



Cuaderno del Instructor

Módulo 4: “Sistemas celdas de baja tensión”.

PFMEI-3-01/V.1[PE01-M04/v.1]

Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:



Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente del Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Jefe de Proyecto Empresas
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero

Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.

Teléfono: (562) 2347 2200

www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; FreeportMcMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.

Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.



Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educativas:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.



Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

| | |
|--|-----|
| Descripción del documento..... | 7 |
| Módulo IV: Mantenión de Sistemas Celdas de Baja, Media y Alta Tensión..... | 8 |
| 1. Interpretación de planos eléctricos..... | 9 |
| 1.1 Sistemas eléctricos de potencia..... | 9 |
| 1.2 Esquemas básicos de Conexión Equipamiento | 12 |
| 1.3 Esquemas unifilares | 18 |
| 1.4 Tipos de planos eléctricos..... | 36 |
| 1.5 Diagramas elementales de control..... | 52 |
| 1.6 Método para la localización de fallas..... | 59 |
| 2. Protecciones eléctricas en BT | 63 |
| 2.1 Fundamentos de las protecciones eléctricas | 63 |
| 2.2 Ajuste y Coordinación de Protecciones..... | 67 |
| 2.3 Puestas a tierra | 77 |
| 3. Celdas de baja tensión..... | 78 |
| 3.1 Prevención de Riesgos Eléctricos en Baja Tensión..... | 78 |
| 3.2 Tipos de Celdas de Baja Tensión | 84 |
| 3.3 Instalación de Celdas de Baja Tensión..... | 87 |
| 3.4 Mantenión a Celdas de Baja Tensión..... | 88 |
| Actividad N°6..... | 106 |

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de **Mantenedor Eléctrico Avanzado Equipos Fijos**.

El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se listan a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los requerimientos de la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto a las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento de evaluación de proceso”. Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%.

Módulo IV: Mantenimiento de Sistemas Celdas de Baja, Media y Alta Tensión

1. Interpretación de planos eléctricos

1.1 Sistemas eléctricos de potencia

Un SEP se utiliza para Generar, Transmitir, Distribuir y Consumir económicamente la energía eléctrica. Para comprender su uso, se debe estar muy familiarizado con los conocimientos, clasificaciones y detalles de diseño y construcción, utilizados en las instalaciones eléctricas.

La Figura 1 es un diagrama unilineal típico de un SEP que incluye todas las etapas constructivas, que uno a uno son las siguientes:

- Generación
- Transmisión
- Distribución
- Consumo



Figura 1

Generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Clasificaciones del voltaje

En Chile la Norma Chilena (NCH) dice:

En Chile los valores son:

| | |
|---------------------------|---------------------------|
| Extra Baja | : Hasta 42 V |
| Baja Tensión | : 42 V A 1000 V |
| Media Tensión | : 1 kV a 66 kV |
| Alta Tensión | : 66 kV a 220 kV |
| Extra Alta Tensión | : Mayores a 220 kV |

Voltajes de Generación

Generadores Grandes y Medianos

La mayoría de estos generadores ubican sus potencias eléctricas en voltajes que fluctúan entre los 10 kV y 50 kV, en el rango de Media Tensión.

Su principal uso está en las Grandes Centrales o Sistemas Interconectados y la Gran y Mediana industria

Generadores Medianos y Pequeños

Estos equipos ubican sus voltajes de generación en los niveles de Media Tensión y Baja Tensión.

Su mayor aplicación está en las Ciudades, Industrias Medianas y Centrales de Emergencias permitiendo con esto último, resolver problemas de suministro en los momentos en que los grandes y Medianos Sistemas Interconectados se encuentran afectados con algún grado de falla, Apagón o Parcial.

Voltajes del sistema de Baja Tensión

La Norma Chilena señala lo siguiente:

| |
|---|
| 230/400 Volts, comúnmente 220/380 Volts |
|---|

Conexiones

Ventajas de los Sistemas Trifásicos

Los sistemas trifásicos (también conocidos como 3Φ o de tres fases) se usan ampliamente para la generación, transmisión, distribución y consumo de la potencia eléctrica porque son superiores en el volumen de potencia a los sistemas monofásicos.

Ventajas de Los Sistemas Trifásicos

- Es posible producir máquinas más pequeñas con la misma capacidad de KVA. Un generador trifásico o motor construido en el mismo tamaño de estructura NEMA que un motor monofásico puede tener un rango nominal en KVA hasta 1,5 veces superior al de la máquina monofásica.
- Un sistema de distribución trifásico requiere alrededor de un 75% del cobre requerido por un sistema monofásico para distribuir igual cantidad de energía con la misma eficiencia y tensión.
- Un sistema trifásico produce tres ondas sinusoidales espaciadas entre sí en 120 grados eléctricos. Debido a esto, la potencia entregada a una carga equilibrada trifásica es constante todo el tiempo, mientras que la potencia entregada a una carga monofásica es pulsante. Esto significa que las

características de funcionamiento de las máquinas trifásicas son muy superiores a las máquinas monofásicas similares.

- El diseño de los motores trifásicos es mucho más simple que los motores monofásicos. Los motores trifásicos son de arranque automático y no requieren de un devanado de arranque.

Generación de las Tensiones Trifásicas

Un alternador monofásico genera una tensión de onda sinusoidal cuando los conductores del inducido son cortados por un campo magnético giratorio. Si se coloca un segundo conjunto de devanados en el inducido de un alternador, desplazado del primer devanado por un número dado de grados eléctricos, el alternador producirá un segundo voltaje alternante. Esta segunda tensión de onda sinusoidal alcanzará sus valores máximos o pico en tiempos diferentes que el voltaje producido por el primer conjunto de devanados.

Cada uno de los dos voltajes generados con formas de onda sinusoidal se denomina *fase*. Los sistemas polifásicos son sistemas que tienen dos o más fases.

El sistema polifásico más común es el sistema trifásico.

Los alternadores trifásicos se construyen con tres conjuntos separados de devanados colocados en el inducido separado por 120 grados eléctricos entre ellos. Por simplicidad, cada conjunto de devanados en la Figura 3 contiene solamente una vuelta. A medida que el campo gira produce tres ondas sinusoidales de igual frecuencia y magnitud, todas fuera de fase 120 grados entre ellas.

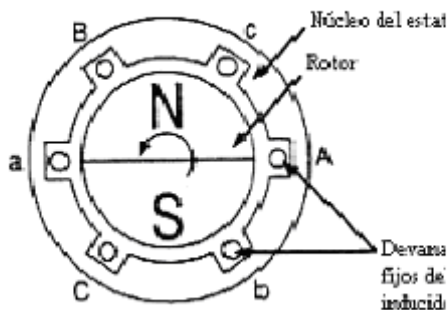


Figura 3

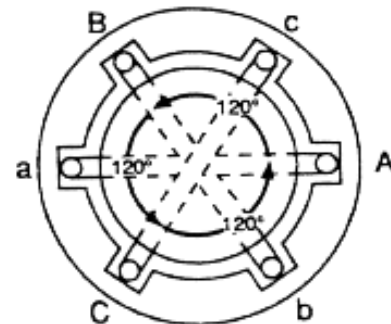


Figura 2

1.2 Esquemas básicos de Conexión Equipamiento

Subestaciones

Principalmente llamadas Subestaciones (SS/EE).

Clasificación

- **Alta Tensión**

Central Generadora

Primaria de Maniobras

Primaria de Maniobras y de Distribución

Capsuladas o GIS (Gas Insulated Level)

- **Media Tensión**

1. Intemperie

2. Bajo Techo o Celdas

3.- Unitarias o Modulares

- **Baja Tensión**

1.- Tableros de Fuerza y Control

2.- Centro de Control de Motores

Equipamiento

- **Alta Tensión**

Elementos Comunes en Alta Tensión

S/E: patio que contiene equipos de AV, incluyendo terminales de línea, desconectadores, interruptores, transformadores de potencia, pararrayos, transformadores de instrumentos, y equipos de control y medición. Que permite controlar y medir de manera segura un sistema de alta tensión



Figura 4

Switch Gear

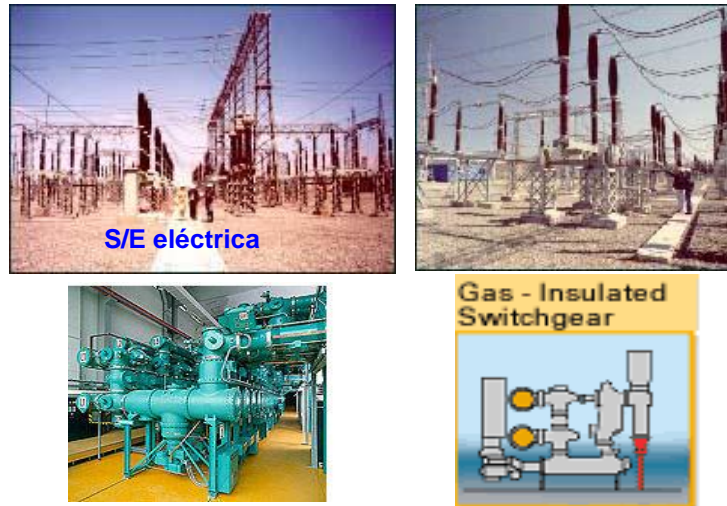


Figura 5

Elementos Comunes en Alta Tensión

- **La subestación unitaria** es un gran cubículo metálico hecho en fábrica que cuenta con varios compartimientos individuales. El diseño modular le da flexibilidad, y las unidades son ensambladas en el lugar de trabajo además cuenta con todas las protecciones necesarias

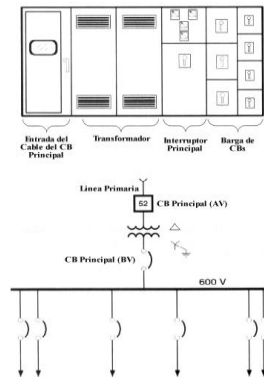
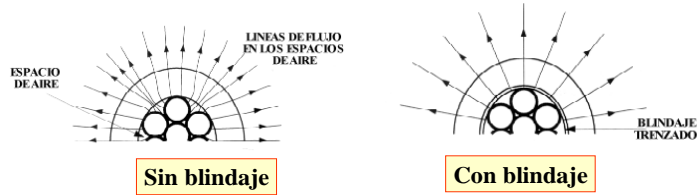


Figura 6

- Cable

Métodos de blindaje



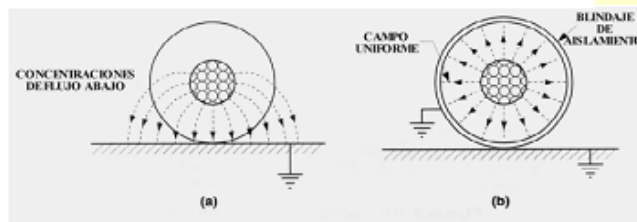
El problema del aire ionizado es superado al cubrir el trenzado con una capa delgada semi-conductora o conductora de plástico impregnado en metal o carbón (un blindaje conductor o trenzado), el que efectivamente une o enlaza los trenzados externos (Figura derecha). Las líneas electrostáticas luego emanan desde este material y no desde el trenzado. Las líneas no pasan a través de los espacios de aire y se evita la ionización.

Figura 7

Métodos de blindaje

el blindaje aterrizado:

Proporciona un flujo uniforme en el aislamiento del cable. Suprime las posibles interferencias en radio o televisión al confinar el flujo. Actúa protegiendo la vida en caso de daños mecánicos en el cable.



El blindaje de aislamiento se denomina comúnmente el *semi-con*, que quiere decir: semiconductor.

Figura 8

- Celdas MT

Indoor Metal-enclosed Gear



Figura 9

**S/E Distribución
Elecda**



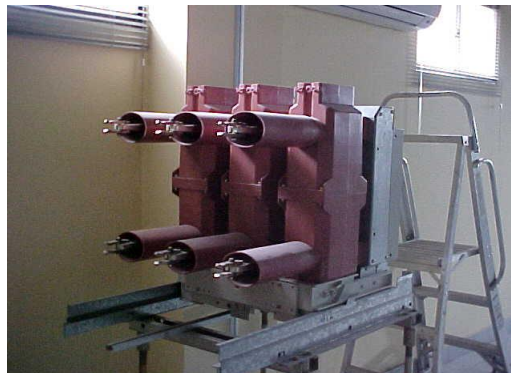
Figura 10

**S/E Distribución
Elecda**



Figura 11

**S/E Distribución
Elecda-Antofagasta**



Interruptor de Carro (Vista Posterior)

Figura 12

**S/E Distribución
Elecda-Antofagasta**



Interrupción de Carro (Vista Frontal)

Figura 13

- **Tableros de Fuerza BT**



Figura 14

- **Centro de Control**



Figura 15

1.3 Esquemas unifilares

Diagrama Unilineal

Es la representación de una fase en los circuitos trifásicos, considerando que las tres fases se representan de una manera igual, conteniendo la misma información

Simbología Aplicada en AT y MT

Simbología Utilizada en los Planos Unilineales Operación y Mantenimiento Sistemas Interconectados SING Y SIC

Los símbolos utilizados corresponden a la norma NEMA (National Electric Manufacturer Association).

Se indican los utilizados en la presentación de los diagramas.

| Descripción | Primera Letra |
|------------------------|--|
| Interruptor | 52 |
| Desconectador de Línea | 89 |
| Nivel de Tensión (kV) | A : 154 B : 66 C : 11 a 15 D : 1 a 10 |

Tabla1

| Descripción | Primera Letra |
|-----------------------|--|
| Nivel de Tensión (KV) | E : 23 - 25 F : 44 H : 110 J : 220 K : 380 SA : 220/380 Volts |

Tabla2

| Descripción | Segunda Letra |
|-------------|---|
| | T : Interruptor o Desconectador de un Transformador RV : Interruptor o Desconectador de un Regulador de Voltaje R : Interruptor o Desconectador de un Acoplador de Barra S : Interruptor Seccionador de Barra G : Interruptor o Desconectador de un Generador CS : Interruptor o Desconectador de un Condensador Sincrónico TP : Desconectador de un Transformador de Potencial |

Tabla3

Ejemplos:

52JT1 = Interruptor (52) 220 kV (J) Transformador 1 (T1)

52J1 = Interruptor (52) 220 kV (J) Línea 1 (Mejillones – Antofagasta)

CENTRAL GENERADORA

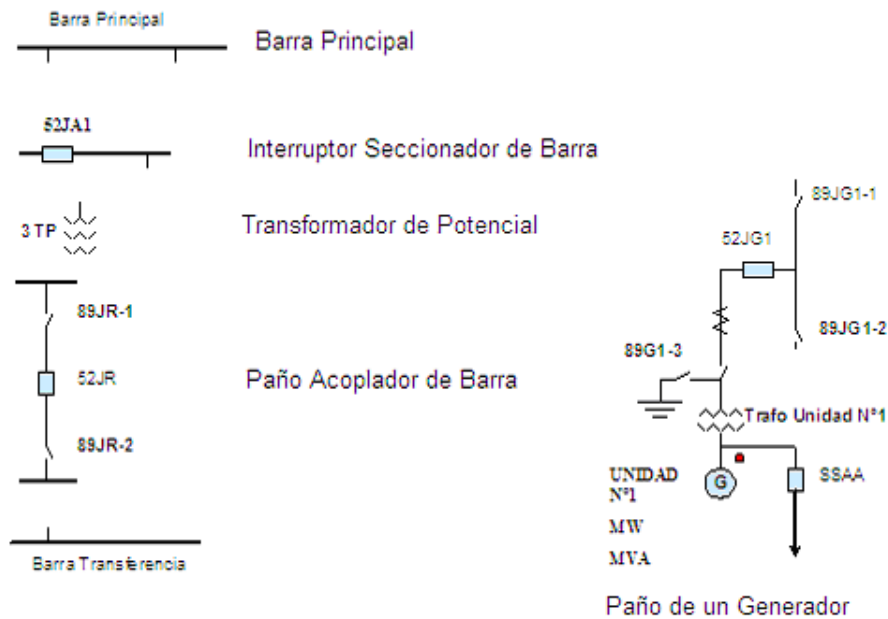


Figura 16

SIMBOLOGÍA

| NOMENCLATURA | DESCRIPCIÓN |
|--------------|------------------------|
| 89 | Desconectador de línea |

Los desconectadores en un SEP, tal como se ve en la figura, se utilizan acompañando a un interruptor, aguas arriba y aguas abajo de éste, recibiendo los siguientes nombres y sus respectivos símbolos:

89J1-1 : Desconectador de Línea
 89J1-2 : Desconectador de Barra
 89J1-3 : Desconectador de transferencia
 Toda esta estructura recibe el nombre de "PAÑO DE....."

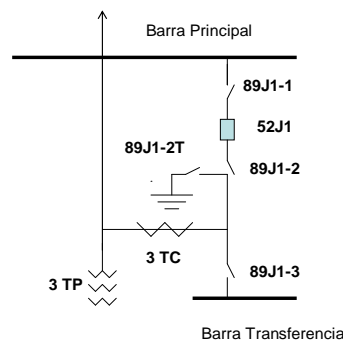


Figura 17

Ejemplo de Números NEMA

- 51 Relé de sobre corriente de C.A.:** Opera cuando la corriente de un circuito de C.A. excede de un valor dado.
- 52 Interruptor o Contactor de C.A.:** Es aquel cuya función principal es usualmente interrumpir corrientes de cortocircuito o de falla.
- 67 Relé direccional de potencia de C.A. o Relé de sobre corriente direccional de potencia de C.A.:** Opera para un valor dado de potencia que tiene una determinada
- 89 Desconectador de Líneas:** Es aquel que se utiliza como desconectador o elemento de aislación, en un circuito de poder de C.A. o C.C. Puede ser operado a pértiga, con

INSTALACIONES COMPONENTES DE UN SEP

CENTRALES GENERADORAS

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

S/E PRIMARIAS

S/E DISTRIBUCIÓN

Figura 18

CENTRAL GENERADORA

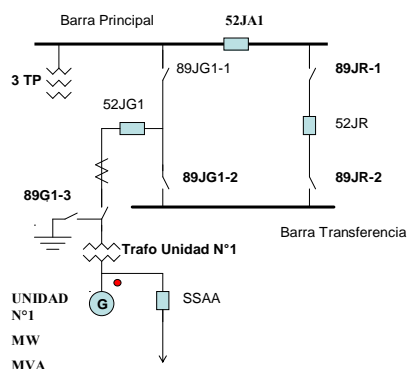


Figura 19

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA CENTRAL GENERADORA

NOMBRE DE LA INSTALACIÓN

PAÑO UNIDAD GENERADORA N°

| COMPONENTES | DESIGNACIÓN |
|--------------------------------|-------------|
| Interruptor | 52JGN° |
| Desconector de Línea | 89JN°-1 |
| Desconector de Barra | 89JN°-2 |
| Desconector de Puesta a Tierra | 89JN°-2T |

Figura 20

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA CENTRAL GENERADORA

EQUIPOS

| COMPONENTES | DESIGNACIÓN |
|------------------------------|-------------|
| Unidad Generadora N° | GN° |
| Transformador Principal | Trafo N° |
| Transformadores de Corriente | TC |
| Transformadores de Potencial | PT |
| Servicios Auxiliares | SS/AA |

Figura 21

LÍNEA DE TRANSMISIÓN

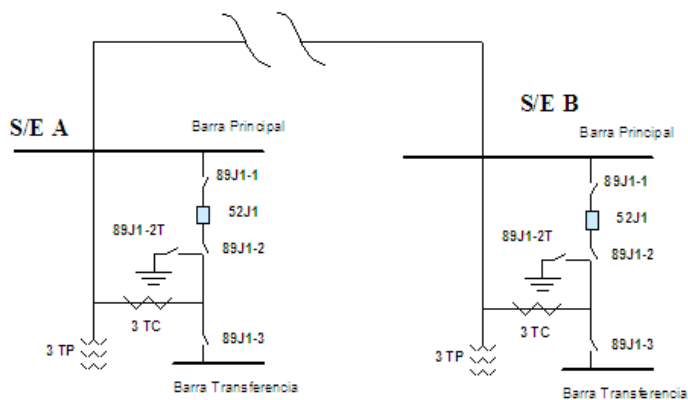


Figura 22

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

NOMBRE DE LA INSTALACIÓN
PAÑO LÍNEA “ NOMBRE”

| COMPONENTES | DESIGNACIÓN |
|-------------------------------------|-------------|
| Interruptor | 52JN° |
| Desconectador de Línea | 89JN°-1 |
| Desconectador de Barra | 89JN°-2 |
| Desconectador de Puesta a Tierra | 89JN°-2T |

Figura 23

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

EQUIPOS

| COMPONENTES | DESIGNACIÓN |
|------------------------------|-------------|
| Transformadores de Corriente | TC |
| Transformadores de Potencial | PT |
| Servicios Auxiliares | SS/AA |

Figura 24

SUBESTACION PRIMARIA

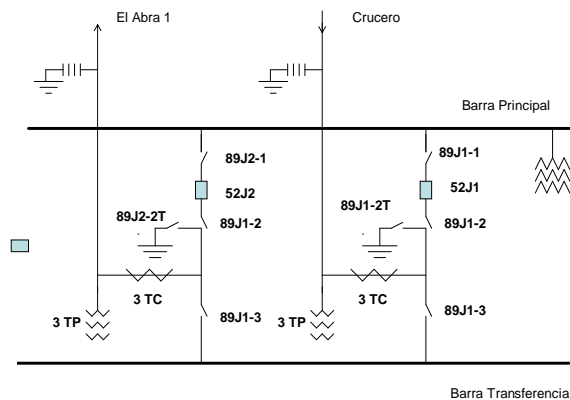


Figura 25

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA S/E PRIMARIA

NOMBRE DE LA INSTALACIÓN
PAÑOS LÍNEAS “ NOMBRES”

| COMPONENTES | DESIGNACIÓN |
|----------------------------------|-------------|
| Interruptores | 52JN° |
| Desconectores de Línea | 89JN°-1 |
| Desconectores de Barra | 89JN°-2 |
| Desconectores de Puesta a Tierra | 89JN°-2T |

Figura 26

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA S/E PRIMARIA

EQUIPOS

| COMPONENTES | DESIGNACIÓN |
|------------------------------|-------------|
| Transformadores de Corriente | TC |
| Transformadores de Potencial | PT |
| Servicios Auxiliares | SS/AA |
| Pararrayos | |
| Condensadores | |
| Reactores | |

Figura 27

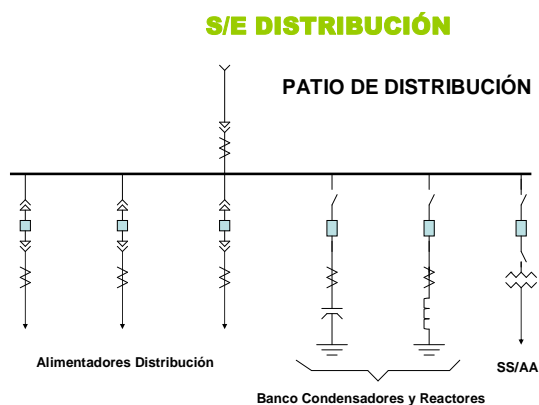


Figura 28

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA S/E DE DISTRIBUCIÓN

PATIO ALTA TENSIÓN

PAÑOS LÍNEAS “ NOMBRES”

| COMPONENTES | DESIGNACIÓN |
|------------------------------------|-------------|
| Interruptores | 52JN° |
| Desconectadores de Línea | 89JN°-1 |
| Desconectadores de Barra | 89JN°-2 |
| Desconectadores de Puesta a Tierra | 89JN°-2T |

Figura 29

S/E DISTRIBUCIÓN

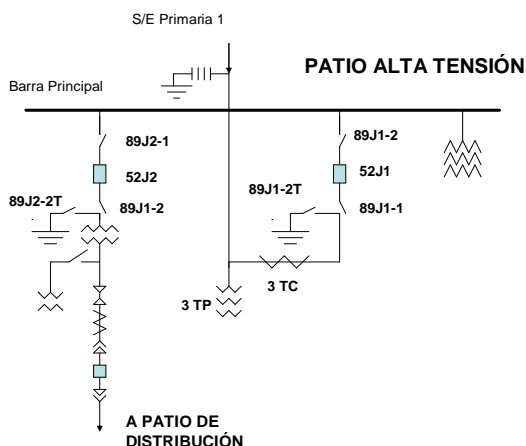


Figura 30

Simbología en BT

Identificar símbolos eléctricos comunes.

