la caída vertical de goteo de agua donde el gabinete esta inclinado a 15° sobre ambos lados de la vertical, la caída del goteo no tendrá efectos de daño en el gabinete si es inclinado a cualquier ángulo de 15° sobre ambos lados de la vertical.



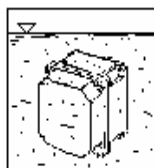
**IP X3**  
Protegido contra el rociado de agua.  
El rocío de agua en un ángulo de 60° sobre ambos lados de la vertical , no tiene efectos de daño.



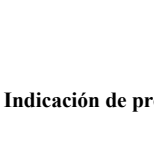
**IP X4**  
Protegido contra salpicaduras de agua.  
Las salpicaduras de agua en cualquier dirección contra el gabinete , no tiene efectos de daño.



**IP X5**  
Protegido contra chorro de agua.  
El chorro de agua proyectado contra el gabinete desde cualquier dirección ,no tiene efecto de daño.



**IP X6**  
Protegido contra fuerte chorro de agua.  
El fuerte chorro de agua proyectada contra el gabinete desde cualquier dirección , no tiene efecto de daño.



**IP X7**  
Protegido contra efectos temporales de inmersión en agua.  
El ingreso de agua en pequeñas cantidades no causa daño si el gabinete esta bajo condiciones de norma, presión y tiempo.



**IP X8**  
Protegido contra efectos continuos de inmersión en agua.  
El ingreso de agua en pequeñas cantidades no causa daño bajo condiciones del fabricante y usuario mas severas que el 7

### Letras adicionales (Opcional)

Protección de personas contra acceso a partes vivas con:

- A: Apoyo de la mano.
- B: Dedo de la mano
- C: Herramienta
- D: Alambres

### Letras suplementarias (Opcional)

Información suplementaria especifica a:

- H: Aparatos de alto voltaje.
- M: Prueba de resistencia al agua en movimiento.
- S: Prueba de resistencia al agua sin movimiento.
- W: Condiciones de tiempo.

### Indicación de protección acordado por la norma EEC el.



Protección contra salpicaduras.  
(Similar al grado de protección IP X4)



Protección contra chorro de agua desde todas direcciones.  
(Similar al grado de protección IP X5)



Impermeable en inmersión.  
(Similar al grado de protección IP X4)

## **5.1 BIBLIOGRAFIA**

1.- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999

Instalaciones Eléctricas ( Utilización)

2.- Análisis introductorio de circuitos

Robert L. Boylestad

3.- Catalogo general de tableros y subestaciones compactas

Siemens SA de CV

4.- Manual eléctrico cuarta edición

Conelec

5.- Corrección de factor de potencia con capacitores

ABB Franz Voglaire

6.- Conductores para alambrado de tableros eléctricos

Comisión Federal de Electricidad especificación CFE-E0000-01

7.- Tableros metálicos blindados para tensiones nominales de 4.16 y 7.2 kv

Comisión Federal de Electricidad especificación CFE-V6000-18

8.- Tableros DE servicios auxiliares para centrales hidroeléctricas

Comisión Federal de Electricidad especificación CFE-V6700-32

9.- Reparación de motores eléctricos

Robert Rosenberg. Parte 1 y 2