Existen una variedad de símbolos que representan los elementos eléctricos que es imprescindible saber para interpretar los planos eléctricos, en esta tarea veremos los más conocidos

EL CONTACTOR

Si es necesario proporcionar contactos adicionales para activar grandes cargas de corriente, entonces tiene que usar un contactor. Este es simplemente un partidor magnético para motor sin un relé de sobrecarga. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos. Físicamente el contactor

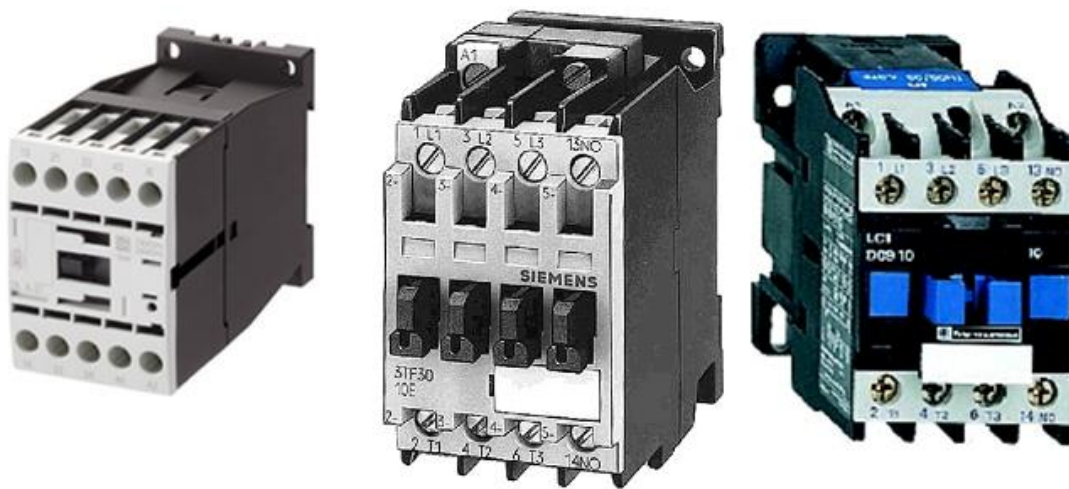


Figura 31

Contactos principales: 1-2, 3-4, 5-6. Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia.

Contactos auxiliares: 13-14 (NO) Se emplean en el circuito de mando o maniobras. Por este motivo soportarán menos intensidad que los principales. El contactor de la Figura solo tiene uno que es normalmente abierto.

Circuito electromagnético:

Consta de tres partes.-

- 1.- El núcleo, en forma de E. Parte fija.
- 2.- La bobina: **A1-A2**.
- 3.- La armadura. Parte móvil.

Símbolo:

Norma DIN

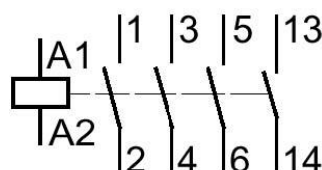
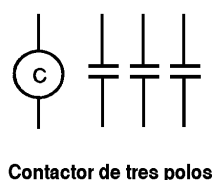
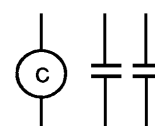


Figura 32

Norma NEMA



Contactor de tres polos



Contactor de dos polos

Figura 33

Elección del Contactor

Cuando se va a elegir un Contactor hay que tener en cuenta, entre otros factores, lo siguiente: -Tensión de alimentación de la bobina: Esta puede ser continua o alterna, siendo esta última la más habitual, y con tensiones de 12 V, 24 V o 220 V.

- Número de veces que el circuito electromagnético va a abrir y cerrar. Podemos necesitar un Contactor que cierre una o dos veces al día, o quizás otro que esté continuamente abriendo y cerrando sus contactos. Hay que tener en cuenta el arco eléctrico que se produce cada vez que esto ocurre y el consiguiente deterioro.
 - Corriente que consume el motor de forma permanente (corriente de servicio).
- Por lo tanto es conveniente el uso de catálogos de fabricantes en los que se indican las distintas características de los Contactores en función del modelo.

Contactos auxiliares

Para poder disponer de más contactos auxiliares y según el modelo de contactor, se le puede acoplar a este una cámara de contactos auxiliares o módulos independientes, normalmente abiertos (NO), o normalmente cerrados (NC).



Figura 34

Norma DIN

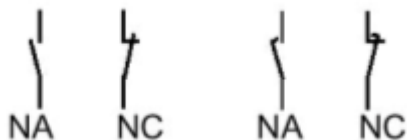


Figura 35

Norma NEMA

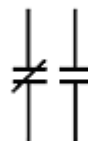


Figura 36

A continuación podemos observar un Contactor con sus *contactos auxiliares* ya montados:

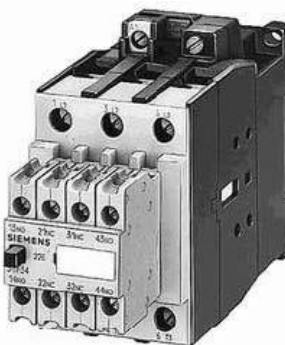


Figura 37

Marcado de bornes:

Bobina: se marca con **A1** y **A2**.

Contactos auxiliares: Como ya hemos nombrado, existen contactos normalmente abiertos (NO) o (NA) y normalmente cerrados (NC).

Contactos NO.- Se les asignarán números de 2 cifras, la primera cifra indica el número de orden y la segunda deberá ser **3** y **4**. Ejemplos: **13-14**, **23-24**, **33-34**.

Contactos NC.- Se les asignarán números de 2 cifras, la primera cifra indica el número de orden y la segunda deberá ser **1** y **2**. Ejemplos: **11-12** **21-22**, **31-32**.

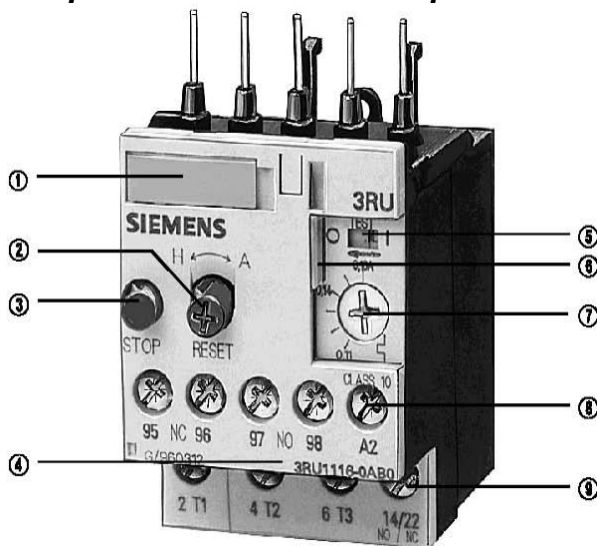
Contactos principales: Se marcan con los siguientes números o letras: **1-2**, **3-4**, **5-6**, o **L1-T1**, **L2-T2**, **L3-T3**.

El Contactor se denomina con las letras **KM** seguidas de un número.

Relé Térmico: Los bornes principales se marcarán como los contactos principales del contactor, **1-2**, **3-4**, **5-6**, o **L1-T1**, **L2-T2**, **L3-T3**. Los contactos auxiliares serán, **95-96** contacto cerrado y **97-98** contacto abierto.

El relé de sobrecarga térmico

Aspecto físico: Partes de que está compuesto:



- ① Plaquita de características
- ② Conmutador selector RESET manual/automático
- ③ Tecla STOP
- ④ N° de pedido completo en el frontal del aparato
- ⑤ Indicación del estado de conexión y función de prueba TEST
- ⑥ Cubierta transparente precintable (para proteger el tornillo de ajuste de la intensidad, la función TEST y el posicionamiento de RESET manual/automático)
- ⑦ Tornillo de ajuste de la intensidad
- ⑧ Borne de repetición de bobina (con montaje a contactor)
- ⑨ Borne de repetición de contactos auxiliares (con montaje a contactor)

Figura 38

Es un mecanismo que sirve como elemento de protección del motor. Su misión consiste en desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor, supera durante un tiempo corto, a la permitida por este, evitando que el bobinado se queme. Esto ocurre gracias a que consta de tres láminas bimetálicas con sus correspondientes bobinas calefactoras que cuando son recorridas por una determinada intensidad, provocan el calentamiento del bimetálico y la apertura del relé. La velocidad de corte no es tan rápida como en el interruptor magnetotérmico.

Se debe regular (tornillo 7), a la Intensidad Nominal del motor (I_n), para el arranque directo. Esta intensidad deberá venir indicada en la placa de características del motor.

Norma DIN

Símbolo:

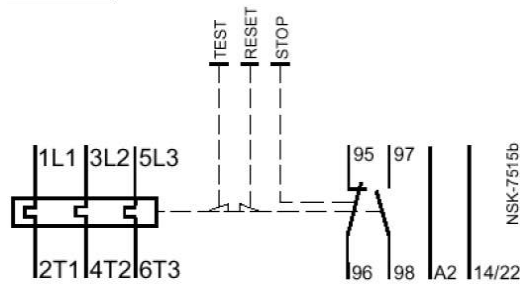


Figura 39

Norma NEMA

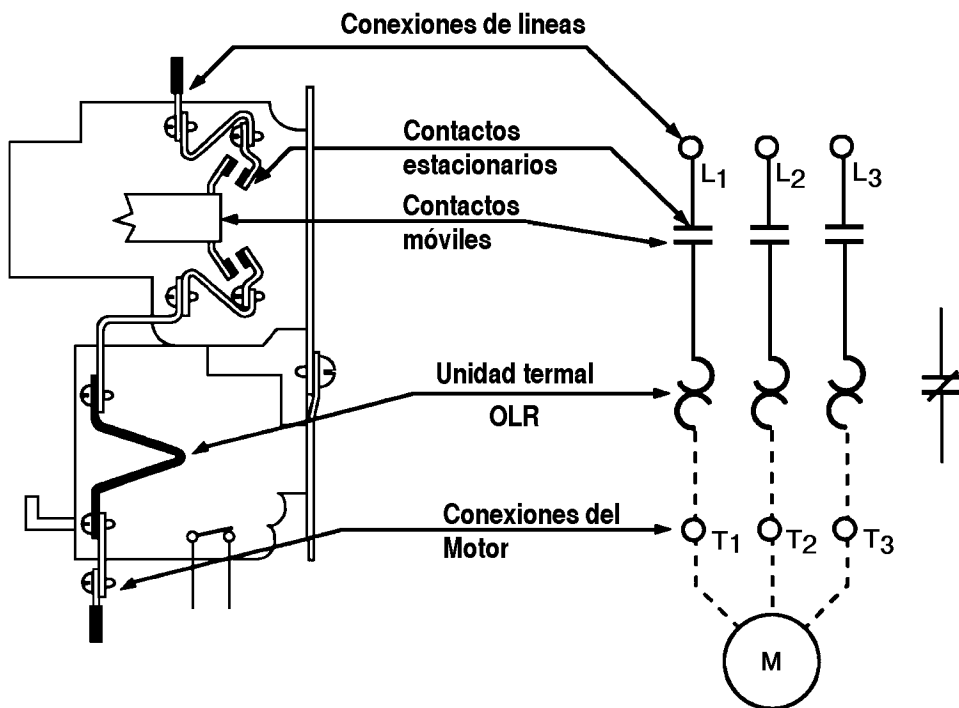


Figura 40

Elección del Relé Térmico:

Para la elección de este mecanismo hay que tener en cuenta el *tiempo máximo* que puede soportar una sobre intensidad no admisible, y asegurarnos de que la intensidad del receptor esté comprendida dentro del margen de *regulación de la intensidad* del relé.

El interruptor automático magnetotérmico

Aspecto físico:



Figura 41

Su misión es la de proteger a la instalación y al motor, abriendo el circuito en los siguientes casos:

- Cortocircuito:** En cualquier punto de la instalación.
- Sobrecarga:** Cuando la intensidad consumida en un instante, supera la intensidad a la que está calibrada el magnetotérmico.

Símbolo:

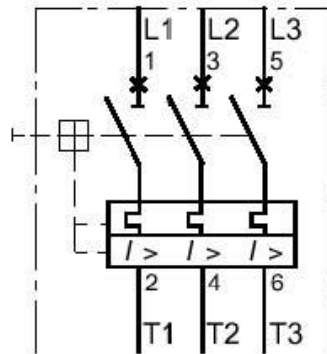


Figura 42

Elección del interruptor automático magnetotérmico:

Se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Hay que seleccionar el tipo de *curva de disparo*. Ver Tabla adjunta.
2. Elegir el *calibre* o intensidad nominal, cuyo valor será inferior o igual a la que consume el receptor de forma permanente.

| <i>Curva de disparo</i> | <i>Corriente de magnético</i> | <i>Aplicaciones</i> |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|
| B | 5 | Protección generadores, de personas y grandes longitudes de cable. |
| C | 10 | Protección general. |
| D | 20 | Protecciones de receptores con elevadas corrientes de arranque. |
| Z | 3,6 | Protección de circuitos electrónicos. |

Tabla4

Ejemplo: Elegir el interruptor automático magnetotérmico necesario para proteger un motor trifásico, que consume 10 A y en su arranque se produce una sobre intensidad admisible de 12 veces esa corriente.

- Se elige la curva de disparo **tipo D** por ser la corriente de magnético ($20 \times 10 = 200 \text{ A}$) superior a la sobre intensidad admisible ($12 \times 10 = 120 \text{ A}$), y no desconectaría el magnetotérmico.
- El **calibre** a elegir es el de **10 A**, por ser igual a la corriente del motor.

Elementos de accionamiento

PULSADORES .-

Aspecto físico:



Figura 43

Los pulsadores son elementos de accionamiento que sirven para cerrar o abrir un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos. Existen tres tipos:

- **Pulsador de paro.** Símbolo:
- **Pulsador de marcha.** Símbolo:
- **Pulsador de doble cámara.** Símbolo:

Norma DIN

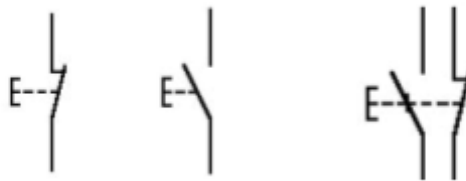


Figura 44

Norma Nema



Figura 45

Despiece de una caja de pulsadores:

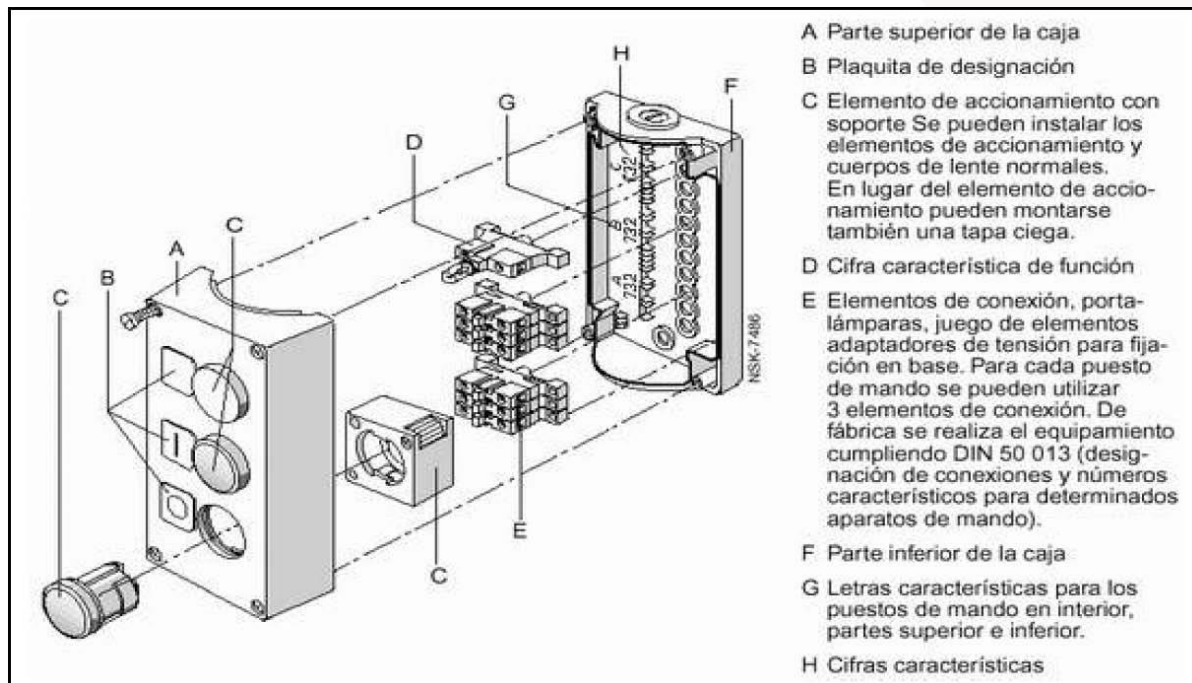


Figura 46

Interruptores de posición o finales de carrera.

Aspecto físico:

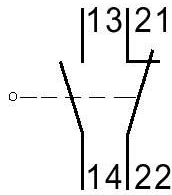


Figura 47

Este elemento es un interruptor de posición que se utiliza en apertura automática de puertas, como elemento de seguridad, para invertir el sentido de giro de un motor o para pararlo.

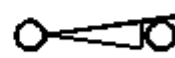
Símbolo:

Norma DIN



Norma NEMA

Normalmente Abierto Normalmente Cerrado



Se Mantiene Abierto Se Mantiene Cerrado

Figura 48

Como se puede observar, el final de carrera está compuesto por un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto. Cuando se presiona sobre el vástago, cambian los contactos de posición, cerrándose el abierto y viceversa.

Accesorios de montaje.-

Para realizar el montaje completo de un cuadro eléctrico, para una instalación de automatismo, es necesario utilizar una serie de accesorios. A continuación podemos observar algunos de ellos que son muy utilizados:



Figura 49

Detalle de montaje en el que podemos ver contactores, interruptores automáticos y los accesorios necesarios:

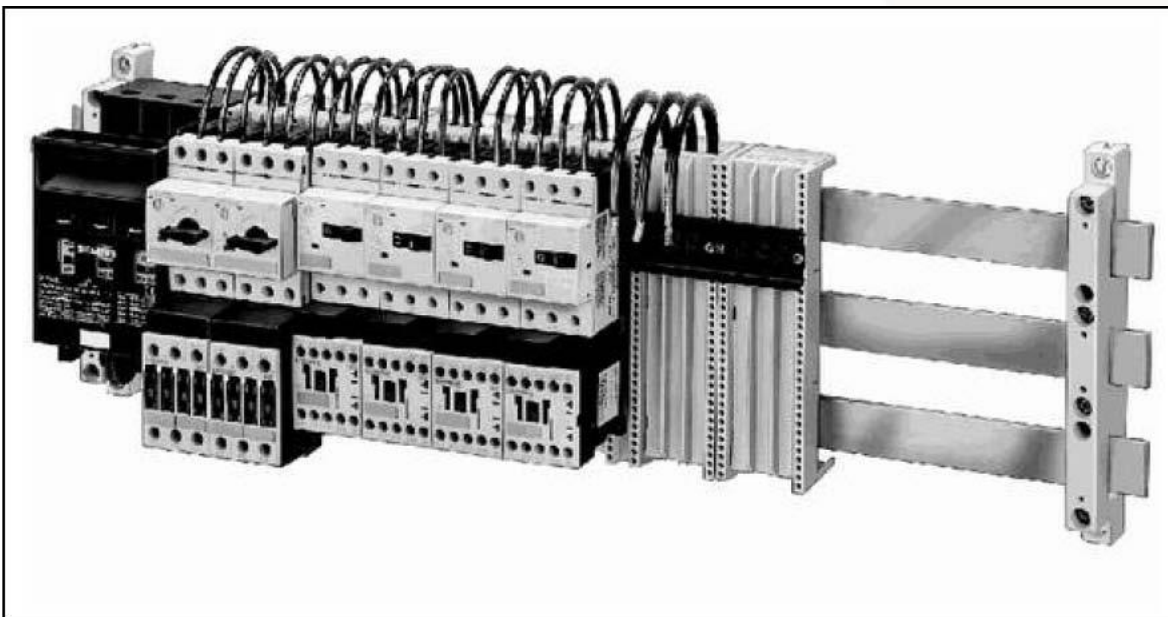


Figura 50

Descripción de diagramas simples de circuitos eléctricos

El viejo refrán que dice que una foto vale más que 10 mil palabras es muy apropiado en el mundo de la electricidad. La mayoría de la información que se hace llegar a los electricistas a través de diagramas es muy difícil de expresar verbalmente o por escrito. Por esta razón, usted debe aprender a reconocer e interpretar los diagramas comúnmente usados en los trabajos de electricidad.

En esta tarea de aprendizaje, usted conocerá los cuatro tipos principales de diagramas eléctricos: pictórico, de bloque, de conexión y esquemático.

1.4 Tipos de planos eléctricos

Diagramas Pictóricos

Los diagramas pictóricos son los más fáciles de comprender. Generalmente se utilizan para instruir a personas con una instrucción académica limitada sobre eléctrica, pero que desean comprender el funcionamiento de los circuitos eléctricos. Los manuales de instrucción de los equipos de música y video generalmente representan los circuitos eléctricos por medio de diagramas pictóricos.

Este tipo de diagrama es también utilizado por los fabricantes de kits hágalo-usted-mismo. El circuito en la Figura 51 es un diagrama pictórico.

Como los diagramas pictóricos generalmente se orientan hacia las personas sin formación eléctrica, por lo general estos diagramas exhiben estas características:

- Los componentes se dibujan como son en realidad.
- Los componentes en el diagrama están ubicados en relación a su posición real en el circuito.
- Los colores de los cables se indican por nombre
- Los diagramas tienen un efecto tridimensional

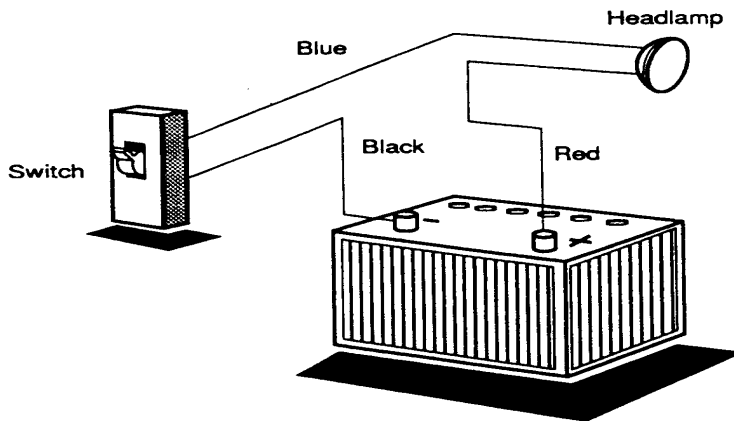


Figura 51

Diagrama pictórico de un circuito simple.

Diagramas De Bloque Y Diagramas De Línea.

El diagrama de bloque es un tipo de tabla de flujo que indica la relación entre los componentes individuales de un circuito o grupos de componentes dentro del mismo entorno. Estos diagramas a menudo muestran una secuencia lógica de los eventos. Los componentes del circuito están dibujados en forma de bloque y la relación aproximada entre ellos se indica con líneas conectadas. La Figura 52, abajo, muestra un diagrama de bloque.

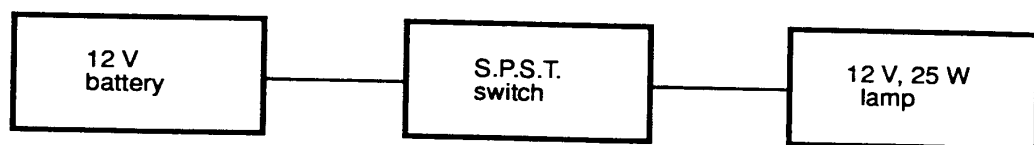


Figura 52

Diagrama de Bloques

La diferencia entre un diagrama de bloque y un diagrama de línea es que el diagrama en línea representa los componentes con símbolos, mientras que el diagrama de bloque, sólo

utiliza bloques. Los diagramas de línea también se conocen como diagramas de línea simple o diagramas de elevación.

Los diagramas en línea generalmente se usan para ilustrar los principales equipos en un sistema de distribución eléctrica como se ve en la Figura 53. Generalmente son los primeros diagramas que se hacen de un proyecto grande y su intención es aportar una idea clara de los componentes en línea en el sistema o circuito.

Los diagramas de línea comúnmente muestran los componentes de más alto voltaje en la parte superior del diagrama y descendiendo progresivamente en la hoja ubican los componentes de más bajo voltaje de un circuito de distribución o alimentación.

Diagrama Unilineal Simple

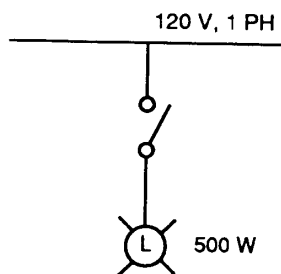


Figura 53

Diagrama unilineal

Las características distintivas de este tipo de circuito son:

- Los componentes llevan etiquetas con sus nombres, tipo y a veces, su número de catálogo.
- No se utilizan para mostrar la posición real de los componentes en el circuito.
- Las líneas sencillas no muestra la trayectoria de la corriente de retorno en el circuito. Como ayuda a la comprensión del circuito, usted puede imaginarse las líneas como si fueran el conducto que contiene los conductores.

Diagrama Unilineal de una Subestación Media Tensión Componentes

Línea tipo pararrayos de 3-30 Kv

Switch G.O.A.B. tripolo de 34.5kV-400 A

Switch de desconexión por fusibles 34.5kV-200 A fusible 125A

Transformador, 30, $\pm 10\%$ TCUL

2500 Kva., 22.9 a 12.47 Kv con tomas de 2-2½% sobre y bajo el voltaje normal de la línea de puntería.

Transformador (2), 1 θ de 7200 a 120/240 V, 3kVA, convencional

Desconexión por fusible, 7,8kV, 100 A, fusible 1.5A

OCB -14.4 kV, 600A, 100 M.V.A.I.C. Tres relays de fase de sobre intensidad con característica de inversión de tiempo

1- relay gnd de sobre intensidad con característica de tiempo invertido

1- reconector

Bypass y switch de desconexión OCB 15 kV- 600A

Línea tipo pararrayo de 3-15 kv

3 x1/0 ACSR - 12.47 kV (sin protección)

Medidor kWh y kW requieren de corriente OCB C.T.

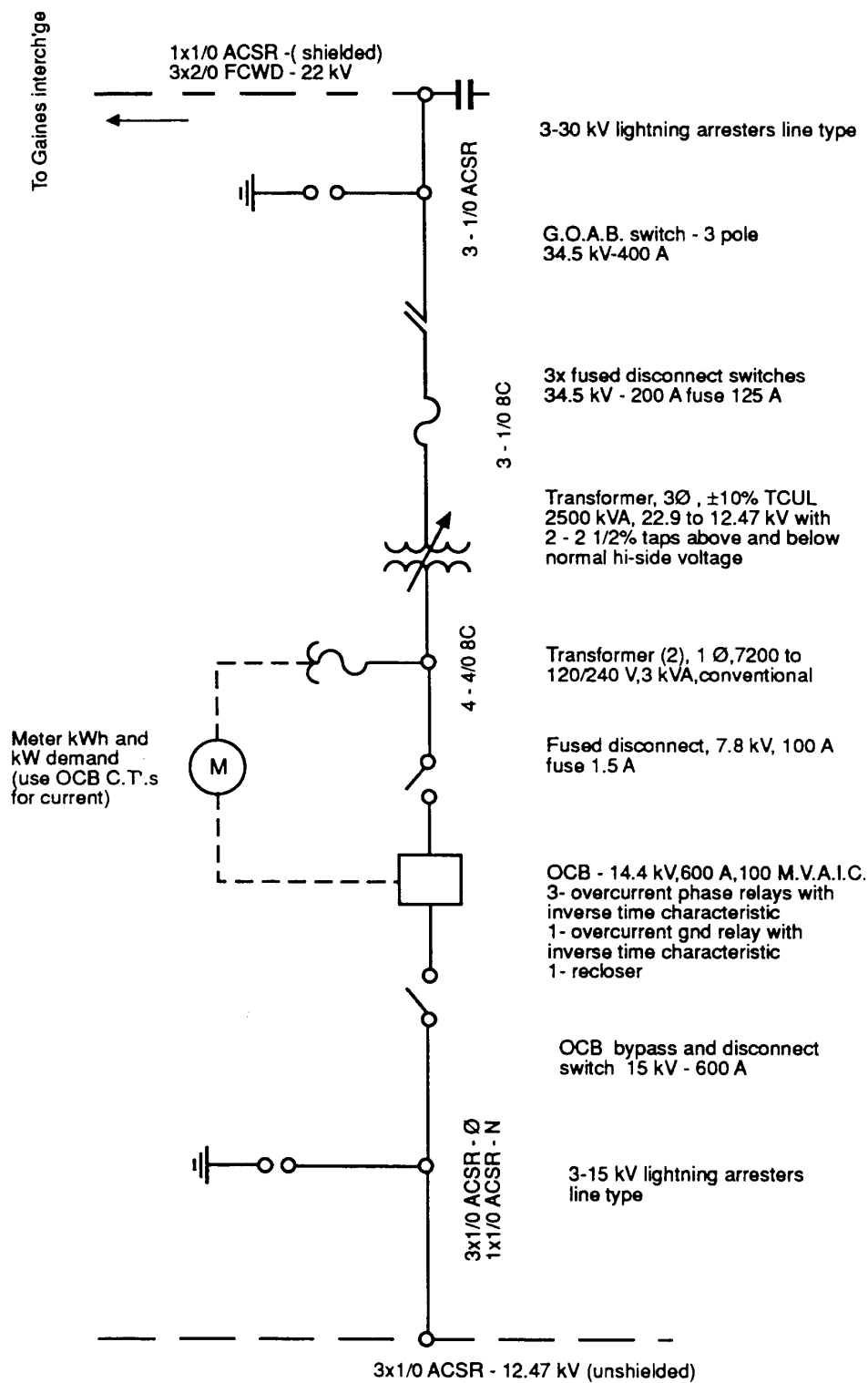


Figura 54

Diagrama De Conexión

El diagrama de conexión muestra, tan claro como sea posible, la ubicación actual de todos los componentes de un circuito. Es esencialmente un diagrama pictórico sin la representación tridimensional de los componentes. Generalmente los componentes se representan con símbolos.

Los diagramas de conexión son mapas de los circuitos. Son de mucha utilidad durante el cableado de un circuito y para rastrear los cables cuando se corrige algún problema. Los diagramas de conexión muestran exactamente cómo y dónde se conectarán los cables entre los dispositivos. La Figura 55 es un diagrama de conexión para poner en marcha y detener dos motores, completo con indicador de piloto lumínico.

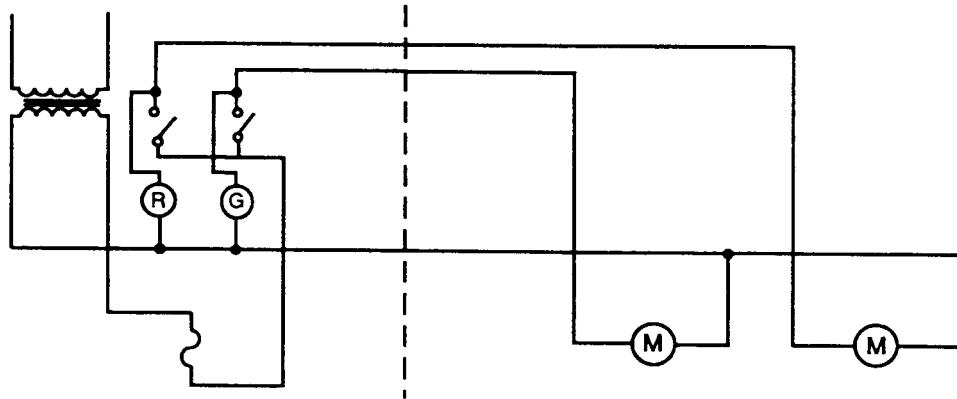


Figura 55
Diagrama de conexión

Note que todos los cables están tendidos horizontal o verticalmente para garantizar que la lectura del diagrama sea más clara y fácil. Cuando dos cables se cruzan, se utiliza un punto en el cruce para indicar que los cables están conectados. Si no se muestra el punto, los cables se cruzan pero no están conectados eléctricamente.

Diagramas Esquemáticos

Los diagramas esquemáticos muestran la relación entre los componentes de un circuito, pero para simplificarlos, no indican la relación física entre los componentes. Los diagramas esquemáticos se usan con el propósito de conocer cómo trabaja el circuito y qué se supone que haga.

El diagrama esquemático de la Figura 56 muestra el mismo circuito de la Figura 55. Es mucho más fácil seguir el flujo de corriente que atraviesa el circuito de la Figura 56 que seguir el flujo de corriente que atraviesa el circuito de la Figura 55. El diagrama esquemático presta más atención a cómo trabaja el circuito que cómo aparece representado. El tipo de diagrama esquemático que se muestra en la Figura 56 se llama

diagrama de escalera. En un diagrama de escalera, las dos líneas verticales a cada lado del diagrama representan la fuente de poder. Los cables conectados entre los conductores de la fuente forman los peldaños de la escalera.

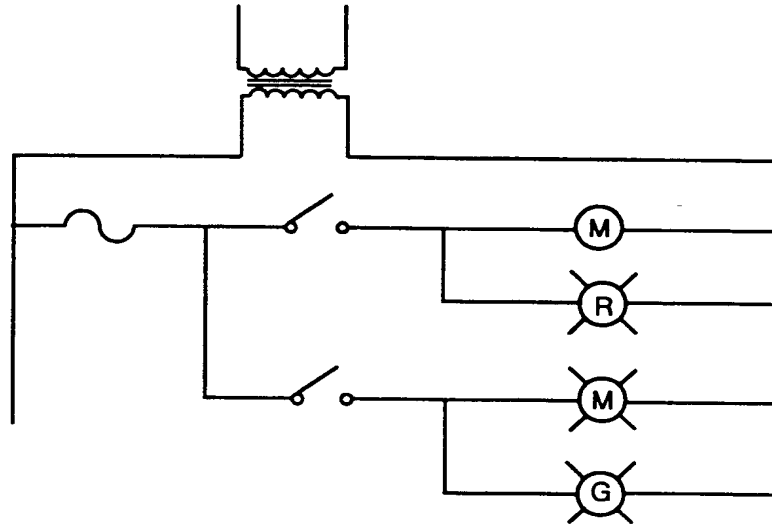


Figura 56

Diagrama esquemático

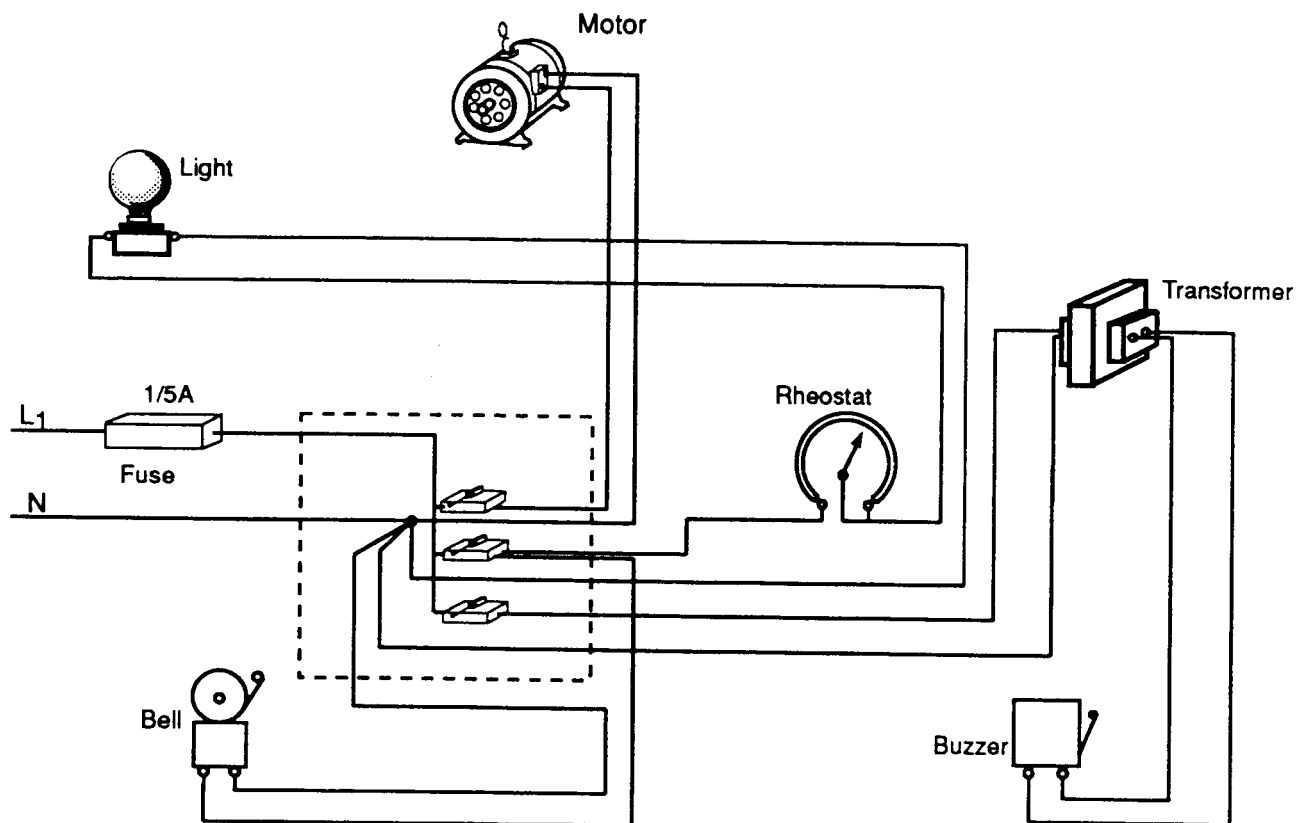


Figura 57

Diagrama de conexión pictórica

Las Figuras 57 al 60 ejemplifican el mismo circuito representado por diagramas pictóricos, de bloque, de conexión y esquemático.

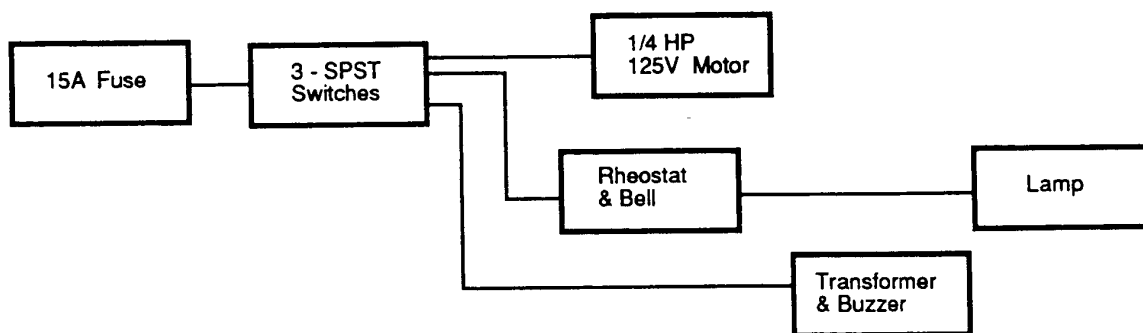


Figura 58

Diagrama de bloque

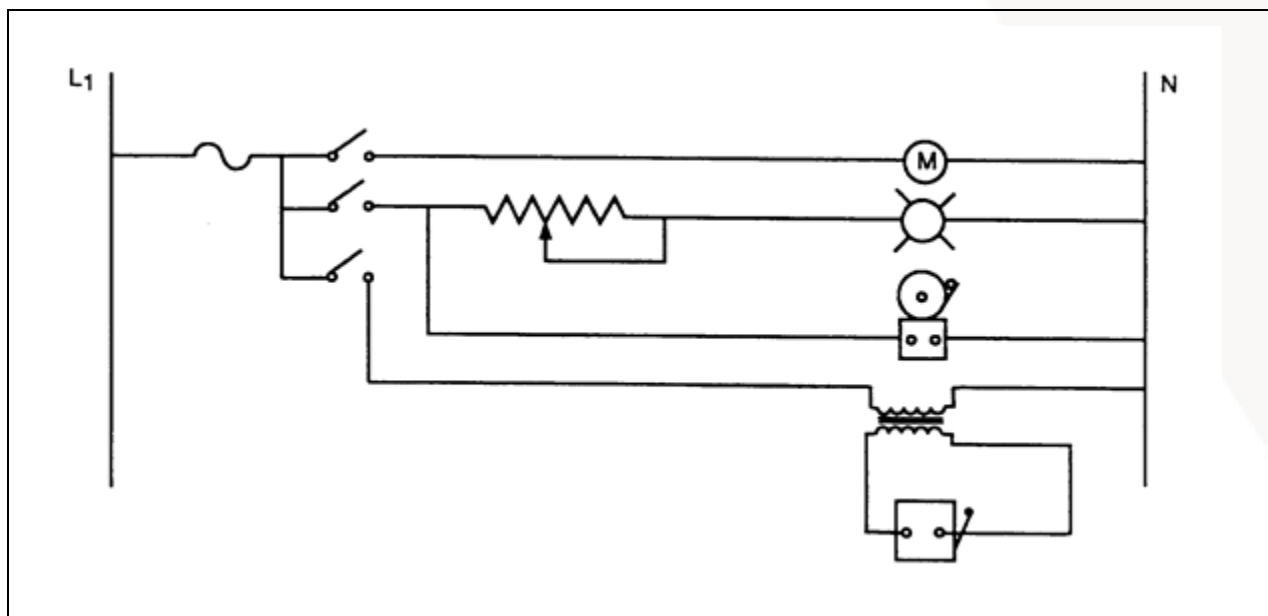


Figura 59
Diagrama esquemático

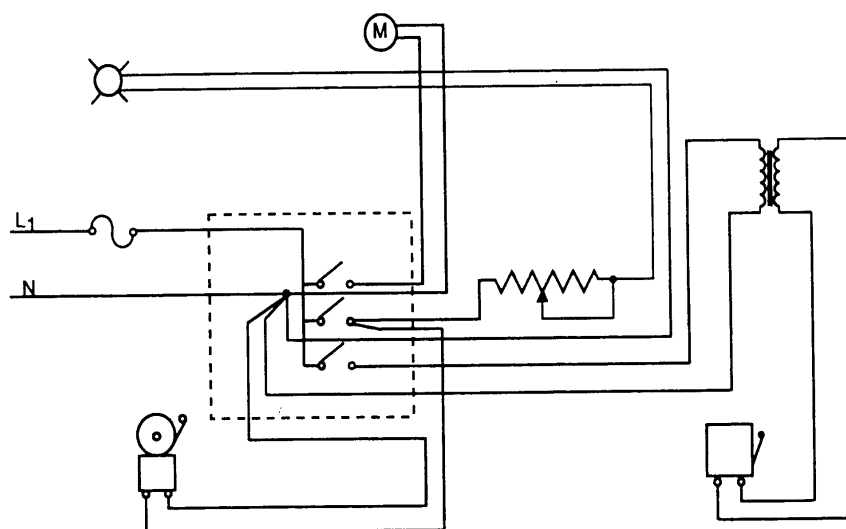


Figura 60
Diagrama Esquemático

Circuitos eléctricos en una instalación de automatismo.-

En control de motores se distinguen tres tipos de circuitos:

- **Circuito de potencia o fuerza.**
- **Circuito de maniobras o funcional (Control).**
- **Circuito de conexiones.**

Como ejemplo veamos estos tres circuitos correspondientes al siguiente montaje:

Motor trifásico alimentado por contactor accionado mediante interruptor y protección por relé térmico.

Circuito de potencia o fuerza (Norma DIN):

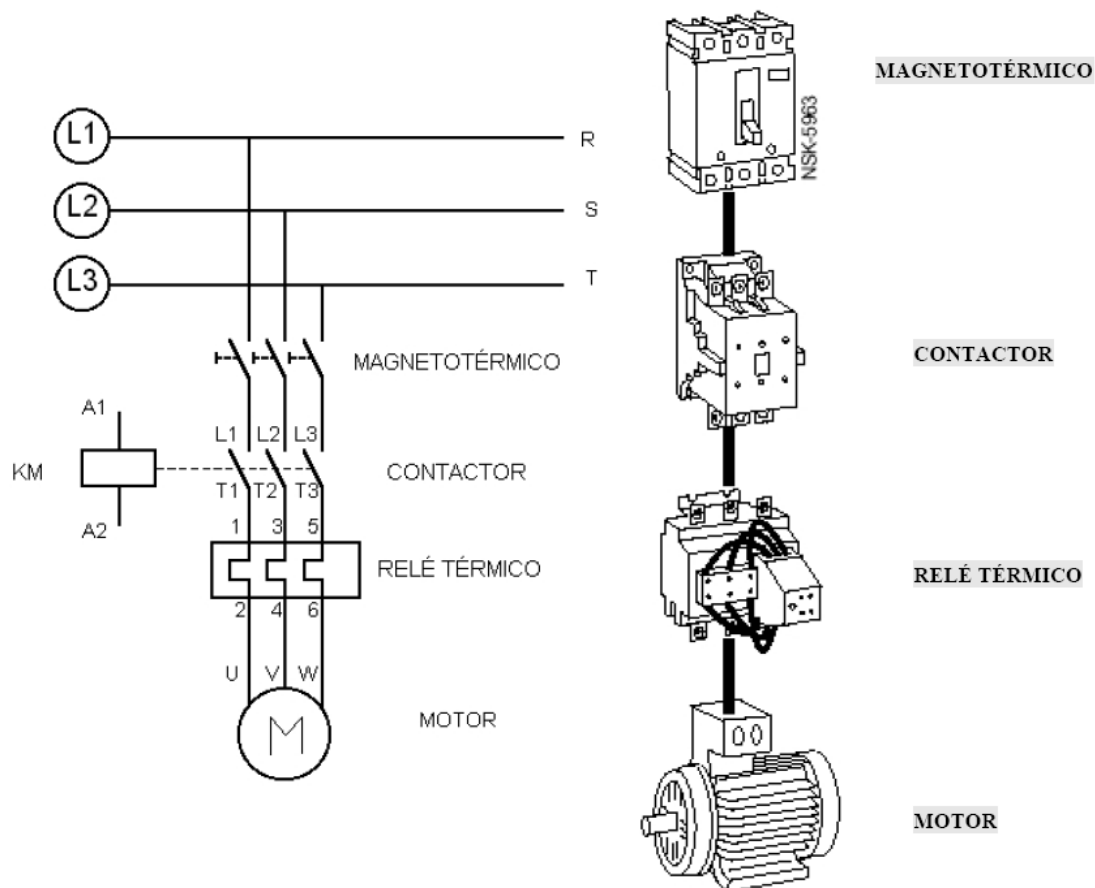


Figura 61

L1, L2 y L3 corresponden con las tres fases R, S y T de la corriente alterna trifásica que alimenta el circuito. En cuanto al motor se trata de un motor asíncrono trifásico, que deberá estar conectado en “estrella” o “triángulo”, según sea necesario. Es conveniente indicar las letras o números correspondientes a los terminales de cada mecanismo.

Para La norma NEMA sería

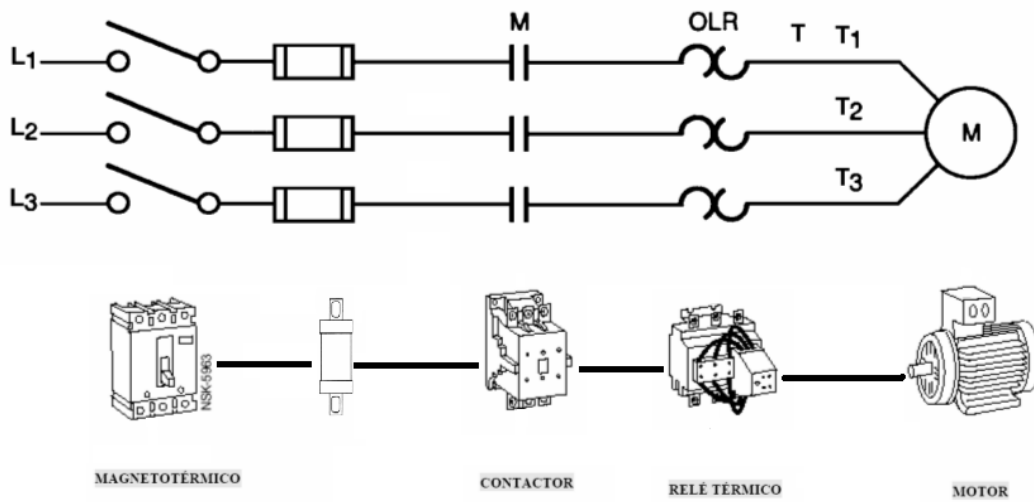


Figura 62

Circuito de maniobras:

Norma DIN:

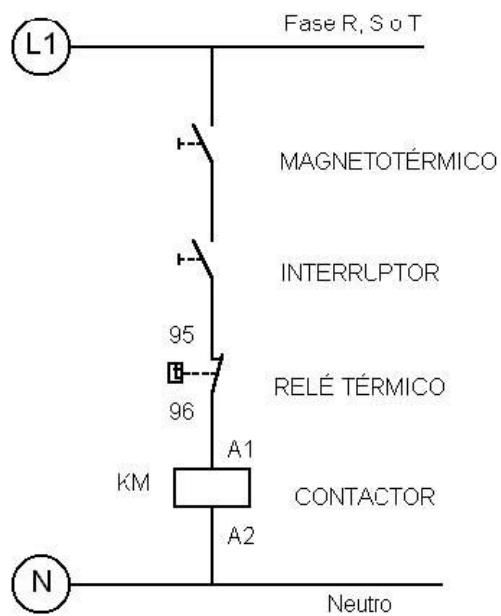


Figura 63

En la norma NEMA sería

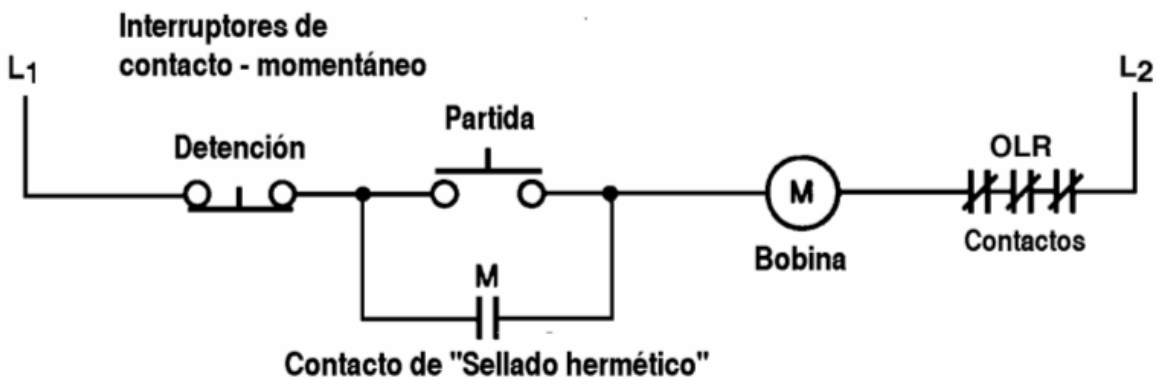


Figura 64

El circuito de maniobras es el que estará sometido a la *menor tensión posible*. Teniendo en cuenta que el receptor de este circuito es la bobina (A1-A2) del contactor, la intensidad que circulará por él será muy inferior a la del circuito de fuerza, por lo tanto la *sección* de los conductores puede ser *inferior* a la del circuito anterior.

Circuito de conexiones: Norma DIN:

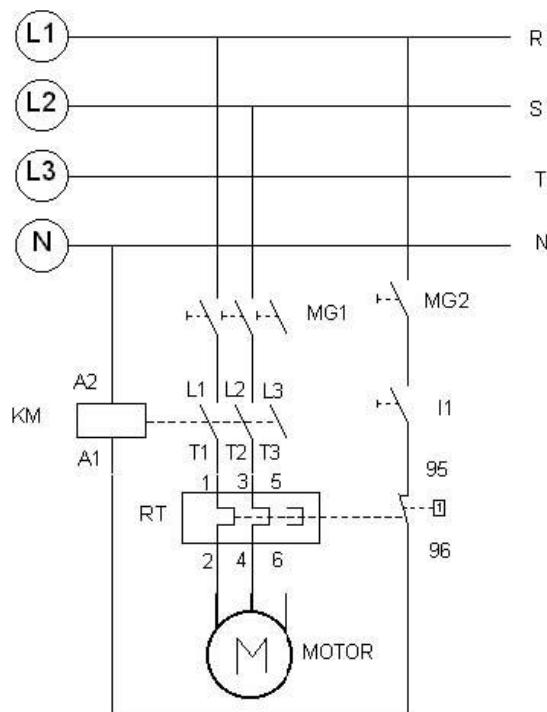


Figura 65

En la norma NEMA sería

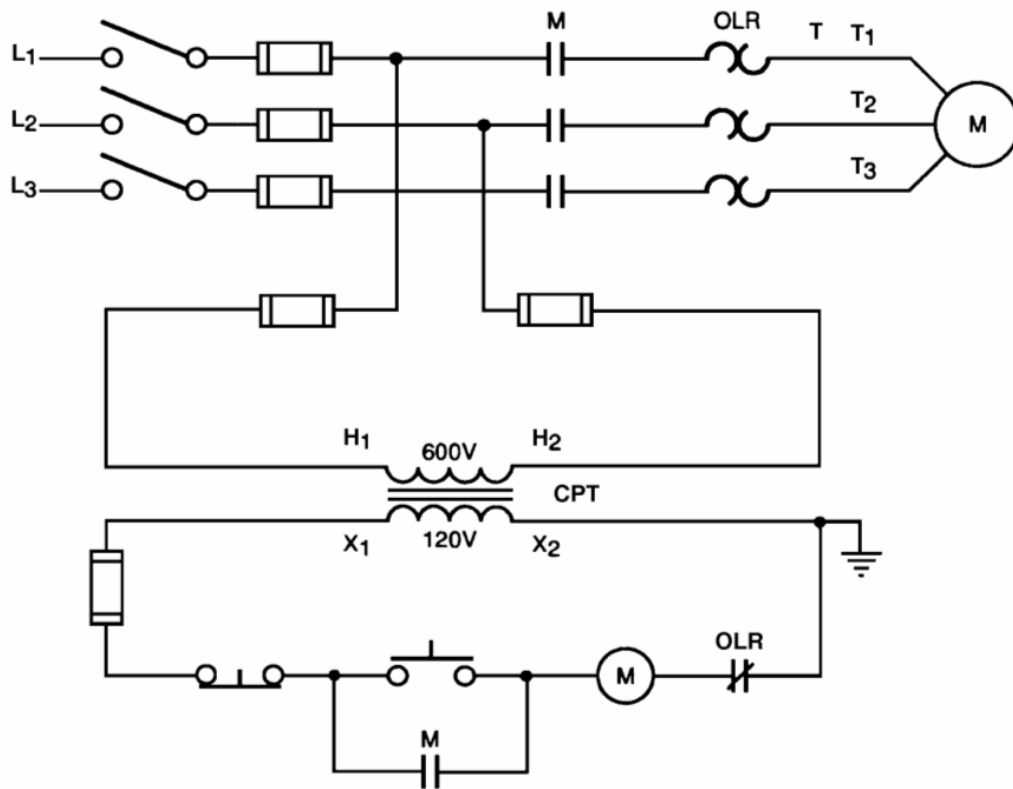


Figura 66

Uniendo en un solo esquema el **circuito de fuerza** y el de **maniobras**, obtenemos el **circuito de conexiones**. En él podemos ver con claridad cómo se conectan todos los elementos de la instalación

Funcionamiento del circuito:

Una vez realizado el montaje del circuito, para comprobar su funcionamiento, seguiremos los siguientes pasos:

1. Cerramos el magnetotérmico tripolar del circuito de fuerza MG1.
2. Cerramos el magnetotérmico del circuito de maniobras MG2.
3. Por último cerramos el interruptor I1.

La corriente circulará hacia la bobina del contactor KM, apareciendo entre los terminales A1 y A2 una tensión de 220 V. La bobina al tener un núcleo de hierro se convierte en un electroimán, atrayendo los contactos del contactor que se cierran, permitiendo el paso de la corriente hacia el motor.

Cuando esté funcionando el motor, el circuito de conexiones quedará de la siguiente forma:

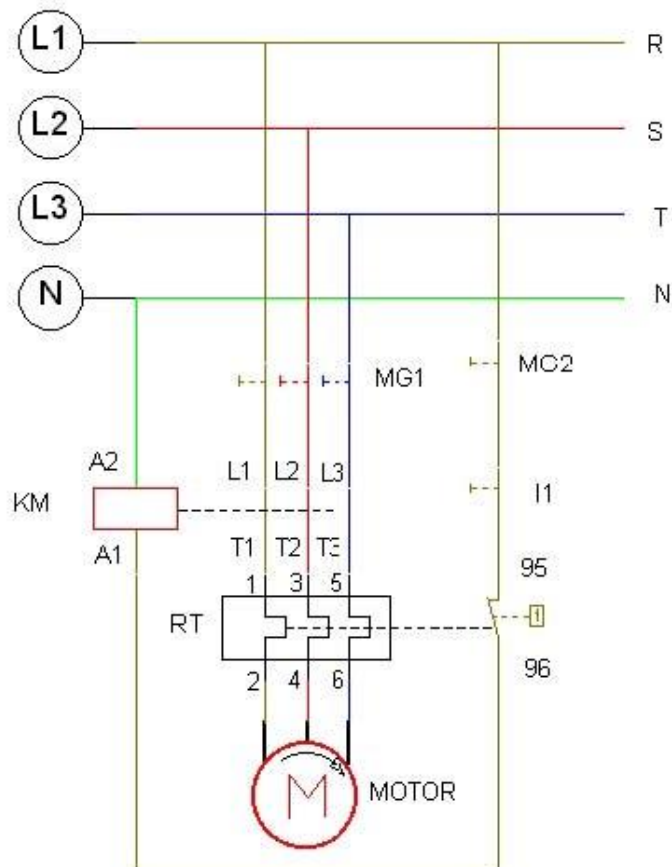


Figura 67
Diagrama unilineal de patio de Alta Tensión

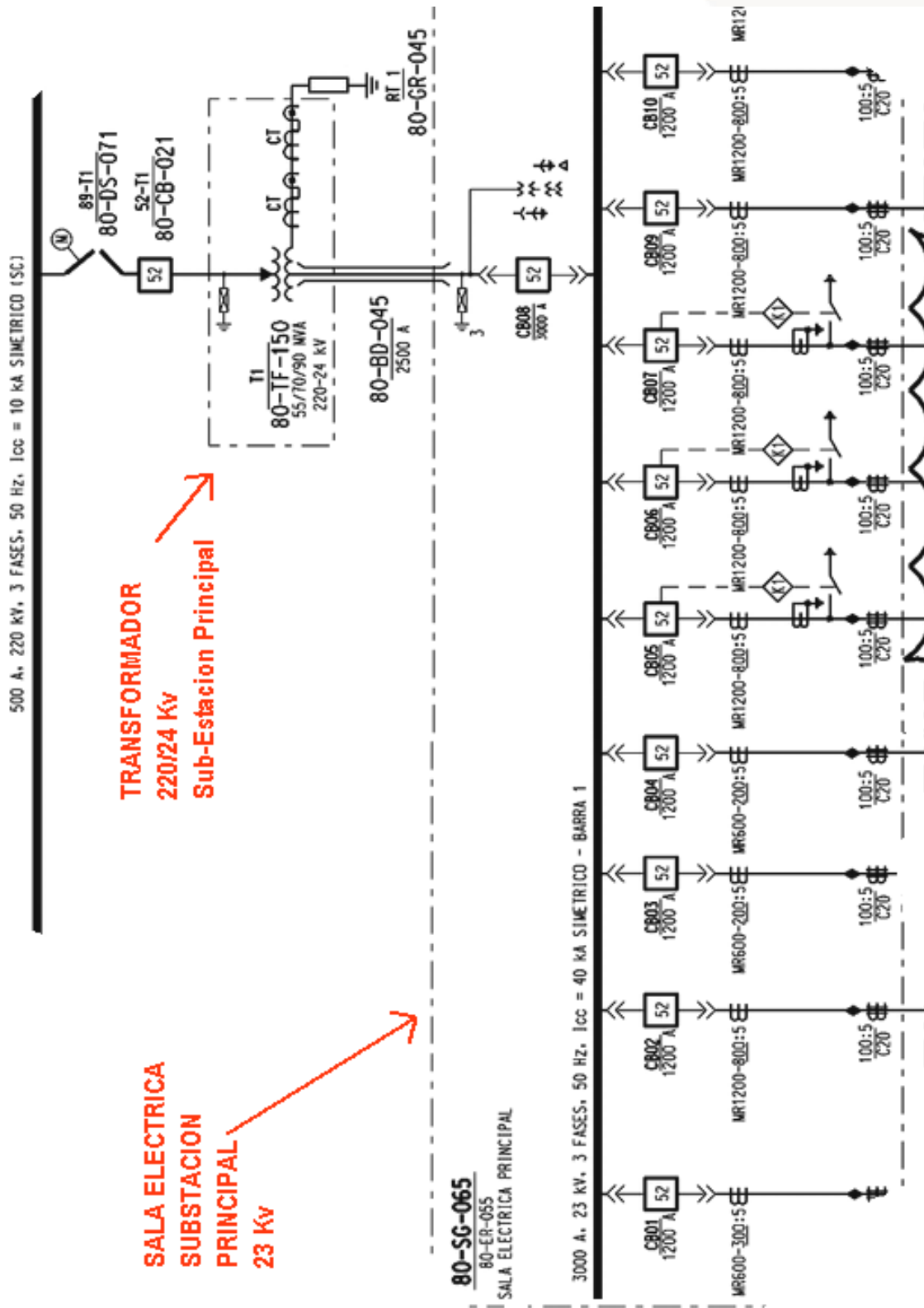


Figura 68
Patio de Alta Tensión

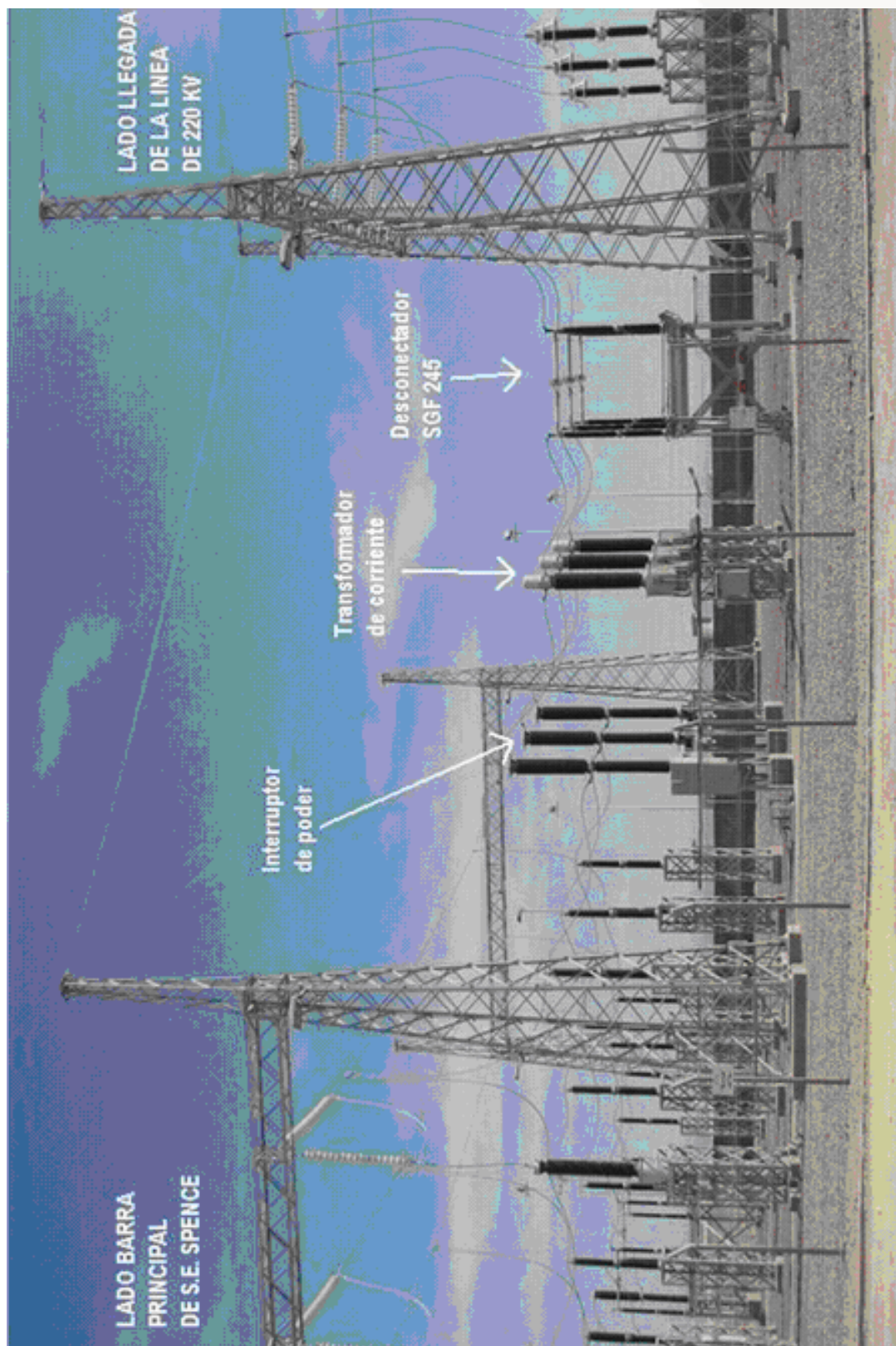


Figura 69

1.5 Diagramas elementales de control

Como ya se ha dicho, los circuitos de control y los interruptores de poder son parte integrante de los sistemas de protecciones.

Clasificación General de los Circuitos de Control

En general los circuitos de control se pueden dividir en dos grandes grupos:

A.- Circuitos Secundarios de Transformadores de Medida que alimentan relés, medidas y otros dispositivos que requieren de la información del estado del sistema de poder, por medio de corrientes y /o voltajes.

Las diferentes conexiones que se pueden hacer con los circuitos secundarios de transformadores de medida y su conexión con los relés y otros dispositivos de control, son determinantes en las características de funcionamientos.

Dentro de este rubro deben incluirse los transformadores auxiliares de corriente y de potencial, que se usan para sumar valores por fase cuando así se estima necesario. Asimismo los autotransformadores para aumentar o disminuir, magnitudes, con el fin de obtener valores por comparar o para variar los ajustes de sus características. Estos transformadores de medida auxiliares, en muchos casos son parte integrante de los elementos alojados dentro de las cajas que contienen las unidades principales de medida.

B.- Circuitos que interconectan los dispositivos anteriores para hacer efectiva su función, con otros que reciben sus órdenes mediante señales.

Dentro de este grupo deben incluirse otros circuitos tales como aparatos y dispositivos que requieren la información del estado de ciertos equipos, a través de otros medios que no sean transformadores de media, como son los circuitos contra sobrevelocidad, de sobretemperatura, de baja presión de los servomecanismos de los reguladores de velocidad, de puesta en marcha y detención de las compresoras de la red de aire comprimido, etc., que comandan diversas órdenes, entre ellas la de apertura de interruptores de poder. También se incluyen dentro de este grupo los aparatos y dispositivos de comando manual, tales como los switches de control de interruptor y desconectores que permiten su operación en forma remota, etc.

Todos estos circuitos llamados en conjunto de "de control" de una u otra forma son dependientes entre sí. Todos, evidentemente, necesitan de una fuente de alimentación cuyas características se dan a conocer en el párrafo siguiente.

Fuentes de Alimentación de los Circuitos de Control.

En general, las fuentes de alimentación de los circuitos de control se pueden clasificar en:

A.- Bancos de acumuladores, llamados “baterías de control”, cuyos voltajes normales más empleados son 48 Volts y 125 volts.

B.- Transformadores de Servicios Auxiliares, conectados desde las barras de la central generadora o Subestación y, por lo general, con un voltaje secundario en Estrella de 400/231 Volts. Dependiendo del caso particular, la potencia requerida para los “servicios auxiliares” puede variar entre 15 kVA en subestaciones hasta potencias del orden del 10% de la capacidad total de una central térmica. En este último caso se distribuyen en dos o más niveles de voltajes, pues alimentan también los siguientes equipos asociados que se dan a manera de ejemplos : bombas de agua de refrigeración, motores de ventiladores, de parrillas, de centrales Térmicas o de refrigeración de transformadores de poder, motores de compresoras (para la operación de los interruptores de poder, motores de compresoras (para la operación de interruptores de poder), cargadores de baterías, inversores, convertidores rotatorios, motores de bombas de lubricación de descanso de unidades generadoras, etc.

C.- Transformadores de Medida que, a la vez que suministran la información, proveen la energía suficiente para hacer efectivas las órdenes de las protecciones o equipos a los cuales se encuentran conectadas. Este sistema se emplea en forma excepcional, como por ejemplo, en ciertas protecciones de sobre corriente y en algunos reguladores de voltajes.

Clasificación Funcional de los Circuitos de Control

Los circuitos de control de acuerdo con la función que desempeñan, se pueden clasificar en:

a) Esquemas de protecciones, que ya se han definido desde aspectos generales en la parte precedente.

Los esquemas que forman parte del sistema de protecciones de una red eléctrica de potencia se deben alimentar de las baterías de control, pues funcionan precisamente cuando suceden fallas y perturbaciones y su fuente de suministro, en consecuencia, debe ser independiente del servicio eléctrico. En cambio, ciertos esquemas de protecciones que corresponden a equipos en particular, como por ejemplo, algunos tipos de protecciones de sobrecarga pueden alimentarse desde servicios auxiliares, en corriente alterna.

b) Esquemas de regulación, que corresponden al control automático. La energía que necesitan para su operación la obtienen de las baterías, de los servicios auxiliares o en forma autoalimentadas desde los mismos transformadores de medida según sea el caso.

- c) Esquemas de verificación, señalización y de comando manual que corresponden a los elementos que permiten el mando manual remoto (a distancia) de los equipos y de las indicaciones necesarias para facilitar el manejo de una central generadora o subestación desde un punto centralizado, llamado “sala de comando”.

La alimentación de estos esquemas, en su gran mayoría debe provenir de las baterías de control.

Baterías de Control

Como se ha dicho, las baterías de control son las que suministran la mayor parte de la energía requerida para el funcionamiento de los diferentes circuitos de control que cumplen órdenes.

Todos los dispositivos de Control, inclusive los de protecciones se fabrican para garantizar un trabajo normal y por tiempo indefinido, en una banda de voltaje limitada entre 110% y 85% del voltaje normal indicado en placa. Por tal motivo las baterías de control deben mantenerse en un perfecto estado de mantenimiento y carga. Esto último se consigue, manteniendo conectado el cargador correspondiente, entregando una carga que equivale al consumo de los circuitos de control que funcionan permanentemente energizados.

A la carga Anterior se le llama CARGA FLOTANTE

El nivel de voltaje depende del tipo y estado de la Batería.

Se usan del tipo Alcalina y Ácida compatible con el servicio que se les exige. Su capacidad varía entre 70 y 400 Amperes-Hora en su aplicación en pequeñas Subestaciones y Grandes Centrales Generadoras. En estas últimas y en grandes subestaciones se consultan esquemas de doble juego de baterías.

En forma sumaria se dan a conocer en el cuadro comparativo, que aparece a continuación, algunas características y ventajas de los dos tipos generales de baterías usadas.

| CARACTERÍSTICAS | ALCALINA | ÁCIDA |
|--|-----------------------|-----------------|
| Banda de Trabajo (Volts/Vaso) | 1.0 o 1.1/1.75 o 1.80 | 1.75 o 1.8/2.45 |
| Voltaje de Flotación (Volts/Vaso) | 1.45 a 1.50 | 2.25 |
| Descarga Normal para batería de 100 A-H | 20 A en 5 H | 12.5 A en 8 H |

| Descarga con 50 A de Bateria en 100 A-H | 50 A en $\frac{3}{4}$ H | 50 A en $1 \frac{1}{4}$ H |
|---|-------------------------------------|---|
| Descarga Fuerte | Se puede descargar en Cortocircuito | Descarga Máx. manteniendo como mínimo V/V |
| Periodo de Utilización | 10 Años aprox. | 20 Años aprox. |
| Complejidad del Mantenimiento | Igual | Igual |
| Voltaje Carga Max./Voltaje Flotación | 1.20 veces | 1.09 veces |
| Voltaje Carga Mínima/Voltaje Flotación | 0.67 veces | 0.80 veces |

Tabla5

Decidir entre baterías alcalinas o ácidas queda a criterio del usuario, pero pareciera que la tendencia mundial marcada es emplear baterías ácidas. Esto se debe, entre otras cosas, que para llegar a carga completa en las baterías ácidas sólo se requiere subir en un 9% el voltaje normal de flotación, sin emplear ningún artificio, pues esta sobretensión está dentro de la banda normal de los dispositivos de control y protección. En cambio las baterías alcalinas requieren de una sobretensión, de un 20%, lo que exige intercalar celdas de oposición (resistencias líquidas o diodos secos de caída de voltaje constante) en serie con la alimentación, cuando se sobrepasa de una tensión superior al 10% de la normal. Esto último exige de relés y circuitos especiales de control para, que las cortocircuitan o habilitan, según el caso. Comandar las celdas de oposición

Aspectos Generales de los Interruptores de Poder

La apertura de un circuito eléctrico en general y los de potencia en particular se puede hacer con y sin corriente (I, Amperes):

Sin corriente se emplean los Desconectores o Separadores o Seccionadores

Con corriente se emplean los Interruptores

Por lo general en la disposición de los elementos componentes de un SEP se consultan:

Media Tensión.- Un desconector aguas arriba del interruptor, puede ser aire, vacío o pequeño volumen de aceite, gas. Ejemplos:

Un Desconector Fusible incluye, tal como lo dice su nombre, Un Fusible y Un Desconector. El elemento fusible realiza la tarea del interruptor, o sea, abre con carga (I), el bastón porta fusible cae por gravedad y el desconector muestra visiblemente el circuito abierto.

Baja Tensión.- Apertura sin punto visible.- Interruptores Termomagnéticos u otros de su misma estructura

Apertura con punto visible.- Elemento Porta Fusible

Alta Tensión.- En ambos lados del interruptor un Desconectador tal como se muestra la Figura siguiente:

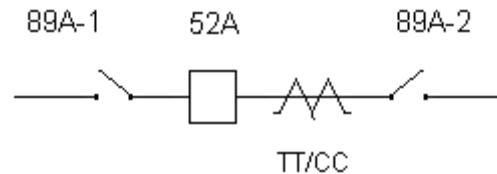


Figura 70

Esta disposición tiene por objeto aislar a los interruptores y transformadores de corriente, que son elementos que necesitan un mantenimiento relativamente frecuente. Otra disposición usada es la que aparece en la Figura siguiente, que corresponde a los desconectadores e interruptores de un transformador de poder:

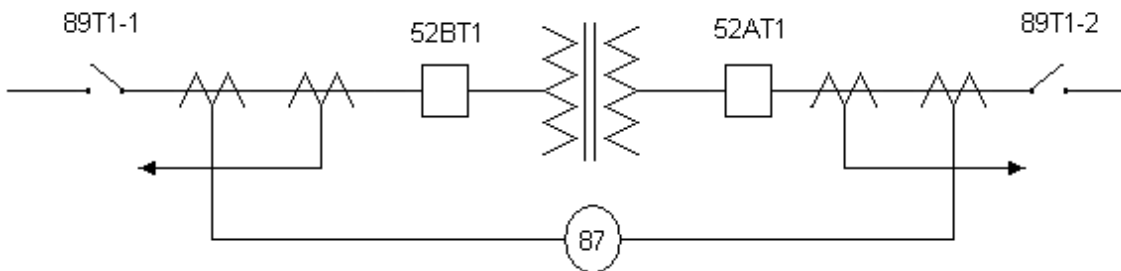


Figura 71

Los interruptores deben ser capaces de conectar o desconectar la corriente de servicio normal de la instalación donde están conectado, como también las corrientes de falla y perturbaciones. Estas últimas corrientes anormales, por lo general, son múltiplos de la corriente nominal y de característica inductiva, lo que constituye una de las condiciones más severas que deben cumplir los interruptores. En la Tabla que aparece a continuación se muestran algunos valores característicos de interruptores que se usan normalmente en la zona del mercado europeo. Es preciso hacer notar que las características de los interruptores que se ofrecen en el mercado, mejoran día a día por las exigencias que imponen los usuarios al aumentar su capacidad de interrupción.

| Voltaje Sistema (kV) | Corriente Nominal (A) | Corriente Cortocircuito Simétrico (kA) | Capacidad de Interruptor de cortocircuito equivalente (MVA) |
|----------------------|-----------------------|--|---|
| 11 | Hasta 4.000 | 26.3/52.6 | 500/1.000 |
| 33 | 400 a 2.000 | 13.1/26.2 | 750/1.500 |
| 66 | 800 a 2.000 | 13.1/21.9 | 1.500/2.500 |
| 132 | 600 a 1.600 | 10.9/15.3 | 2.500/3.500 |
| 275 | 800 a 2.000 | 15.8/31.6 | 7.500/15.000 |

Tabla6

Ya se conoce que los interruptores de alta tensión y gran potencia, se usan los siguientes sistemas de interrupción:

-Gran Volumen de Aceite

Aún hoy hay en operación alguna

-Soplo de aire

Id anterior

-Gas (SF₆)

Comúnmente usado

Todos ellos disponen de complejos sistemas en sus cámaras de extinción de arco y abren sus contactos en un tiempo que varía entre 0.004 a 0.10 segundos.

Los mecanismos de los interruptores deben estar diseñados para concentrar grandes fuerzas a altas velocidades, con una extrema seguridad en su funcionamiento.

Un interruptor moderno de SF₆ instalado en un circuito de 220 kV en el sing muestra los siguientes parámetros:

- Corriente Nominal : 2.0 kA
- Tiempo de Operación : 65 mseg
- Corriente RMS : 40 KA

Elementos de Control Asociados al Interruptor

Acoplados al mecanismo del interruptor se consulta un juego de contactos, construidos para trabajar con niveles normales de corriente y voltajes de control, llamados **“contactos auxiliares del interruptor”**.

Los contactos auxiliares que siguen la posición del interruptor (cerrado o abierto), son denominados por “a” y los que siguen la posición contraria, por “b”. Todos ellos son montados en un mismo árbol, de tal manera que su operación coincida exactamente con la del interruptor. En algunos casos en este mismo conjunto se consultan contactos que tienen un pequeño adelanto en la operación que les corresponde, denominados “aa” o “bb” según sea el caso. Por ejemplo, algunos de ellos son los que cumplen con la función de interrumpir las corrientes de cierre y desenganche, en el instante en que el interruptor, completa su operación.

En la Figura siguiente aparecen el contacto 52/b y el 52/a que cumplen con la función ya señalada. Al mismo tiempo se puede señalar que el contacto “b” dibuja cerrado, de acuerdo con la convención respectiva y que la orden de cierre se hace mediante el contacto denominado Sw.C/52 (switch de control del interruptor) bornes 1 1c. En cuanto a la apertura se puede comandar por el contacto Sw.C/52 bornes 2-3 o bien por el contacto “P” que, en forma simplificada, representa el contacto de una protección.

Clasificación de los Circuitos de Control de Interruptores de Poder

Los circuitos de control de interruptores de poder que pueden ser comandados, por los esquemas de comando manual (switches de control), protecciones y/o de regulación, se pueden clasificar en dos grandes grupos, de acuerdo con la fuente de alimentación de estos:

De comando por Corriente Continua provenientes de baterías de control. Consultándose en este caso tanto el cierre como la apertura, como se muestra en la Figura más adelante indicada, siendo la solución generalizada en Chile de subestaciones transformadoras de potencia superior a 4 MVA, en donde se justifica este tipo de alimentación a estos circuitos

De comando por Corriente Alterna. Se usa en subestaciones inferiores a 4 MVA, que no disponen de baterías de control. Por lo general, en estos casos, el comando remoto solo corresponde a la apertura originada por orden de las protecciones. El cierre se efectúa accionando manualmente y en forma directa el mecanismo que, junto con efectuar la operación cuando se le ha entregado la energía suficiente, guarda parte de esta en espera de la orden de apertura que se puede hacer en forma manual (localmente), o, como se ha dicho por las protecciones.

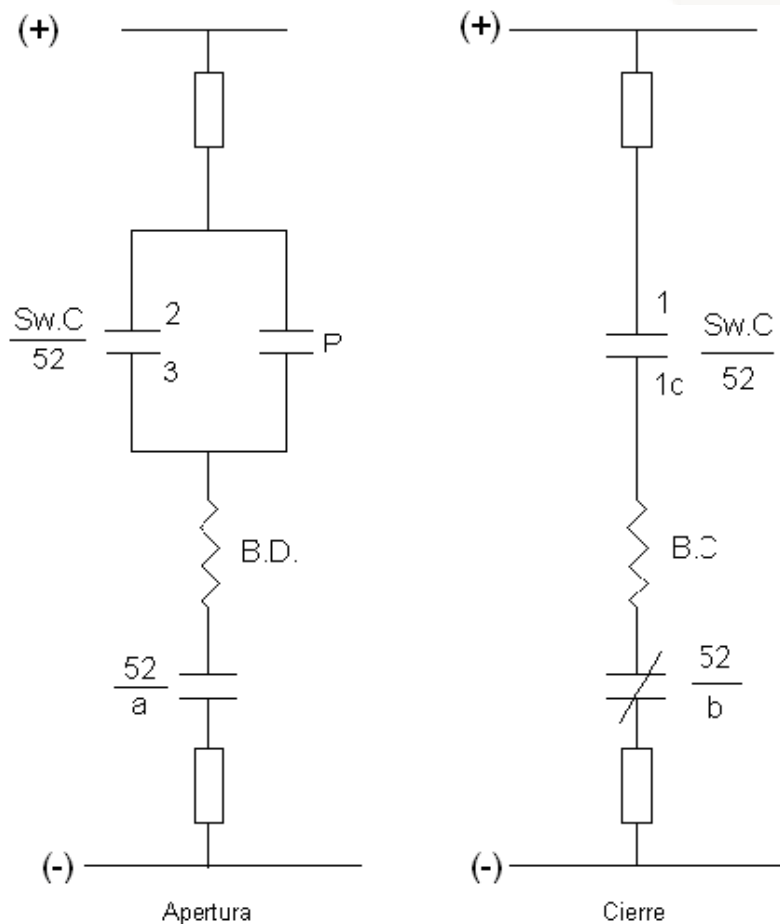


Figura 72

1.6 Método para la localización de fallas

La lógica de las protecciones nos entrega con suficiente precisión, las indicaciones precisas para la localización de toda falla que se pueda producir en una Subestación de Alta, Media o Baja Tensión. Ellas nos dicen en general y en particular como, donde y de que se trata. Siguiendo los puntos indicados más abajo podemos dirigirnos directamente hacia el lugar de falla y sabiendo de que se trata:

Características de un Sistema de Protección

Las protecciones de un Sistema Eléctrico deben reunir una serie de características, que permitan asegurar en todo momento su operación oportuna. Asociada a cada relé existe la denominada zona de operación, dentro de la cual toda falla o perturbación debe ser detectada. En relación con dicha zona de operación, se distinguen las siguientes características relevantes de los sistemas de Protección:

Sensibilidad

El sistema de Protección debe vigilar constantemente su zona de protección. Se denomina sensibilidad a la cualidad que le permite detectar cualquier condición de falla que se presente dentro de la zona de protección, al tiempo que le hace permanecer inalterado para fallas que ocurren fuera de esa zona. Este aspecto debe ser cuidadosamente evaluado al momento de especificar el ajuste del sistema, con el fin de impedir malas operaciones por asimetrías o sobrecargas; en particular en sistemas de protección de sobrecorriente.

Selectividad

Es la cualidad que permite que las protecciones identifiquen la ubicación de la falla y aíslen solo aquellos equipos afectados por la misma, manteniendo en servicio el resto del Sistema Eléctrico.

Coordinación

Es una característica del Sistema de Protección que deriva del proceso de asegurar la sensibilidad y selectividad de las diversas protecciones y permite que el sistema opere como un todo armónico.

Rapidez

Todo Sistema de Protección debe asegurar la desconexión en el menor tiempo posible. Este concepto es relativo a los niveles de cortocircuito, importancia del equipo protegido y a la relación entre el equipo y el resto del Sistema Eléctrico. De este modo, en Sistemas de Transmisión deberán asegurarse tiempos de operación muy cortos, con el fin de garantizar la estabilidad del Sistema; en tanto en Sistemas de Distribución o Industriales se podrá aceptar temporizaciones en la desconexión.

Confiabilidad

Es la característica que permite asegurar que el Sistema de Protección operará cada vez que sea necesario. El concepto involucra a todos los componentes ya definidos: Transformadores de Medida, Interruptores, Relés de Protección, Circuitos de control y Lógica de Alambrado. La obtención, conservación y evaluación de un adecuado nivel de Confiabilidad se encuentra fuertemente asociada al diseño de planes de Mantenimiento acordes con el ciclo de vida de los equipos. En efecto, un Sistema de Protecciones debe estar disponible permanentemente y en muchas ocasiones debe transcurrir un largo tiempo, incluso años, antes que tenga que cumplir su función. Durante estos períodos es necesario efectuar chequeos de calibración y funcionamiento que aseguren su operatividad dentro de los límites especificados al momento de su puesta en servicio. Los planes de mantenimiento deben ser consistentes con la calidad de los componentes del Sistema, y efectuarse con la profundidad y frecuencia requerida. Estadísticamente, se ha podido comprobar que el bajo mantenimiento y el sobre mantenimiento son igualmente perjudiciales para la Confiabilidad del Sistema. Asimismo, se observa que es necesario prestar mayor atención al mantenimiento de los esquemas de control, antes que al ajuste y calibración de protecciones, por cuanto las fallas usualmente afectan a dichos componentes de control con mayor frecuencia que a los relés de protección.

Simplicidad

Aun cuando no es una característica inherente al sistema de Protecciones, es deseable que en la etapa de diseño se tenga a la vista el concepto de simplicidad, con el fin de proyectar esquemas que satisfagan los requerimientos con soluciones lo más sencillas posibles. Este aspecto impacta significativamente en la calidad y Confiabilidad del Sistema y asegura la obtención de tasas de falla mínimas, facilidad y rapidez en la identificación y normalización de eventuales anomalías y en la minimización de problemas de operación.

Respaldo

Los Sistemas de Protección se disponen de modo que al no operar uno de ellos (denominado protección principal) existan otros sistemas que puedan despejar la falla (protecciones secundarias o de respaldo). La operación de una protección de respaldo implica sacar de servicio una cantidad de equipos mayor que la estrictamente necesaria para aislar la falla, única alternativa disponible para evitar el daño sobre el Sistema Eléctrico. Existen diversas técnicas de respaldo, fuertemente relacionadas con el criterio de economía de los Sistemas. Es así como en Sistemas de transmisión y generación se emplean esquemas redundantes, con doble equipo de protección para una única zona protegida y en esquemas de distribución se usa normalmente el respaldo vía coordinación de protecciones con zonas de operación traslapadas.

Economía

El sistema de protecciones impacta significativamente en los costos totales de un proyecto. Cuando más cerca se encuentra el Sistema del usuario final, esta incidencia es más relevante. Por esta razón, al momento de decidir la adquisición de equipos de protección, es conveniente analizar cuidadosamente las alternativas técnico-económicas disponibles, de forma de obtener una maximización de los beneficios técnicos al mínimo costo.

Alta Tensión

Descripción General

Como ya sabemos, en una Subestación de AT podemos encontrar las siguientes estructuras o equipos, todos ellos perfectamente identificados:

Sector Aéreo o Intemperie (Ver Nota):

Cables, Conexiones, Barras

Transformadores de Poder y de Medidas tanto de Corriente como de Voltaje

Equipos: Interruptores, Desconectores, Mufas, Pararrayos, Reactores

Nota: Existen las Subestaciones de Alta Tensión Bajo Techo en muy menor escala, en el SING se tienen dos instalaciones de AT Bajo Techo en 110 kV y 220 kV.

Características:

110 kV: Al equipamiento anterior se le agregan los aisladores Pasamuros. El resto de los equipos son los mismos ya descritos

220 kV: Instalación de Maniobra con Encapsulamiento Metálico Aislamiento por Gas (Nitrógeno y Aceite). Se conocen por las siguientes siglas: GIS Gas Insulators System.

Protecciones Más Comunes Norma (NEMA)

Aumento de Corriente o Sobrecorriente (50/51)

Disminución de Voltaje (27)

Aumento de Voltaje (59)

Aumento de Temperatura (49)

Comparación de Corrientes (87). También se conoce con el nombre de Diferencial.

Comparación de Ángulos (78)

Dirección de Flujo de Potencia (67) y (32)

Disminución de Impedancia (21)

Oscilación de Potencia (68)

Aparición de Corrientes de Secuencia Cero (50G/51G) (67G)

Aparición de Voltajes de Secuencia Cero (59G)

Aparición de Componentes de Secuencia Negativa (46)

Aumento o Disminución de Frecuencia (81)

Fuera de Servicio o de Orden de Detención (86)

Cualquiera de estas protecciones, que no son todas, tienen indicaciones precisas para información de los especialistas y los mantenedores los cuales deben ser informados por el personal de operación y control, mediante un informe verbal el cual deberá ser respaldado por un informe oficial posteriormente.

Con la información precedente, el equipo fallado queda fuera de servicio por Procedimientos Oficiales y entregados al personal de mantenimiento

Ejemplo de una interpretación de Información de Falla:-

Sala de Comando S.E. A.- Relé operado 51G, Hora y Equipo Fuera de Servicio.

Información entregada.- Lugar, Hora, Relé Operado. Equipo Fuera de Servicio.

Interpretación: Relé operado contiene información de Secuencia Cero, ósea, es una falla con retorno por tierra y esta puede ser cercana o lejana a la S.E. Personal de mantenimiento de línea recorre instalaciones afectadas e informa.

Media Tensión

El registro de protecciones es más corto que en Alta Tensión:

Aumento de Corriente o Sobrecorriente (50/51)

Desconectador Fusible Operado en tal Sector

Operación de Interruptor Reconectador en cierto sector. El sector puede ser parte de una Red o un Lugar en Específico.

El Sector muestra la Dirección y Hora de la falla. Personal de Mantenimiento por un Procedimiento, es enviado al lugar para efectuar reparación.

Baja Tensión

Protecciones Más Habituales:

Fusible.- Entrega lugar, hora y equipo Fuera de Servicio

Interruptor Automático. Id anterior

Personal de mantenimiento es informado del lugar, hora y equipo fallado

2. Protecciones eléctricas en BT

2.1 Fundamentos de las protecciones eléctricas

Particularidades de las protecciones aplicadas a la Baja Tensión

Ella se centra en la protección contra los efectos de las sobrecorrientes ($I > I_N$)
Éstas se pueden producir por:

Cortocircuito: Conexión de 2 o más puntos a través de una impedancia despreciable ($I > 3 I_N$).

Se llama cortocircuito **franco** si $I > 6 I_N$

Sobrecarga: Condición de funcionamiento de un circuito eléctrico **sin defecto** que provoca una sobrecorriente sin llegar a ser falla.

Protección contra cortocircuitos

Se realiza mediante: **Fusibles** calibrados de características funcionales adecuadas, o **Interruptores automáticos** con sistema de disparo **electromagnético**

Protección contra sobrecargas

Se realiza mediante:

Fusibles calibrados de características funcionales adecuadas

Interruptores automáticos con curva **térmica** de disparo

Relés térmicos para proteger los motores

Fusibles

Cortan la corriente cuando sobrepasa un determinado valor durante un cierto tiempo

Características:

Intensidad y Tensión nominales y definidas por catálogos

Poder de corte nominal: I capaz de cortar a UN

Característica tiempo-corriente:

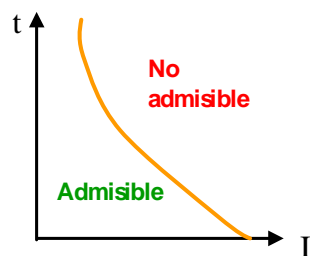


Figura 73

Interruptores Automáticos

Capaces de establecer, soportar e **interrumpir** corrientes en condiciones normales y de **avería**;

Pueden ser **unipolares** o **multipolares**

Pueden producir disparo: por sobreintensidad instantánea (magnéticos) por" de tiempo inverso (térmicos) por mínima tensión con disparadores auxiliares (shunt)

Interruptores Automáticos (II)

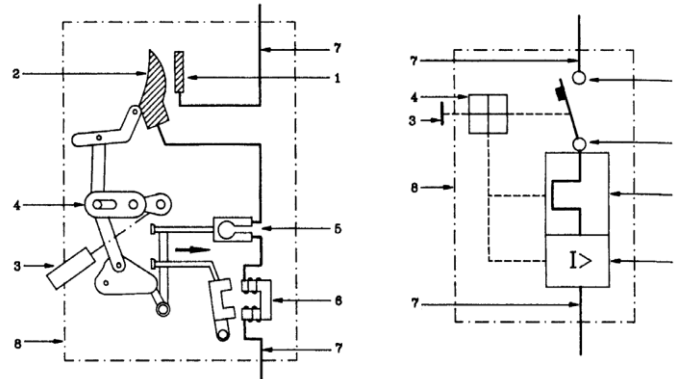


Figura 74

- 1: Contacto fijo
- 2: Contacto móvil
- 3: Accionamiento
- 4: Mecanismo de maniobra. Disparadores de sobreintensidad:
- 5: Térmico
- 6: Magnético
- 7: Elementos de conexión
- 8: Envolvente

Interruptor Automático Magneto térmico

Característica tiempo/corriente

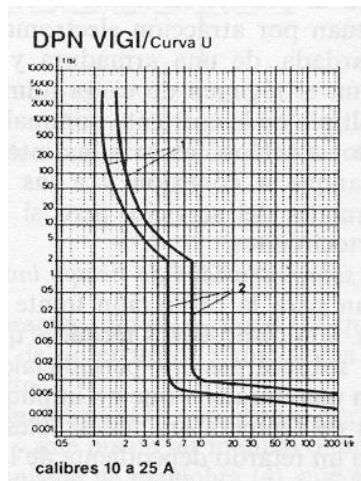


Figura 75

- 1: Disparo térmico
- 2: Disparo electromagnético

Relés Térmicos

Suelen proteger los motores contra **sobrecargas**.

No tienen poder de corte: van asociados a **contactores**

Pueden detectar funcionamiento **desequilibrado** ("marcha en monofásico") si tienen efecto diferencial

Se debe ajustar la I a la IN del motor

Pueden tener rearme manual o automático

Relés Térmicos (II)

Estructura básica

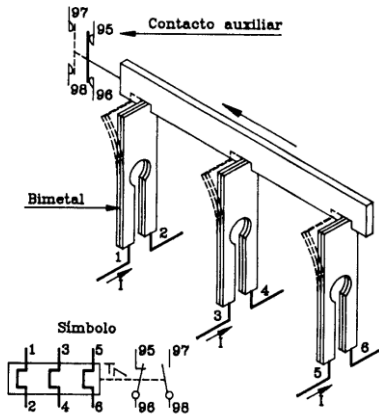


Figura 76

Estructura básica

Característica tiempo/corriente

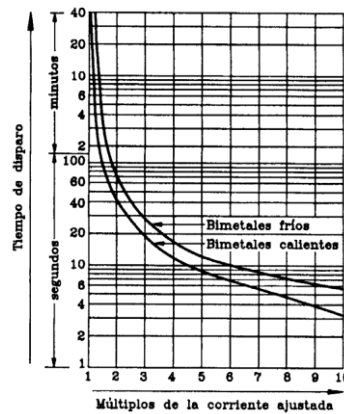


Figura 77

Característica tiempo/corriente

Alternativas de protección

Sólo fusibles: Contra cortocircuitos y sobrecargas de larga duración

Fusible + Relé térmico: (típico en motores). El fusible contra cortos y sobrecargas intensas, el relé contra sobrecargas no intensas **Interrupor automático magnetotérmico:** La característica magnética protege contra cortocircuitos y la térmica contra sobrecargas.

Protección contra Contactos Directos

Son contactos de personas con partes activas de los materiales o equipos.

Alejamiento de las partes activas Interposición de **obstáculos** que impidan todo contacto accidental Recubrimiento de las partes activas por medio de un **aislamiento** apropiado.

Protección contra Contactos Indirectos

Son contactos de personas con masas puestas accidentalmente bajo tensión:

Medidas de protección de **clase A** (aplicable sólo de manera limitada)

Separación de circuitos; Empleo de pequeñas tensiones; Separación de partes activas y masas; Recubrimiento de las masas

Medidas de protección de **clase B**

Puesta a tierra o a neutro de las masas y dispositivo de corte por intensidad o tensión de defecto típicamente interruptor diferencial

Protección Diferencial

Detecta fallos de aislamiento o contacto accidental de una persona con una tensión

Apertura automática cuando la suma vectorial de las intensidades supera un umbral determinado

Características:

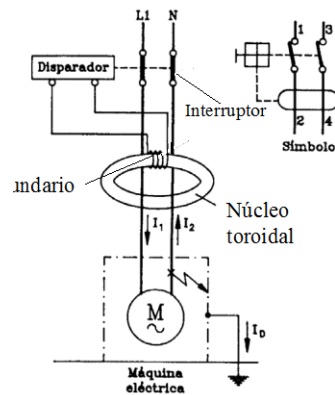
Intensidad y tensión nominales, no de polos

Sensibilidad: mínima corriente de defecto que es capaz de detectar y provoca el disparo

10, 30, 100, 300, 500mA y 1A

Protección Diferencial (II)

Interruptor Diferencial monofásico



Protección Diferencial trifásica

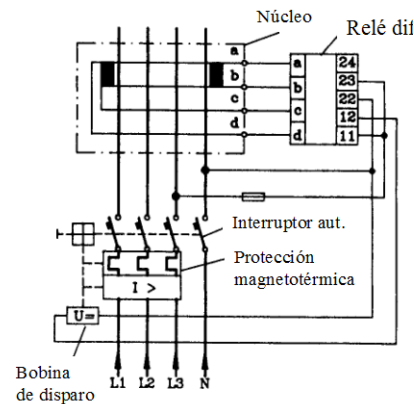


Figura 78

Interruptor Diferencial monofásico

Protección Diferencial trifásica

2.2 Ajuste y Coordinación de Protecciones

Una regla básica a tomar en cuenta en la coordinación de los sistemas de protección en sistemas eléctricos, es que el equipo de protección más cercano a la fuente, debe ser más lento en comparación con el equipo de protección más alejado de la misma, para toda corriente igual o menor al nivel de cortocircuito en la localidad ubicada lejos de la fuente.

Cabe destacar que las protecciones deben ser lo suficientemente lentas como para permitir el paso de las corrientes y las sobrecorrientes normales del sistema, pero a su vez lo suficientemente rápidas para proteger los equipos.

Fusible-Fusible 15

Para casos en que se desee hacer la coordinación fusible-fusible en baja tensión, se debe tomar en cuenta que, en general la curva fusión de un fusible está definida en el límite inferior como el 75% del mínimo de fusión de la curva tiempo corriente del fusible. Es decir, si se desean coordinar dos fusibles A y B, el tiempo total de despeje del

fusible B debe estar suficientemente por debajo de la curva de despeje del fusible A [12]. Figura 79.

Coordinación fusible-fusible 15

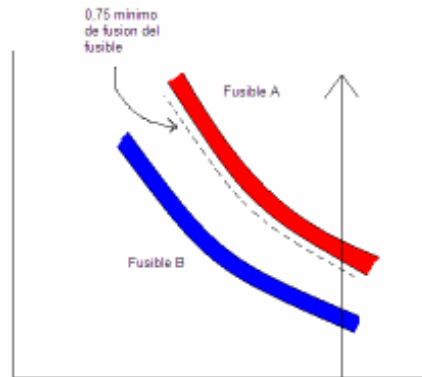


Figura 79

ITm-ITm 16

Para realizar la coordinación entre dos interruptores termomagnéticos, se debe tratar de cumplir que, la corriente nominal del interruptor A sea aproximadamente 2 veces la corriente del interruptor B, esto para evitar pérdida de selectividad en el sistema eléctrico. En la siguiente Figura se muestra como debería ser la coordinación de 2 interruptores electromagnéticos.

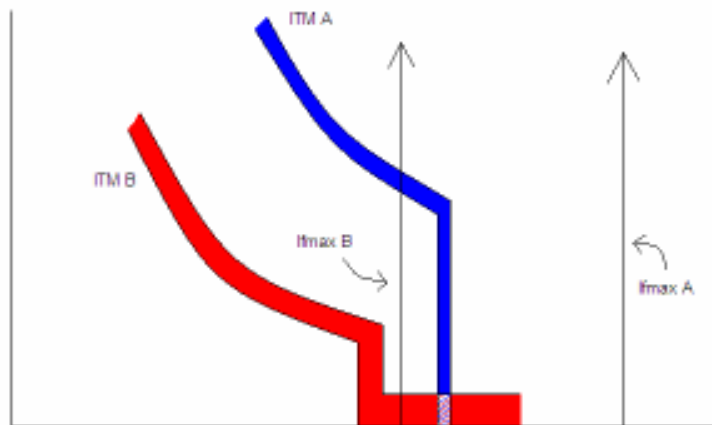


Figura 80

Se debe tener en cuenta que en la Figura el instantáneo del interruptor A se encuentra inhibido. Por otro lado una regla básica para este tipo de casos es que si el instantáneo máximo no supera la corriente máxima de falla en B ($I_{nma} B$), se debe colocar el máximo valor de instantáneo posible para garantizar el mayor rango de selectividad existente [12].

Fusible-Itm 17

Para este caso se tienen dos opciones posibles, la primera es tener un fusible aguas abajo del interruptor, y por supuesto la segunda opción es el caso inverso, un interruptor aguas abajo del fusible.

Para la primera opción, la corriente nominal del interruptor debe ser lo bastante grande en comparación con la corriente máxima de fusión del fusible, lo cual se muestra en la Figura 81. Para la segunda opción, la corriente nominal de interruptor debe estar lo suficientemente por debajo, para que su curva no se intersecte con la curva de 0,75 del mínimo de fusión de la curva tiempo corriente del fusible [12]. Ver Figura 82.

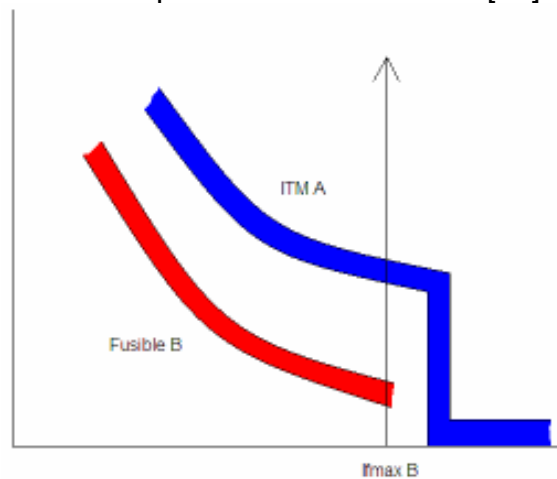


Figura 81

Coordinación ITM aguas arriba de un Fusible

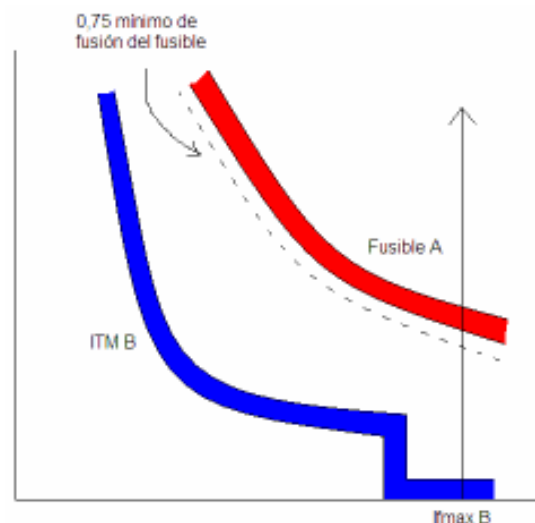


Figura 82

Coordinación ITM aguas abajo de un fusible

Relés Térmicos-Itm o Fusibles

Este caso de coordinación se usa generalmente para proteger motores contra fallas por sobrecarga y fallas por cortocircuito. Lo deseable es que ambas protecciones permitan el paso de las corrientes de arranque del motor, pero que a su vez lo proteja. En la Figura siguiente se presentan las coordinaciones deseables para este caso.

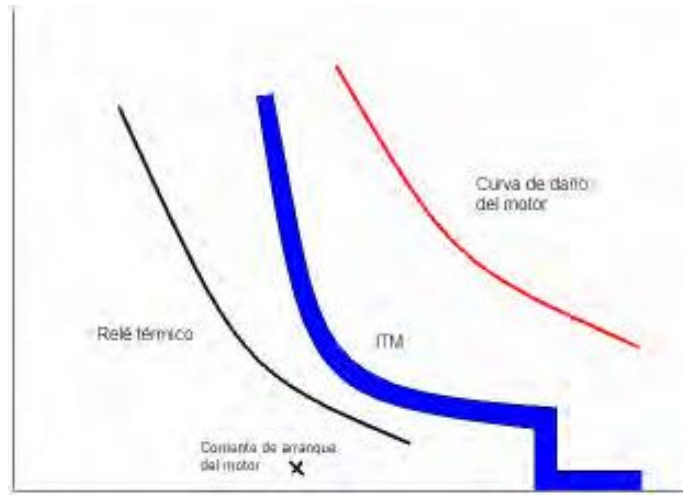


Figura 83

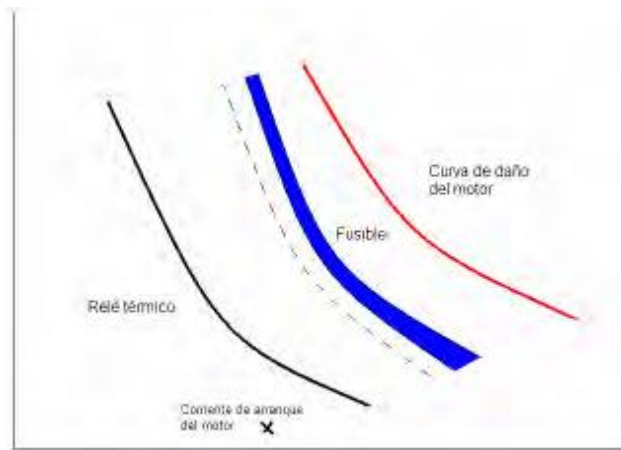


Figura 84

Relés de sobrecorriente – Relés de sobrecorriente

Este caso de coordinación, en general se encuentra en sistemas de media tensión. El criterio de coordinación se basa en la diferencia de tiempo que debe existir entre un relé y otro. (Ver Figura 85).

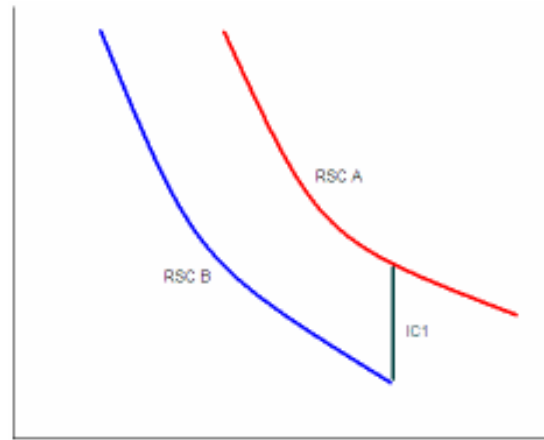


Figura 85

Coordinación de dos relés de sobrecorriente

El criterio de coordinación se observa en la Figura, se define como el tiempo mínimo que debe tener el relé de sobrecorriente aguas arriba de diferencia, en comparación con el relé aguas abajo. Este tiempo consta de: 0,1 segundos que corresponde al error que presenta el relé A, más 0,1 segundos al error correspondiente al relé B, más 0,1 segundos de seguridad, más el tiempo de actuación del interruptor que si se desconoce se asume como 0,1 segundos, más el tiempo de sobrevuelo (para este caso el del relé A) si el relé es electromecánico, en caso de que sea electrónico este tiempo se toma como cero.

Malla de Tierra

Malla de Tierra

- **Malla a tierra**
- Una malla a tierra efectivamente supera el problema de los voltajes en escalón y de contacto. La malla es una rejilla de metal, conectada a la fundación estructural con un conductor de cobre de gran sección

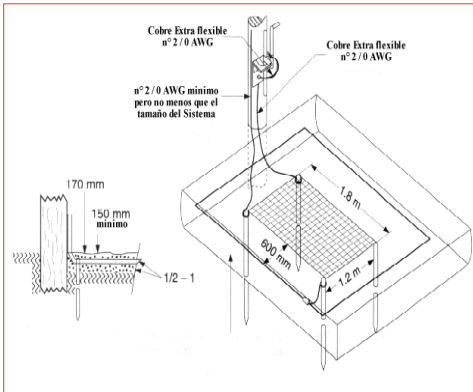


Figura 86

Introducción

Con la introducción de la electrónica como parte fundamental de los equipos, y teniendo en cuenta los fenómenos transitorios que aparecen en las subestaciones, y en general en los ambientes industriales, hay que dar la importancia que realmente tiene las tomas de tierra de los equipos, dado que como se va a demostrar más adelante, las frecuencias que existen en los ambientes pueden llegar a valores muy elevados y ser, perjudiciales para los equipos electrónicos, digitales que puedan estar instalados en esos entornos.

Las descargas sobre cualquier cable conductor, tanto en líneas eléctricas (redes de alta y baja tensión), líneas de datos (telefónicas e informáticas), líneas de alta frecuencia (antenas, coaxiales de radio frecuencia y transmisión), cables de alarmas o conductores de conexión a tierra provocan transitorios que se caracterizan por su corta duración, crecimiento rápido y valores de cresta muy elevados (varios cientos de kV).

La descarga de un rayo se propaga en un radio de varios kilómetros y su dispersión en la tierra eleva su potencial, induciendo fuertes sobre tensiones en los cables subterráneos y aumentando la tensión en las tomas de tierra.

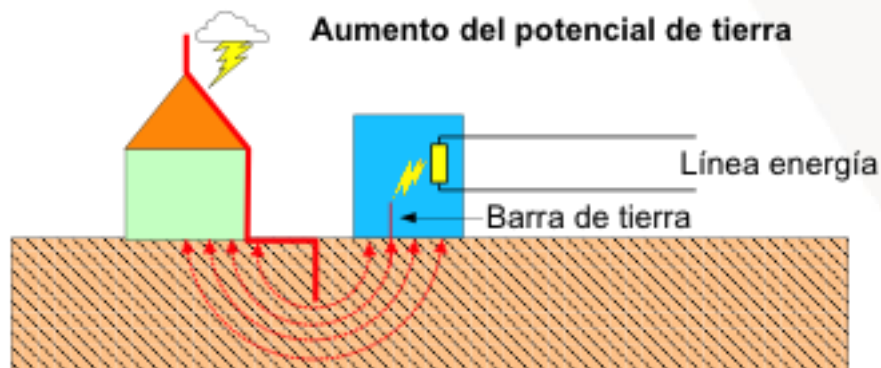


Figura 87

Los causantes de sobré tensiones transitorias, también lo son:

- Conmutaciones de compañías eléctricas.
- Actuación de dispositivos de protección de redes.
- Cortocircuitos.
- Entrada / Salida de cargas inductivas.
- Conmutaciones de máquinas de gran potencia.
- Compresores.
- Fotocopiadoras.
- Descargas electrostáticas.
- Actuación de bancos capacitivos
- Transferencias de energía (grupos electrógenos)

En una instalación eléctrica todos los conductores que acceden desde el exterior son susceptibles de facilitar el camino a las sobre tensiones transitorias, provocando así perturbaciones en la alimentación de todos los sistemas conectados.

La función del sistema de puesta a tierra es doble:

- proporcionar un camino definido de regreso a la fuente de energía y con impedancia suficientemente baja, vía los conductores de tierra, de tal modo que ante el evento de una falla a tierra de un conductor activo, fluya por una ruta predeterminada una corriente suficiente, que permita operar al dispositivo de protección del circuito.
- Limitar a un valor seguro la elevación de potencial en todas las estructuras metálicas a las cuales tienen normalmente acceso personas y animales, bajo condiciones normales y anormales del circuito.

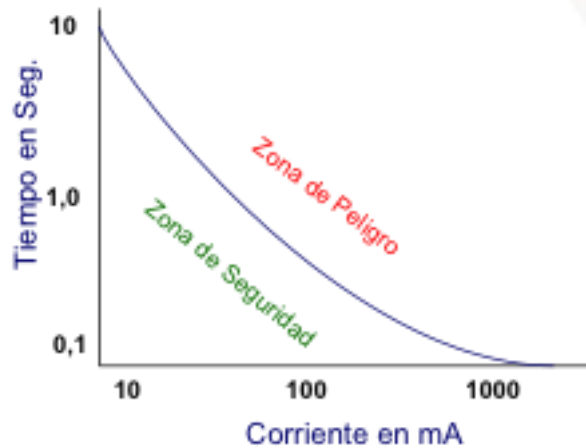


Figura 88

Zona de seguridad : No hay peligro para el ser humano

Zona de peligro : El peligro se incrementa en la medida que aumenta el tiempo y la intensidad del contacto

Los voltajes de seguridad, V_s , establecidos por el reglamento **Chileno** son:

65 Volts en ambiente seco o de bajo riesgo eléctrico

24 Volts en ambiente húmedo o de alto riesgo eléctrico

Considerando como I_n la corriente nominal del dispositivo automático protector del circuito, el valor de resistencia de puesta a tierra requerida para controlar que en todas las estructuras metálicas no se superen estos voltajes de seguridad, es:

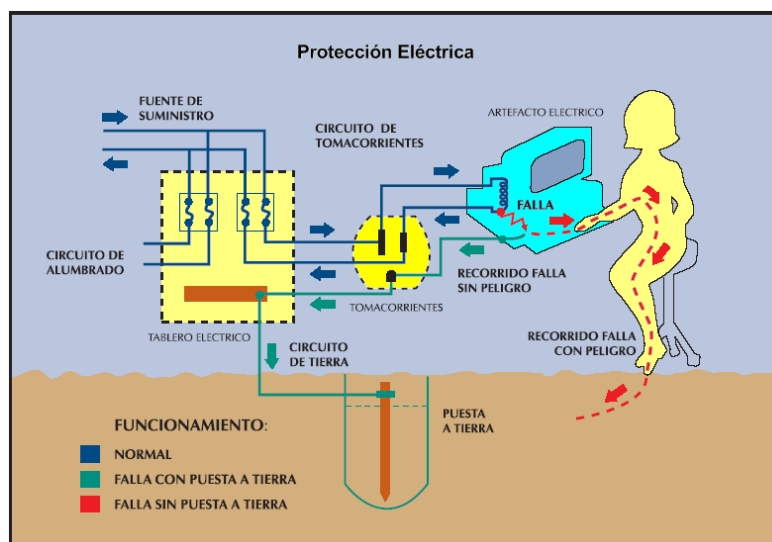


Figura 89

Una de las formas de analizar la corriente eléctrica que circula por el cuerpo humano, está dada por la siguiente ecuación logarítmica inversa, según investigaciones del Dr. Charles Dalziel y que aparece en la norma IEEE-80 y que establece:

1. Para una persona de 50 kg de peso.

$$\frac{154}{\sqrt{t}} \text{ mA a 60Hz}$$

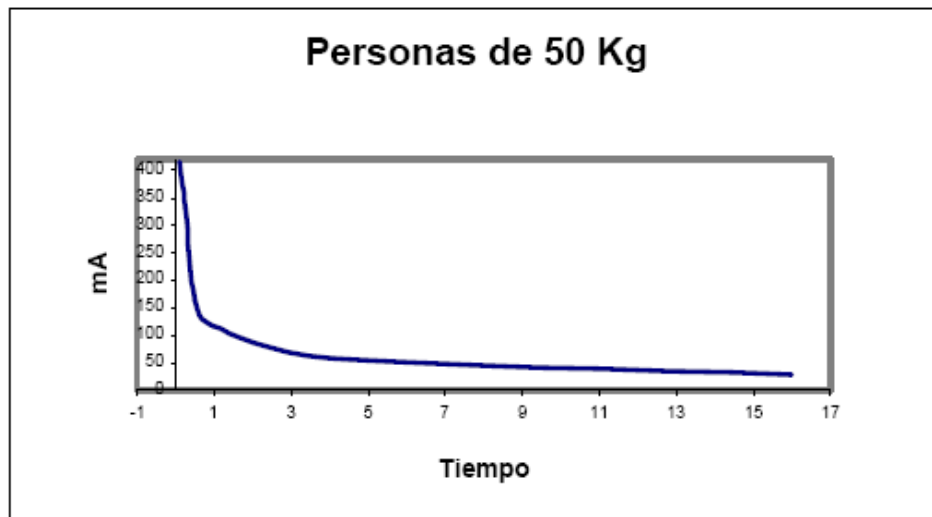


Figura 90

2. Para una persona de 70 kg de peso.

$$I = \frac{154}{\sqrt{t}} \text{ mA a 60Hz}$$

Dónde:

t = Tiempo en segundos en que pasa la corriente eléctrica por el ser vivo. Estas corrientes fueron obtenidas de experimentos con animales cuyo corazón es muy parecido al del hombre, (ver gráfica N° 1 para personas de 50 kg)

Corrientes eléctricas por la generación de altas tensiones en la tierra.

Como lo establece la ley de Ohm, cuando circula una corriente por un medio físico, se genera un voltaje en el mismo. Las corrientes por tierra (de desbalance, de fallas a tierra, errantes etc.) al circular por la misma, inducen un voltaje en las partes conductoras que se encuentran en la misma, generando en el organismo, dos tipos de voltajes:

1. Voltaje de paso
2. Voltaje de toque

El voltaje de paso o voltaje pie-pie

Corresponde a lo diferente de potencial de un metro está dado por (Para una persona de 50 Kg):

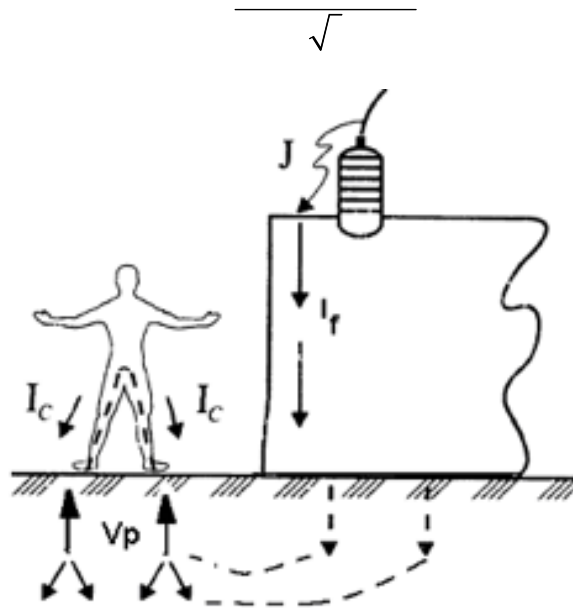


Figura 91

Dónde:

V_p = Voltaje que se presenta entre los pies de una persona al caminar sobre la tierra en volts.

=Resistividad superior de la tierra sobre la que se camina en Ohm-m

t = Tiempo en segundos que dura la circulación de corriente por el cuerpo humano.

El voltaje de Contacto (toque)

Es aquél que recibe una persona al tocar una parte metálica no energizada, y que adquiere potencial al pasar una corriente eléctrica por la tierra. Su valor está dado por:

$$\sqrt{\frac{V_p}{t}}$$

2.3 Puestas a tierra

Extracto de la norma chilena (NCH Elec 4/2003), art. 10.

Conceptos generales

- 10.0.1 En una instalación podrá existir una puesta a tierra de servicio y una puesta a tierra de protección.
- 10.0.2. Se entenderá por tierra de servicio la puesta a tierra de un punto de la alimentación, en particular el neutro del empalme en caso de instalaciones conectadas en BT o el neutro del transformador que alimente la instalación en caso de empalmes en media o alta tensión, alimentados con transformadores monofásicos o trifásicos con su secundario conectado en estrella.
- 10.0.3. Se entenderá por tierra de protección a la puesta a tierra de toda pieza conductora que no forma parte del circuito activo, pero que en condiciones de falla puede quedar energizada. Su finalidad es proteger a las personas contra tensiones de contacto peligrosas.

Tierra de servicio

- 10.1.1. El conductor neutro de cada instalación de consumo deberá conectarse a una puesta a tierra de servicio.
- 10.1.2. La puesta a tierra de servicio se efectuará en un punto lo más próximo posible al empalme, preferentemente en el punto de unión de la acometida con la instalación.
- 10.1.3 En el conductor neutro de la instalación no se deberá colocar protecciones ni interruptores, excepto que éstos actúen simultáneamente sobre los conductores activos y el neutro.
- 10.1.4. La sección del conductor de puesta a tierra de servicio se fijará de acuerdo a la Tabla No 10.21.
- 10.1.5. El conductor de puesta a tierra de servicio tendrá aislación de color blanco, de acuerdo al código de colores establecido en el párrafo 8.0.4.15.

Tierra de protección

- 10.2.1. Toda pieza conductora que pertenezca a la instalación eléctrica o forme parte de un equipo eléctrico y que no sea parte integrante del circuito, podrá conectarse a una puesta a tierra de protección para evitar tensiones de contacto peligrosas.
- 10.2.2. La puesta a tierra de protección se diseñará de modo de evitar la permanencia de tensiones de contacto en las piezas conductoras señaladas en 10.2.1, superiores al valor de tensión de seguridad prescrito en 9.0.6.3.

- 10.2.3. La protección ofrecida por una tierra se logrará mediante una puesta a tierra individual por cada equipo protegido, o bien, mediante una puesta a tierra común y un conductor de protección al cual se conectarán los equipos protegidos. Ver hoja de norma No 15.
- 10.2.4. La resistencia de cada puesta a tierra de protección en cualquiera de las dos soluciones no deberá ser superior a:

$$R_{TP} = \frac{V_S}{I_O}; \quad I_O = K * I_N$$

Donde V_S es la tensión de seguridad de acuerdo a 9.0.6.3, e I_O es la corriente de operación de la protección del circuito o del equipo protegido por la puesta a tierra, $I_O = K * I_N$; siendo I_N la corriente nominal de la protección considerada y K una constante determinada de la Tabla No 10.22.

3. Celdas de baja tensión

Baja Tensión

- 1.- Tableros de Fuerza y Control
- 2.- Centro de Control de Motores

3.1 Prevención de Riesgos Eléctricos en Baja Tensión

Riesgos Eléctricos:

Para evitar los accidentes debido a la corriente eléctrica es necesario adoptar medidas adecuadas para prevenir y proteger de los posibles riesgos que pueden presentarse. Estas medidas implican la elección acertada de los elementos preventivos que hagan fiables y seguras a las instalaciones eléctricas (de acuerdo con su tensión, tipo de instalación y su ubicación) tanto para los bienes personales como los materiales.

Los riesgos que se derivan de la energía eléctrica son:

- Choque eléctrico por paso de la corriente a través del cuerpo humano.
- Riesgo de incendio por sobrecargas de los conductores o por cortocircuitos.
- Daños por proyección de material fundido en los cortocircuitos.

Así la energía eléctrica ha de considerarse peligrosa, ya que no es perceptible por ninguno de los sentidos, debido a que no tiene olor, no se puede ver, no se puede oír en la mayoría de los casos, no tiene gusto y no es sensible al tacto, salvo en caso que el choque eléctrico se ha producido.

Definición de Contacto Eléctrico:

El riesgo eléctrico se define como probabilidad de que el cuerpo humano se someta a una diferencia de potencial (tensión) con el consiguiente choque eléctrico debido a la circulación de corriente a través de él. No obstante, para que circule corriente eléctrica por el organismo es necesario que se den los tres aspectos siguientes:

- Que exista una diferencia de potencial entre dos puntos del cuerpo.
- Que haya un circuito cerrado.
- Que el elemento que une los dos puntos del cuerpo sea conductor.

Estos tres aspectos se reflejan en la Figura 92, en la que entre los dos puntos A y B (fase L3 y tierra) existe una diferencia de potencial U . El circuito se cierra a través de tierra y el elemento que une la fase L3 con la mano de la persona que es conductor. Si el objeto que lleva la persona no fuese conductor, el accidente no ocurriría, ya que no se cumpliría el último punto y, por tanto, no se cerraría el circuito eléctrico.

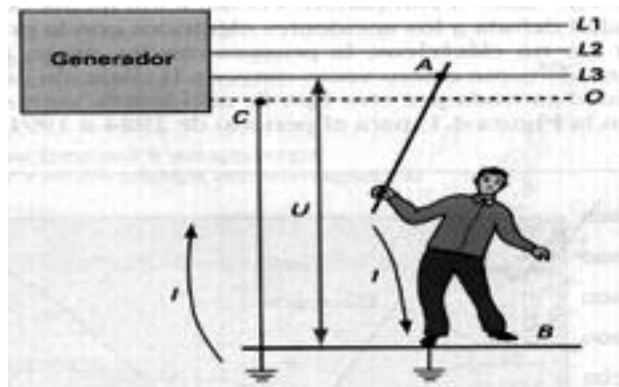


Figura 92

Reglamentación Chilena

En nuestro país, enfrentamos los riesgos generados por la utilización de la energía eléctrica, en cuanto a la prevención, protección, aplicación y normalización a través de dos instancias legales como son:

- Normas Técnicas Eléctricas de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) y obligatoria en todo el territorio nacional. NCH Elec. 4/84 2003.
- Reglamento de Seguridad Minera, Decreto Supremo N° 72, 2004 del Servicio Nacional de Geología y Minería, especialmente aplicable en faenas mineras como de obras civiles relacionadas.
- Reglamento Interno Especial de las Empresas de Prevención de Riesgos en el uso de la Energía Eléctrica para Empresa, Contratistas y subcontratistas.

Los cuales deben ser cumplidos por todos los trabajadores, sean estos propios, o empresas externas, visitas técnicas, visitas ocasionales y todas aquellas que de algún modo, estén relacionadas en la utilización de la energía eléctrica.

Medidas de protección contra tensiones peligrosas

Art. 9.0.1. – Al accionar un sistema o circuito eléctrico el operador corre el riesgo de quedar sometido a tensiones peligrosas por contacto directo o por contacto indirecto.

Art. 9.0.2. – Contacto directo, cuando toca con alguna parte de su cuerpo una parte del circuito o sistema que en condiciones normales está energizada.

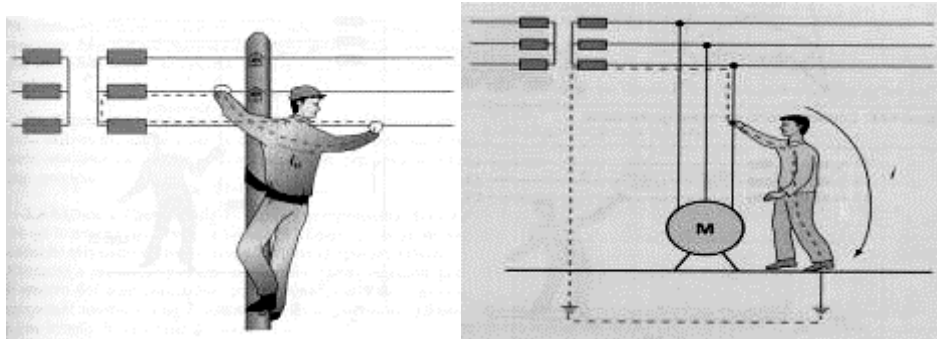


Figura 93
Contactos Directos

Art. 9.0.3. – Contacto indirecto, cuando toca con alguna parte de su cuerpo una parte metálica de un equipo eléctrico, que en condiciones normales está desenergizado, pero que en condiciones de falla se energiza.

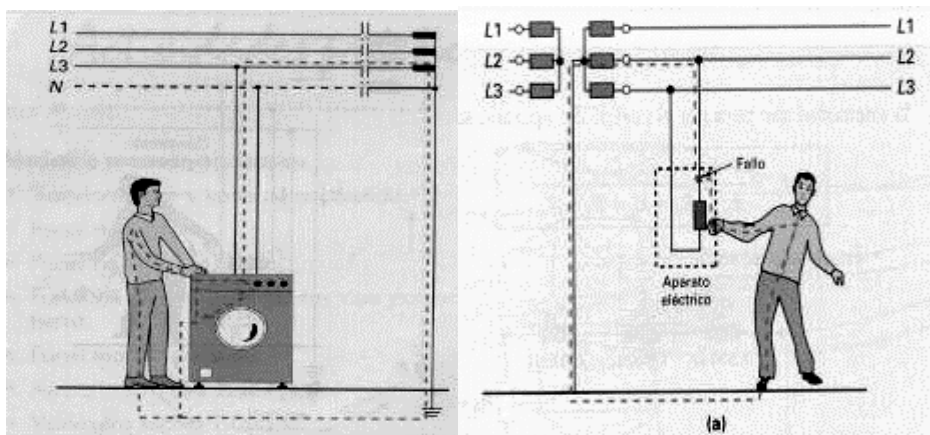


Figura 94
Contactos Indirectos

Medidas de protección contra contactos directos.

Se protegerá al operador o usuario de una instalación o equipo eléctrico, utilizando algunas de las siguientes medidas o combinación de estas:

Art. 9.1.1.- Se considerará suficiente protección contra los contactos directos con partes energizadas que funcionen a más de 50 V, la adopción de una o más de las medidas siguientes:

Art. 9.1.1.1.- Colocación de la parte energizada fuera de la zona alcanzable por una persona, definida en 9.0.6.1.

Art. 9.1.1.2.- Colocando las partes activas en bóveda, salas o recintos similares accesibles únicamente por personal calificado.

Art. 9.1.1.3.- Separando las partes energizadas mediante rejillas, tabiques o disposiciones similares de modo que ninguna persona pueda entrar en contacto accidental con ellas y que sólo personal calificado tenga acceso a la zona así delimitada.

Art. 9.1.1.4.- Recubriendo las partes energizadas con aislantes apropiados, capaces de conservar sus propiedades a través del tiempo y que limiten las fugas a valores no superiores a 1 mili ampere. Las pinturas, barnices, lacas y productos similares no se consideran un aislamiento satisfactorio para estos fines.

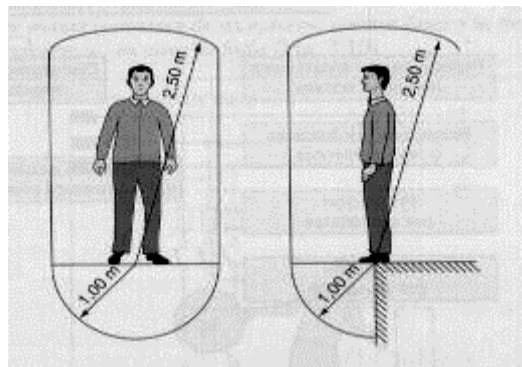


Figura 95

Medidas de protección para evitar los contactos indirectos.

Se protegerá al operador o usuario, limitando al mínimo el tiempo de la falta, haciendo que el valor del voltaje con respecto a tierra que se alcance en la parte fallada sea igual o inferior al valor de seguridad (50 V, Art. 9.0.6.3.) o bien haciendo que la corriente que pueda circular a través del cuerpo del operador, en caso de falla, no exceda de un cierto valor de seguridad predeterminado. En el reglamento se proponen y condicionan como posibles soluciones al problema de seguridad, métodos de protección contra los contactos indirectos.

La norma clasifica a los sistemas de protección en dos grandes grupos:

- Sistemas de protección clase “A”.- Toma medidas destinadas a suprimir el riesgo mismo, haciendo que los contactos no sean peligrosos o bien impidiendo los contactos simultáneos entre las masas y los elementos conductores, entre los cuales pueden aparecer tensiones peligrosas.
- Sistema de protección clase “B”.- Exige la puesta a tierra o puesta a neutro de las carcasas metálicas, asociando esto a un dispositivo de corte automático que produzca la desconexión de la de la instalación fallada.

Análisis de los métodos de protección.

Clase “A”

1. Utilización de voltaje extra bajos (9.2.6.2.).- Las instalaciones se alimentan con voltaje lo suficientemente bajos como para poder ser tocados sin peligros algunos para las personas, voltaje de servicio de 42 V. o 24 V. de acuerdo a lo prescrito en 9.0.6.3. 50 V seco y 24 V húmedos o mojados).

El empleo de este sistema es recomendable en instalaciones en recintos o lugares muy conductores y hará innecesaria la adopción de otra medida.

El circuito no será puesto a tierra ni se conectará con circuitos de tensión más elevada, ya sea directamente o mediante conductores de protección.

Su uso es aconsejable en los siguientes elementos y situaciones:

- Iluminación de interiores de calderas, molinos, hornos, etc.
- Lámparas portátiles.
- Herramientas eléctricas.
- Juguetes eléctricos.

2. Conexiones equipotenciales (9.2.6.4.).- Este sistema consiste en unir todas las partes metálicas de la canalización y las masas de los equipos eléctricos entre sí y con los elementos conductores ajenos a la instalación que sean accesibles simultáneamente, para evitar que puedan aparecer tensiones peligrosas entre ellos. Esto se logra, por medio de un conductor de protección.

Se trata, por lo tanto, de crear lo que se denomina “Jaula de Faraday” en el recinto que se ha de proteger, de tal forma que, en el caso que circule corriente, no se creen caídas de tensión peligrosas.

Esta medida se recomienda para locales o emplazamientos mojados, y debe asociarse con alguna medida de protección clase “B”.

3. Doble aislamiento o aislamiento de protección (9.2.6.3.).- Este sistema consiste en recubrir todas las partes accesibles de las carcasas metálicas con un aislante apropiado que cumpla lo prescrito en 9.1.1.4 o utilizar carcasas aislantes que cumplan iguales condiciones.

4. Empleo de transformadores de aislamiento (9.2.6.1.).- Este sistema consiste en alimentar él o los circuitos que se desea proteger a través de un transformador, generalmente de razón 1:1, cuyo secundario esté aislado de tierra. Se deben cumplir las siguientes premisas:

1. Su construcción será de tipo doble aislamiento.
2. El circuito secundario no tendrá ningún punto común con el circuito primario ni con ningún otro circuito distinto.
3. No se emplearán conductores ni contactos de tierra de protección en los circuitos conectados al secundario.
4. Las carcasas de los equipos conectados al secundario no estarán conectadas a tierra ni a la carcasa de otros equipos conectados a otros circuitos, pero la carcasa de todos los equipos conectados al circuito secundario y que pueden tocarse simultáneamente estarán interconectados mediante un conductor de protección.
5. El límite de tensión y de potencia que fija la norma es de 220 V. y 10 KVA para circuitos monofásicos y 380 V. y 16 KVA para trifásicos. Este tipo de protección es aconsejable en instalaciones que se efectúen en o sobre calderas, andamiajes metálicos, cascos navales, y en general donde las condiciones de trabajo sean extremadamente peligrosas por tratarse de locales o ubicaciones muy conductoras. El empleo de este sistema hará innecesaria la adopción de medidas adicionales.

Clase “B”

Dado que los sistemas de protección clase B, exigen la puesta a tierra de los sistemas eléctricos, veamos como la normativa chilena las define:

Tierra de servicio (10.0.1). - Se entenderá la puesta a tierra del neutro de una instalación o del punto neutro de un transformador, conectado en estrella, que alimente la instalación.

Tierra de protección (10.0.2). - Se entenderá la puesta a tierra de toda pieza conductora que no forma parte del circuito, pero que en condiciones de falla puede quedar energizada. Su finalidad es proteger a las personas contra tensiones de contacto peligrosas.-

1.- Neutralización (9.2.7.4.).- Este sistema consiste en unir las masas de la instalación al conductor neutro, de forma que las fallas francas de aislamiento se transformen en un cortocircuito fase neutro, provocando la operación de los aparatos de protección de circuito. En este sistema deben ser cumplidas las siguientes condiciones:

- La red de distribución deberá cumplir con disponer de puestas a tierra de Servicio.
- Los dispositivos de protección deberán ser disyuntores o fusibles.

- La corriente de falla en el punto asegurará una operación de las protecciones en un tiempo no superior a 5 segundos.

2.- Neutralización con conductor de protección.- En este caso se lleva un conductor en paralelo con el neutro y se conectan a él todos equipos a proteger, con el propósito de evitar problemas que puedan ocurrir al cortarse el neutro del sistema de neutralización. Este sistema de protección presenta ventajas, sin embargo por circulación de altas corrientes existe riesgo de incendio.

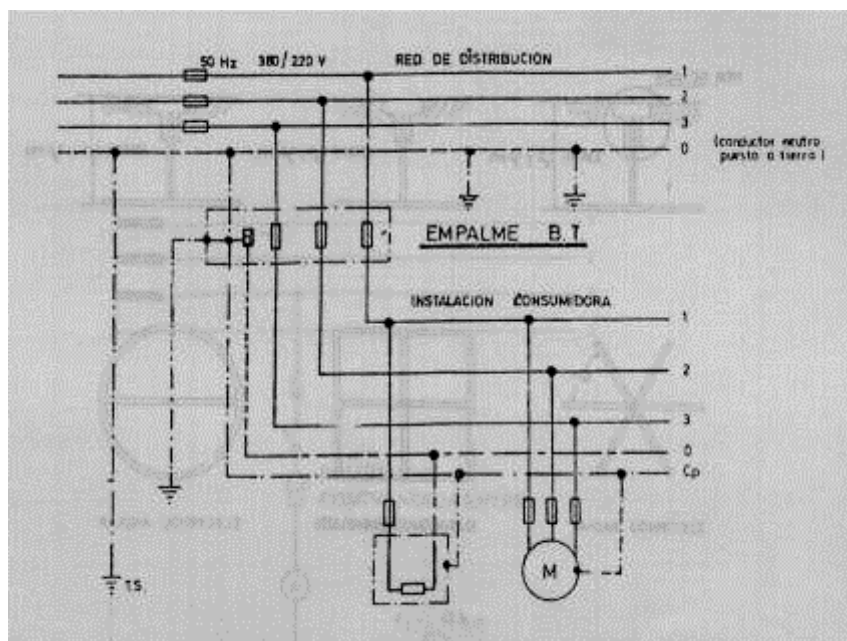


Figura 96

3.2 Tipos de Celdas de Baja Tensión

Descripción de sus principales características

Extracto Norma NCH Elec. 4/2003 Art. 6

6.0.1.- Los tableros son equipos eléctricos de una instalación, que concentran dispositivos de protección y de maniobra o comando, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación o parte de ella.

6.0.2.- La cantidad de tableros que sea necesario para el comando y protección de una instalación se determinará buscando salvaguardar la seguridad y tratando de obtener la mejor funcionalidad y flexibilidad en la operación de dicha instalación, tomando en cuenta la distribución y finalidad de cada uno de los recintos en que estén subdivididos el o los edificios componentes de la propiedad.

6.0.3.- Los tableros serán instalados en lugares seguros y fácilmente accesibles, teniendo en cuenta las condiciones particulares siguientes:

- 6.0.3.1.- Los tableros de locales de reunión de personas se ubicarán en recintos sólo accesibles al personal de operación y administración.
- 6.0.3.2.- En caso de ser necesaria la instalación de tableros en recintos

peligrosos, éstos deberán ser construidos utilizando equipos y métodos constructivos acorde a las normas específicas sobre la materia.

Las especificaciones de los fabricantes de estos equipos se adaptan a la normativa nacional y es así como se pueden agregar antecedentes como los siguientes:

Capacidad (Amperes).- Los Tableros de distribución constituyen una parte inherente a toda red eléctrica y se fabrican para conducir desde algunos pocos amperios hasta el orden de 4000^a, así como para soportar los niveles de corrientes de cortocircuito y los niveles de tensión de la red eléctrica.

Voltaje de Uso.- 220, 380, 440, 460, 480 u otro

Interruptores.- Pueden ser del tipo bastidor abierto, en caja moldeada o tipo miniatura (riel DIN) y se pueden equipar con accesorios para mando local y a distancia.

Equipos a Instalar.- Existe una amplia variedad de equipos que pueden ser instalados en estos Tableros.

Se fabrican para instalación interior bajo techo o para instalación a la intemperie.

Son modulares, autosoportados o murales, fabricadas con estructuras de plancha de fierro LAF de hasta 3mm, puertas, techo y tapas

El grado de protección estándar es IP40 y se pueden fabricar hasta con un grado de protección IP55 (protegido contra el polvo y contra chorros de agua en cualquier dirección.

Todas las superficies metálicas son pintadas con dos capas de pintura de base anticorrosiva y dos capas de pintura de acabado color gris RAL7032 o el color especificado por el usuario. Inmediatamente antes del pintado, las superficies metálicas son sometidas a un proceso de arenado comercial.

La estructura está formada por columnas y a través de años de plancha doblada soldados entre sí (también se puede suministrar con estructuras empernadas) para proporcionar un alto grado de robustez mecánica.

Las estructuras y la soportaría es completamente modular, permitiendo añadir nuevas estructuras hacia los costados para ampliación futura.

Las tapas laterales, posteriores y el piso son desmontables. El frente dispone de puerta frontal con rejillas de ventilación y/o con ventiladores; dependiendo de la cantidad de calor que es necesario disipar.

Cada puerta dispone de bisagras robustas y cerraduras tipo manija con llave que proporcionan hasta tres puntos de contacto con la estructura del Tablero.

La ubicación de los equipos internos se efectúan de tal manera de brindar la mayor facilidad posible para la instalación y mantenimiento; así como para proporcionar la mayor seguridad para los operadores y las instalaciones y para brindar un alto grado de continuidad de servicio.

Todas las partes metálicas son conectadas a una barra de tierra firmemente empernada a la estructura de la Celda.

Normas de Fabricación Complementaria

EC 60439-I

NEMA / ANSI / IEEE ISO 9001-2008

Zona de Izaje. Tipo Zócalo.

Barra de Tierra.- Con perforaciones para conexión de cables de tierra.

Soportes para Cables de Control.- Provenientes del exterior del Tablero.

Barras de Fases.- Sobre aisladores de resina o porcelana o poliméricos.

Letreros de Identificación de Equipos.

Rejillas de Ventilación.

Las tapas laterales, posteriores y el piso son desmontables. El frente dispone de puerta frontal con rejillas de ventilación y con ventiladores; dependiendo de la cantidad de calor que es necesario disipar.

Cada puerta dispone de bisagras robustas y cerraduras tipo manija con llave que proporcionan hasta tres puntos de contacto con la estructura del Tablero.

La ubicación de los equipos internos se efectúan de tal manera de brindar la mayor facilidad posible para la instalación y mantenimiento; así como para proporcionar la mayor seguridad para los operadores y las instalaciones y para brindar un alto grado de continuidad de servicio.

Todas las partes metálicas son conectadas a una barra de tierra firmemente emperrada a la estructura de la Celda.

Resistencia de calefacción y ventiladores con termostato regulable.

Fluorescente con interruptor de fin de carrera, para iluminación interior.

Equipos.- Relés de protección, Instrumentos de medición, equipos de B.T. Transformadores de tensión y corriente para medida y protección. Mandos eléctricos para interruptores. Arrancadores para motores asíncronos.

Sistemas de transmisión de datos.

Bridas para llegada con ducto de barras.

Enclavamientos mediante llaves.

Barras de fases forradas con tubos termoretráctiles.

Las dimensiones externas varían de acuerdo con la capacidad del interruptor principal y la capacidad y cantidad de los interruptores de salida.

Los Tableros de Distribución de baja tensión pueden estar formados por una o más columnas autosoportadas o pueden ser fabricados para montaje empotrado, adosado, sujetado a poste.

Otros Antecedentes de la Norma nch Elec. 4/2003

Clasificación

6.1.1.- Atendiendo a la función y ubicación de los distintos Tableros dentro de la instalación, estos se clasificarán como sigue:

Tableros Generales: Son los tableros principales de las instalaciones. En ellos estarán montados los dispositivos de protección y maniobra que protegen los alimentadores y que permiten operar sobre toda la instalación de consumo en forma conjunta o fraccionada.

Tableros Generales Auxiliares: Son tableros que son alimentados desde un tablero general y desde ellos se protegen y operan subalimentadores que energizan tableros de distribución.

Tableros de Distribución: Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente sobre los circuitos en que está dividida una instalación o parte de ella; pueden ser alimentados desde un tablero general, un tablero general auxiliar o directamente desde el empalme.

Tableros de Paso: Son tableros que contienen protecciones cuya finalidad es proteger derivaciones que por su capacidad de transporte no pueden ser conectadas directamente a un alimentador, subalimentador o línea de distribución del cual están tomadas.

Tableros de Comando: Son tableros que contienen los dispositivos de protección y de

maniobra que permiten proteger y operar sobre artefactos individuales o sobre grupos de artefactos pertenecientes a un mismo circuito.

Centros de Control: Son tableros que contienen dispositivos de protección y de maniobra o únicamente dispositivos de maniobra y que permiten la operación de grupos de artefactos, en forma individual, en subgrupos, en forma programada o manual.

Atendiendo a la utilización de la energía eléctrica controlada desde un tablero, éstos se clasificarán en:

- Tableros de Alumbrado,

- Tableros de Fuerza,

- Tableros de Calefacción,

- Tableros de Control,

- Tableros de Computación. Esta clasificación es complementaria con la señalada en 6.1.1.

3.3 Instalación de Celdas de Baja Tensión

Especificación de Construcción

Todos los dispositivos y componentes de un tablero deberán montarse dentro de cajas, gabinetes o armarios, dependiendo del tamaño que ellos alcancen.

Los materiales empleados en la construcción de tableros deberán ser resistentes al fuego, auto extinguentes, no higroscópicos, resistentes a la corrosión o estar adecuadamente protegido contra ella.

Todos los tableros deberán contar con una cubierta cubre equipos y con una puerta exterior.

La cubierta cubre equipos tendrá por finalidad impedir el contacto de cuerpos extraños con las partes energizadas, o bien, que partes energizadas queden al alcance del usuario al operar las protecciones o dispositivos de maniobra; deberá contar con perforaciones de tamaño adecuado como para dejar pasar libremente, sin que ninguno de los elementos indicados sea solidario a ella, palanquitas, perillas de operación o piezas de reemplazo, si procede, de los dispositivos de maniobra o protección.

La cubierta cubre equipos se fijará mediante bisagras en disposición vertical, elementos de cierre a presión o cierres de tipo atornillado; en este último caso los tornillos de fijación empleados deberán ser del tipo imperdible.

La puerta exterior será totalmente cerrada permitiéndose sobre ella sólo luces piloto de indicación de tablero energizado. Su fijación se hará mediante bisagras en disposición vertical u horizontal.

Las partes energizadas de un tablero sólo podrán alcanzarse removiendo la cubierta cubre equipos, entendiéndose que esta maniobra solo se realizará por necesidad de efectuar trabajos de mantenimiento o modificaciones en el interior del tablero.

Los elementos de operación de las protecciones o dispositivos de maniobra sólo serán accesibles abriendo la puerta exterior la que deberá permanecer cerrada, para lo cual deberá contar con una chapa con llave o un dispositivo equivalente.

Se podrá exceptuar de la exigencia de contar con puerta exterior a todo tablero de uso doméstico o similar, con no más de cuatro circuitos.

3.4 Mantenición a Celdas de Baja Tensión

Rutinas de Mantenimiento

1. Medir Calidad de Aislación
2. Realizar Mantenimiento eléctrica de Tablero de Distribución, Fuerza y Control CC
3. Realizar Mantenimiento Eléctrica de Tablero de Distribución, Fuerza y Control CA
4. Instalar, Tablero, Equipos, Artefactos y Accesorios
5. Diagnosticar Condiciones de Malla de Tierra
6. Medida de Resistencia de Aislamiento
7. Canalizar la Distribución Interior. Fase 1
8. Canalizar la Distribución Interior. Fase 2
9. Ejecutar la Recepción Técnica de la Obra

Desarrollo

Rutina 1.- Medir Calidad de Aislación

1.1.- Medir Calidad de Aislación en:

Cables

Motores

Generadores

Transformadores

Equipos de Medida

Pararrayos

Interruptores

1.2.- Instrumentos

Equipos de Medición de Resistencia de Aislamiento

Equipos de Medición Factor de Potencia de Pérdidas

Equipos de Medición de Tangente Delta

Termómetro

Higrómetro

1.3.- Herramientas

Set de Herramientas eléctricas menores

1.4.- Elementos

Equipo de protección personal

Dispositivos de Bloqueos

Rutina 2.-Realizar Mantenimiento Eléctrica de los Tableros de Distribución, Fuerza y Control de CC

2.1.- Desconexión de los Cables de Fuerza

Reapriete de Conexiones

Limpieza General del Tablero y Equipos Asociados

Mantenimiento de Resistencias

Medición de Resistencias de Aislamiento de Elementos de Fuerza con Megger

Medición de Resistencia de Contactos de Contactores con Instrumentos para Medir Resistencias Bajas

Medición de Resistencia Óhmica de los elementos del tablero

Comparar Medición Eléctrica con anteriores

Hacer Diagnóstico del estado del tablero de distribución con los valores obtenidos

Reconectar los cables del tablero

Desbloquear el tablero de distribución, retiro de candados y tarjetas de bloqueo, firma de permiso de trabajo concluido.

2.2.- Instrumentos

Medidor de Aislación Megger

Medidor de Baja Resistencia (Microhmetro)

Multitester

2.3.- Herramientas

Caja Herramientas Eléctricas

2.4.- Elementos

Equipo de protección personal

Dispositivos de Bloqueos

Rutina 3.- Realizar Mantención Eléctrica de los Tableros de Distribución, Fuerza y Control de CA

3.1.- Desconexión de los Cables de Fuerza

Reapriete de Conexiones

Limpieza General del Tablero y Equipos Asociados

Mantenimiento de Resistencias

Medición de Resistencias de Aislamiento de Elementos de Fuerza con Megger

Medición de Resistencia de Contactos de Contactores con Instrumentos para Medir Resistencias Bajas

Medición de Resistencia Óhmica de los elementos del tablero

Comparar Medición Eléctrica con anteriores

Hacer Diagnóstico del estado del tablero de distribución con los valores obtenidos

Reconectar los cables del tablero

Desbloquear el tablero de distribución, retiro de candados y tarjetas de bloqueo, firma de permiso de trabajo concluido.

3.2.- Instrumentos

Medidor de Aislación Megger

Medidor de Baja Resistencia (Microhmetro)

Multitester

3.3.- Herramientas

Caja Herramientas Eléctricas

3.4.- Elementos

Equipo de protección personal

Dispositivos de Bloqueos

Rutina 4.- Instalar Tableros, Equipos, Artefactos y Accesorios

4.1.- Instalar la caja del tablero en el lugar previamente asignado

Montar el conjunto de elementos y dispositivos de acuerdo con las indicaciones de los planos aprobados y autorizados previamente

Instalar los conductores y las conexiones de manera adecuada

Instalar las protecciones y los interruptores de comando visible y correctamente para su fácil operación

Medición de Resistencias de Aislamiento de Elementos de Fuerza con Megger

Medición de Resistencia de Contactos de Contactores con Instrumentos para Medir Resistencias Bajas

Medición de Resistencia Óhmica de los elementos del tablero

Hacer Diagnóstico del estado del tablero de distribución con los valores obtenidos

Reconectar los cables del tablero

Desbloquear el tablero de distribución, retiro de candados y tarjetas de bloqueo, firma de permiso de trabajo concluido.

4.2.- Instrumentos

Medidor de Aislación Megger

Medidor de Baja Resistencia (Microhmetro)

Multitester

4.3.- Herramientas

Caja Herramientas Eléctricas

4.4.- Elementos

Equipo de protección personal

Dispositivos de Bloqueos

Rutina 5.- Diagnosticar Condiciones de Malla de Tierra

5.1.- Seguridad de las personas y equipos en las instalaciones de AT

Voltajes tolerados por el ser humano

Diferentes solicitaciones de tensión

Factores de dimensionamiento de una puesta a tierra

Medición de Resistividad de Suelos

Medición de Resistencias de Puesta a Tierra

Aspectos Constructivos de Puesta a Tierra

5.2.- Instrumentos

Amperímetro

Voltímetro

Multitester

5.3.- Herramientas

Caja Herramientas Eléctricas

5.4.- Elementos

Equipo de protección personal

Rutina 6.- Medida Resistencia de Aislamiento

6.1.-Proceso de Medida de Resistencia de Aislamiento

6.2.- Proceso de Medida Índice de Polarización

6.3.- Análisis de Medida

6.4.- Equipos, Instrumentos, Herramientas y Materiales

6.5.- Equipos de Protección personal

Rutina 7.- Canalizar la Distribución Interior Fase 1

- 7.1.- Aplicar aspectos generales de la canalización
- 7.2.- Canalizar bandejas porta conductores y canaletas
- 7.3.- Equipos, Instrumentos, Herramientas y Materiales
- 7.4.- Equipos de Protección personal

Rutina 8.- Canalizar la Distribución Interior Fase 2

- 8.1.- Aplicar aspectos generales de la canalización
- 8.2.- Canalizar tuberías metálicas, no metálicas y cajas
- 8.3.- Canalizar conductores aislados sobre aisladores
- 8.4.- Equipos, Instrumentos, Herramientas y Materiales
- 8.5.- Equipos de Protección personal

Rutina 9.- Ejecutar la Recepción Técnica de la Obra

- 9.1.- Verificar funcionamiento de protecciones y elementos de seguridad de la instalación
- 9.2.- Verificar funcionamiento de artefactos, aparatos y elementos de control
- 9.3.- Ejecutar marcha blanca y pruebas generales de recepción
- 9.4.- Equipos, Instrumentos, Herramientas y Materiales
- 9.5.- Equipos de Protección personal

Actividad N°6

Introducción a la actividad

La siguiente actividad está diseñada para que el participante tenga un primario conocimiento de las celdas eléctricas en baja, media y alta tensión, métodos de seguridad para su retiro y manipulación, e instalación, operación, y mantención de ellas.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

| | |
|---|---|
| Recurso Plataforma Web | ✓ |
| Explicación demostrativa en aula | ✓ |
| Recurso Audiovisual | ✓ |
| Propuestas de situaciones problemáticas | |
| Formulación de Preguntas | |
| Taller de Trabajo | ✓ |

Identificar en celdas de media y alta tensión componentes relacionados con maniobra, control, señalización y protecciones como: Interruptores de poder, partidores magnéticos y de contactos al vacío, luces pilotos, fusibles.

Objetivos del aprendizaje

- Conocer y estudiar celdas de media y alta tensión
- Conocer funcionamiento de una celda de corte, operando un interruptor de poder mediante estación pulsadora incorporado.

Descripción de la Actividad

El instructor podrá realizar estas actividades en grupos, en pares o individualmente. Solicitará a los participantes que observen y cumplan con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Solicitará a los participantes que realicen copia de la placa de datos de las celdas de baja, media y alta tensión, e incluir todos sus componentes. Este análisis debe quedar reflejado en un informe técnico para que el instructor lo evalúe.

Materiales y Recursos

- Celdas de media y alta tensión.
- Partidores magnéticos y contactos al vacío.
- Amperímetro de tenazas.
- Micro óhmetro.
- Tester con escala de 400Vac.
- Set de herramientas como destornilladores, y alicates.
- Lab – Volt o similar.
- Extensiones eléctricas con enchufes hembra macho monofásicos y trifásicos.
- Cables con pinzas terminales, apto para 400Vac.

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller:
 - Casco
 - Lente de seguridad
 - Zapatos de seguridad para electricista
 - Guantes de cabritilla
 - Chaleco reflectante
 - Protector auditivo. Si aplica.
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado.

Confeccionar Tabla con datos solicitados: Placa de datos de celdas de baja tensión, celdas de media tensión, celdas de alta tensión.

Una vez tomado los datos de las celdas, se harán pruebas de conexión y desconexión de partidores magnéticos con contacto al aire y al vacío, mediante operación de sus accionamientos.

Con un micro óhmetro se harán mediciones de resistencia de los contactos al cierre. Se hará un registro de ello e irá en Informe.

Antecedentes aportados por instructor:

Circuito de control del partidor mag.

Descripción de funcionamiento de partidores magnéticos de contactos al aire y de contactos al vacío en simulación.

Será parte del informe describir el funcionamiento de los partidores magnéticos de ambos tipos de contactos.

Cierre

- a. Los participantes, según las hojas de datos de las celdas disponibles, señalarán a que voltajes de funcionamiento corresponden. Aprenderán a diferencia el aislamiento de cada una (baja, media y alta tensión).
- b. Comprenderá al operar un partidor magnético con contactos al aire y otro de contactos al vacío el desgaste por arco que se produce en cada uno y concluirá porqué es mejor el segundo (contacto al vacío).



Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

